



หน้าต่างระบายอากาศ เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียน

โดย

นายวิศรุต วงศ์พินิจวัฒนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

หน้าต่างระบายอากาศ เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียน

โดย

นายวิศรุต วงศ์พินิจวัฒนา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

VENTILATION WINDOWS FOR AIR POLLUTION REDUCTION IN
CLASSROOMS

BY

MR. VISARUT WONGPINIJWATANA



THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE
ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2020
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายวิศรุต วงศ์พิณวิวัฒนา

เรื่อง

หน้าต่างระบายอากาศ เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2564

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดารณี จาริมิตร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ เอกลิมวัฒน์ ตันตสวัสดี)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร. ภัทรนันท์ ทักขนนท์)

คณบดี



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาสาฬห์ สุวรรณฤทธิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	หน้าต่างระบายอากาศ เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียน
ชื่อผู้เขียน	นายวิศรุต วงศ์พินิจวัฒนา
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ต้นตสวัสดิ์
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลการระบายอากาศผ่านหน้าต่างของห้องเรียนในอาคารคณะสถาปัตยกรรมและการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เพื่อลดมลพิษทางอากาศ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน หน้าต่างระบายอากาศออกแบบให้มีช่องระบายอากาศ 3 รูปแบบ คือ 1. การระบายอากาศทางธรรมชาติ 2. การระบายอากาศทางกล 3. การระบายอากาศทางกลที่มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เกณฑ์ในการใช้หน้าต่างระบายอากาศกำหนด จากปัจจัยด้านมาตรฐานฝุ่นละออง ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิ และทิศทางลม ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ และแบ่งได้เป็นทั้งหมด 8 สถานการณ์ จากนั้นทำการวัดผลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน และความเร็วลมในห้องทดสอบ 3.60×2.25 เมตร และเปรียบเทียบค่าที่วัดผลได้จากเครื่องมือกับค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองการคำนวณพลศาสตร์ของไหลภายในห้องเรียนที่มีการประยุกต์ใช้หน้าต่างระบายอากาศ ผลการศึกษาพบว่าการใช้หน้าต่างระบายอากาศที่มีช่องระบายอากาศตามที่ออกแบบไว้สามารถลดมลพิษทางอากาศได้ตามมาตรฐานในทุกสถานการณ์ การวิเคราะห์ผลร่วมกับการเปิดและปิดการใช้งานเครื่องปรับอากาศของห้องเรียนในเบื้องต้นตลอด 1 ปี พบว่าสามารถปิดเครื่องปรับอากาศคิดเป็นร้อยละ 19.35 สรุปได้ว่าห้องเรียนที่ใช้หน้าต่างระบายอากาศ มีส่วนช่วยลดมลพิษทางอากาศ และช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

คำสำคัญ: การระบายอากาศ, หน้าต่างระบายอากาศ, คุณภาพอากาศภายในอาคาร, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ฝุ่นละออง



Thesis Title	VENTILATION WINDOWS FOR AIR POLLUTION REDUCTION IN CLASSROOMS
Author	Mr. Visarut Wongpinijwatana
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Chalermwat Tantasavasdi
Academic Year	2020

ABSTRACT

This research studied the effect of windows ventilation in a classroom in the Faculty of Architecture and Urban Planning building, Thammasat University. The goal was to reduce air pollution from carbon dioxide and dust particles of 2.5 microns and smaller. A ventilation window was designed with three types of air flow: 1) natural ventilation, 2) mechanical ventilation, and 3) mechanical ventilation with air filter installed. Criteria to operate the ventilation windows were then set from dust standards, thermal comfort and wind direction, as well as weather data obtained from air quality monitoring stations of the Pollution Control Department. The operation can be divided into eight scenarios. Carbon dioxide content, particulate matter of 2.5 microns, and air velocity were then measured in the 3.60 x 2.25 meters test chamber and compared with values obtained from a computational fluid dynamic program, to validate models where ventilation windows were installed. Results were that ventilation windows can reduce air pollution to the standard levels in all scenarios. These findings were analyzed in conjunction with classroom air conditioning. Throughout the year, there are 19.35 percent of the time. When air conditioning can be turned off. This outcome indicates that classrooms using ventilation windows contribute to reducing air pollution as well as electrical energy consumption.

Keywords: Ventilation, Ventilation Windows, Indoor air quality, Carbon dioxide, Dust



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ เณริมวัฒน์ ต้นตสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารณี จาริมิตร และ รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรนันท์ ทักขนนท์ กรรมการวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำปรึกษาต่าง ๆ ตลอดจน ทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบคุณรุ่นพี่สาขาเทคโนโลยีอาคาร อนุรักษ์อัมพร อินทร์พรหม ที่คอยให้คำแนะนำและความรู้ตลอดการทำวิจัย รวมทั้งคณาจารย์และพี่ธุรการทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และญาติพี่น้องที่ให้สนับสนุนที่ดีตลอดมา

นายวิศรุต วงศ์พินิจวัฒนา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	(19)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ขอบเขตการวิจัย	5
1.4 สมมติฐานในการวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 ระเบียบวิธีการวิจัย	6
1.7 นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศ Air Quality Index : AQI	8
2.1.1 สารปนเปื้อนในอากาศ	8

2.1.2	ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย	15
2.2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเพิ่มคุณภาพอากาศ	18
2.2.1	วิธีการกรอง	18
2.2.2	รูปแบบแผ่นกรอง	20
2.2.3	ประสิทธิภาพการกรอง	22
2.2.4	มาตรฐานแผ่นกรอง	23
2.3	ทฤษฎีพื้นฐานของการระบายอากาศ	25
2.3.1	ประเภทการระบายอากาศ	25
2.3.2	การรั่วซึมอากาศ	30
2.4	ขอบเขตความสบาย	33
2.4.1	ทฤษฎีและปัจจัยที่มีผลต่อขอบเขตความสบาย	33
2.4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างลมและการรับรู้ ของมนุษย์	34
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
บทที่ 3	วิธีการวิจัย	40
3.1	การดำเนินการวิจัย	40
3.1.1	เก็บข้อมูลห้องเรียน	40
3.1.2	การทดสอบประสิทธิภาพของหน้าต่างระบายอากาศ ตาม สถานการณ์การใช้งาน	43
3.1.3	กำหนดเกณฑ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ	46
3.2	ตัวแปรในการวิจัย	57
3.2.1	การทดลองช่วงที่1 ห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ	57
3.2.2	การทดลองช่วงที่2 จำลองห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ และ ห้องเรียนผ่านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล PHOENICS 2019	58
3.3	เครื่องมือในการทดลองอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ ความเร็วลม และ โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล	59
3.3.1	เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศ ยี่ห้อ Gaslab plus	59
3.3.2	เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศ ยี่ห้อ Temtop	59
3.3.3	เครื่องมือวัดความเร็วลม (Air movement)	60
3.3.4	โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล	61

บทที่ 4 ผลการคำนวณและผลการทดลอง	63
4.1 ผลคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน	62
4.1.1 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์ในห้องเรียน	63
4.2 ผลคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลอง	64
4.2.1 การจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องทดลอง	64
4.3 การตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องทดลอง	65
4.4 ผลทดลองประสิทธิภาพการกรองฝุ่นละอองผ่านหน้าต่างระบายอากาศ	70
บทที่ 5 ผลการจำลองต่างโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล	78
5.1 ทดสอบความน่าเชื่อถือแบบจำลอง	78
5.1.1 การตั้งค่าแบบจำลองที่ใช้สำหรับทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ	78
5.1.2 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ	84
5.2 ผลการจำลองในห้องเรียน	89
5.2.1 การกำหนดแบบจำลองห้องเรียนผ่านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล	89
5.2.2 จำนวนและตำแหน่งการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศ	92
5.2.3 ผลการจำลองระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน	102
5.3 สรุปผลการศึกษาการระบายอากาศหลังติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศที่ได้รับการออกแบบโดยผู้วิจัยภายในห้องเรียน	118
5.3.1 ห้องเรียนปกติ จากผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	118
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	124
6.1 ประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องเรียนก่อน และหลังการปรับปรุง	124
6.1.1 ลมพัดจากด้านทิศเหนือ	125
6.1.2 ลมพัดจากด้านทิศใต้	125
6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ	128

6.2.1 ฟู่ล่องขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน	128
6.2.2 ขอบเขตความสบาย	128
6.2.3 ทิศทางลม	128
6.3 แนวทางการใช้หน้าต่างระบายอากาศ	129
6.4 ข้อเสนอแนะ สำหรับห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. ปี 2562	143
6.5 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย	157
รายการอ้างอิง	158
ภาคผนวก	162
ภาคผนวก ก	163
ภาคผนวก ข	170
ภาคผนวก ค	175
ภาคผนวก ง	180
ภาคผนวก จ	185
ภาคผนวก ฉ	191
ภาคผนวก ช	195
ประวัติผู้เขียน	201

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 สารมลพิษ ทางอากาศภายในอาคาร	2
2.1 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย	16
2.2 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพ	17
2.3 การเปรียบเทียบมาตรฐานฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอนของประเทศไทยและ ต่างประเทศ	18
2.4 มาตรฐานของแผ่นกรองอากาศ	24
2.5 แสดงอัตราการระบายอากาศ และตัวอย่างรูปร่างพัดลมแบบใบพัด (Propeller - fan)	29
2.6 แสดงอัตราการระบายอากาศ และตัวอย่างรูปร่างพัดลมแบบกรงกระรอก (Blower fan)	30
2.7 อัตราการรั่วซึมอากาศที่แรงดันแตกต่าง 75 ปาสคาล	32
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอุณหภูมิที่รู้สึกลดลง	35
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอุณหภูมิที่รู้สึกมนุษย์	36
3.1 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน พ.ศ.2562	47
3.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ พ.ศ.2562	48
3.3 ทิศทางลม พ.ศ.2562	49
3.4 กำหนดเกณฑ์ช่วงเวลา สถานการณ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ	50
3.5 ช่วงเวลาการใช้งานตลอดทั้งปี โดยคิดเป็นชั่วโมงการของสถานการณ์การใช้งาน หน้าต่างระบายอากาศ	51
4.1 ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบาย อากาศทางกลโหมดต่ำ ในสถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 34.29 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	71
4.2 ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบาย อากาศทางกลโหมดสูงในสถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 42.25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	73
4.3 ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบาย อากาศทางกลโหมดต่ำในสถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 56.37 มคก./ลบ.ม.	75
4.4 ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบาย อากาศทางกลโหมดสูง ในสถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 57.79 มคก./ลบ.ม.	77
6.1 สถานการณ์ชั่วโมงการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศในแต่ละเดือน	129

6.2 ตัวอย่างสถานการณ์การใช้งานรายชั่วโมง เดือนมกราคม พ.ศ.2562	130
6.3 ข้อเสนอแนะการใช้งานอย่างน้อยให้เหมาะสมต่อการสำหรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบ ใช้งานได้จริง	130



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แนวโน้มระยะเวลาที่คนทั่วไปใช้งานอาคาร แนวโน้มการใช้ชีวิตภายในอาคาร	2
1.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร	3
1.3 กิจกรรมของมนุษย์กับการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	3
1.4 พัฒนาระบายอากาศ และเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศ	4
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	7
2.1 แสดงองค์ประกอบของอากาศตามธรรมชาติ	9
2.2 ขนาดของสารปนเปื้อนในอากาศ	10
2.3 กิจกรรมของมนุษย์กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	12
2.4 อัตราการระบายอากาศเพื่อเจือจางระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์	13
2.5 อนุภาคถูกดักจับอยู่ภายในเส้นใย	19
2.6 ขนาดอนุภาคถูกดักจับอยู่ภายในเส้นใย	20
2.7 หลักการการกรองอากาศแบบต่างๆ	21
2.8 หลักการการกรองอากาศแบบทางไฟฟ้า	21
2.9 หลักการการกรองอากาศแบบทางเคมี	22
2.10 การระบายอากาศข้ามฟาก	26
2.11 การระบายอากาศทางเดียว	27
2.12 การระบายอากาศแบบผสม	28
2.13 ตำแหน่งของการรั่วซึมอากาศภายในอาคาร	31
2.14 แผนภูมิไซโครเมตริก	33
2.15 แสดงเขตพื้นที่ประเทศแถบร้อนและชื้นเกือบทั้งปี	34
2.16 ลักษณะหน้าต่างระบายอากาศทางกลติดตั้งแผ่นกรองอากาศ	38
2.17 ระดับค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละโหมดการทำงานการระบายอากาศทางกล	38
2.18 เปรียบเทียบปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากการใช้หน้าต่างระบายอากาศโหมดแตกต่างกัน	39
2.19 เครื่องระบายอากาศที่หลายฟังก์ชันโหมดการทำงาน	39
3.1 การเก็บข้อมูลปริมาตรห้องเรียนบรรยาย สด.606	40
3.2 ตำแหน่งห้องเรียนบรรยาย สด.606 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	41

3.3	รูปแบบหน้าต่างเดิมภายในห้องเรียน	41
3.4	หน้าต่างระบายอากาศที่ทำการออกแบบ	43
3.5	ห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ ขนาด 3.60 x 2.25 เมตร	43
3.6	หน้าต่างระบายอากาศออกแบบโดยผู้วิจัย	44
3.7	ภาพแสดงระดับหายใจ breathing zone	44
3.8	ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือ	45
3.9	การแบ่งตำแหน่งช่องการวัด 0.45 x 0.45 เมตร	45
3.10	ตำแหน่งการวัดความเร็วลม	46
3.11	สถานการณ์ที่ 1 หน้าต่างระบายอากาศ	54
3.12	สถานการณ์ที่ 2 หน้าต่างระบายอากาศ	54
3.13	สถานการณ์ที่ 3 หน้าต่างระบายอากาศ	54
3.14	สถานการณ์ที่ 4 หน้าต่างระบายอากาศ	55
3.15	สถานการณ์ที่ 5 หน้าต่างระบายอากาศ	55
3.16	สถานการณ์ที่ 6 หน้าต่างระบายอากาศ	55
3.17	สถานการณ์ที่ 7 หน้าต่างระบายอากาศ	56
3.18	สถานการณ์ที่ 8 หน้าต่างระบายอากาศ	56
3.19	เครื่อง Temtop รุ่น M2000 และ Gaslab plus cm-500 series	59
3.20	เครื่อง Testo 425 แบบใบพัด และ Testo 405i สามารถวัดความเร็วลม	60
3.21	ตัวอย่างหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม	61
4.1	จำลองปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากถังบรรจุ	64
4.2	การตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	65
4.3	ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มี การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ	66
4.4	ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มี การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ	67
4.5	ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มี การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ โดยหน้าต่างระบายอากาศ	68
4.6	ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มี การระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ	69
4.7	ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ใน สถานการณ์ที่ฝุ่นละออง มากกว่า 25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง	70

4.8	ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ใน สถานการณ์ที่ค่าฝุ่นละออง มากกว่า 25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง	72
4.9	ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ใน สถานการณ์ที่ฝุ่นละออง มากกว่า 50 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง	74
4.10	ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ใน สถานการณ์ที่ฝุ่นละออง มากกว่า 50 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง	76
5.1	การตั้งค่าแบบจำลองห้องทดลอง ขนาด 3.60×2.25 เมตร	79
5.2	การตั้งค่าโมเดลหน้าต่างระบายอากาศ	79
5.3	การตั้งค่าการปล่อยค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแบบจำลอง	80
5.4	ตัวอย่างการตั้งค่ากริดหยاب แกน x y จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 240 ช่อง	81
5.5	ตัวอย่างการตั้งค่ากริดหยاب แกน z จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 240 ช่อง	81
5.6	ผลการตั้งค่ากริดหยاب แกน x y จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 1200 ช่อง	82
5.7	ผลการตั้งค่ากริดหยاب แกน z จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 1200 ช่อง	82
5.8	ผลการตั้งค่ากริดหยاب แกน x y จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 6000 ช่อง	83
5.9	ผลการตั้งค่ากริดหยاب แกน z จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 6000 ช่อง	83
5.10	ตำแหน่งจุดวัด 7 ตำแหน่ง กึ่งกลางห้องเปรียบเทียบค่า RMSE	84
5.11	ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลอง กับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_1)	85
5.12	ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลอง กับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_2)	86
5.13	ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลอง กับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_2)	87
5.14	ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลอง กับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_4)	88
5.15	แบบจำลองห้องเรียน ขนาด 13.30×16.45 เมตร	90
5.16	กรณีกฤตพื้นฐาน ขนาด $0.45 \times 0.45 \times 0.45$ แกน x y z จำนวน 19,206 ช่อง	90
5.17	ตำแหน่งการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทุกๆ พื้นที่ 0.45×0.45 ม. แบ่งเป็น 1201 ช่อง	91
5.18	การตั้งค่าปริมาณการปล่อยค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหน้าต่าง	91
5.19	ศึกษาช่องเปิดหน้าต่างเดิมห้องเรียน สด.606	93
5.20	เสนอแนวทางการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศเพิ่มเติม	93
5.21	สถานการณ์ที่ 1 ปริมาตรการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อบาน)	94
5.22	สถานการณ์ที่ 2 ปริมาตรการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.6	95

เมตรต่อวินาที (220.22 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	
5.23 สถานการณ์ที่ 3 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	96
5.24 สถานการณ์ที่ 4 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.0 เมตรต่อวินาที (963.58 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	97
5.25 สถานการณ์ที่ 5 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	98
5.26 สถานการณ์ที่ 6 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	99
5.27 สถานการณ์ที่ 7 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	100
5.28 สถานการณ์ที่ 8 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.0 เมตรต่อวินาที (963.58 ลบ.ฟุตต่อนาที่ต่อบาน)	101
5.29 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ	103
5.30 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน จากการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ	105
5.31 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ	107
5.32 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ	109
5.33 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้	111
5.34 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้	113
5.35 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้	115
5.36 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้	117
5.37 ตารางแสดงผลระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน	118
5.38 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 948.69 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 1) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง	120

5.39 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 726.02 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 2) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง	120
5.40 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 923.34 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 3) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง	121
5.41 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 441.76 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 4) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง	121
5.42 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 990.42 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 5) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง	122
5.43 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 747.76 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 6) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง	122
5.44 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 942.60 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 7) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง	123
5.45 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 948.69 ppm หลังใช้หน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 8) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง	123
6.1 หน้าต่างระบายอากาศภายในห้องเรียนในปัจจุบัน	126
6.2 ตำแหน่งการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศใหม่ออกแบบโดยผู้วิจัย	127
6.3 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 1	135
6.4 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 2	136
6.5 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 3	137
6.6 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 4	138
6.7 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 5	139
6.8 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 6	140
6.9 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 7	141
6.10 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 8	142
6.11 ห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. ขนาด 7.00 x 8.00 เมตร	144
6.12 ห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. หลังติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศ	145
6.13 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 1 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	
6.14 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 2 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	150
6.15 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 3 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	151
6.16 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 4 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	152

6.17 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 5 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	153
6.18 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 6 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	154
6.19 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 7 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	155
6.20 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 8 แบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ.	156



รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ

ลบ.ม./วินาที

ลบ.ฟ./นาทึ

ลบ.ฟ.

มคก./ลบ.ม.

ลบ.ม.

ตร.ม.

ม.

คำเต็ม/คำจำกัดความ

ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทึ

ลูกบาศก์ฟุต

โมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ลูกบาศก์เมตร

ตารางเมตร

เมตร



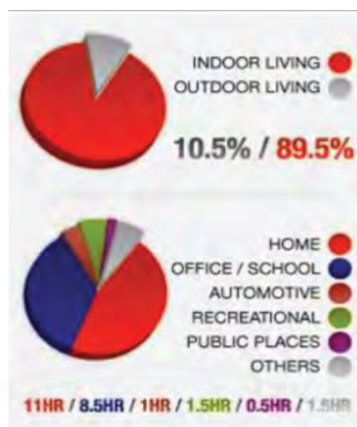
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันวิถีชีวิตของคนมีแนวโน้มใช้ชีวิตอยู่ภายในอาคารสูงถึง ร้อยละ 90 ของเวลาทั้งหมดในแต่ละวัน (ดังภาพที่ 1.1) เพื่อหลีกเลี่ยงมลพิษทางอากาศและสภาพอากาศที่แปรปรวน ร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลก อาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศและอาจมีปริมาณสารมลพิษสูงกว่าภายนอกอาคารถึง 100 เท่า (WHO, 2015) ซึ่งเกิดได้จากหลายกรณี หากอาคารมีการระบายอากาศที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้สารพิษในอาคารมีปริมาณสูงขึ้น (ดังตารางที่ 1.1) โดยเฉพาะอาคารที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ปัญหาดังกล่าวอาจนำไปสู่การเกิดโรคจากการอาศัยในอาคารที่เรียกว่า Sick Building Syndrome

ห้องเรียนภายในอาคาร คณะสถาปัตยกรรมและการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีปัญหาในเรื่องคุณภาพอากาศที่เกิดจากการระบายอากาศที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน, 2019) ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแนวทางการระบายอากาศผ่านหน้าต่างเพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียนภายในอาคาร คณะสถาปัตยกรรมและการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ดังภาพที่ 1.2) มีปัญหาในเรื่องคุณภาพอากาศที่เกิดจากการระบายอากาศที่ต่ำกว่ามาตรฐานการระบายอากาศ ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก โดยปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นจากผู้ใช้อาคาร มีการทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้เกิดการใช้พลังงาน และหายใจเอาออกซิเจนอากาศที่อยู่ในอาคาร แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา



ภาพที่ 1.1 แนวโน้มระยะเวลาที่คนทั่วไปใช้งานอาคาร แนวโน้มการใช้ชีวิตภายในอาคาร
ที่มา: ระยะเวลาที่คนทั่วไปใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร (WHO, 2015)

ตารางที่ 1.1

สารมลพิษ ทางอากาศภายในอาคาร

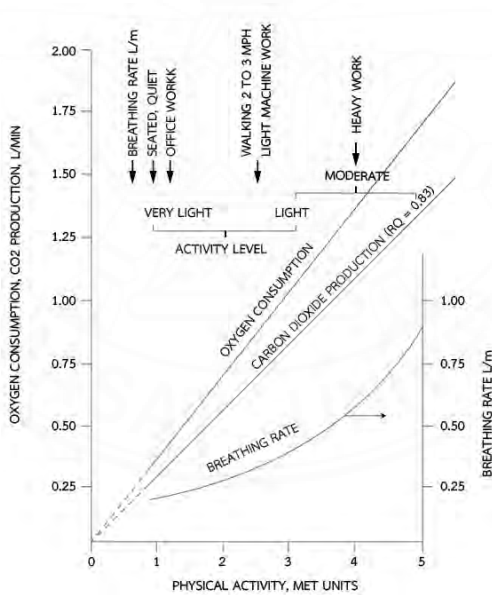
สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน	ผลกระทบต่อสุขภาพ	ระยะเวลาเฉลี่ยที่ตรวจวัด
Radon	< 150 Bq/m ³	เพิ่มความเสี่ยงโรคมะเร็งปอด	1 ปี
PM _{2.5}	< 25 µg/m ³	เพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ ระบบทางเดินหายใจ	24 ชม.
PM ₁₀	< 50 µg/m ³	ปอดทำงานได้น้อยลง ต่อภูมิแพ้ หอบหืด	8 ชม.
O ₃	< 100 µg/m ³	เจ็บคอ ปวดตา ปวดอักเสบ เนื้อปอดถูกทำลาย	8 ชม.
TVDC _s	< 60 µg/m ³	ระคายเคืองทางเดินหายใจ เพิ่มโอกาสก่อมะเร็ง	8 ชม.
CO ₂	< 1,000 ppm	มีผลต่อการตัดสินใจ ปวดหัว วิงเวียน อาเจียน	8 ชม.
CO	< 9 ppm	ปวดหัว เจ็บบริเวณอก หายใจถี่ ถึงเสียชีวิตได้	8 ชม.
NO ₂	< 0.1 ppm	ระคายเคืองบริเวณดวงตา ปัญหาระบบทางเดินหายใจ	8 ชม.
HCHO	< 0.1 ppm	ไอ เจ็บคอ หายใจติดขัด ตาแดง ท้องร่วง เยื่อぶตาอักเสบ	1 ชม.

ที่มา: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2019

Area	Floor	Space Type	CO2	PM2.5	
			ppm	µg/m ³	US AQI
XSpace	1st	Indoor	1055	47	129
Security Counter	1st	Open area	447	63	155
Library	2nd	Indoor	688	28	84
Exhibition Room	2nd	Indoor	1467	17	61
DMS	2nd	Indoor	483	32	93
Lift Lobby (3rd F)	3rd	Open area	421	65	156
Studio 303	3rd	Indoor	2786	35	99
Lecture Room 601	6th	Indoor	915	43	119
Lecture Room 606	6th	Indoor	2495	28	84
Roof Top	7th	Open area	413	69	156



ภาพที่ 1.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร
 ที่มา: ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารคณะสถาปัตยกรรมและการผังเมือง
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ดัดแปลงโดยผู้วิจัยจาก ดารณี จาริมิตร, มกราคม 2020)



ภาพที่ 1.3 กิจกรรมของมนุษย์กับการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 ที่มา: ASHRAE, 2007a

จากภาพที่ 1.3 พบว่า ยิ่งมนุษย์ต้องการพลังงานในการทำกิจกรรมมากเท่าใด การใช้ก๊าซออกซิเจนในการหายใจในกระบวนการเกิดพลังงานก็มากขึ้นตามความหนักของกิจกรรมที่ทำ เช่นเดียวกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจออกที่เพิ่มขึ้น หากผู้ใช้อาคารหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมากกว่า 1,500 ppm จะเกิดอาการปวดหัวรุนแรง อ่อนเพลีย (Bureau of environmental Health, 2016) ทำให้เกิดการกำหนดมาตรฐานของระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ไม่เกิน 1,000 ppm หรือไม่เกิน 700 ppm จากระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศภายนอก แนวทางแก้ปัญหาในปัจจุบันได้มีการนำอากาศภายนอกเข้ามาเติมภายในอาคาร เพื่อให้เกิดการเจือจางของมลพิษภายในอาคาร ได้แก่ การติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ดึงอากาศจากภายนอกเข้ามาโดยตรง หรือ การใช้งานเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศ Energy Recovery Ventilation ที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้นระหว่างอากาศภายใน (Indoor Air) และ อากาศภายนอก (Outdoor Air) ให้เกิดความสมดุล (ดังภาพที่ 1.4)

โดยงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับการระบายอากาศผ่านทางหน้าต่าง ภายในห้องเรียน เพื่อเป็นแนวทางการใช้งานหน้าต่างเพื่อเป็นการระบายอากาศ ซึ่งหน้าต่างระบายอากาศที่ผู้วิจัยนำเสนอเป็นหน้าต่างระบายอากาศที่มีฟังก์ชันระบายอากาศทั้งทางธรรมชาติและทางกลที่มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เพื่อให้สามารถควบคุมการใช้งานให้ได้อย่างเหมาะสมตามสภาพแวดล้อมภายนอก ก่อนที่จะนำอากาศเข้ามาเติมภายในห้อง เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนด (ASHRAE Standard)



ภาพที่ 1.4 พัดลมระบายอากาศ และเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศ

ที่มา: พัดลมและเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศ ยี่ห้อ Mitsubishi Electric, 2020

1.2 วัตถุประสงค์การทดลอง

- 1.2.1 ศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน
- 1.2.2 ศึกษารูปแบบการระบายอากาศผ่านช่องเปิดหน้าต่าง
- 1.2.3 เสนอแนวทางการออกแบบหน้าต่างระบายอากาศห้องเรียนที่มีประสิทธิภาพการระบาย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะห้องเรียนแบบบรรยายเพียงรูปแบบเดียว คือ ห้องเรียนบรรยาย สก. 606 ในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยไม่นับรวมผลกระทบจากห้องข้างเคียง

1.3.2 ประเมินสภาพภูมิอากาศภายนอก อาทิ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยอ้างอิงข้อมูลจากสำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานครจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมควบคุมมลพิษ รอบ 1 ปี (พ.ศ. 2562)

1.3.3 ศึกษาลักษณะพฤติกรรม และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนบรรยายที่ระดับความสูง 0.80 เมตร

1.3.4 ศึกษาจากระดับความเข้มข้นของกิจกรรมระดับเบาของมนุษย์เท่านั้นเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE (2004b)

1.4 สมมติฐานในการวิจัย

หน้าต่างระบายอากาศที่ออกแบบที่มีการติดตั้งพัดลมและแผ่นกรองอากาศ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ ทำให้สามารถเจือจางมลพิษทางอากาศภายในห้อง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นำเสนอแนวทางการใช้หน้าต่างระบายอากาศเพื่อลดการสะสมมลพิษทางอากาศในพื้นที่ห้องเรียนที่มีระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นนวัตกรรมที่ช่วยส่งเสริมเพิ่มคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนให้เหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศสากล (ASHRAE Standard)

1.6 ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง หน้าต่างระบายอากาศ เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียน สามารถแบ่งการดำเนินการวิจัยได้ดังภาพที่ 1.5

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 หน้าต่างระบายอากาศ หมายถึง การทำให้อากาศเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทภายในอาคารผ่านทางช่องเปิดผนังอาคารเพื่อให้มีช่องระบายอากาศเข้า-ออก หรือการเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในอาคารโดยตรง

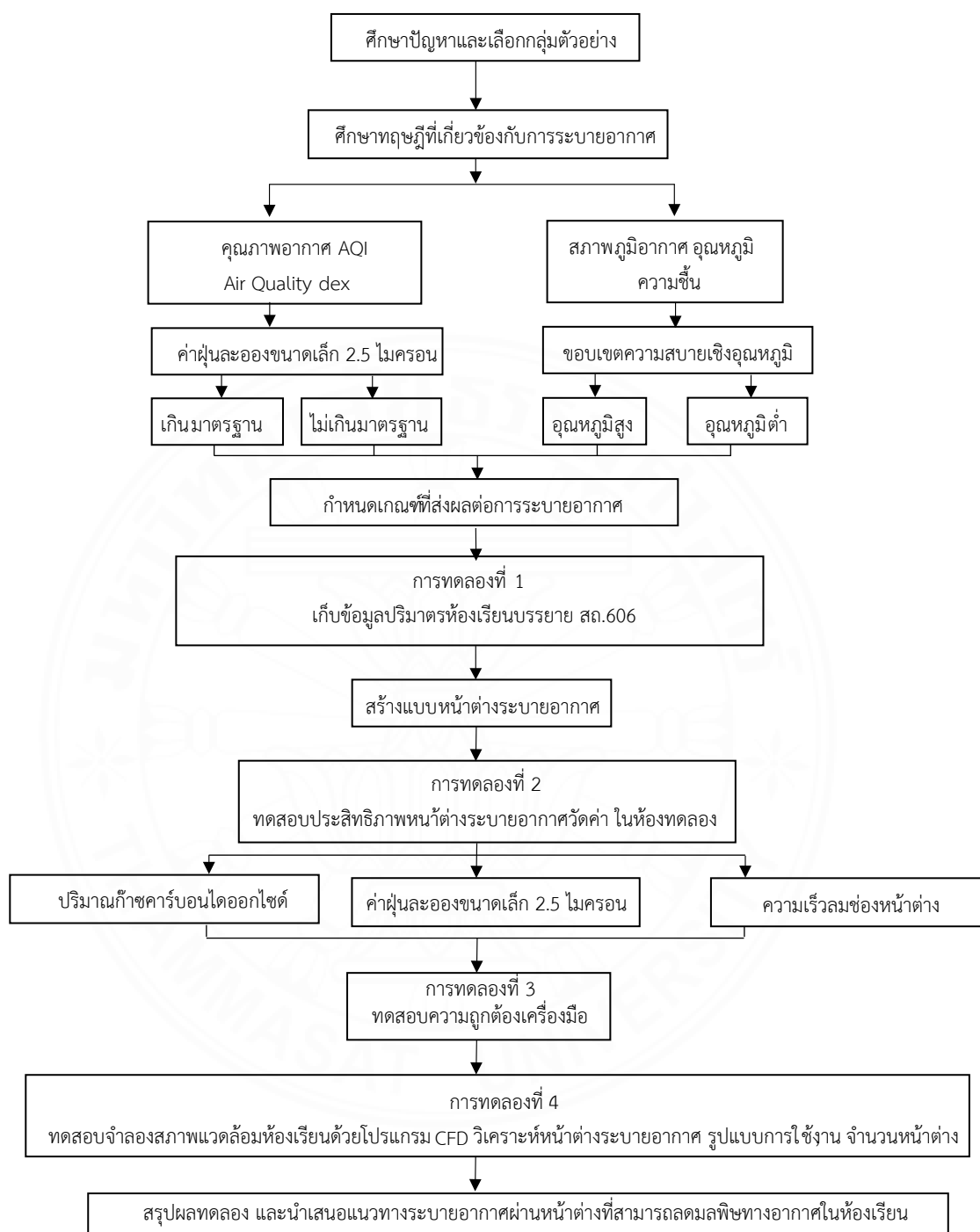
1.7.2 มลพิษทางอากาศภายในห้อง หมายถึง การสะสมความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และฝุ่นละอองขนาดเล็กภายในห้องเรียน

1.7.3 สภาวะน่าสบาย หมายถึง สภาวะที่คนรู้สึกอยู่สบายในอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมที่เหมาะสม

1.7.4 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ concentration) หมายถึง ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง เกิดจากการหายใจมนุษย์ และระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกประมาณ 350-400 ppm

1.7.5 หน่วย METs (metabolic equivalent) หมายถึง หน่วยแสดงค่าพลังงานต่อ 1 หน่วยเวลา บอกจำนวนเท่าของการใช้พลังงานกิจกรรมแบบชนิดต่างๆ

1.7.6 หน่วย ppm (parts per milion) หมายถึง ปริมาตรของสารปนเปื้อนหนึ่งหน่วยต่อปริมาตรของอากาศล้านหน่วย ในที่นี้ใช้เป็นหน่วยวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ



ภาพที่ 1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับการใช้วิธีการระบายอากาศและคุณภาพอากาศ แบ่งเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศ Air Quality Index: AQI

2.1.1 สารปนเปื้อนในอากาศ

2.1.2 ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเพิ่มคุณภาพอากาศ

2.2.1 วิธีการกรอง

2.2.2 รูปแบบแผ่นกรอง

2.2.3 ประสิทธิภาพการกรอง

2.2.4 มาตรฐานแผ่นกรอง

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานของการระบายอากาศ

2.3.1 ประเภทการระบายอากาศ

2.3.2 การรั่วซึมอากาศ

2.3.3 ปริมาณการถ่ายเทอากาศภายในอาคาร

2.4 ขอบเขตความสบาย

2.4.1 ทฤษฎีและปัจจัยที่มีผลต่อขอบเขตความสบาย

2.4.2 ขอบเขตสภาวะน่าสบายกับความสัมพันธ์ระหว่างลมและการรับรู้ของมนุษย์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศ Air Quality Index : AQI

2.1.1 สารปนเปื้อนในอากาศ

องค์ประกอบของอากาศ ประกอบด้วย ออกซิเจนร้อยละ 21 ไนโตรเจนร้อยละ 78 อาร์กอนร้อยละ 1 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.04 (ดังรูปภาพที่ 2.1) โดยสารปนเปื้อนในรูปของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะถูกกรองได้ด้วยแผงกรองอากาศ

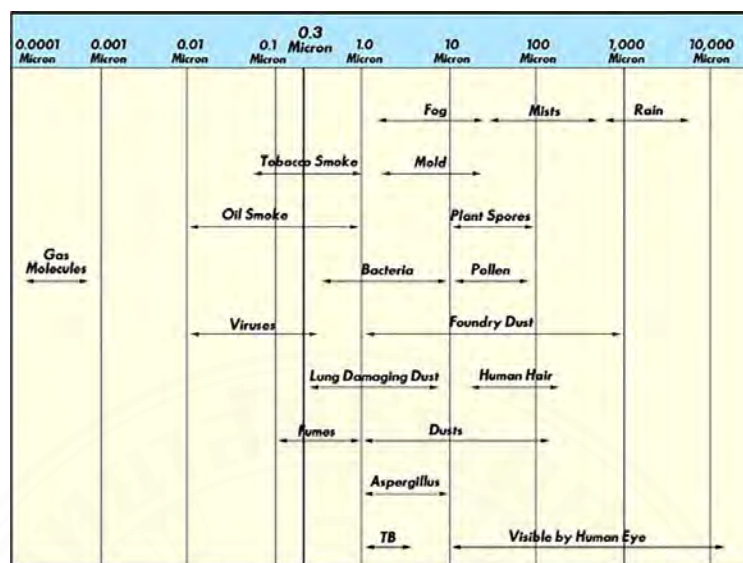
ประสิทธิภาพสูง แต่สารปนเปื้อนในรูปของก๊าซมีขนาดเล็กกว่ามาก จึงไม่ถูกกรองด้วยแผงกรองอากาศ

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matters: PM) เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่ลอยอยู่ภายในอากาศ มีองค์ประกอบทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ มักพบอยู่ในช่วงขนาด PM10 (ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน) และ PM2.5 (ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน) โดยฝุ่นละอองเหล่านี้มีที่มาจากแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร ได้แก่ ไอเสียจากยานพาหนะ เขม่าควัน รวมถึงฝุ่นจากการก่อสร้าง โดยถือเป็นมลพิษที่สามารถปนเปื้อนเข้าสู่ภายในอาคารทางรอยรั่วหรือช่องโหว่ของอาคาร

องค์ประกอบ	ปริมาณในอากาศ (ppm)
ไนโตรเจน	780,900
ออกซิเจน	209,400
อาร์กอน	9,300
คาร์บอนไดออกไซด์	315
นีออน	20
ฮีเลียม	5.2
มีเทน	1.0-1.2
คริปตอน	1.0
ไนตรัสออกไซด์	0.5
ไฮโดรเจน	0.5
เซนอน	0.08
ไนโตรเจนออกไซด์	0.02
โอโซน	0.01-0.04

ภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของอากาศตามธรรมชาติ

ที่มา: Learning center for Earth Science and Astronomy, 2018



ภาพที่ 2.2 ขนาดของสารปนเปื้อนในอากาศ
ที่มา : Abatement Technologies, 2011

2.1.1.1 คาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารปนเปื้อนในอากาศที่อยู่ในรูปก๊าซ จัดอยู่ในประเภทของสารอนินทรีย์เคมี (innorganic) ระดับอันตรายจากผลกระทบในการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในรูปของก๊าซสามารถแบ่งได้ดังนี้ (ASHRAE, 2005a)

(1) เป็นพิษ (toxicity)

ผลกระทบในแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับระดับการปนเปื้อนสูงสุดของสารปนเปื้อน และระยะเวลาที่ได้รับ เป็นสัดส่วนซึ่งกันและกัน ระดับการปนเปื้อนที่ยอมรับได้ในระยะเวลานั้น มีค่าสูงกว่าในระยะเวลานาน

(2) ระคายเคือง (irritation)

สารปนเปื้อนในรูปของก๊าซก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผู้ใช้อาคาร

(3) กลิ่น (odors)

ปัญหาการปนเปื้อนในรูปของก๊าซมักปรากฏในรูปของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

(4) ก่อให้เกิดความเสียหายแก่วัตถุ (damage to materials)

ได้แก่ การเป็นสนิม การเปราะ แตกหัก หรือการเปลี่ยนสี เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเคมีกับน้ำ

2.1.1.2 ระดับการปนเปื้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมีหน่วยการวัดดังนี้ (ASHRAE, 2005a)

(1) หน่วย ppm

parts per million คือ ปริมาตรของสารปนเปื้อนหนึ่งหน่วยต่อปริมาตรของอากาศล้านหน่วย

(2) หน่วย ppb

parts per billion คือ ปริมาตรของสารปนเปื้อนหนึ่งหน่วยต่อปริมาตรของอากาศพันล้านหน่วย

(3) 1,000 ppb มีค่าเท่ากับ 1 ppm

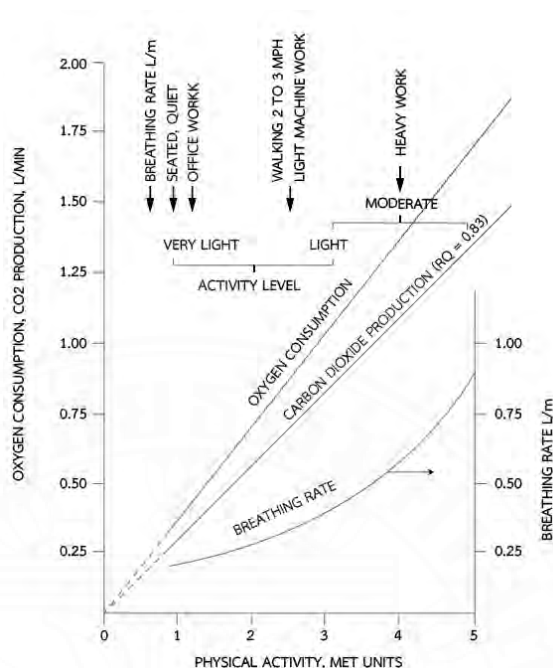
(4) มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

สารปนเปื้อนหนึ่งมิลลิกรัมต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตร

(5) ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

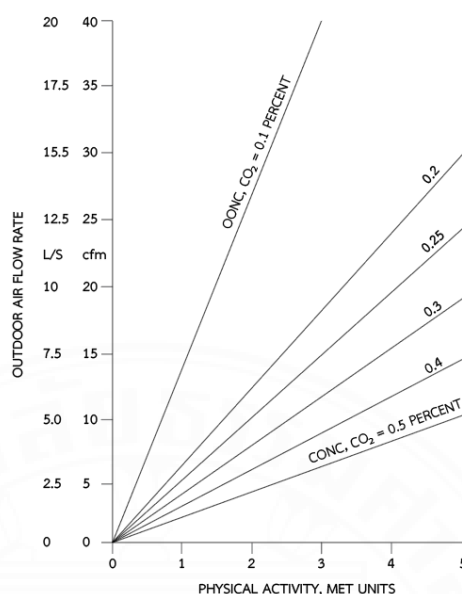
สารปนเปื้อนหนึ่งมิลลิกรัมต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตร

พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกจัดให้อยู่ในระดับอันตรายประเภทที่เป็นพิษต่อมนุษย์ สามารถทำให้มนุษย์หมดสติได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติจะอยู่ระดับ 411 ppm ถึง 430 ppm (NOAA, 2020) หากเป็นสภาพแวดล้อมภายในเมืองอาจมีระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นเนื่องจากแพร่กระจายจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกี่ยวข้องกับมนุษย์โดยตรง (ดังภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 กิจกรรมของมนุษย์กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ที่มา: ASHRAE, 2007a

จากภาพที่ 2.3 พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหายใจของมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากลมหายใจออกในระดับที่ต่างกัน โดยในภาวะปกติ (กิจกรรมแบบเบา) ลมหายใจของมนุษย์ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 41,666 ppm ต่อนาที ซึ่งการระบายอากาศสามารถเจือจางระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้ (ดังภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 อัตราการระบายอากาศเพื่อเจือจางระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์
ที่มา: ASHRAE, 2007a

จากภาพที่ 2.4 พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร เป็นตัวกำหนดปริมาณอากาศภายนอกที่ควรนำมาเติมภายในอาคาร มาตรฐาน ASHRAE กล่าวว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่สามารถยอมรับได้อยู่ระหว่าง 1,000 ppm ถึง 1,200 ppm (หรือมากกว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีในอากาศภายนอกไม่เกิน 700 ppm) ควรมีอัตราการระบายอากาศอยู่ที่ 7.5 ลิตรต่อวินาทีต่อคน และความหนาแน่นของผู้ใช้งานต่อพื้นที่ต้องไม่เกิน 10 คน ต่อพื้นที่ 100 ตร.ม. คิดเป็น 0.10 คนต่อตร.ม. (ASHRAE, 2005a)

2.1.1.3 การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.1 (ASHRAE 62.1, 2019)

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{สมการที่ 2.1})$$

กำหนดให้

Q_{SA} = อัตราการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในห้อง (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

C_{SA} = ระดับความเข้มข้นของสารเคมีภายนอกที่เข้ามาในห้อง (ppm)

C_{SS} = ระดับความเข้มข้นของสารเคมีคงที่ (steady state) ภายในห้อง (ppm)

S = อัตราการปล่อยสารเคมีหรือมลพิษของแหล่งกำเนิดมลพิษที่อยู่ภายในห้อง (ลูกบาศก์ต่อวินาที)

Q_{RA} = อัตราการไหลของอากาศภายในที่นำออกสู่ภายนอก

อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์ได้ดังสมการที่ 2.2 (ASHRAE, 2004b)

0.0084 ลบ.ฟุต/นาท/METs/คน

(สมการที่ 2.2)

2.1.1.4 คุณภาพอากาศมีผลจากตัวแปรค่ามลภาวะทางอากาศ

พบว่า ลักษณะการใช้งานของห้องแต่ละประเภท ถูกกำหนดให้มีอัตราการระบายอากาศตามจำนวนผู้ใช้งานและพื้นที่ห้อง ส่วนการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของมนุษย์ แปรผันตามระดับความหนักเบาของกิจกรรมที่ผู้ใช้งานกระทำ และประสิทธิภาพของการจ่ายอากาศมายังห้องปรับอากาศ ดังนั้น หากห้องมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจสูง แต่มีอัตราการระบายอากาศต่ำส่งผลให้ห้องมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง อัตราการระบายอากาศจึงเป็นส่วนสำคัญต่อการพิจารณาจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง คุณภาพอากาศภายในอาคารวัดโดยตัวแปรค่ามลภาวะทางอากาศ ประกอบด้วย

(1) ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

หากผู้ที่อาศัยอยู่ในอาคารได้รับหรือสัมผัสกับก๊าซชนิดนี้ จะทำให้เม็ดเลือดไม่สามารถรับออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายได้ซึ่งจะทำให้เกิดอาการมึนงง ปวดหรือเวียนศีรษะ อาเจียน แน่นหน้าอก เสียการทรงตัว อ่อนเพลีย หดแรงแง รู้สึกสับสน และเกิดสภาวะสมองขาด ออกซิเจน ดังนั้นภายในอาคารควรมี ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ไม่เกิน 9 ppm สำหรับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน

(2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

หากผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารได้รับหรือสัมผัสก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 282 mg/m^3 (150 ppm) อาจเสียชีวิตได้ ดังนั้นคุณภาพอากาศภายในอาคารไม่ควรมากกว่า 80 ppb (0.08 ppm) สำหรับ ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน (สำนักอนามัย กรุงเทพฯ, 2556) หรือควรน้อยกว่า 0.1 ppm สำหรับการสัมผัสตลอดเวลา (ASHRAE Standard 62)

(3) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เกิดจากการหายใจของสิ่งมีชีวิต หรือการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ของสารประกอบอินทรีย์ ระดับที่ WHO แนะนำสูงสุดที่อนุญาตให้สัมผัสได้ คือ $5,000 \text{ ppm}$ แต่ใน ASHRAE Standard กำหนดมาตรฐานไม่เกิน $1,000 \text{ ppm}$ อย่างไรก็ตามในการกำหนดมาตรฐานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร ส่วนใหญ่ จะคำนึงถึงความรู้สึกสบาย และไม่เกิดอากาศอื้ออวนเสียจากขาดอากาศ จึงกำหนดค่าความเข้มข้น เพื่อให้อาคารดังกล่าวมีการระบายอากาศอย่างเหมาะสม

2.1.2 ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

การรายงานข้อมูลคุณภาพและสถานการณ์มลพิษทางอากาศต่อสาธารณชนในแต่ละพื้นที่ โดยจะรายงานคุณภาพอากาศว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ และควรปฏิบัติอย่างไร เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพ ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายสำหรับประชาชนทั่วไป เป็นรูปแบบสากลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ แต่อาจชื่อเรียกแตกต่างกัน การวัดดัชนีคุณภาพอากาศได้จากคำนวณปริมาณสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ได้แก่ (ดังตารางที่ 2.1)

- (1) ก๊าซโอโซน (O_3) เฉลี่ย 3 ชั่วโมง
- (2) ก๊าซไนโตรเจนไดร็อกไซด์ (NO_2) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง
- (3) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง
- (4) ก๊าซซัลเฟอร์ไดร็อกไซด์ (SO_2) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง
- (5) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง
- (6) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.1

เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

	0 – 25	26 – 50	51 – 100	101 – 200	201 ขึ้นไป
ความหมายสี	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	มีผลกระทบต่อสุขภาพ

ตารางที่ 1 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 – 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสมสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 – 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ
51- 100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง
101 - 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป : ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แสบหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น หากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

ที่มา: กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2563

การคำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยมีระดับของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ระดับต่าง ๆ (ดังนี้ตารางที่ 2.1) การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศภายในช่วงระดับ เป็นสมการเส้นตรง (ดังสมการที่ 2.4) (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

$$\text{ดังนี้} \quad I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} (X - X_i) + I_i \quad (\text{สมการที่ 2.4})$$

กำหนดให้ I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ I = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

C = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X

จากค่าดัชนีย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าดัชนีสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ณ ช่วงเวลานั้น

ตารางที่ 2.2

ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพ

AQI	PM _{2.5} (มคก./ลบ.ม.)	PM ₁₀ (มคก./ลบ.ม.)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	
0 – 25	0 - 25	0 - 50	0 - 35	0 - 4.4	0 - 60	0 - 100
26 – 50	26 - 37	51 - 80	36 - 50	4.5 - 6.4	61 - 106	101 - 200
51 – 100	38 - 50	81 - 120	51 - 70	6.5 - 9.0	107 - 170	201 - 300
101 – 200	51 - 90	121 - 180	71 - 120	9.1 - 30.0	171 - 340	301 - 400
มากกว่า 200	91 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	121 ขึ้นไป	30.1 ขึ้นไป	341 ขึ้นไป	401 ขึ้นไป

ที่มา: กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2563

เมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐานของไทยกับองค์การอนามัยโลก และ ต่างประเทศพบว่า มีความแตกต่างกันมาก กับ เกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย จะเห็นได้ว่า トラบใดที่ประเทศไทย ยังใช้เกณฑ์มาตรฐานเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 25 มคก./ลบ.ม. หรือ เกณฑ์มาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ที่ 50 มคก./ลบ.ม. ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน ไม่ได้หนักหนาหรือมีผลต่อสุขภาพเท่าไร แต่หากใช้เกณฑ์มาตรฐานของ องค์การอนามัยโลก ตลอด 365 วัน คนไทย อยู่กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน ที่เกินมาตรฐาน (ดังตารางที่ 2.3)

งานวิจัยเลือกใช้เกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก เพราะ เกณฑ์เลือกใช้กำหนดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน มีการควบคุมที่ปลอดภัยมากที่สุด

ตารางที่ 2.3

การเปรียบเทียบมาตรฐานฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอนของประเทศไทยและต่างประเทศ

ประเทศ	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยทั้งปี (มคก./ลบ.ม.)
องค์การอนามัยโลก (WHO)	25	35/25/15/10 ⁽¹⁾
สหภาพยุโรป	-	25
สหรัฐอเมริกา	35 ⁽²⁾	12
ประเทศไทย	50	25
ข้อเสนอสำหรับประเทศไทย	35 ⁽³⁾	25

หมายเหตุ: (1) เป้าหมายระยะที่ 1/2/3/ค่ามาตรฐาน (2) เปอร์เซ็นไทล์ที่ 98 เฉลี่ย 3 ปี (3) เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

ที่มา: World Health Organization, 2562

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเพิ่มคุณภาพอากาศ

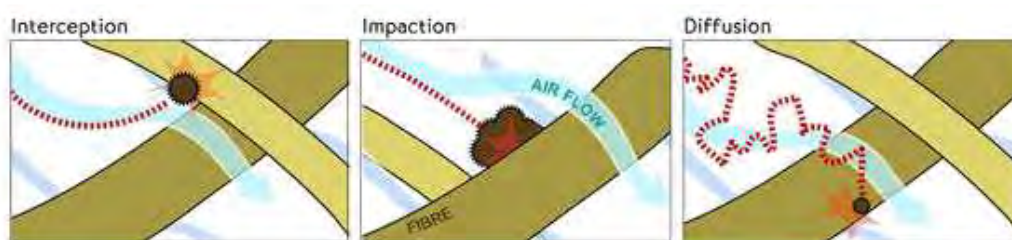
อนุภาคที่พบในอากาศจะประกอบไปด้วยสิ่งต่างๆ มากมาย ซึ่งขนาดของอนุภาคของฝุ่นซึ่งหน่วยนับที่ใช้คือไมโครเมตร หรือ ไมครอน 1 ไมครอนเท่ากับ 1 / 1,000,000 เมตร โดยทั่วไปเส้นผมของมนุษย์นั้นมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100 ไมครอน ละอองเกสรอาจมีขนาดประมาณ 10 ไมครอนซึ่งมีขนาดเล็กเท่าที่สายตามนุษย์มองเห็น สิ่งนี้ถือว่าเป็นฝุ่นขนาดใหญ่และสามารถดักจับได้ง่าย แต่สิ่งที่แผ่นกรองอากาศจะดักจับคืออนุภาคฝุ่นในขนาด 1 ไมครอนและต่ำกว่า ขนาดอนุภาคของฝุ่นที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์จะมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency -EPA) หรือ “อีพีเอ” ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดมาตรฐานในการแบ่งคุณภาพของอากาศโดยดูจากขนาดของฝุ่น (Particulate Matter or PM) ตั้งแต่ขนาด PM10 ถึง PM 2.5 โดย PM 2.5 คือ ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 ไมครอนและเล็กกว่า แผนภาพนี้แสดงให้เห็นว่าฝุ่นขนาดต่าง ๆ กับสามารถเข้าไปในระบบหายใจของมนุษย์ได้ลึกเพียงใด จมูกจะดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดใหญ่ ในขณะที่อนุภาคขนาดเล็กกว่าจะหลุดรอดลึกเข้าไปในปอด ซึ่งยิ่งเข้าไปในปอดลึกมากเท่าไร ยิ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้มากเท่านั้น การใช้กรองอากาศ เพื่อต้องการเอาสิ่งปนเปื้อนออกจากอากาศทั้ง ของเหลว และแก๊ส ที่เราไม่ต้องการ เพื่อป้องกัน คน ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต อุปกรณ์ เครื่องมือ และสิ่งแวดล้อม (ดังภาพที่ 2.7) แสดงให้เห็นถึงขนาดอนุภาคปนเปื้อนชนิดต่างๆ มีหน่วยเป็นไมครอน (Micron)

2.2.1 วิธีการกรอง

การดักจับอนุภาคขนาดเล็กด้วยเส้นใยด้วยกลไก 3 รูปแบบ (ดังภาพที่ 2.6)

ตัวอย่างเส้นใย HEPA Filter



ภาพที่ 2.5 อนุภาคถูกดักจับอยู่ในเส้นใย

ที่มา: ASHRAE Journal เรื่อง Filters and Filtration, 1999

(1) Interception

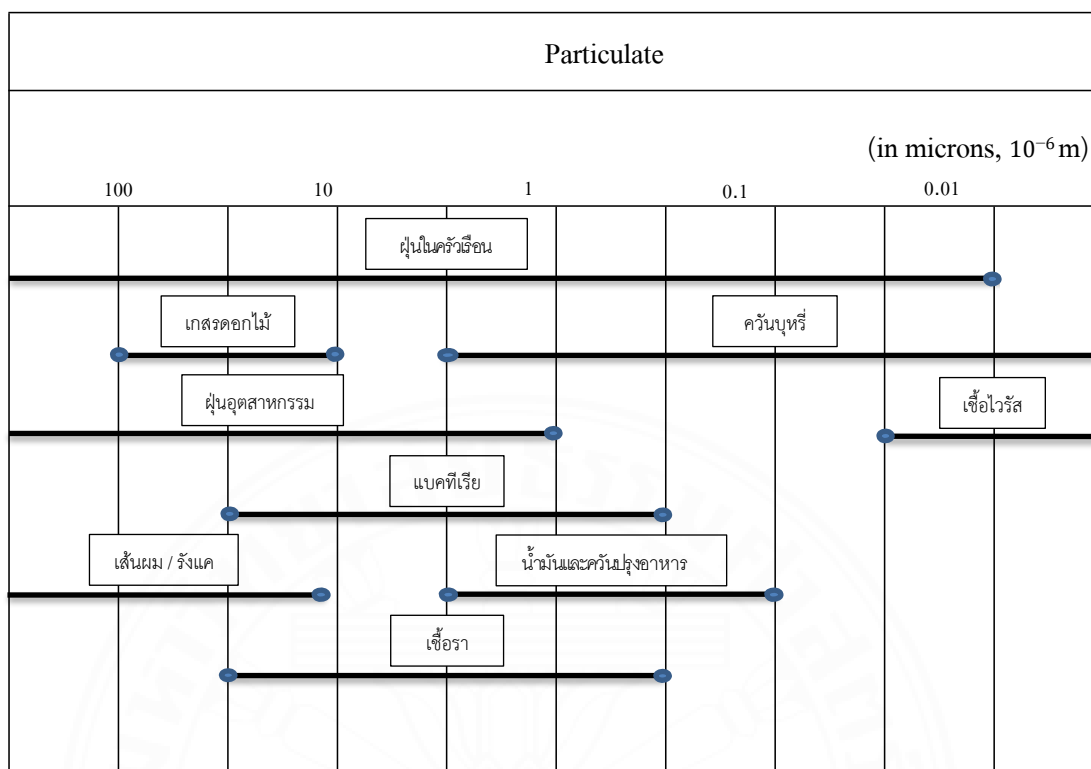
อนุภาคที่อยู่ภายในกระแสน้ำอากาศจะถูกยึดติดกับเส้นใย โดยอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับขนาดของเส้นใยจะถูกดักจับด้วยรูปแบบนี้

(2) Impaction

อนุภาคที่อยู่ภายในกระแสน้ำอากาศชนเข้ากับเส้นใยเป็นรูปแบบที่ดักจับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่

(3) Diffusion

อนุภาคที่อยู่ภายในกระแสน้ำอากาศขนาดเล็กมากอาศัยลอยมาติดกับเส้นใยเป็นกลไกทำหน้าที่ดักจับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน



ภาพที่ 2.6 ขนาดอนุภาคถูกดักจับอยู่ในเส้นใย

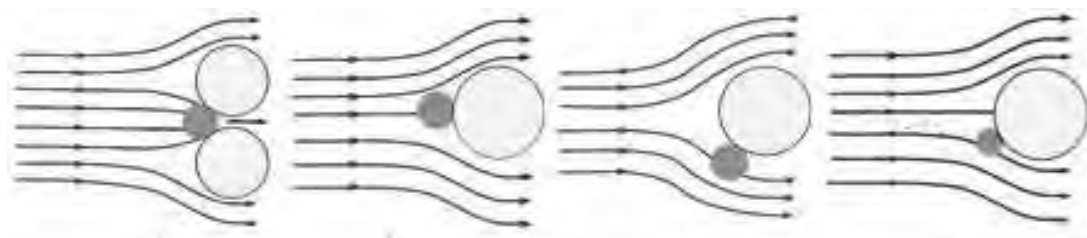
ที่มา: Airborne particle, 2018

2.2.2 รูปแบบแผ่นกรอง

แผ่นกรองอากาศที่ติดตั้งจะต้องมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ ความสามารถในการกักเก็บฝุ่นที่สูง เพื่ออายุการใช้งานที่นาน และความดันตกคร่อมต่ำอากาศไหลผ่านได้ดี จำแนกหลักการกรองอากาศเป็น 3 ประเภทดังนี้

(1) การกรองแบบทางกล

อนุภาคที่อยู่ภายในกระแอากาศจะถูกยึดติดกับเส้นใย โดยอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับขนาดของเส้นใยจะถูกดักจับด้วยรูปแบบนี้ (ดังภาพที่ 2.8)



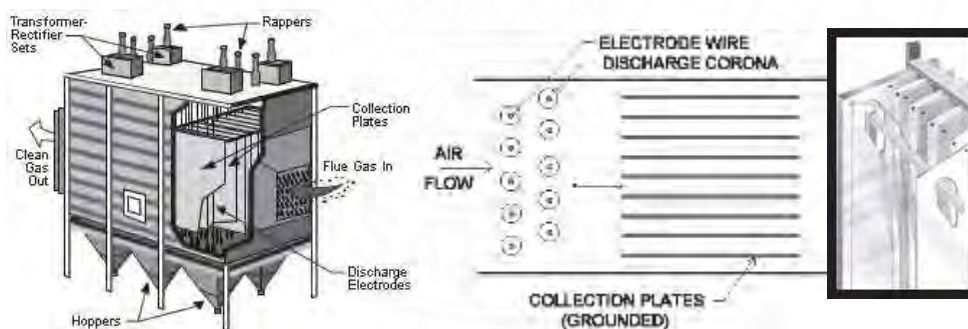
1. Straining 2. Viscous Impingement 3. Interception 4. Diffusion

ภาพที่ 2.7 หลักการการกรองอากาศแบบต่างๆ

ที่มา: ASHRAE Journal เรื่อง Filters and Filtration, 1999

(2) การกรองแบบทางไฟฟ้า

โดยการใช้ไฟฟ้าเหนี่ยวนำอิเล็กตรอน โดยการชาร์จประจุ ซึ่งระบบกรองแบบนี้มีความดันตกคร่อมต่ำ และประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่ความเร็วต่างๆ ความเร็วลมต่ำมักมีประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพจะสูงสุดในตอนเริ่มต้นใช้งาน ทั้งนี้ ประสิทธิภาพยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ขนาดของอนุภาค, ความต่างศักย์ และระยะห่างของ Ionizer และ Collector ตามภาพที่ 2.14

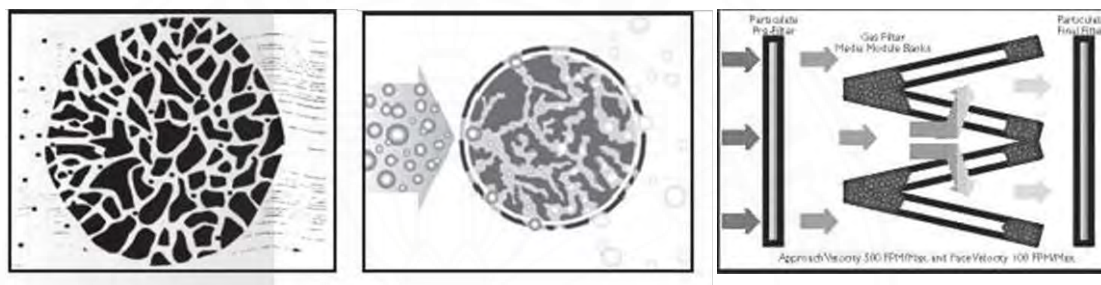


ภาพที่ 2.8 หลักการการกรองอากาศแบบทางไฟฟ้า

ที่มา: ASHRAE Journal เรื่อง Filters and Filtration, 1999

(3) การกรองแบบทางเคมี

การกรองแบบทางเคมีโดยใช้สาร Activated Carbon, Alumina เคลือบด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ฯลฯ ทั้งนี้การเลือกชนิดของสารเคมีที่เคลือบนั้นขึ้นกับชนิดของแก๊สปนเปื้อนที่เราต้องการจะดักจับ ซึ่งการกรองประเภทนี้จะใช้กลไกการดูดซับ (Adsorption) และการทำปฏิกิริยา (Chemisorption) ในการดักจับ แก๊สปนเปื้อนที่มีขนาดอนุภาคเล็กมากๆ ส่วนใหญ่เล็กกว่า 0.01 ไมครอน ประสิทธิภาพของการกรองขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัยเช่นความเร็วหรือเวลาที่ดักจับ (Resident time), อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเข้มข้นของแก๊สปนเปื้อน ตามภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.9 หลักการการกรองอากาศแบบทางเคมี

ที่มา: ASHRAE Journal เรื่อง Filters and Filtration, 1999

2.2.3 ประสิทธิภาพการกรอง

- (1) ประสิทธิภาพเริ่มต้น เมื่อแผ่นกรองสะอาด (Initial efficiency)
- (2) ประสิทธิภาพเฉลี่ย (Average efficiency) เป็นประสิทธิภาพที่ผู้ผลิตแผ่นกรองบอกว่าแผ่นกรองอากาศนั้นมีประสิทธิภาพเท่าไร ซึ่งทางผู้ออกแบบมักใช้ในการกำหนด Specification
- (3) ประสิทธิภาพสุดท้าย (Final efficiency) เป็นประสิทธิภาพที่แผ่นกรองไม่สามารถกรองได้ ณ จุดนี้แผ่นกรองอากาศจะตัน อัตราการไหลจะลดลง ความดัน

2.2.3.1 อายุการใช้งานของแผ่นกรองอากาศ

โดยทั่วไปผู้ขายมักกำหนดว่าแผ่นกรองอากาศชั้นต้น (20-30% ASHRAE Dust spot efficiency) มีอายุการใช้งาน 3-6 เดือน, แผ่นกรองอากาศชั้นกลาง

(45-95% ASHRAE Dust spot efficiency) มีอายุการใช้งาน 6-12 เดือน และแผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย (> 98% จนถึง HEPA, ULPA efficiency), อายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี แต่ถ้าหากมีการบำรุงรักษา เปลี่ยนแผ่นกรองอากาศชั้นต้นและชั้นกลาง อาจยืดอายุการใช้งานอยู่ได้ถึง 2 ปี

2.2.3.2 ความเร็วลมของการกรองอากาศ

ความเร็วที่ผ่านหน้าตัดของแผ่นกรองอากาศแผ่นกรองอากาศ HEPA 99.99% ที่ 0.3 ไมครอน ความเร็วลมสูงๆ เช่น มากกว่า 250 ฟุตต่อนาทีประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศจะลดลงจะน้อยกว่า 99.99% ที่อนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน เนื่องจาก Diffusion effect ต้องการความเร็วลมต่ำๆ ทำให้โอกาสที่อนุภาคขนาดเล็กจะไปเกาะติดบนเส้นใยของเนื้อกรองอากาศโดยทั่วไปถ้าเป็นแผ่นกรองอากาศชนิด HEPA จะมีความเร็วลมที่ผ่านเนื้อกรองที่ประมาณ 4-6 ฟุตต่อนาที

2.2.3.3 Life Cycle Cost Analysis (LCCA) หรือการวิเคราะห์ในเรื่องของต้นทุนของแผ่นกรองและต้นทุน บำรุงรักษา

ขณะใช้งาน รวมถึงค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น เช่น ค่าไฟหรือค่าของพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง;KHz) ค่าแรงค่ากำจัดทิ้ง ฯลฯ ซึ่งจะมองถึงต้นทุนรวมทั้งหมดที่ต่ำที่สุด อายุการใช้งานของแผ่นกรองอากาศ และเวลาที่เราต้องเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศที่เหมาะสม และคุ้มค่าที่สุด

2.2.4 มาตรฐานแผ่นกรอง

มาตรฐานของแผ่นกรองอากาศที่นิยมใช้อ้างอิงจากมาตรฐานสังคมอเมริกันของเครื่องทำความร้อนทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศวิศวกร (ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) ซึ่งจะมีมาตรฐานเกี่ยวกับการทดสอบแผ่นกรองอากาศโดยเฉพาะ คือ มาตรฐาน ASHRAE 52 โดยมีการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขมาเป็น ASHRAE 52.1 และ ASHRAE 52.2 และ มาตรฐานทางยุโรป ได้แก่ EN779-2002 และ EN1822-1998 (ดังตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4

มาตรฐานของแผ่นกรองอากาศ

Filter performance									
ANSI/ASHRAE 52.2				ASHRAE 52.1		EN779:2002		EN1822:1998	
MERV	Average particle size efficiency			Average efficiency, %	Average dust-spot efficiency, %	Class	Average 0.4 μ m particle size efficiency	Class	MPPS efficiency, %
	E_1 0.3-1.0	E_2 1.0-3.0	E_3 3.0-10.0						
1	—	—	< 20	< 65	< 20	G1	—	—	—
2	—	—	< 20	65 - 70	< 20	G2	—	—	—
3	—	—	< 20	70 - 75	< 20	G2	—	—	—
4	—	—	< 20	75 - 80	< 20	G2	—	—	—
5	—	—	20 - 35	80 - 85	< 20	G3	—	—	—
6	—	—	35 - 50	85 - 90	< 20	G3	—	—	—
7	—	—	50 - 70	> 90	25 - 30	G4	—	—	—
8	—	—	> 70	> 90	30 - 35	G4	—	—	—
9	—	< 50	> 85	> 90	40 - 45	G4	—	—	—
10	—	50 - 65	> 85	> 95	50 - 55	F5	40 - 60	—	—
11	—	65 - 80	> 85	> 95	60 - 65	F6	60 - 80	—	—
12	—	> 80	> 90	> 95	70 - 75	F6	60 - 80	—	—
13	< 75	> 90	> 90	> 98	80 - 90	F7	80 - 90	—	—
14	75 - 85	> 90	> 90	> 98	90 - 95	F8	90 - 95	—	—
15	85 - 95	> 90	> 90	—	> 95	F9	> 95	—	—
16	> 95	> 95	> 95	—	—	—	—	H10/E1	85
17	—	—	—	—	—	—	—	H11/E1	99.95
18	—	—	—	—	—	—	—	H12/E1	99.95
19	—	—	—	—	—	—	—	H13	99.995
20	—	—	—	—	—	—	—	H14	99.995

ที่มา: ASHRAE 52.1-52.2, 1999

มาตรฐาน ASHRAE52.1 แบ่งวิธีการทดสอบแผ่นกรองอากาศออกเป็น 2 ประเภท ตามประเภทของแผ่นกรองอากาศ คือ แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filter) และแผ่นกรองอากาศชั้นกลาง (Medium filter) โดยอาศัยความสามารถในการกรองฝุ่นตามคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของฝุ่นในอากาศ เป็นตัวแบ่งประเภท โดยพื้นฐานแล้วฝุ่นที่อยู่ในอากาศมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ฝุ่นหยาบที่มีน้ำหนักที่แขวนลอยอยู่ในอากาศไม่นานและฝุ่นละเอียดที่มีน้ำหนักเบาและแขวนลอยในอากาศอีกทั้งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

MERV – Minimum Efficiency Reporting Value เป็นมาตรฐาน ASHRAE ที่ปรับปรุงขึ้น เป็นมาตรฐาน ASHRAE52.2P-1999 โดยแบ่งระดับของประสิทธิภาพในการกรองออกเป็น 16 ระดับ คือ MERV 1 – MERV 16 และทำการวัดโดยใช้ฝุ่นขนาด 0.3 – 10 ไมครอน โดยแบ่งขนาด 10 ฝุ่นออกเป็น 12 ช่วง และมีการแบ่งช่วงกว้าง เป็น E1(0.3-1.0 μ), E2(1.0-3.0 μ), E3(3.0-10.0 μ) เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเทียบตารางเกณฑ์เพื่อกำหนดว่าแผ่นกรองที่ทดสอบนั้นอยู่ในเกณฑ์ MERV 1 – MERV 16 ว่าจะเป็นระดับใด (ดังตารางที่ 2.8)

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานของการระบายอากาศ

2.3.1 ประเภทการระบายอากาศ

การระบายอากาศซึ่งทำให้อากาศไหลผ่านเข้าออกทางช่องเปิดของอาคาร โดยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ การออกแบบอาคาร และพฤติกรรมในการใช้งานอาคารมนุษย์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

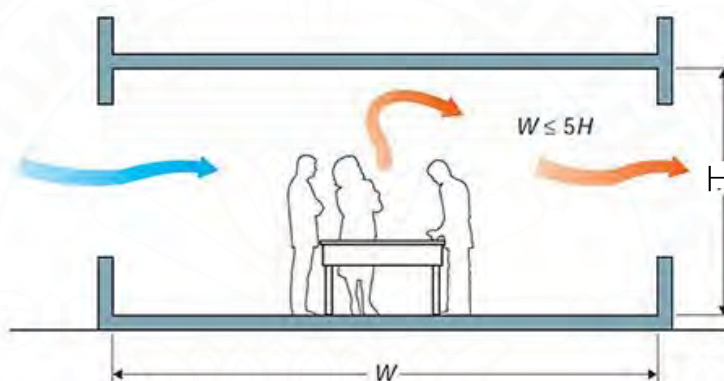
2.3.1.1 การระบายอากาศทางธรรมชาติ (Natural Ventilation)

การระบายอากาศธรรมชาติเป็นการระบายอากาศที่ใช้แรงจากธรรมชาติ เช่น ลม ความแตกต่างของอุณหภูมิ และความแตกต่างของความดันอากาศ ซึ่งจะทำให้อากาศไหลผ่านเข้าออก

ทางช่องเปิดอาคาร แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

(1) ความกดดันอากาศ (Wind pressure)

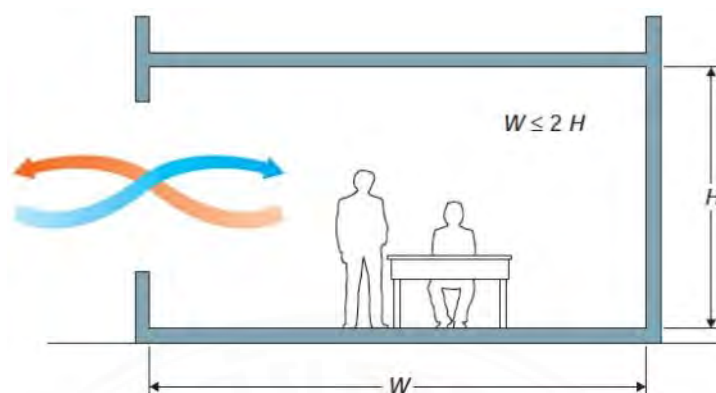
การระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation) เกิดขึ้นโดยการเปิดช่องเปิดของเปลือกอาคาร สองด้านตรงข้ามกัน (ดังภาพที่ 2.11) ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศที่ช่องอากาศเข้า และช่องอากาศออกทำให้อากาศไหลผ่านอาคาร แต่ข้อจำกัดของการไหลของอากาศ คือ ลักษณะของแปลนและความซับซ้อน ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความร้อนและมลพิษที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ตามหลักการทั่วไปความลึกที่จำกัดสำหรับการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพ คือ ประมาณ 5 เท่าของความสูงจากพื้นถึงเพดานของห้อง



ภาพที่ 2.10 การระบายอากาศข้ามฟาก

ที่มา: Andrew Dyke, 2014 (ดัดแปลงโดยผู้วิจัย)

การระบายอากาศทางเดียว (Single-sided ventilation) (ดังภาพที่ 2.12) การระบายอากาศทางเดียวมักพบเห็นในห้องเดียวเช่นห้องพักคอนโดมิเนียม สำนักงานหรือห้องที่มีช่องเปิดด้านเดียว โดยการไหลของอากาศเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในพื้นที่เป็นส่วนใหญ่และอาศัยหลักความแตกต่างของความดัน อากาศเพียงเล็กน้อย โดยอากาศที่มีความร้อนจะลอยสูงขึ้นและไหลออกทางช่อง ด้านบนของช่องเปิดและอากาศเย็นจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่ไหลออกไป ตามหลักการทั่วไปความลึกที่จำกัดสำหรับการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพ คือ ประมาณ 2 เท่าของความสูงจากพื้นถึงเพดานของห้อง

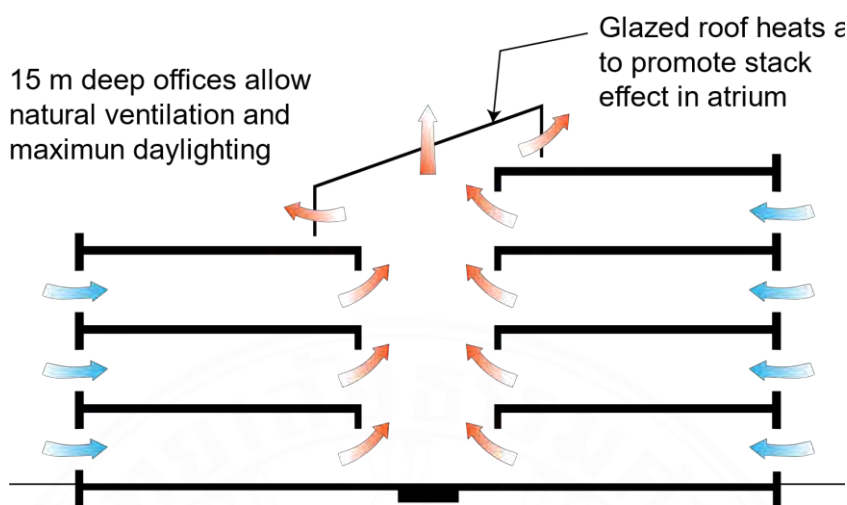


ภาพที่ 2.11 การระบายอากาศทางเดียว

ที่มา: Andrew Dyke, 2014 (ดัดแปลงโดยผู้วิจัย)

(2) ความแตกต่างอุณหภูมิ (Stack ventilation)

การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (ดังภาพที่ 2.13) เป็นการระบายอากาศที่อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ (Buoyancy effect) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อลมภายนอกมีความเร็วต่ำ และบริเวณช่องอากาศออกจะมีความร้อนที่สูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นและอากาศที่เย็นกว่าจะเข้าไปแทนที่ให้เกิดการไหลของอากาศภายใน อาคาร แต่การไหลของอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ไหลผ่านจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้หลักการความแตกต่างของอุณหภูมิ



ภาพที่ 2.12 การระบายอากาศแบบผสม

ที่มา: Andrew Dyke, 2014 (ดัดแปลงโดยผู้วิจัย)

2.3.1.2 การระบายอากาศด้วยวิธีกล (Mechanical Ventilation)

การนำเอาระบบกลเช่น พัดลม มาติดตั้งบนผนัง หรือบริเวณหน้าต่าง หรือการระบาย อากาศผ่านทางระบบท่อเพื่อให้อากาศมีการไหลเวียนภายในพื้นที่ โดยรูปแบบของระบบกลขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อมของพื้นที่ โดยสามารถติดตั้งระบบกรองอากาศเพื่อดักจับเศษฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศ หรือติดตั้งตัวดักจับความชื้นในอากาศหากในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง โดยระบบกลระบายอากาศสามารถควบคุมทิศทางการไหลของอากาศได้ดีกว่าการระบายอากาศธรรมชาติ และยังสามารถควบคุมความกด อากาศภายในห้องให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ ควบคุมปริมาณและคุณภาพอากาศที่เข้ามาภายในห้องผ่านหัวจ่ายลมหรือหน้าต่าง และนำอากาศจากภายในห้องออกสู่ภายนอก โดยทั่วไปตามท้องตลาดแบ่งพัดลมระบายอากาศออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ พัดลมชนิดแบบใบพัด (Propeller fan) และ พัดลมชนิดแบบกรงกระรอก (Blower fan) โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) พัดลมชนิดแบบใบพัด (Propeller fan)

พัดลมที่มีลักษณะใบพัดเรือที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ หรือสายพาน สามารถปรับระดับเสียงปานกลางและใช้ไฟฟ้าน้อย ส่วนใหญ่ใช้ระบายอากาศในห้องติดตั้งได้ทั้งผนัง และกระจก โดยสามารถระบายอากาศได้ตั้งแต่ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ดังตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5

แสดงอัตราการระบายอากาศ และตัวอย่างรูปร่างพัดลมแบบใบพัด (Propeller fan)

และค่ากำลังไฟฟ้ามาตรฐาน มอก.710-2536

ขนาดใบพัด (นิ้ว)	อัตราการระบาย อากาศ (ลบ.ม./ชม.)	กำลังไฟฟ้าเข้า สูงสุด (วัตต์)
6	270 (216)	22
8	360 (336)	33
10	600	40
12	900	46
16	1680	80
20	2700	120



ที่มา: บริษัท Mitsubishi Electric, 2019 (ดัดแปลงโดยผู้วิจัย)

(2) พัดลมชนิดแบบกรงกระรอก (Blower fan)

พัดลมที่มีลักษณะใบพัดเหมือนใบพัดลักษณะคล้ายกรงกระรอก วัสดุเป็นอลูมิเนียมหรือพลาสติกก็ได้ มีมอเตอร์พัดลมติดอยู่ด้านข้าง หรือตรงกลางก็ได้ กรณีพัดลมกรงกระรอกมีความยาวมาก อาจใช้ไฟ 220 โวลต์ หรือ 12 โวลต์ ลักษณะแรงลมคงที่สามารถปรับเปลี่ยนระดับได้ โดยสามารถระบายอากาศได้ตั้งแต่ 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ดังตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6

แสดงอัตราการระบายอากาศ และตัวอย่างรูปร่างพัดลมแบบกรงกระรอก (Blower fan)

และค่ากำลังไฟฟ้ามาตรฐาน มอก.710-2536

ขนาดใบพัด (นิ้ว)	อัตราการระบาย อากาศ (ลบ.ม./ชม.)	กำลังไฟฟ้าเข้า สูงสุด (วัตต์)
120	165	25.2
180	252	29.1
240	330	31.2
300	500	42.2



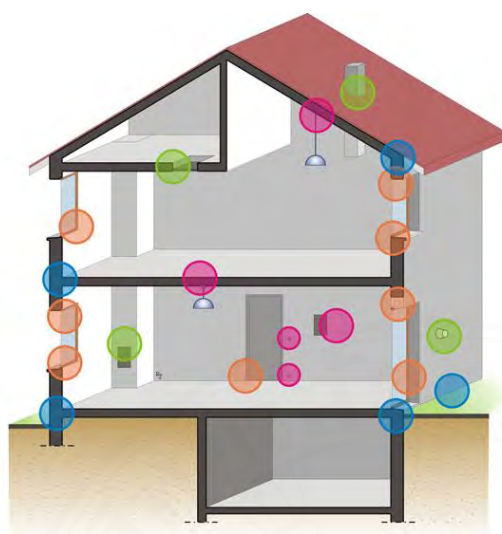
ที่มา: บริษัท Squirrel Cage Fan, 2019 (ดัดแปลงโดยผู้วิจัย)

2.3.2 การรั่วซึมอากาศ

การรั่วซึมอากาศ (infiltration) เป็นการไหลของอากาศภายนอกเข้ามายังภายในอาคารผ่านทางรอยรั่ว หรือช่องเปิดที่ควบคุมไม่ได้

2.3.2.1 ตำแหน่งการรั่วซึม

การรั่วซึมของอากาศเข้าสู่ภายในอาคาร (ดังภาพที่ 2.14) นั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยเฉพาะสภาพลมและสภาพอากาศเฉพาะพื้นที่ (Micro-climates) รอบอาคาร เมื่อมีความแตกต่างระหว่างความดันอากาศภายในกับ ภายนอกบ้าน เช่น เมื่อมีลมพัด หรือมีความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยอากาศจะไหลผ่านช่องว่างหรือรอยแตก รอยแยก บนกรอบอาคาร ไม่ว่าจะเป็นผนังหรือช่องเปิดต่างๆ ซึ่งจะนำเอาอากาศร้อนขึ้นหรือ อากาศเย็นเข้าสู่ตัวบ้านได้การระบายอากาศที่ผ่านรอยรั่ว หรือรอยต่อของวัสดุต่างชนิดกันบนเปลือกอาคาร ซึ่งไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณได้ ได้แก่จุดรอยรั่ว เช่น ประตู หน้าต่าง เพดานหรือวัสดุปิดอาคาร



1. ฝ้าเพดาน (dropped ceiling)
2. ช่องติดตั้งโคมไฟ (recessed light)
3. ทางเข้าห้องใต้หลังคา (attic entrance)
4. ธรณีประตู (sill plates)
5. ท่อส่งน้ำและก๊าซ (water and furnace flues)
6. ท่อต่าง ๆ (all ducts)
7. กรอบประตู (door frame)
8. ปล่องไฟ (chimney flashing)
9. กรอบหน้าต่าง (window frames)
10. เต้าไฟฟ้า และสวิตช์ไฟฟ้า (electrical outlets and switches)
11. ท่อประปา และช่องท่อ (plumbing and utility access)

ภาพที่ 2.13 ตำแหน่งของการรั่วซึมอากาศภายในอาคาร

ที่มา: ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ, 2543

2.3.3 การประเมินการรั่วซึมอากาศ

การคำนวณการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิดของประตูและหน้าต่าง พบว่า ใช้วิธีการวัดความยาวเส้นรอยรั่วของหน้าต่างและประตู แล้วใช้สมการคำนวณหาอัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยต่อความยาวเส้นรอยรั่วทั้งหมดดังสมการที่ 2.5 (ASHRAE, 2005b)

$$AL_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n CL_i \times AL_i}{\sum_{i=1}^n CL_i} \quad (\text{สมการ 2.5})$$

เมื่อ AL_{avg} = อัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ย (ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร)

CL_i = ความยาวของเส้นรอยรั่วของหน้าต่างหรือประตูบานที่ i (เมตร)

AL_i = อัตราการรั่วซึมอากาศของหน้าต่างหรือประตูบานที่ i (ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร)

ตารางที่ 2.7

อัตราการรั่วซึมอากาศที่แรงดันแตกต่างกัน 75 ปาสคาล

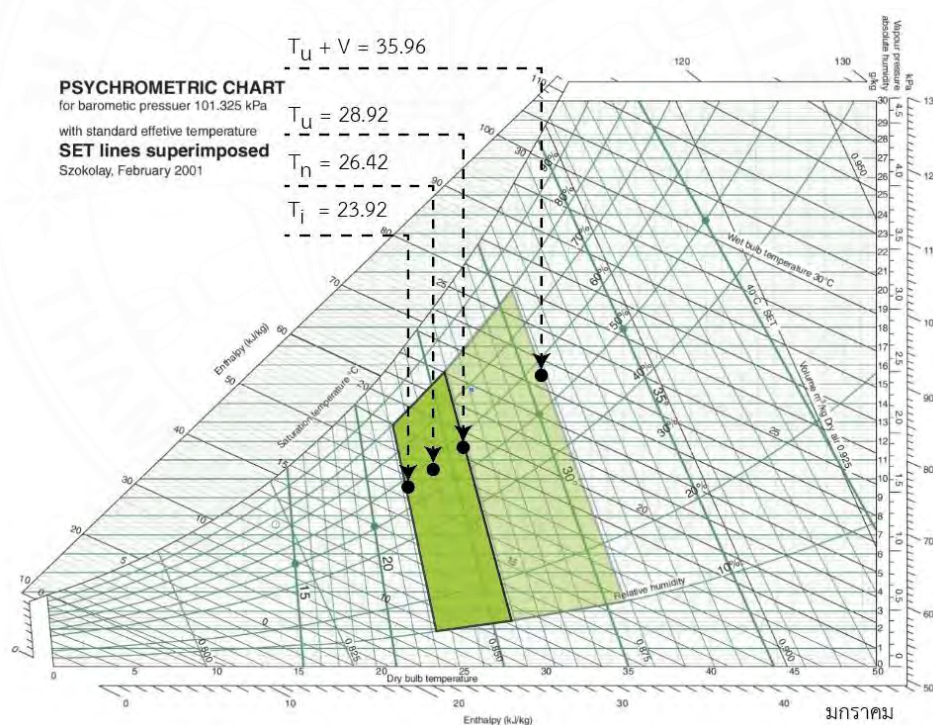
	ประเภทกรอบ	อุปกรณ์เพิ่มเติม	ชนิดหรือแบบ	ปริมาณอากาศรั่วซึม (ลิตรต่อวินาทีต่อ เมตร)
หน้าต่าง	อลูมิเนียม	มีแผ่นยางกันซึม	บานเปิด	0.73
	อลูมิเนียม	มีแผ่นยางกันซึม	บานเปิดบานรั้ง	0.94
	อลูมิเนียม		บานเลื่อน (แนวนอน)	0.72
	อลูมิเนียม	มีแผ่นยางกันซึม	บานกระทุ้ง	0.67
	อลูมิเนียม	มีแผ่นยางกันซึม	บานรั้ง	0.67
	อลูมิเนียม	มีแผ่นยางกันซึม	บานเลื่อน (แนวตั้ง)	0.80
	อลูมิเนียม	มีแผ่นยางกันซึม	ปิดตาย (Curtain Wall)	0.37
	ไม้		บานเปิด	0.67
	ไม้		บานเปิดบานรั้ง	0.87
	ไม้		บานเลื่อน (แนวนอน)	1.00
	ไม้		บานกระทุ้ง	0.65
	ไม้		บานรั้ง	0.64
	ไม้		บานเลื่อน (แนวตั้ง)	0.75
	ไม้		บานเกล็ด	1.60
	PVC		บานเปิด	0.72
	PVC		บานเปิดบานรั้ง	0.87
	PVC		บานเลื่อน (แนวนอน)	0.74
	PVC		บานพลิก	0.90
	PVC		บานกระทุ้ง	0.65
	PVC		บานรั้ง	0.64
	PVC		บานเลื่อน (แนวตั้ง)	0.74
ประตู	เหล็ก		บานเปิด (เหล็ก)	1.16
	ไม้		บานเปิด	1.93
	อลูมิเนียม		บานเปิด (สวิต)	1.93

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, 2549

2.4 ขอบเขตความสบาย

2.4.1 ทฤษฎีและปัจจัยที่มีผลต่อขอบเขตความสบาย

ขอบเขตความสบาย (comfort zone) หมายถึง ช่วงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ที่ทำให้คนส่วนใหญ่รู้สึกสบาย องค์กร ASHVE (American Society of Heating & Ventilating Engineers) ได้สร้างแผนภูมิที่แสดงถึงช่วงความสบายเชิงอุณหภูมิของคนไทย สูงกว่าความสบายเชิงอุณหภูมิที่กำหนดโดย ASHRAE (อุณหภูมิ 26.4-30.6°C และความชื้นโดยประมาณ 58-81%) (US Department of Energy, 2019) (ดังภาพที่ 2.15) คือกรณีไม่ปรับอากาศอุณหภูมิที่คนไทยรู้สึกสบายอยู่ที่ 30.95°C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 64.12 % แต่ได้มีการนำไปปรับใช้ตามความเหมาะสมของแต่ละเขตพื้นที่ (ดังภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.14 แผนภูมิไซโครเมตริก

ที่มา: Psychrometric chart with SET lines superimposed (after Szokolay, 1980)

ตารางที่ 2.8

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอุณหภูมิที่รู้สึกลดลง

ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง
0.25	0.30
0.50	1.68
0.75	2.81
1.00	3.78
1.25	4.53
1.50	5.10
2.00	5.62
Unit (m/s)	Unit (C)

ที่มา: Szokolay, 2004

นอกจากนี้ได้มีการหาสภาวะความสบายโดยการคำนวณ ใช้การพัฒนาค่า T_n ต่อจาก Humphreys และ Auliciems เพื่อหาขอบเขตสภาวะน่าสบายโดยการนำอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนของสถานที่ที่จะศึกษามาแทนลงสมการที่พัฒนามาปัจจุบันฐานความคุ้นเคยของบุคคลต่อสภาพภูมิอากาศ (Szokolay, 2004) (ดังสมการที่ 2.6-2.8)

$$T_n = 17.6 + 0.31T_{o,av} \quad (\text{สมการที่ 2.6})$$

$$T_l = T_n - 2.5 \quad (\text{สมการที่ 2.7})$$

$$T_u = T_n + 2.5 \quad (\text{สมการที่ 2.8})$$

- กำหนดให้
- T_n = ค่าอุณหภูมิกลาง (Neutrality Temperature, องศาเซลเซียส)
 - $T_{o,av}$ = ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน (Mean Temperature, องศาเซลเซียส)
 - T_l = ขอบล่างของอุณหภูมิ (Lower Limits Temperature, องศาเซลเซียส)
 - T_u = ขอบบนของอุณหภูมิ (Upper Limits Temperature, องศาเซลเซียส)

การเพิ่มความเร็วมวลจะช่วยให้คนรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างลมและการรับรู้ของมนุษย์สามารถเพิ่มขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิภาพ จากทฤษฎีการลดอุณหภูมิที่รู้สึกได้ของ Szokolay ได้นำค่าความเร็วมวลมาทดลองแทนค่าในสูตร เพื่อหาอุณหภูมิที่รู้สึกได้ที่จะลดไปในความเร็วมวลแต่ละระดับ โดยการเพิ่มความเร็วมวลจะช่วยให้คนรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง (ดังสมการที่ 2.9) โดยสมการมีข้อจำกัดที่ว่าความเร็วมวลไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที (Szokolay, 2004)

$$dT = 6V_e - 1.6V_e \quad (\text{สมการที่ 2.9})$$

กำหนดให้ dT = ค่าอุณหภูมิที่รู้สึกลดลง (Neutrality Temperature, องศาเซลเซียส)
 V_e = ความเร็วมวลที่คนรู้สึก (Effective Air Velocity, เมตรต่อวินาที)
 มีค่าเท่ากับ $V - 0.2$
 V = ความเร็วลม (Velocity, เมตรต่อวินาที)

ซึ่งยกตัวอย่างความเร็วมวลที่อยู่ในช่วง 0.25-1.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมโดยการไม่รบกวนการทำงานของมนุษย์ (Olgay, 1963) (ดังตารางที่ 2.11)

ตารางที่ 2.9

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมวลกับอุณหภูมิที่รู้สึกมนุษย์

ความเร็วมวล (m/s)	การรับรู้ของมนุษย์
<0.25	ไม่รับรู้ถึงลม
0.50	รู้สึกสบายแต่ไม่รับรู้ถึงลม
1.00	รับรู้ถึงการเคลื่อนไหวของอากาศ
1.50	รู้สึกถึงลมปะทะ – รบกวนเล็กน้อย
>1.50	รบกวนการทำงาน

ที่มา: Olgay, 1963

จากประเด็นในข้างต้นงานวิจัยฉบับนี้จึงอ้างอิงถึงขอบเขตของสภาวะน่าสบาย โดยการใช้สมการในการคำนวณของ Szokolay (2004) เนื่องจากขอบเขตสภาวะน่าสบายดังกล่าวคิดบนพื้นฐานของปัจจัยด้านความชื้นเคยกับสภาพภูมิอากาศ อาทิ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของ Khedari และคณะ (2000) เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการทดลองหน้าต่างระบายอากาศ เพื่อทดสอบวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่าระดับฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยอาศัยการนำอากาศผ่านหน้าต่างที่ถูกออกแบบ และเลือกการใช้งานฟังก์ชันหน้าต่างให้เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบแผนการวิจัยดังนี้

จากการศึกษาวิจัยของ Ningning Zhang และคณะ (2016) เรื่อง อิทธิพลของรูปแบบหน้าต่างระบายอากาศ ที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศและระดับค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหน้าต่างระบายอากาศ (ดังภาพที่ 2.17 และ 2.18) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบโหมดการทำงานพัดลมที่แตกต่างกัน โหมดการทำงานพัดลมที่สูงสุด จะช่วยให้ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงดีที่สุด แต่ค่าการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น (ดังภาพที่ 2.19) ดังนั้น การใช้หน้าต่างระบายอากาศจึงควรคำนึงถึงสภาพอากาศภายนอก เพื่อกำหนดเกณฑ์ในการนำอากาศเข้ามาใช้ระบายอากาศ

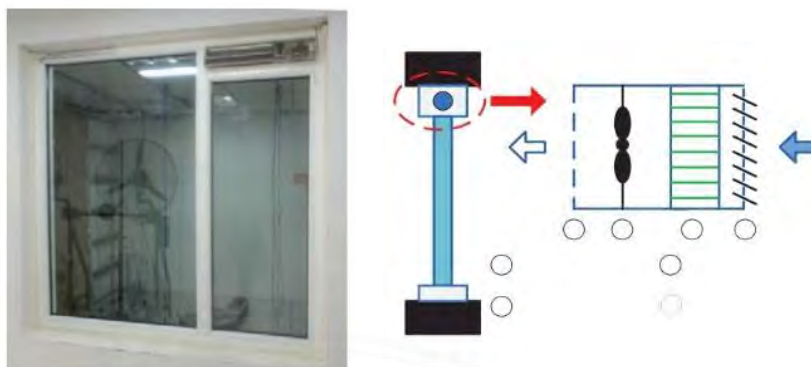
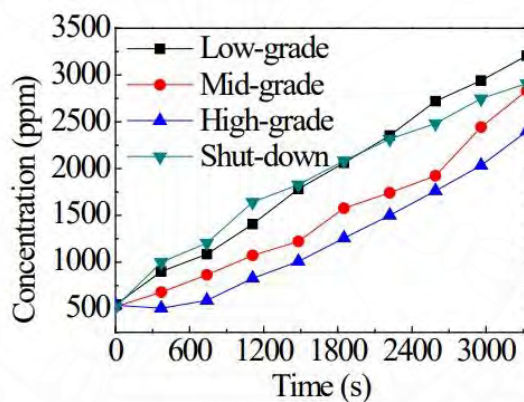


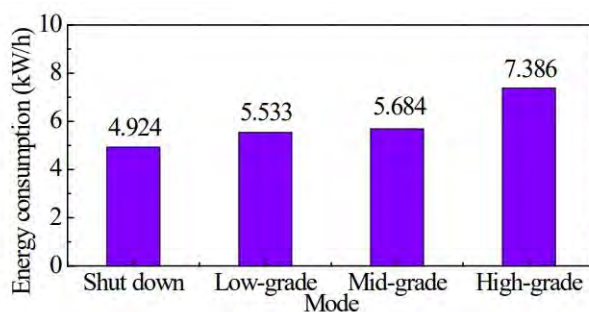
Fig 2. The new ventilated window

ภาพที่ 2.16 ลักษณะหน้าต่างระบายอากาศทางกลติดตั้งแผ่นกรองอากาศ
ที่มา: Ningning Zhang และคณะ, 2016



ภาพที่ 2.17 ระดับค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละโหมดการทำงานการระบายอากาศทางกล

ที่มา: Ningning Zhang และคณะ, 2016



ภาพที่ 2.18 เปรียบเทียบปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากการใช้หน้าต่างระบายอากาศโหมดแตกต่างกัน
ที่มา: Ningning Zhang และคณะ, 2016

เช่นเดียวกับ งานวิจัยเรื่อง เครื่องระบายอากาศที่มีหลายโหมดทำงานสำหรับการระบายอากาศและการกรองอากาศของ Tengfei ZHANG และคณะ (2016) มีการเลือกใช้การระบายอากาศหลายโหมดการทำงาน ตามสภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ (ดังภาพที่ 2.20)

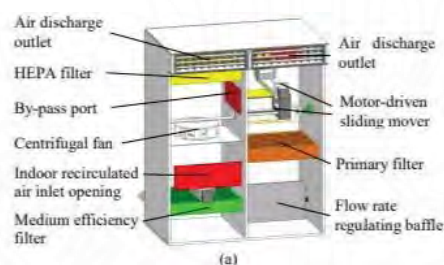


Figure 3: A ventilator installed below the window of a test room (the southern view).

ภาพที่ 2.19 เครื่องระบายอากาศที่หลายฟังก์ชันโหมดการทำงาน
ที่มา: Tengfei ZHANG และคณะ, 2020

ผลการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของเครื่องระบายอากาศตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งสามารถช่วยลดประหยัดพลังงานได้ดีกว่า 30% การเลือกใช้โหมดการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศตามสภาพแวดล้อมภายนอก ถือเป็นสิ่งจำเป็นต่อการประหยัดพลังงาน

บทที่ 3

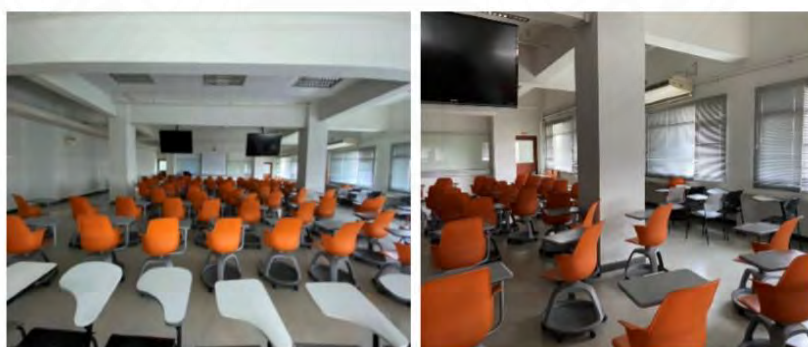
วิธีการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศ และความจำเป็นในการใช้ระบบเติมอากาศภายนอกผ่านหน้าต่างระบายอากาศที่ส่งผลต่อระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง ผลจากการศึกษานี้นำไปสู่แนวทางการใช้หน้าต่างระบายอากาศที่เหมาะสมกับการใช้งาน มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยสามารถแบ่งการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

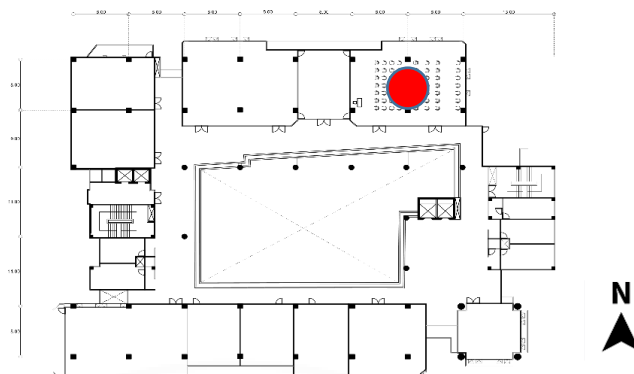
3.1.1 เก็บข้อมูลห้องเรียน

ทำการเก็บข้อมูลปริมาตรห้องเรียนของกลุ่มทดลอง ดังภาพที่ 3.1 คือ ห้องเรียนบรรยาย สด.606 ชั้น 6 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ขนาด 16.45×13.30 เมตร ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วน 2 ยูนิต ความจุของผู้ใช้งาน 62 คน ตำแหน่งห้องดังภาพที่ 3.2 เพื่อคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ที่เกิดขึ้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการออกแบบหน้าต่างระบายอากาศกรณีศึกษาสำหรับการทดลอง โดยใช้รูปแบบหน้าต่างเดิมภายในห้องเรียน ดังรูปภาพที่ 3.3

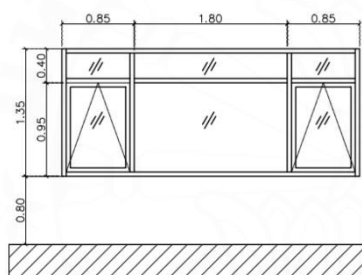


ภาพที่ 3.1 การเก็บข้อมูลปริมาตรห้องเรียนบรรยาย สด.606

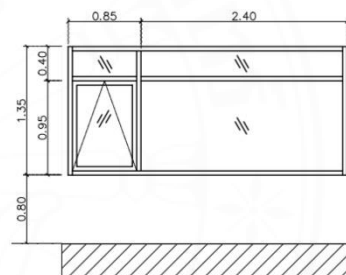
ที่มา: ห้องเรียนบรรยาย, ถ่ายโดยผู้จัดทำ



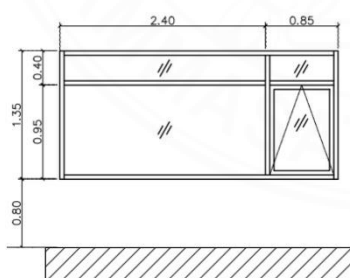
ภาพที่ 3.2 ตำแหน่งห้องเรียนบรรยาย สด.606 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



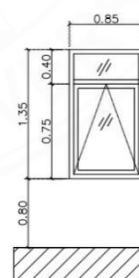
ก. หน้าต่างแบบบานกระทุ้ง 2 บาน
พร้อมช่องหน้าต่างปิดตาย



ข. หน้าต่างแบบบานกระทุ้ง 1 บาน
พร้อมช่องหน้าต่างปิดตาย



ค. หน้าต่างแบบบานกระทุ้ง 1 บาน
พร้อมช่องหน้าต่างปิดตาย



ง. หน้าต่างแบบบานกระทุ้ง 1 บาน

ภาพที่ 3.3 รูปแบบหน้าต่างเดิมภายในห้องเรียน

จากการคำนวณหาปริมาณระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนมีการกำหนดเกณฑ์ไม่ให้เกิน 1000 ppm จะพบว่าต้องมีการนำอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาพิจารณาอย่างน้อยหรือ เท่ากับ 0.437 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (925.25 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) จึงจะสามารถควบคุมให้ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ให้เกินระดับมาตรฐานที่กำหนด ดังสมการที่ 2.1 (ASHRAE 62.1, 2019)

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

กำหนดให้

Q_{SA} = อัตราการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในห้อง (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

C_{SA} = ระดับความเข้มข้นของสารเคมีภายนอกที่เข้ามาในห้อง (ppm)

C_{ss} = ระดับความเข้มข้นของสารเคมีคงที่ (steady state) ภายในห้อง (ppm)

S = อัตราการปล่อยสารเคมีหรือมลพิษของแหล่งกำเนิดมลพิษที่อยู่ภายในห้อง (ลูกบาศก์ต่อวินาที)

Q_{RA} = อัตราการไหลของอากาศภายในที่นำออกสู่ภายนอก

จะได้ว่า

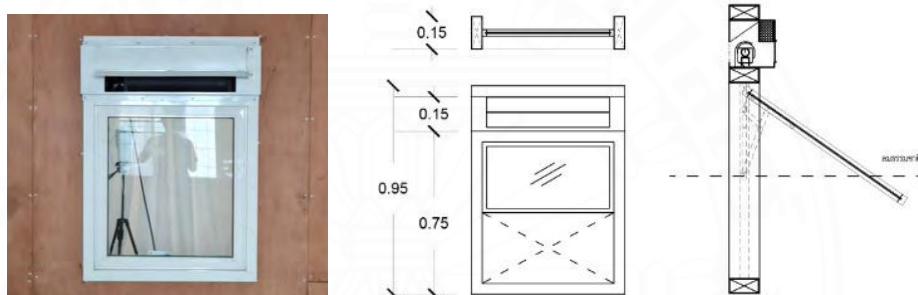
$$1000 \text{ (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{Q_{SA}} \times 10^6$$

$$Q_{SA} = 0.437 \text{ m}^3/\text{s}$$

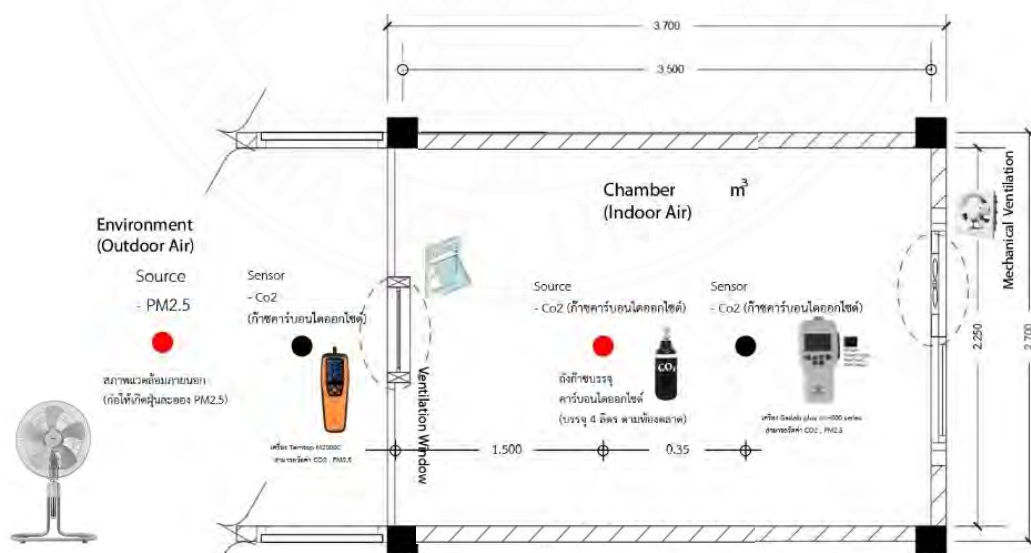
สรุปได้ว่า กำหนดเกณฑ์ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1000 ppm จะต้องมีอัตราการนำอากาศภายนอกเข้ามาในห้องเรียน เท่ากับ 0.437 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของหน้าต่างระบายอากาศ ตามสถานการณ์การใช้งาน

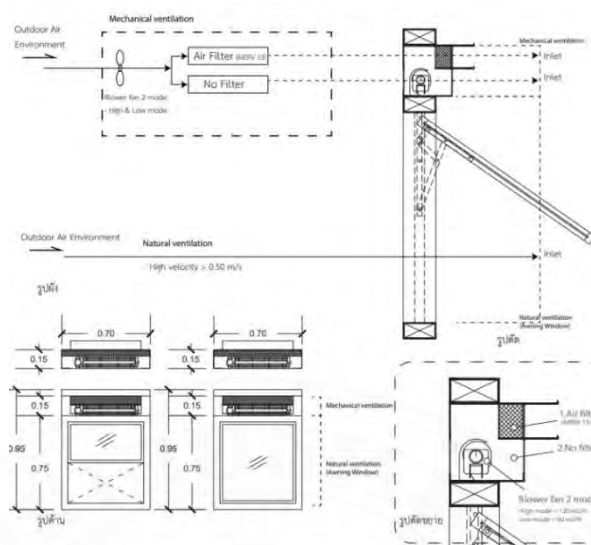
ทำการวัดประสิทธิภาพการระบายอากาศของหน้าต่างที่ทำการออกแบบในห้องทดสอบหลังติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศกรณีศึกษา (ดังภาพที่ 3.4) โดยมีการทดสอบติดตั้งหน้าต่างในห้องทดลอง ขนาด 3.60×2.25 เมตร ที่ถูกกำหนดขึ้น (ดังภาพที่ 3.5) และสร้างต้นแบบหน้าต่างระบายอากาศ (ดังภาพที่ 3.6) เพื่อการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผุ่นละองขนาด 2.5 ไมครอน และความเร็วลมที่ผ่านหน้าต่างระบายอากาศในห้องทดลอง



ภาพที่ 3.4 หน้าต่างระบายอากาศที่ทำการออกแบบ

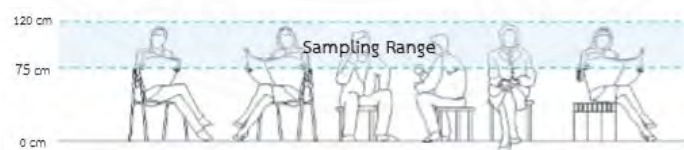


ภาพที่ 3.5 ห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ ขนาด 3.60×2.25 เมตร ที่ถูกกำหนด



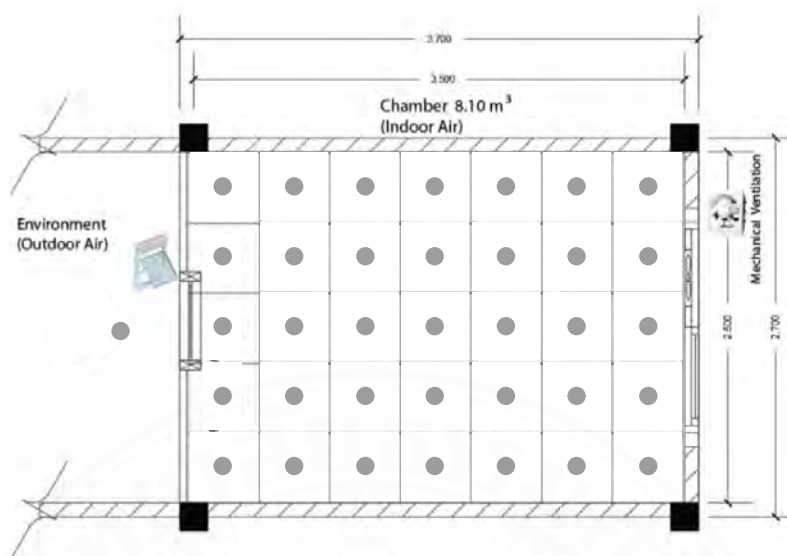
ภาพที่ 3.6 หน้าต่างระบายอากาศออกแบบโดยผู้วิจัย

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพอากาศอ้างอิงจากมาตรฐาน คือ สูง 0.80 เมตรจากพื้นห้อง อยู่ใกล้ระดับหายใจ (breathing zone) ดังภาพที่ 3.7 ใช้เครื่องมือคุณภาพอากาศ 2 ตัว คือ ตำแหน่งการติดตั้งภายนอกห้องทดสอบ และ ตำแหน่งการติดตั้งภายในห้องทดสอบ ดังภาพที่ 3.8 โดยการวัดอากาศภายในห้องทดสอบ ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดค่าอยู่บริเวณ กลางห้องเพดานค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน และการวัดค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดย แบ่งตำแหน่งเป็นช่องพื้นที่การวัดช่องละ 0.45 x 0.45 เมตร ดังภาพที่ 3.9 เพื่อเก็บผลต่อพื้นที่ ส่วน ตำแหน่งวัดความเร็วลมจะอยู่หลังช่องหน้าต่างลมออก 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.7 ภาพแสดงระดับหายใจ breathing zone

ที่มา: ASHRAE, 2004

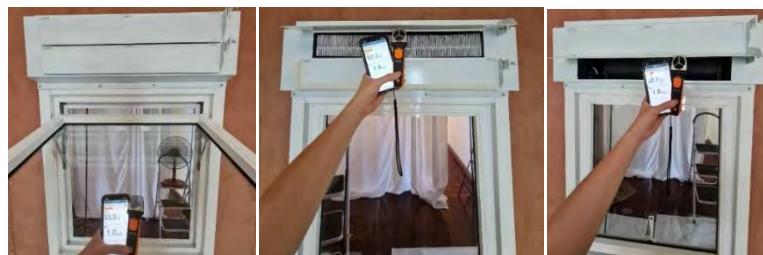


ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือ

ที่มา: ฟังห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ (จัดทำโดยผู้วิจัย)



ภาพที่ 3.9 การแบ่งตำแหน่งช่องการวัด 0.45 x 0.45 เมตร



ภาพที่ 3.10 ตำแหน่งการวัดความเร็วลม

3.1.3 กำหนดเกณฑ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

กำหนดเกณฑ์ช่วงเวลา สถานการณ์การใช้งาน ที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม คุณภาพอากาศในปัจจุบัน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน เท่ากับ 25 มคก./ลบ.ม เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน (WHO: World Health Organization) และขอบเขต ความสบายเชิงอุณหภูมิ ตามสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยที่เหมาะสม

(1) คุณภาพอากาศภายนอก ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน

จากการศึกษาข้อมูลค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน รายชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี 2562 พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน เดือนมกราคมมีค่าฝุ่นละอองเฉลี่ยสูงสุดถึง 139 มคก./ลบ.ม. ดังตารางที่ 3.1

(2) ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิ

จากการศึกษาข้อมูลอุณหภูมิรายชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดกองจัดการ คุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี 2562 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยราย เดือนอยู่ในช่วง 27.65 -32.10 องศาเซลเซียส โดยมีเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 32.10 องศาเซลเซียส และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดถึง 27.65 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ร้อยละ 57.01-79.95 โดยที่เดือนกันยายนซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดถึง ร้อยละ 79.95 และเดือนธันวาคมมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดถึงร้อยละ 57.01 ดังตารางที่ 3.2

(3) เกณฑ์ช่วงเวลา สถานการณ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

จากการศึกษาข้อมูลคุณภาพอากาศภายนอก ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน และขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิ และทิศทางลมจากตารางที่ 3.3 นำมากำหนด เกณฑ์แบ่งช่วงเวลาการใช้งาน เป็น 8 สถานการณ์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.1

ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน พ.ศ.2562

เดือน	ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (2.5 ไมครอน)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
มกราคม	139.12	21.26	65.24
กุมภาพันธ์	105.65	8.12	41.14
มีนาคม	90.24	11.15	39.75
เมษายน	73.54	11.24	33.24
พฤษภาคม	79.78	2.57	30.27
มิถุนายน	61.11	5.27	26.41
กรกฎาคม	75.21	8.71	28.91
สิงหาคม	47.41	5.78	26.65
กันยายน	118.57	2.27	33.77
ตุลาคม	89.24	9.54	30.69
พฤศจิกายน	92.21	9.24	36.75
ธันวาคม	102.41	5.24	41.81

ที่มา: สถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร, 2562

ตารางที่ 3.2

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ พ.ศ.2562

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (ร้อยละ)			ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (ร้อยละ)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
มกราคม	35.11	22.41	28.47	86.44	41.78	57.96
กุมภาพันธ์	36.18	26.45	30.17	88.78	45.89	67.7
มีนาคม	38.17	26.74	30.61	89.11	47.67	67.5
เมษายน	39.14	26.2	32.11	87.78	50.11	65.3
พฤษภาคม	39.41	26.45	31.71	90.33	55	64.01
มิถุนายน	37.54	25.34	30.64	88.33	58.78	69.7
กรกฎาคม	36.14	24.41	30.22	87.78	56.67	66.63
สิงหาคม	35.74	24.21	29.53	88.56	57.44	69.31
กันยายน	35.21	24.12	27.99	91.56	58.56	79.95
ตุลาคม	36.64	25.78	30.13	92.22	52.33	67.27
พฤศจิกายน	35.34	24.67	29.12	84.56	46.22	59.28
ธันวาคม	35.41	19.04	27.65	80.89	40.78	57.01

ที่มา: สถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร, 2562

ตารางที่ 3.3

ทิศทางลม พ.ศ.2562

เดือน	ทิศทาง ลม
มกราคม	53.13
กุมภาพันธ์	197.41
มีนาคม	158.9
เมษายน	185.76
พฤษภาคม	228.34
มิถุนายน	230.25
กรกฎาคม	252.21
สิงหาคม	260.15
กันยายน	162.93
ตุลาคม	95.75
พฤศจิกายน	51.03
ธันวาคม	47.96

ที่มา: สถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร, 2562

ตารางที่ 3.4

กำหนดเกณฑ์ช่วงเวลา สถานการณ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

สถานการณ์	ฝุ่นละออง (Particulate Matter 2.5)		ขอบเขตความสบาย (Comfort Zone)		ทิศทางลม (Direction)					
	เกินมาตรฐาน	ไม่เกินมาตรฐาน	(Tสูง)	(Tต่ำ)	ด้านเหนือ			ด้านใต้		
	มากกว่า >25 มคก.ลบ.	น้อยกว่า <= 25 มคก.ลบ.			NW	N	NE	SW	S	SE
	(WHO AQG)	(WHO AQG)								
Scenario1	Air Filter (MERV 13)	-	High	-	NW	N	NE	-	-	-
Scenario2	Air Filter (MERV 13)	-	-	Low	NW	N	NE	-	-	-
Scenario3	-	No Filter	High	-	NW	N	NE	-	-	-
Scenario4	-	No Filter	-	Low	NW	N	NE	-	-	-
Scenario5	Air Filter (MERV 13)	-	High	-	-	-	-	SW	S	SE
Scenario6	Air Filter (MERV 13)	-	-	Low	-	-	-	SW	S	SE
Scenario7	-	No Filter	High	-	-	-	-	SW	S	SE
Scenario8	-	No Filter	-	Low	-	-	-	SW	S	SE

ตารางที่ 3.5

ช่วงเวลาการใช้งานตลอดทั้งปี โดยคิดเป็นชั่วโมงการของสถานการณ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

	สถาน- การณ์ 1	สถาน- การณ์ 2	สถาน- การณ์ 3	สถาน- การณ์ 4	สถาน- การณ์ 5	สถาน- การณ์ 6	สถาน- การณ์ 7	สถาน- การณ์ 8	รวมชั่วโมงการ ใช้งาน
มกราคม	220 (64.51)	108 (19.35)	9 (2.63%)	2 (0.58%)	2 (0.58%)	0	0	0	341 (100%)
กุมภาพันธ์	0	0	0	0	258 (83.76%)	35 (11.36%)	15 (4.87%)	0	308 (100%)
มีนาคม	0	0	0	0	306 (89.73%)	27 (7.91%)	8 (2.34%)	0	341 (100%)
เมษายน	0	0	0	0	266 (76.83%)	10 (3.03%)	54 (16.36%)	0	330 (100%)
พฤษภาคม	0	0	0	0	262 (51.81%)	22 (6.45%)	52 (15.24%)	5 (1.46%)	341 (100%)
มิถุนายน	0	0	0	0	171 (51.81%)	20 (6.06%)	125 (37.87%)	14 (4.24%)	330 (100%)
กรกฎาคม	0	0	0	0	198 (58.06%)	42 (12.31%)	81 (23.75%)	20 (5.86%)	341 (100%)
สิงหาคม	0	0	0	0	188 (55.13%)	36 (10.55%)	102 (29.91%)	15 (4.39%)	341 (100%)
กันยายน	0	0	0	0	198 (58.06%)	42 (12.31%)	24 (7.27%)	20 (4.39%)	330 (100%)
ตุลาคม	0	0	0	0	147 (43.10%)	38 (11.14%)	115 (33.72%)	41 (12.02%)	341 (100%)
พฤศจิกายน	135 (40.90)	67 (20.30)	81 (24.54)	47 (14.24)	0	0	0	0	330 (100%)
ธันวาคม	137 (40.17)	108 (31.67)	37 (10.85)	59 (17.30)	0	0	0	0	341 (100%)

3.1.2.1 เกณฑ์การใช้หน้าต่างระบายอากาศ แบ่งเป็น 8 สถานการณ์

การกำหนดสถานการณ์ตามข้อมูลสภาพอากาศค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิ และทิศทางลม

(1) สถานการณ์ที่ 1

ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิสูง และทิศทางลมด้านเหนือ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.11 การระบายอากาศทางกลติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เปิดพัดลมโหมดทำงานต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกสูงจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณน้อย

(2) สถานการณ์ที่ 2

ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิต่ำ และทิศทางลมด้านเหนือ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.12 การระบายอากาศทางกลติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เปิดพัดลมโหมดทำงานสูง เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกต่ำจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณมาก

(3) สถานการณ์ที่ 3

ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ไม่เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิสูง และทิศทางลมด้านเหนือ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.13 การระบายอากาศทางกล เปิดพัดลมโหมดทำงานต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกสูงจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณน้อย

(4) สถานการณ์ที่ 4

ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ไม่เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิต่ำ และทิศทางลมด้านเหนือ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.14 การระบายอากาศทางธรรมชาติ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณมาก

(5) สถานการณ์ที่ 5

ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิสูง และทิศทางลมด้านใต้ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.15 การระบายอากาศทางกลติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เปิดพัดลมโหมดทำงานต่ำเนื่องจากอุณหภูมิภายนอกสูงจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณน้อย

(6) สถานการณ์ที่ 6

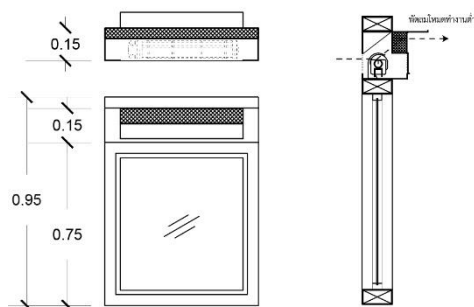
ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิต่ำ และทิศทางลมด้านใต้ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.16 การระบายอากาศทางกลติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เปิดพัดลมโหมดทำงานสูง เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกต่ำจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณมาก

(7) สถานการณ์ที่ 7

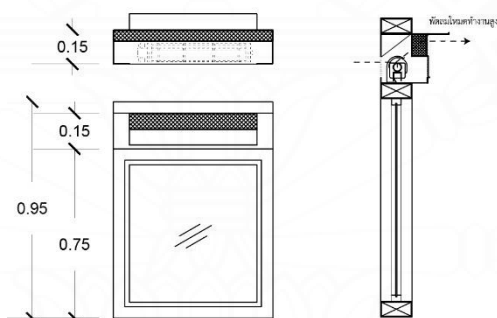
ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ไม่เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิสูง และทิศทางลมด้านใต้ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.17 การระบายอากาศทางกล เปิดพัดลมโหมดทำงานต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกสูงจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณน้อย

(8) สถานการณ์ที่ 8

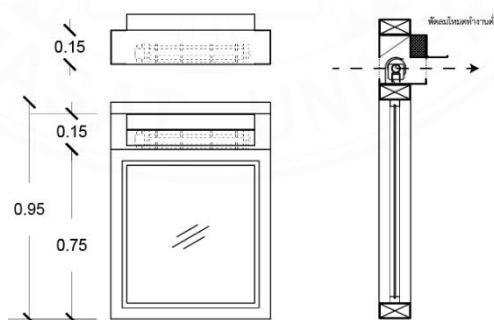
ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ไม่เกินมาตรฐาน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิต่ำ และทิศทางลมด้านใต้ รูปแบบการใช้หน้าต่างระบายอากาศ ดังภาพที่ 3.18 การระบายอากาศทางธรรมชาติ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกต่ำจึงนำอากาศในการระบายอากาศปริมาณมาก



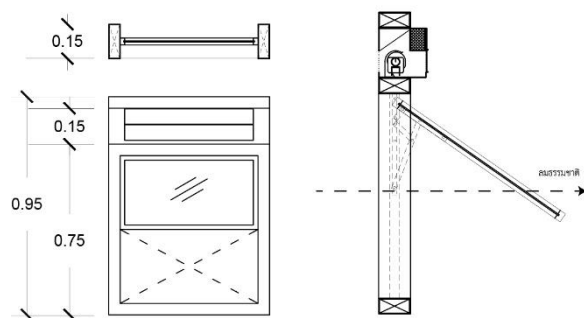
ภาพที่ 3.11 สถานการณ์ที่ 1 หน้าต่างระบายอากาศ



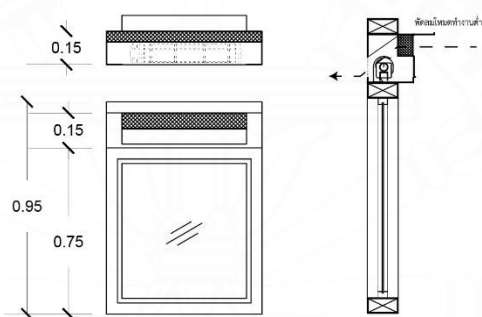
ภาพที่ 3.12 สถานการณ์ที่ 2 หน้าต่างระบายอากาศ



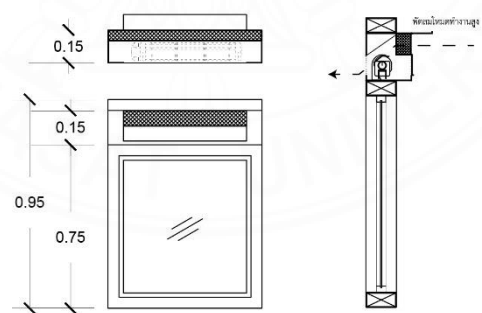
ภาพที่ 3.13 สถานการณ์ที่ 3 หน้าต่างระบายอากาศ



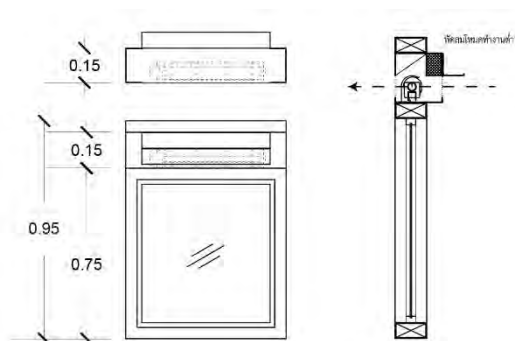
ภาพที่ 3.14 สถานการณ์ที่ 4 หน้าต่างระบายอากาศ



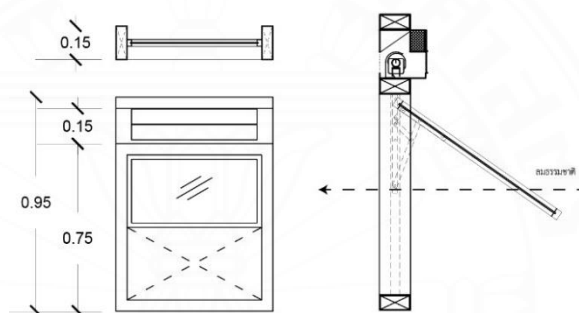
ภาพที่ 3.15 สถานการณ์ที่ 5 หน้าต่างระบายอากาศ



ภาพที่ 3.16 สถานการณ์ที่ 6 หน้าต่างระบายอากาศ



ภาพที่ 3.17 สถานการณ์ที่ 7 หน้าต่างระบายอากาศ



ภาพที่ 3.18 สถานการณ์ที่ 8 หน้าต่างระบายอากาศ

3.2 ตัวแปรในการวิจัย

จากการศึกษาขอบเขตวิจัยการทดลองระบายอากาศ สามารถแบ่งตัวแปรในการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

3.2.1 การทดลองช่วงที่ 1 ห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ และการคำนวณระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.2.1.1 ตัวแปรต้น

หน้าต่างระบายอากาศ ที่มีฟังก์ชันใช้งานการระบายอากาศธรรมชาติ และการระบายอากาศทางกล

3.2.1.2 ตัวแปรตาม

ปริมาณมลพิษทางอากาศภายในห้องทดลอง และปริมาณลมที่ผ่านช่องหน้าต่างระบายอากาศ

3.2.1.3 ตัวแปรควบคุม

(1) ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน

มาตรฐานไม่เกิน 25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมง

(2) ขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิ

ช่วงอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตความสบายจะใช้หน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 4 ช่วงอุณหภูมิไม่อยู่ในขอบเขตความสบายจะใช้หน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 3

(3) ค่าความเร็วลม

ความเร็วลมการระบายอากาศทางธรรมชาติ เท่ากับ 1 เมตร/วินาที และความเร็วลมระบายอากาศทางกลเท่ากับ 0.8 เมตร/วินาที , 1.2 เมตร/วินาที และ 1.6 เมตร/วินาที ตามลำดับที่ลมผ่านหน้าต่าง

(4) ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตรวจวัดจริงในอากาศห้องทดลอง เท่ากับ 433 ppm ที่ถูกดูดเข้ามาภายในห้องทดลอง จากการคำนวณสมการที่ 2.1 (ASHRAE, 2004b) เท่ากับ 2175.80 ppm และอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากถังก๊าซ เท่ากับ 1.09 ลิตรต่อนาที

3.2.2 การทดลองช่วงที่2 จำลองห้องทดลองหน้าต่างระบายอากาศ และห้องเรียนผ่านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล PHOENICS 2019

3.2.2.1 ตัวแปรต้น

จำนวนหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์รูปแบบการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

3.2.2.2 ตัวแปรตาม

ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน

3.2.2.3 ตัวแปรควบคุม

(1) ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอก

ค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตรวจวัดจริงในอากาศห้องทดลอง เท่ากับ 433 ppm

(2) ปริมาณลมที่ผ่านช่องหน้าต่างระบายอากาศ

ความเร็ว ลมปริมาณลมระบายอากาศทางธรรมชาติ เท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลบ.ฟุตต่อนาที) และความเร็วลม ปริมาณลมระบายอากาศทางกล เท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลบ.ฟุตต่อนาที), 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลบ.ฟุตต่อนาที) และ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลบ.ฟุตต่อนาที) ตามลำดับที่ลมผ่านหน้าต่าง

3.3 เครื่องมือในการทดลองอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ ความเร็วลม และโปรแกรมคำนวณ พลศาสตร์ของไหล

3.3.1 เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศ (multi-function instrument)

ยี่ห้อ Gaslab plus รุ่น cm-500 series ใช้หัววัด (probe) สำหรับวัดคุณภาพอากาศ ดังภาพที่ 3.19 สามารถวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10, PM2.5 โดยสามารถวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ช่วง 0 ถึง 10,000 ppm

3.3.2 เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศ (multi-function instrument)

ยี่ห้อ Temtop รุ่น M2000 และ Gaslab ใช้หัววัด (probe) สำหรับวัดคุณภาพอากาศ ดังภาพที่ 3.19 สามารถวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ 2 ชนิด ± 20 หน่วย ppm และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10, PM2.5 โดยค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ 2 ชนิด ± 5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 3.19 เครื่อง Temtop รุ่น M2000 และ Gaslab plus cm-500 series

3.3.3 เครื่องมือวัดความเร็วลม (Air movement)

รุ่น Testo 425 และ รุ่น Testo 405i ใช้การวัดความเร็วลม (การเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรง) ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้น มีใช้อยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ แบบใบพัด (เหมาะสำหรับตรวจวัดความเร็วลมสูง) และแบบหัววัดเข็มเซ็นเซอร์ (เหมาะสำหรับตรวจวัดความเร็วลมต่ำ) ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.20 เครื่อง Testo 425 แบบใบพัด และ Testo 405i สามารถวัดความเร็วลม

3.3.4 โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล PHOENICS 2019

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ CFD ซึ่งย่อมาจาก Computational Fluid Dynamics หนึ่งในกลศาสตร์ของไหลที่ใช้กระบวนการเชิงตัวเลขและขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการไหลของของไหล เพื่อการนี้ คอมพิวเตอร์จะถูกนำมาใช้เพื่อทำการคำนวณนับล้านๆ ครั้ง ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองการทำปฏิกิริยาของของไหลและก๊าซต่อขอบผิวซึ่งกำหนดโดยสถานะของขอบเขต แต่ทว่า ผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นเพียงการประมาณการที่ได้จากในหลายๆกรณีเท่านั้น



ภาพที่ 3.21 ตัวอย่างหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม

บทที่ 4

ผลการคำนวณและผลการทดลอง

4.1 ผลคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน

จากการคำนวณปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน บรรยาย สด.606 ดังสมการที่ 2.1 (ASHRAE 62.1, 2019) มีพื้นที่ห้องเท่ากับ 218.78 ตร.ม. จำนวนผู้ใช้งาน 62 คน ระดับกิจกรรมที่ผู้ใช้งานในห้องกระทำ METs เท่ากับ 1 อัตราการรั่วซึมอากาศภายในห้อง ภาคผนวกที่ ข. เท่ากับ 0.119 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่ามีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 2517.03 ppm

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

กำหนดให้

- Q_{SA} = อัตราการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในห้อง (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- C_{SA} = ระดับความเข้มข้นของสารเคมีภายนอกที่เข้ามาในห้อง (ppm)
- C_{ss} = ระดับความเข้มข้นของสารเคมีคงที่ (steady state) ภายในห้อง (ppm)
- S = อัตราการปล่อยสารเคมีหรือมลพิษของแหล่งกำเนิดมลพิษที่อยู่ภายในห้อง (ลูกบาศก์ต่อวินาที)
- Q_{RA} = อัตราการไหลของอากาศภายในที่นำออกสู่ภายนอก

จะได้ว่า

$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.119} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 2517.03 \text{ (ppm)}$$

4.1.1 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์ในห้องเรียน

การคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์เฉลี่ย 0.0084 ลบ.ฟุต/นาทีก/METs/คน โดยคำนวณจากผู้ใช้งานห้องเรียน 62 คน ที่มีพื้นที่ 218.78 ตร.ม. การปล่อยอัตราก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.5208 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ดังสมการที่ 2.2 (ASHARE 2004b)

$$0.0084 \text{ ลบ.ฟุต/นาทีก/METs/คน} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.2})$$

$$0.0084 \times 1 \times 62 = 0.5208 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที}$$

สรุปได้ว่าห้องเรียนบรรยาย สก.606 มีพื้นที่ 218.78 ตารางเมตร พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงถึง 2517 ppm ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 1,000 ppm (ASHRAE 62.1) และมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผู้ใช้งานภายในห้องเรียน 0.5208 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

4.2 ผลคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องทดลอง

จากการเทียบสัดส่วนการปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนบรรยาย สก. 606 มีพื้นที่ 218.78 ตารางเมตร มีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผู้ใช้งานภายในห้องเรียน 0.5208 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ดังนั้น ห้องทดลอง พื้นที่ 8.10 ตารางเมตร จะมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0192 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที จากการเทียบสัดส่วนพื้นที่

4.2.1 การจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องทดลอง

จำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากถังบรรจุก๊าซ โดยมีวาล์วปรับความดัน ดังรูปภาพที่ 4.1 จากการเทียบสัดส่วนผู้ใช้งานห้องเรียน 62 คน ที่มีพื้นที่ 218.78 ตารางเมตร อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.5208 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ดังนั้น ห้องทดลอง มีพื้นที่ 8.10 ตารางเมตร อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0192 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที เทียบเท่ากับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 คน อัตราการปล่อย 1.09 ลิตร/นาที จากการเทียบสัดส่วนพื้นที่

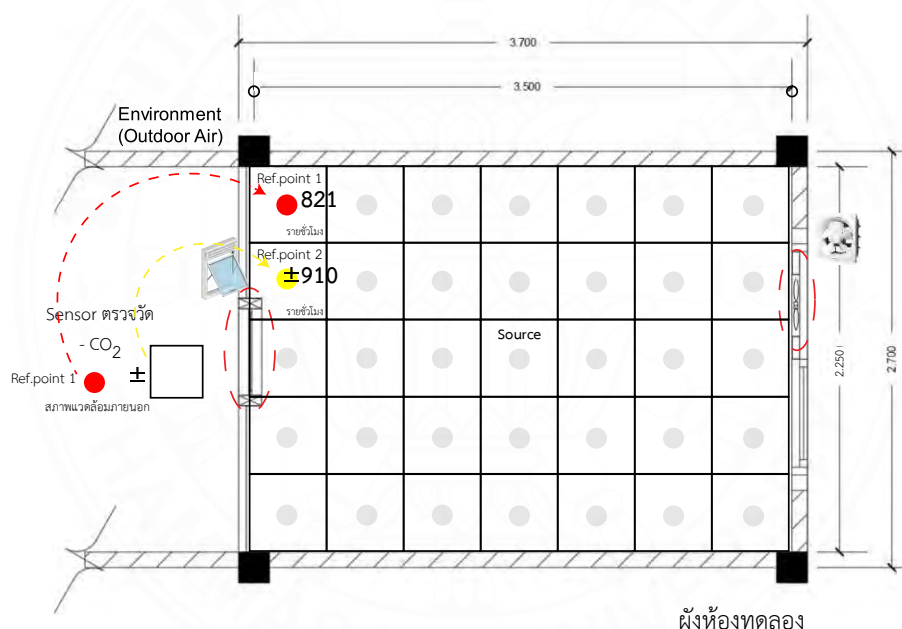


ภาพที่ 4.1 จำลองปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากถังบรรจุ

4.3 การตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห้องทดลอง

จากการทดลองใช้หน้าต่างทั้ง 8 สถานการณ์ ทำการวัดค่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เปรียบเทียบโดยอ้างอิงจากจุดวัดที่ 1 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกเท่ากับ 433 ppm จากนั้นจุดวัดถัดไปจะอ้างอิงจากจุดวัดที่ 1 โดยนำไปหักลบค่าจากจุดวัดถัดไปตามระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลองที่เปลี่ยนแปลงไป ดังรูปภาพที่

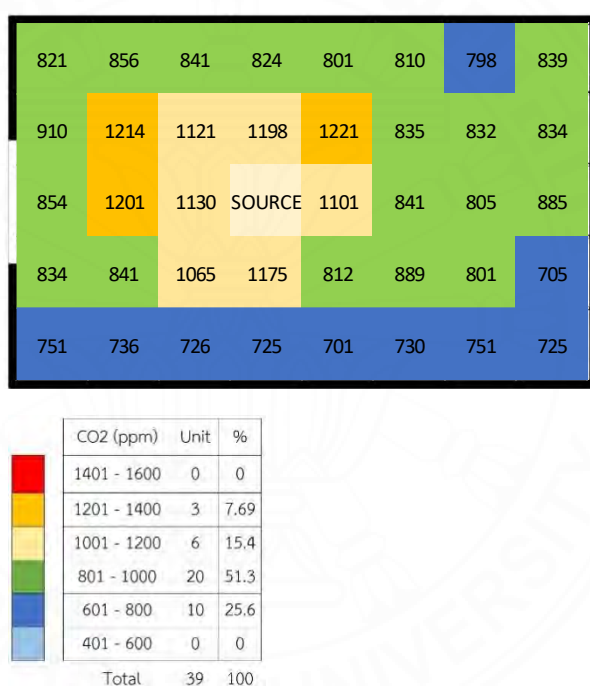
4.2



ภาพที่ 4.2 การตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(1) ผลการวัดปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ

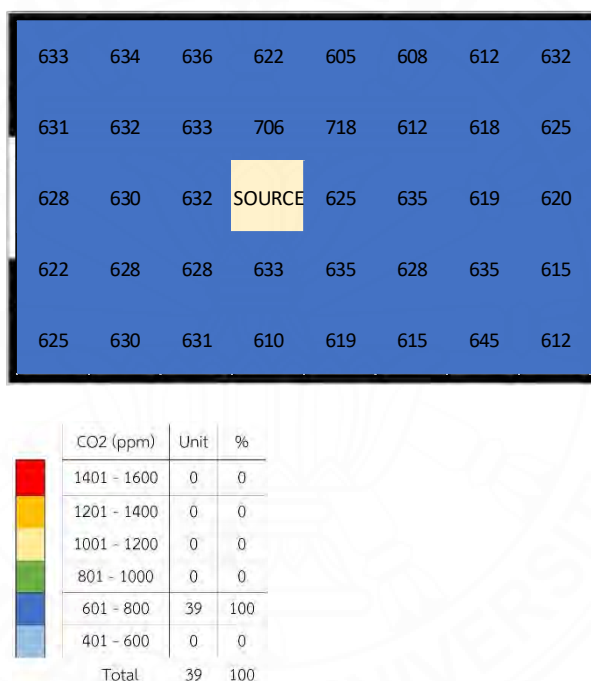
การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดการทำงานพัดลมต่ำ ปริมาณของลมและความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ สามารถเจือจางระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่เกินค่า 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 77.50 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ

(2) ผลการวัดปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ

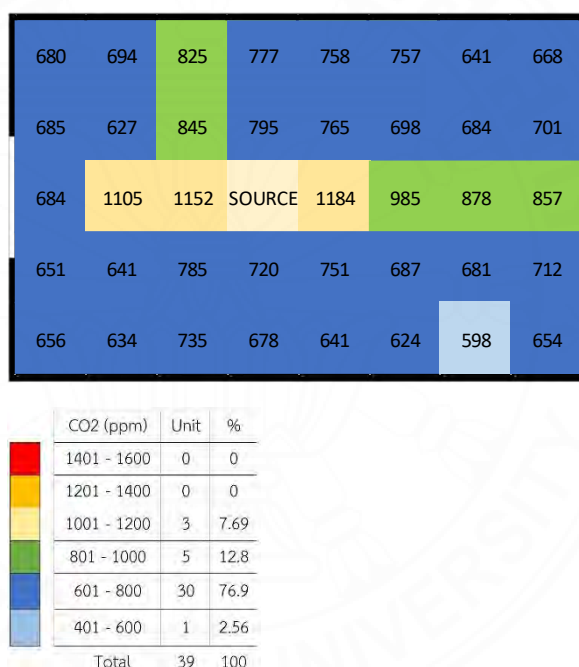
การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดการทำงานพัดลมสูง ปริมาตรของลม และความเร็วเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ สามารถแจ้งจากระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่เกินค่า 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ

(3) ผลการวัดปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ

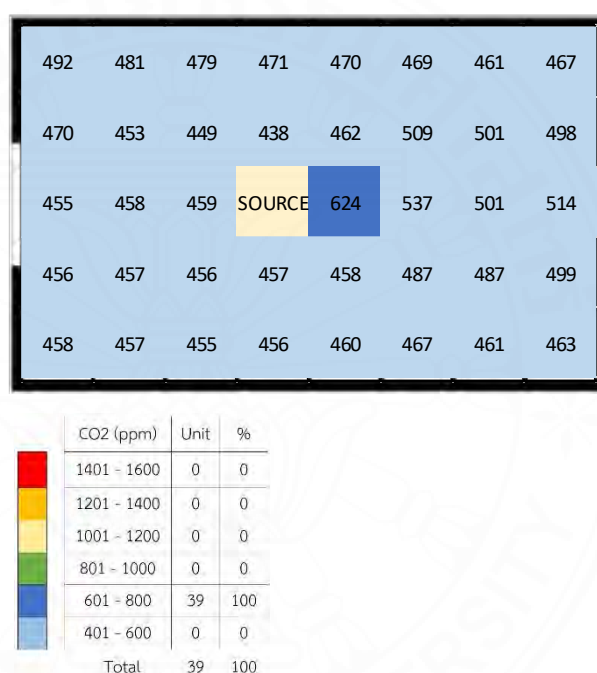
การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดการทำงานพัดลมต่ำ ปริมาณของลมและความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) โดยหน้าต่างระบายอากาศ สามารถเจือจางระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องโดยไม่เกินค่า 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 92.50 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ โดยหน้าต่างระบายอากาศ

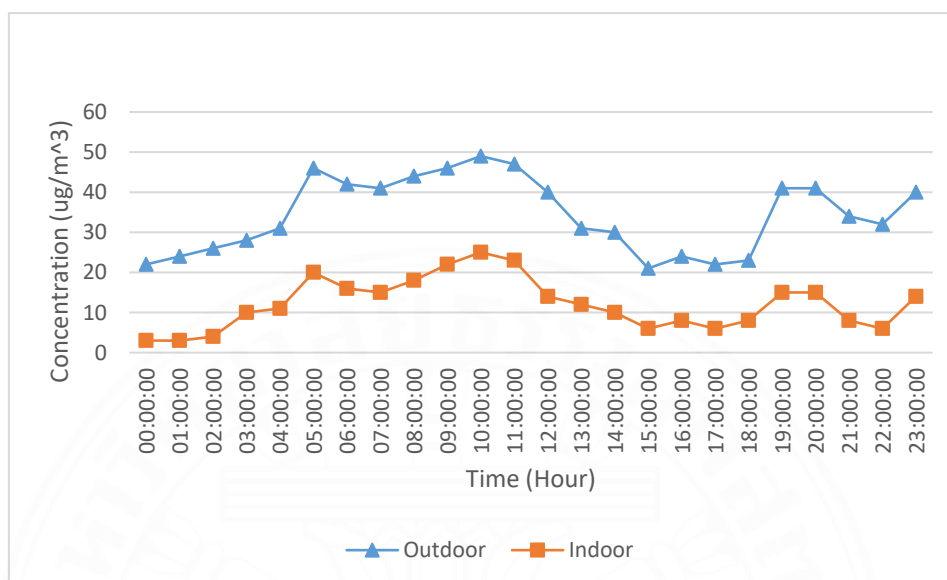
(4) ผลการวัดปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องที่มีการระบายอากาศทางธรรมชาติ

การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ปริมาณของลมและความเร็วเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลบ.ฟุตต่อวินาที) สามารถเฝ้าจางระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยมีค่าที่ไม่เกินค่า 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องที่มีการระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ

4.4 ผลทดลองประสิทธิภาพการกรองฝุ่นละอองผ่านหน้าต่างระบายอากาศ



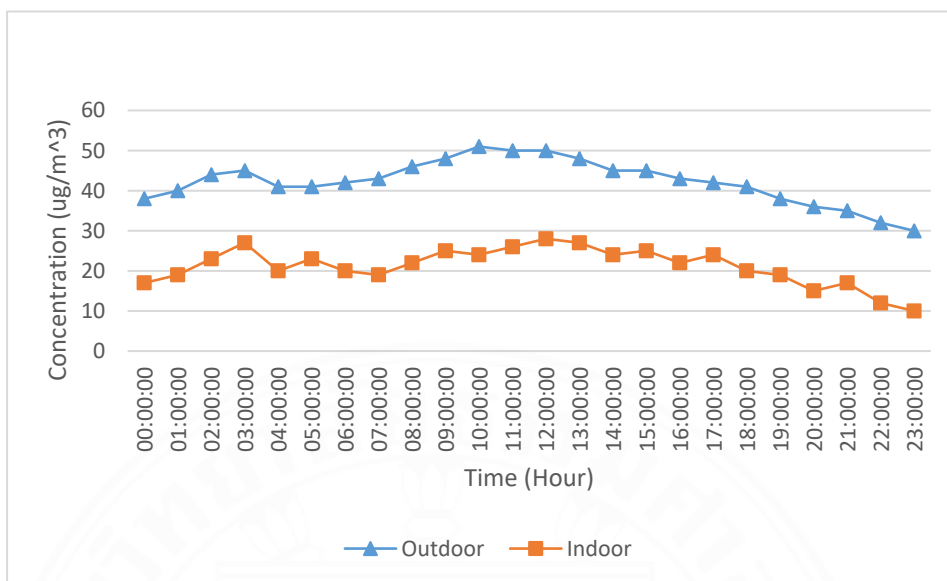
ภาพที่ 4.7 ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ในสถานการณ์ที่ฝุ่นละออง มากกว่า 25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

จากภาพที่ 4.7 แสดงผลการทดลองสถานการณ์ ที่อากาศภายนอกมีค่าฝุ่นละอองระหว่าง 26 – 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีให้ฝุ่นละอองผ่านหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณของลม และความเร็ว เท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ที่มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ลดลงร้อยละ 66.62 ดังตารางที่ 4.1 ค่าฝุ่นละอองสะสมมากในช่วงเช้ามืดช่วงเวลาดังแต่ 03.00น. จนถึง 12.00น. จากนั้นระดับค่าฝุ่นละอองจะลดลงเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานถึงช่วงเย็นเวลา 18.00น. จากนั้นจึงจะเริ่มมีการเพิ่มขึ้นของค่าฝุ่นละอองอีกครั้ง

ตารางที่ 4.1

ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำใน
สถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 34.29 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมง

วัน/เดือน/ปี	เวลา	ฝุ่นละอองภายนอก (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองภายใน (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองลดลง ร้อยละ
26 ก.พ. 2564	00:00	22	3	86.36
26 ก.พ. 2564	01:00	24	3	87.50
26 ก.พ. 2564	02:00	26	4	84.61
26 ก.พ. 2564	03:00	28	10	64.28
26 ก.พ. 2564	04:00	31	11	64.51
26 ก.พ. 2564	05:00	46	20	56.52
26 ก.พ. 2564	06:00	42	16	61.90
26 ก.พ. 2564	07:00	41	15	63.41
26 ก.พ. 2564	08:00	44	18	59.09
26 ก.พ. 2564	09:00	46	22	52.17
26 ก.พ. 2564	10:00	47	25	48.97
26 ก.พ. 2564	11:00	47	23	51.26
26 ก.พ. 2564	12:00	40	14	65.00
26 ก.พ. 2564	13:00	31	12	61.29
26 ก.พ. 2564	14:00	30	10	66.66
26 ก.พ. 2564	15:00	21	6	71.42
26 ก.พ. 2564	16:00	24	8	66.66
26 ก.พ. 2564	17:00	22	6	72.72
26 ก.พ. 2564	18:00	23	8	65.21
26 ก.พ. 2564	19:00	41	15	63.41
26 ก.พ. 2564	20:00	41	15	63.41
26 ก.พ. 2564	21:00	34	8	76.47
26 ก.พ. 2564	22:00	32	6	81.25
26 ก.พ. 2564	23:00	40	14	65



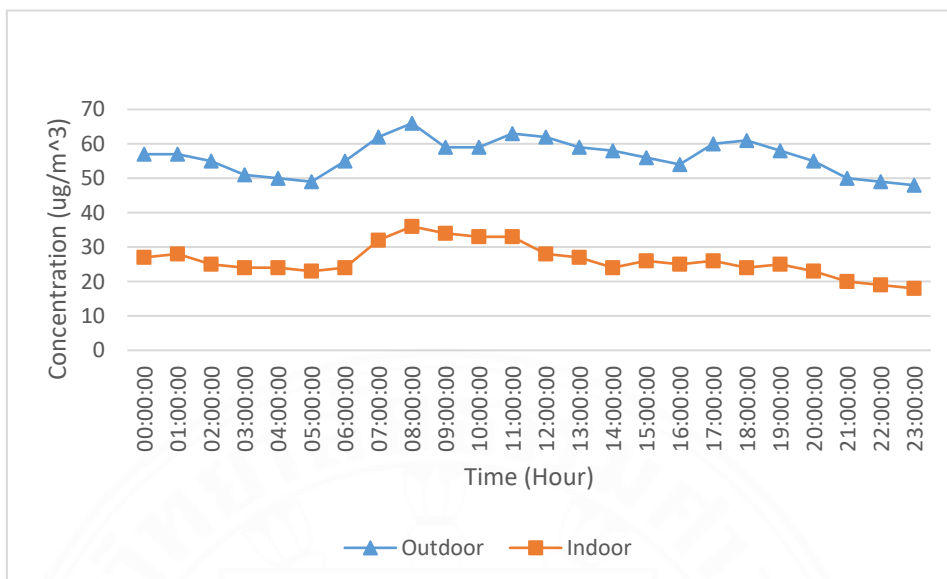
ภาพที่ 4.8 ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ในสถานการณ์ที่ค่าฝุ่นละออง มากกว่า 25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

จากภาพที่ 4.8 แสดงผลการทดลองฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ที่อากาศภายนอกมีค่าฝุ่นละอองระหว่าง 26 – 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีให้ฝุ่นละอองผ่านหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดสูง ปริมาณของลม และความเร็วลม เท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เฉลี่ยลดลงร้อยละ 51.03 ดังตารางที่ 4.2 ค่าฝุ่นละอองสะสมมากในช่วงเวลาตั้งแต่ 00.00น. จนถึง 18.00น. จากนั้นระดับค่าฝุ่นละอองจะลดลงจนถึงช่วงเวลา 23.00น.

ตารางที่ 4.2

ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบายอากาศทางกลโหมดสูงใน
สถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 42.25 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมง

วัน/เดือน/ปี	เวลา	ฝุ่นละอองภายนอก (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองภายใน (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองลดลง ร้อยละ
27 ก.พ. 2564	00:00	38	17	55.26
27 ก.พ. 2564	01:00	40	19	52.5
27 ก.พ. 2564	02:00	44	23	47.72
27 ก.พ. 2564	03:00	45	27	40
27 ก.พ. 2564	04:00	41	20	51.21
27 ก.พ. 2564	05:00	41	23	43.9
27 ก.พ. 2564	06:00	42	20	52.38
27 ก.พ. 2564	07:00	43	19	55.81
27 ก.พ. 2564	08:00	46	22	52.17
27 ก.พ. 2564	09:00	48	25	47.91
27 ก.พ. 2564	10:00	51	24	52.94
27 ก.พ. 2564	11:00	50	26	48
27 ก.พ. 2564	12:00	50	28	44
27 ก.พ. 2564	13:00	48	27	43.75
27 ก.พ. 2564	14:00	45	24	46.66
27 ก.พ. 2564	15:00	45	25	44
27 ก.พ. 2564	16:00	43	22	48.83
27 ก.พ. 2564	17:00	42	24	42.85
27 ก.พ. 2564	18:00	41	20	51.21
27 ก.พ. 2564	19:00	38	19	50
27 ก.พ. 2564	20:00	36	15	58.33
27 ก.พ. 2564	21:00	35	17	60
27 ก.พ. 2564	22:00	32	12	68.75
27 ก.พ. 2564	23:00	30	10	66.66



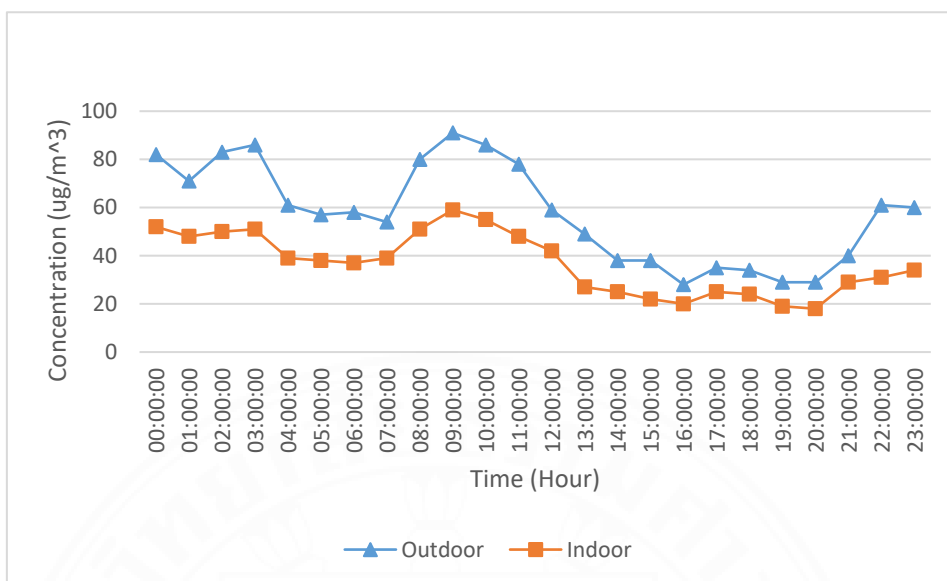
ภาพที่ 4.9 ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ในสถานการณ์ที่ฝุ่นละออง มากกว่า 50 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

จากภาพที่ 4.9 แสดงผลการทดลองฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ที่มีค่าฝุ่นละอองระหว่าง 51 – 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีให้ฝุ่นละอองผ่านหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณของลม และความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ที่มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เฉลี่ยลดลงร้อยละ 53.80 ดังตารางที่ 4.3 ค่าฝุ่นละอองสะสมมาก มีช่วงที่ฝุ่นละออง มากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรประมาณ 13 ชั่วโมง ซึ่งที่ผ่านเกณฑ์สามารถกรองฝุ่นได้ช่วงเช้ามีด เวลา 02.00น. - 06.00น. และช่วงบ่าย 14.00น. และ 16.00น. จากนั้นช่วงเย็นจนถึงเที่ยงคืน เวลา 18.00น. - 23.00น.

ตารางที่ 4.3

ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำใน
สถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 56.37 มคก./ลบ.ม.

วัน/เดือน/ปี	เวลา	ฝุ่นละอองภายนอก (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองภายใน (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองลดลง ร้อยละ
9 มี.ค. 2564	00:00	57	27	52.63
9 มี.ค. 2564	01:00	57	28	50.87
9 มี.ค. 2564	02:00	55	25	54.54
9 มี.ค. 2564	03:00	51	24	52.94
9 มี.ค. 2564	04:00	50	24	52.00
9 มี.ค. 2564	05:00	49	23	53.06
9 มี.ค. 2564	06:00	55	24	56.36
9 มี.ค. 2564	07:00	62	32	48.38
9 มี.ค. 2564	08:00	66	36	45.45
9 มี.ค. 2564	09:00	59	34	42.37
9 มี.ค. 2564	10:00	59	33	44.06
9 มี.ค. 2564	11:00	63	33	47.61
9 มี.ค. 2564	12:00	62	28	54.83
9 มี.ค. 2564	13:00	59	27	54.23
9 มี.ค. 2564	14:00	58	24	58.62
9 มี.ค. 2564	15:00	56	26	53.57
9 มี.ค. 2564	16:00	54	25	53.70
9 มี.ค. 2564	17:00	60	26	56.66
9 มี.ค. 2564	18:00	61	24	60.65
9 มี.ค. 2564	19:00	58	25	56.89
9 มี.ค. 2564	20:00	55	23	58.18
9 มี.ค. 2564	21:00	50	20	60.00
9 มี.ค. 2564	22:00	49	19	61.22
9 มี.ค. 2564	23:00	48	18	62.50



ภาพที่ 4.10 ผลทดสอบการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ในสถานการณ์ที่ฝุ่นละออง มากกว่า 50 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

จากภาพที่ 4.10 แสดงผลการทดลองฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ที่มีค่าฝุ่นละอองระหว่าง 51 – 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีให้ฝุ่นละอองผ่านหน้าต่างระบายอากาศโหมดสูง ปริมาณของลม และความเร็ว เท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ที่มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน เฉลี่ยลดลงร้อยละ 35.73 ดังตารางที่ 4.4 ค่าฝุ่นละอองสะสมมากเกินเกณฑ์มาตรฐานช่วงเวลาตั้งแต่ 00.00น. จนถึง 09.00น. ซึ่งเป็นช่วงที่เข้าที่สภาพอากาศนี้ ทำให้เกิดการสะสมค่าฝุ่นละอองมีความเข้มข้นมากถึง 91 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากนั้นฝุ่นละอองจะลดลงจนถึง 16.00น. จากนั้นช่วงเย็นค่าฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นอีกครั้ง มีช่วงที่ฝุ่นละออง มากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประมาณ 7 ชั่วโมง ซึ่งที่ผ่านเกณฑ์สามารถกรองฝุ่นได้ช่วงเย็นถึงหัวค่ำ เวลา 14.00น. - 19.00น. เนื่องจากสถานการณ์ฝุ่นละอองที่มีปริมาณมาก ทำให้ประสิทธิภาพกรองจำกัด มีค่าฝุ่นภายในห้องเกินมาตรฐาน

ตารางที่ 4.4

ค่าฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน. เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากการระบายอากาศทางกลโหมดสูงใน
สถานการณ์ที่ฝุ่นละอองภายนอก 57.79 มคก./ลบ.ม.

วัน/เดือน/ปี	เวลา	ฝุ่นละอองภายนอก (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองภายใน (มคก./ลบ.ม.)	ฝุ่นละอองลดลง ร้อยละ
10 มี.ค. 2564	00:00	82	52	36.58
10 มี.ค. 2564	01:00	71	48	32.39
10 มี.ค. 2564	02:00	83	50	39.75
10 มี.ค. 2564	03:00	86	51	40.69
10 มี.ค. 2564	04:00	61	39	36.06
10 มี.ค. 2564	05:00	57	38	33.33
10 มี.ค. 2564	06:00	58	37	36.20
10 มี.ค. 2564	07:00	54	39	27.77
10 มี.ค. 2564	08:00	80	51	36.25
10 มี.ค. 2564	09:00	91	59	35.16
10 มี.ค. 2564	10:00	86	55	36.04
10 มี.ค. 2564	11:00	78	48	38.46
10 มี.ค. 2564	12:00	59	42	28.81
10 มี.ค. 2564	13:00	49	35	44.89
10 มี.ค. 2564	14:00	38	25	34.21
10 มี.ค. 2564	15:00	38	22	42.10
10 มี.ค. 2564	16:00	28	20	28.57
10 มี.ค. 2564	17:00	35	25	28.57
10 มี.ค. 2564	18:00	34	24	29.41
10 มี.ค. 2564	19:00	29	19	34.48
10 มี.ค. 2564	20:00	29	18	37.93
10 มี.ค. 2564	21:00	40	29	27.50
10 มี.ค. 2564	22:00	61	31	49.18
10 มี.ค. 2564	23:00	60	34	43.33

บทที่ 5

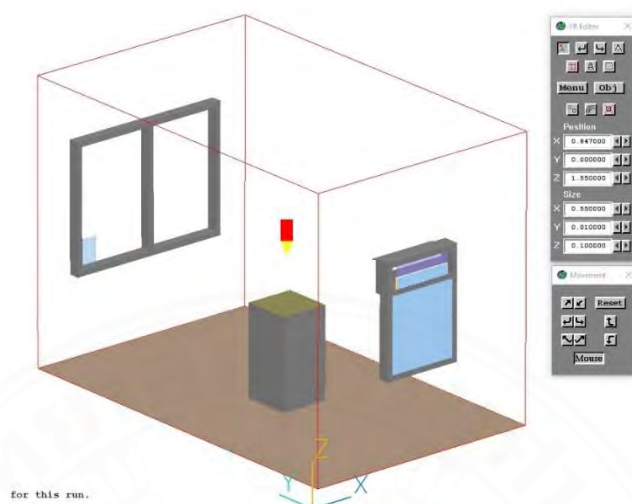
ผลการจำลองผ่านโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองผ่านโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล PHOENICE 2019 เพื่อศึกษา ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน โดยมีรายละเอียดการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองและผลการจำลอง ดังต่อไปนี้

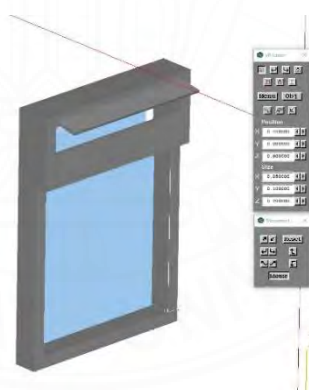
5.1 ทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

5.1.1 การตั้งค่าแบบจำลองที่ใช้สำหรับทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

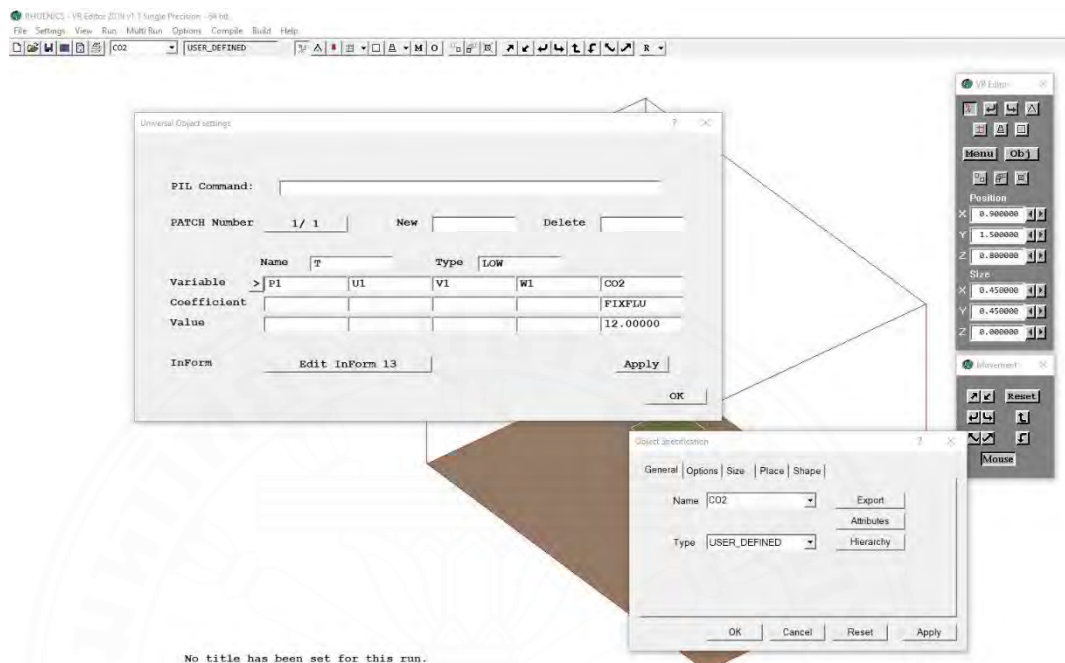
ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดผลได้จากห้องทดลองกับค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรม คำนวณพลศาสตร์ของไหล สร้างแบบจำลองห้องทดลองขนาดเดียวกันทุก ๆ 0.45×0.45 ตร.ม. เพื่อใช้ในการพัฒนาความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองคำนวณพลศาสตร์ของไหลภายในห้องเรียนที่มีการประยุกต์ใช้หน้าต่างระบายอากาศ กำหนดตั้งค่าพื้นที่ (domain) ตามขนาดของห้องทดลองโดยมีขนาดในแกน $X = 3.60$ แกน $Y = 2.25$ และ แกน $Z = 2.60$ ดังภาพที่ 5.1 และ จำลองสร้างหน้าต่างระบายอากาศขนาดในแกน $X = 0.10$ แกน $Y = 0.75$ และ แกน $Z = 1.05$ ดังภาพที่ 5.2 โดยกำหนด Inlet ค่าความเร็วลมแตกต่างกัน และมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 12 ppm เทียบเท่าอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์ 3 คน ดังรูปภาพที่ 5.3 วิเคราะห์ร่วมกับรูปแบบช่องหน้าต่าง ได้แก่ 1. การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 2. การระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 3. การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ 4. การระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยกำหนดตำแหน่งการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 5.1 การตั้งค่าแบบจำลองห้องทดลอง ขนาด 3.60 x 2.25 เมตร

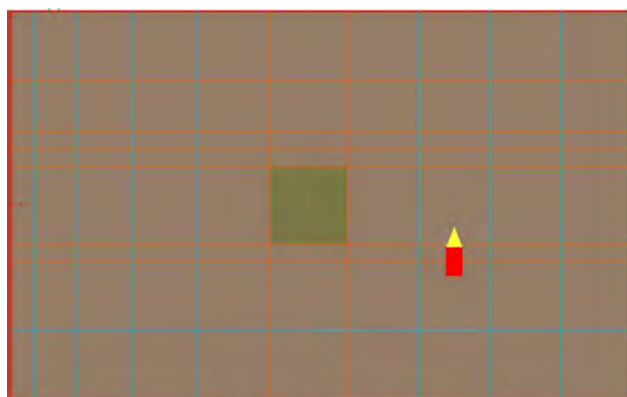


ภาพที่ 5.2 การตั้งค่าโมเดลหน้าต่างระบายอากาศ

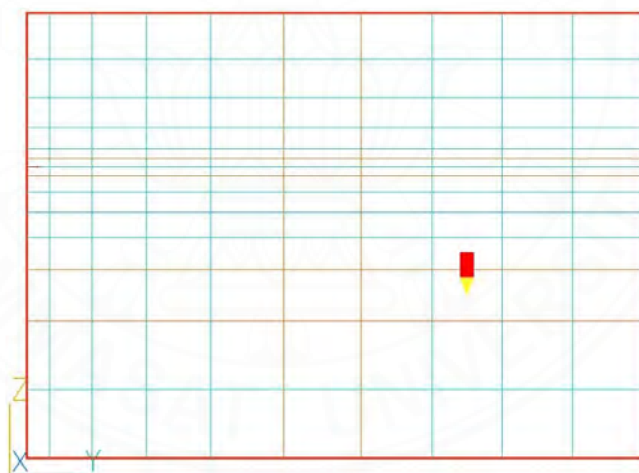


ภาพที่ 5.3 การตั้งค่าการปล่อยค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแบบจำลอง

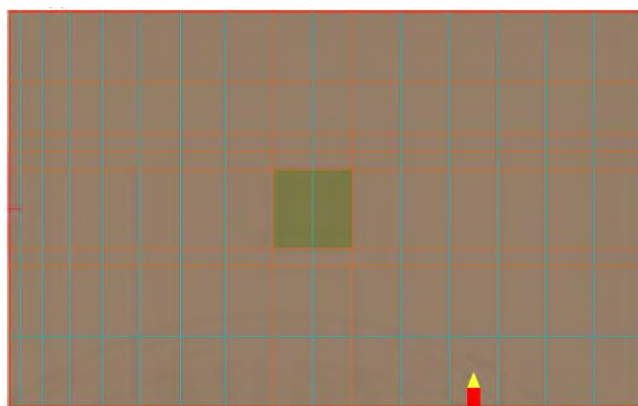
จากผลการคำนวณของโปรแกรม โดยเพิ่มความละเอียดกริดตายจน convergence แต่ละตัวแปร ประกอบด้วย $P < 0.1$, $U/W/V < 0.44\%$, $CO < 0.005\%$ มีค่าความผิดพลาด (error) ที่ผ่านยอมรับได้ จากนั้นวิเคราะห์กริดไลน์ (Grid line) โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จาก กริดแบบหยาบ กริดแบบพื้นฐาน และกริดแบบละเอียด ระหว่าง 0.18-0.22 ม., 0.45-0.45 ม., 0.10-0.10 ม. ตามลำดับ และ iteration เท่ากับ 5000 เพื่อให้ได้ผลคำนวณที่รวดเร็วและมีค่าที่ยอมรับได้ ดังภาพที่ 5.4-5.9



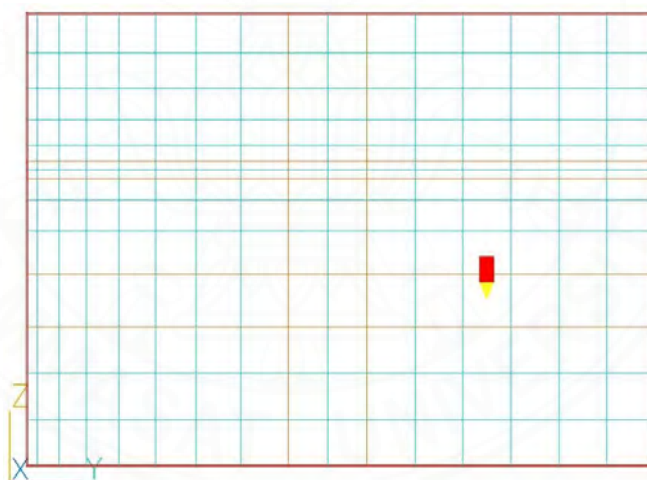
ภาพที่ 5.4 ตัวอย่างการตั้งค่ากริดหยاب แกน x y จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 240 ช่อง



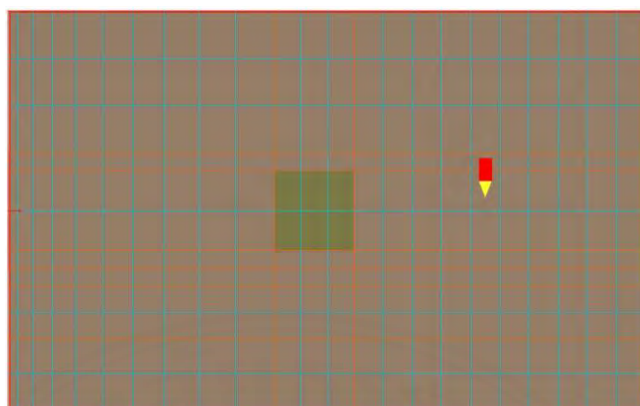
ภาพที่ 5.5 ตัวอย่างการตั้งค่ากริดหยاب แกน z จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 240 ช่อง



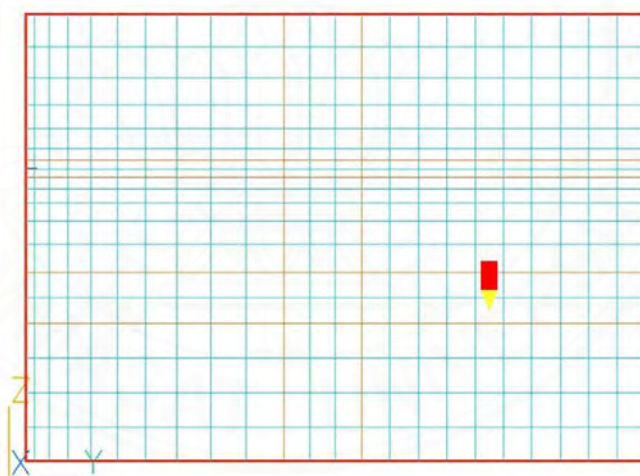
ภาพที่ 5.6 ตัวอย่างการตั้งค่ากริดพื้นฐาน แกน x y จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 1200 ช่อง



ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างการตั้งค่ากริดพื้นฐาน แกน z จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 1200 ช่อง



ภาพที่ 5.8 ผลการตั้งค่ากริดหยาบ แกน x y จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 6000 ช่อง



ภาพที่ 5.9 ผลการตั้งค่ากริดหยาบ แกน z จำนวนช่องทั้งหมดเท่ากับ 6000 ช่อง

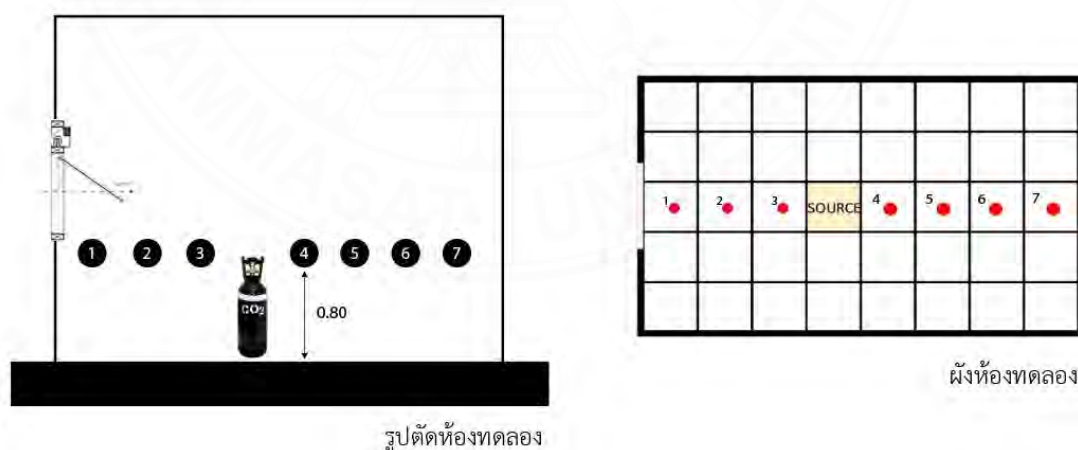
5.1.2 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการแบบจำลอง ในโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหลที่มีการตั้งค่าทั้ง 3 กรณี กับผลที่ได้จากการทดลองหน้าตาบรรยากาศในห้องทดสอบโดยใช้ ค่า Root mean square error (RMSE) เป็นดัชนีสามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 5.1

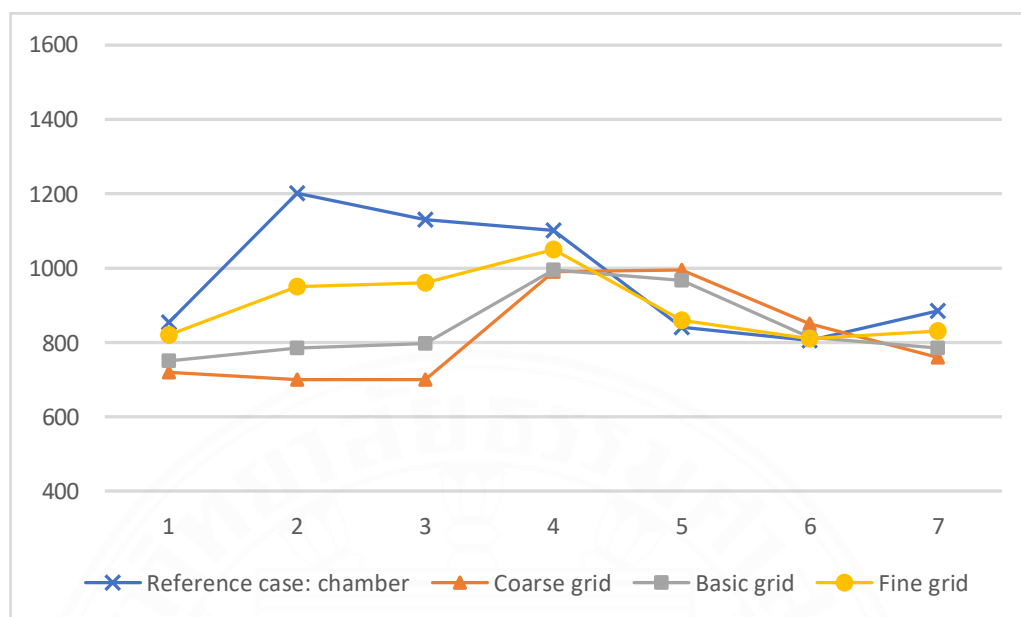
$$RMSE(S_{chamber} - S_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [S_{chamber}(i) - S_1(i)]^2}{\sum_{i=1}^n S_1(i)^2}} \quad (\text{สมการที่ 5.1})$$

กำหนดให้ $S_{chamber}$ = ค่าที่วัดจากห้องทดลองจริง
 S_1 = ค่าที่วัดจากห้องทดลองจำลอง

การเปรียบเทียบแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันของแบบจำลอง โดยค่า RMSE มีค่าระหว่าง 0 (คลาดเคลื่อนน้อย) ถึง 1 (คลาดเคลื่อนมาก) ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งหมด 4 สถานการณ์ ได้แก่ 1.การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ แผ่นกรองอากาศ (S_1), 2. การระบายอากาศทางกลโหมดสูง แผ่นกรองอากาศ (S_2), 3. การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ (S_3), 4. การระบายอากาศทางธรรมชาติ (S_4) โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับผลจากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ โดยทำการแบ่งตำแหน่งจุดวัด 7 ตำแหน่ง ที่กึ่งกลางห้อง ดังภาพที่ 5.10-5.14



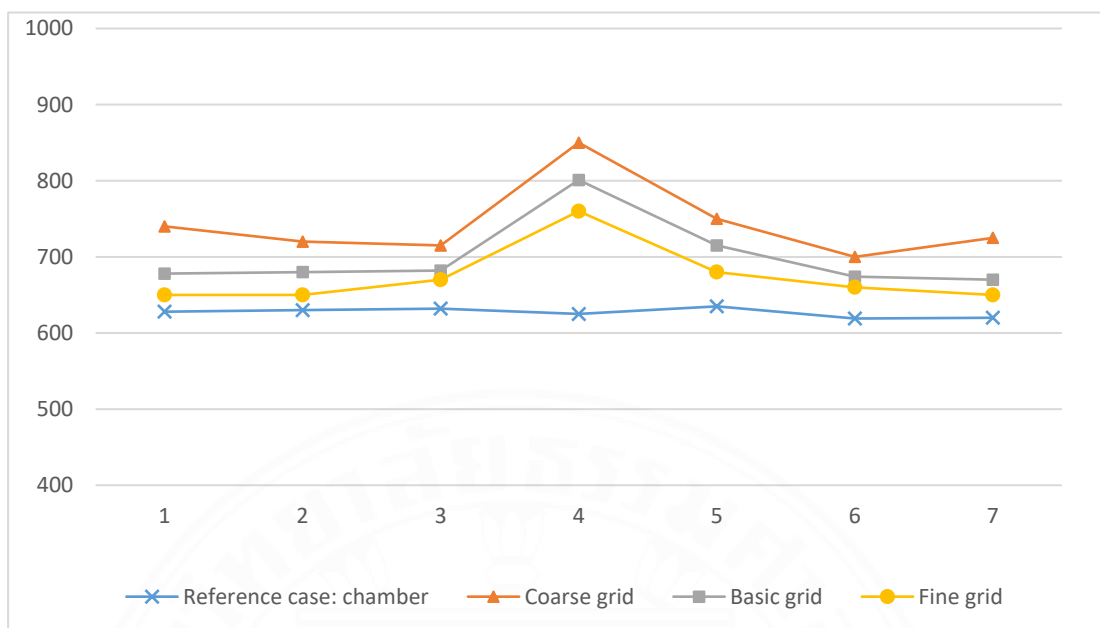
ภาพที่ 5.10 ตำแหน่งจุดวัด 7 ตำแหน่ง กึ่งกลางห้องเปรียบเทียบค่า RMSE



normalized RMSE	
Coarse grid	0.203
Basic grid	0.156
Fine grid	0.076

ภาพที่ 5.11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_1)

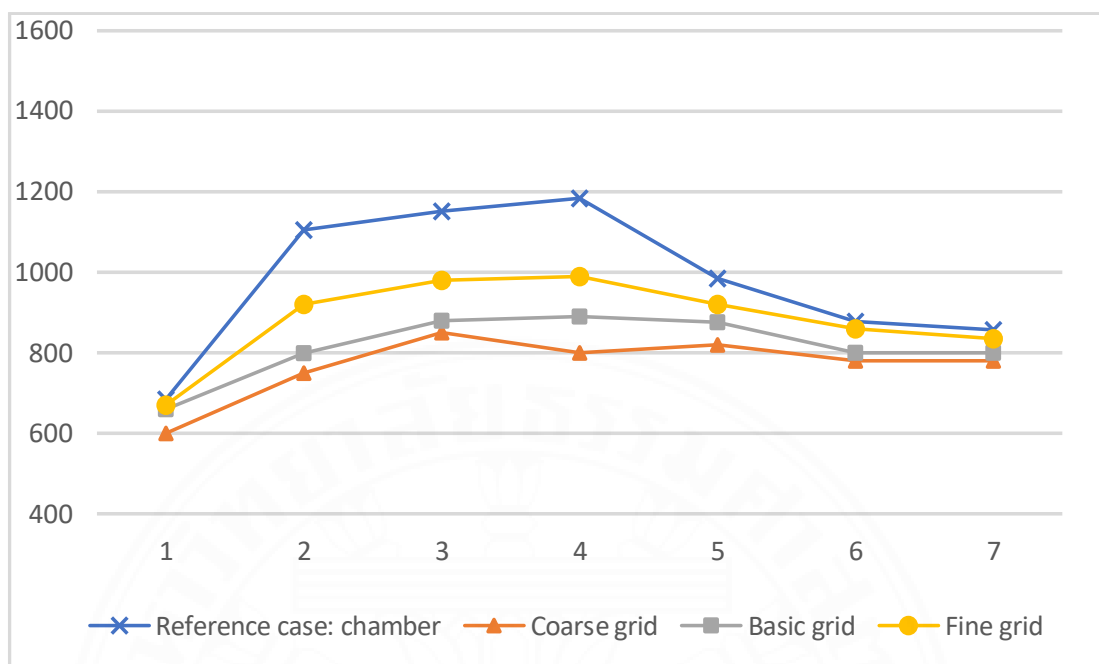
จากการเทียบค่า RMSE ทั้ง 3 กรณี ได้แก่ 1. กริดหยาบ (0.203), 2. กริดพื้นฐาน (0.156) และ 3. กริดละเอียด (0.076) พบว่าทุกกรณีซึ่งมีค่า RMSE ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ งานวิจัยนี้จึง จะใช้การตั้งค่ากริดพื้นฐานสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป



normalized RMSE	
Coarse grid	0.155
Basic grid	0.104
Fine grid	0.063

ภาพที่ 5.12 ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_2)

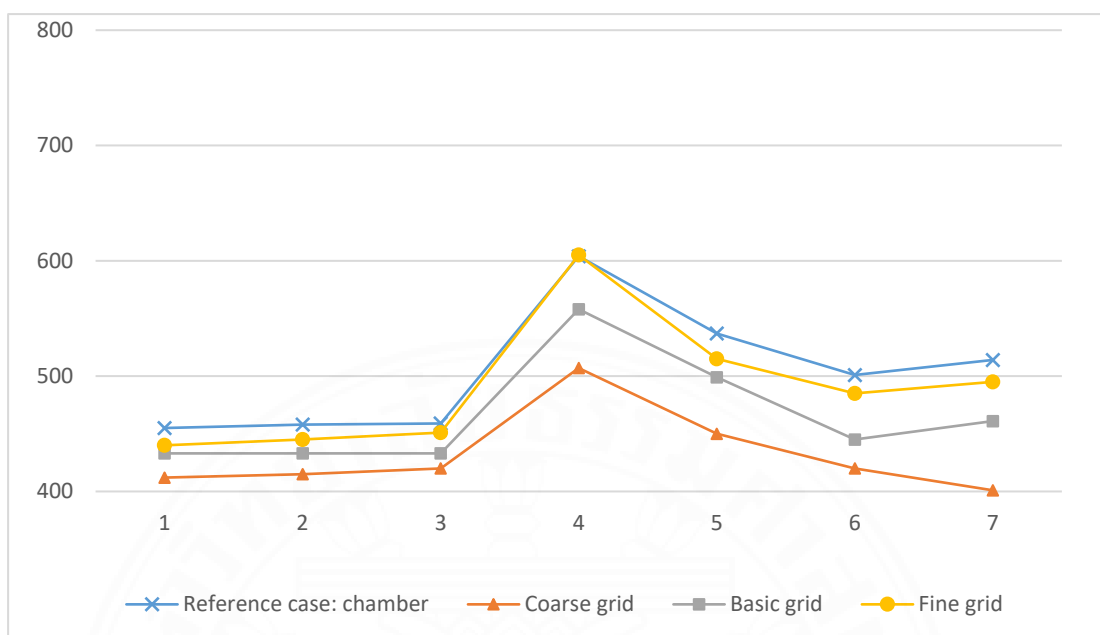
จากการเทียบค่า RMSE ทั้ง 3 กรณี ได้แก่ 1. กริดหยาบ (0.155), 2. กริดพื้นฐาน (0.104) และ 3. กริดละเอียด (0.063) พบว่าทุกกรณีซึ่งมีค่า RMSE ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ งานวิจัยนี้จึง จะใช้การตั้งค่ากริดพื้นฐานสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป



normalized RMSE	
Coarse grid	0.272
Basic grid	0.198
Fine grid	0.104

ภาพที่ 5.13 ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S_3)

จากการเทียบค่า RMSE ทั้ง 3 กรณี ได้แก่ 1. กริดหยาบ (0.272), 2. กริดพื้นฐาน (0.198) และ 3. กริดละเอียด (0.104) พบว่าทุกกรณีซึ่งมีค่า RMSE ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ งานวิจัยนี้จึง จะใช้การตั้งค่ากริดพื้นฐานสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป



normalized RMSE	
Coarse grid	0.166
Basic grid	0.081
Fine grid	0.021

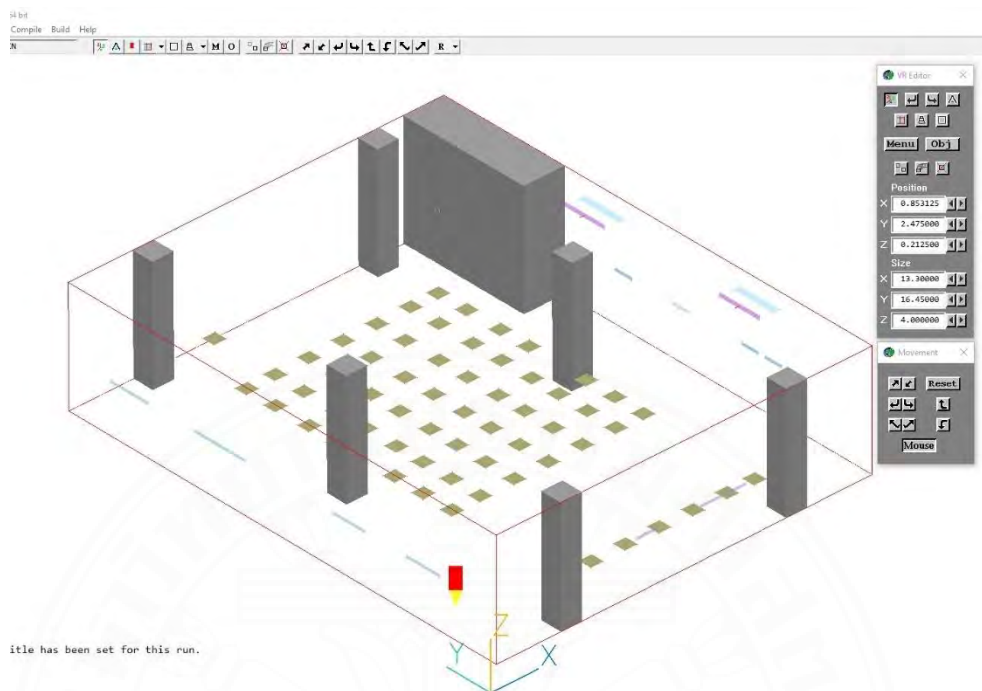
ภาพที่ 5.14 ผลการเปรียบเทียบปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากห้องทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณีต่าง ๆ ในสถานการณ์ (S₄)

จากการเทียบค่า RMSE ทั้ง 3 กรณี ได้แก่ 1. กริดหยาบ (0.166), 2. กริดพื้นฐาน (0.081) และ 3. กริดละเอียด (0.021) พบว่าทุกกรณีซึ่งมีค่า RMSE ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ งานวิจัยนี้จึง จะใช้การตั้งค่ากริดพื้นฐานสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

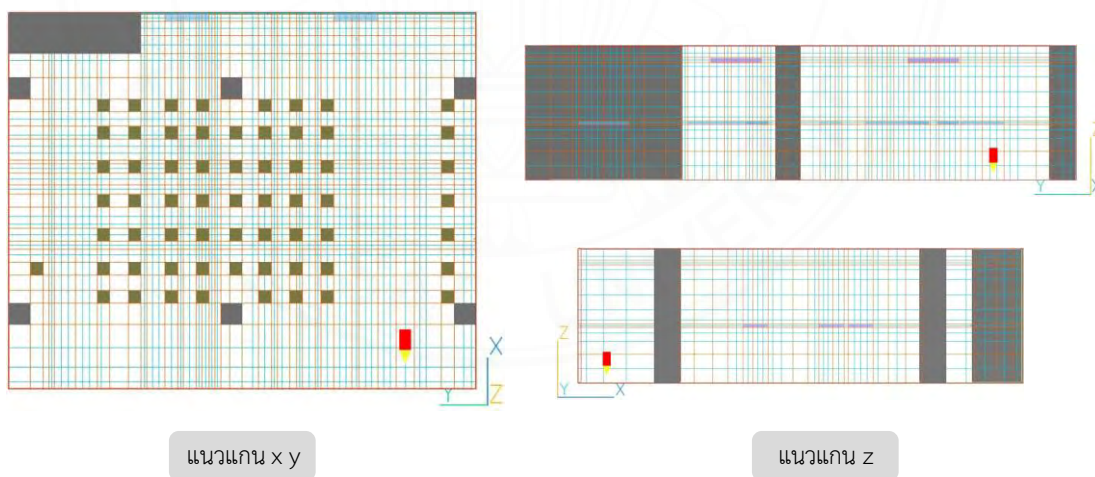
5.2 ผลการจำลองในห้องเรียน

5.2.1 การกำหนดแบบจำลองสภาพแวดล้อมห้องเรียนผ่านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

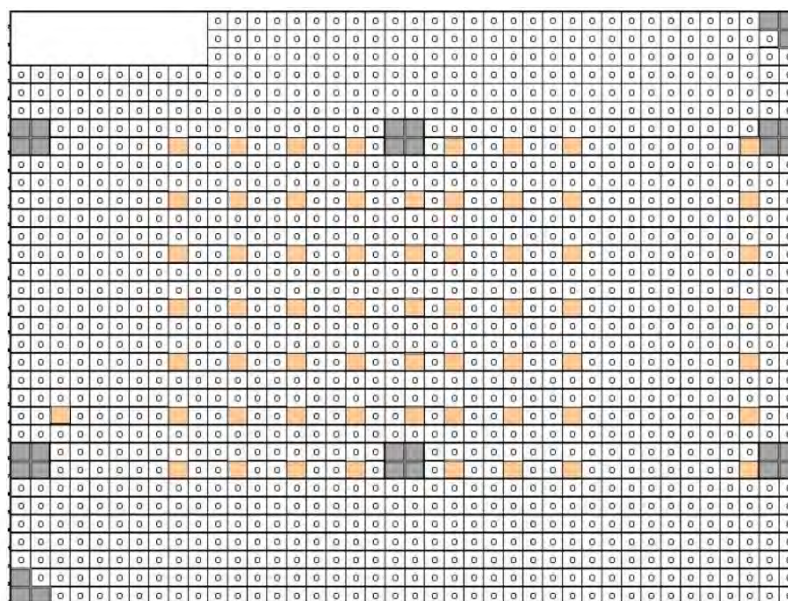
กำหนดตั้งค่าพื้นที่ (domain) ตามขนาดของห้องเรียน สก.606 โดยที่ขนาดในแกน $X = 13.30$, แกน $Y = 16.45$ และ แกน $Z = 4.00$ ดังภาพที่ 5.15 และ 5.16 ตั้งค่ากริดพื้นฐานจำนวน 19,206 ช่อง แสดงดังภาพที่ 5.20 โดยกำหนด Inlet ภายในห้องเรียน ค่าความเร็วลมแตกต่างกัน จะมีค่าของความเร็วลมเครื่องปรับอากาศ 2.0 เมตรต่อวินาทีต่อยูนิต ขนาดเครื่องปรับอากาศ 48,000 BTU ปริมาณลม (1200 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของช่อง Inlet และช่องดูดลมกลับ Outlet จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เท่ากัน จากสมการที่ 2.1 คำนวณจากอัตราการรั่วซึมของช่องเปิดที่แตกต่างกัน วิเคราะห์ร่วมกับรูปแบบช่องหน้าต่าง ได้แก่ 1. การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (สถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 5) Inlet ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 973.30 ppm 2. การระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (สถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 6) Inlet ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 700.52 ppm 3. การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ (สถานการณ์ที่ 3 และสถานการณ์ที่ 7) Inlet ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 969.79 ppm 4. การระบายอากาศทางธรรมชาติ ปิดเครื่องปรับอากาศ (สถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ที่ 8) กำหนดให้ทุกสถานการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 4 ppm ต่อผู้ใช้งาน 1 คน (จำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด 62 คน) และ Iteration เท่ากับ 5000 จากการตั้งค่าโปรแกรมคำนวณพล ศาสตร์ของไหล PHOEN ICS 2019 ดังรูปภาพที่ 5.17 และ 5.18



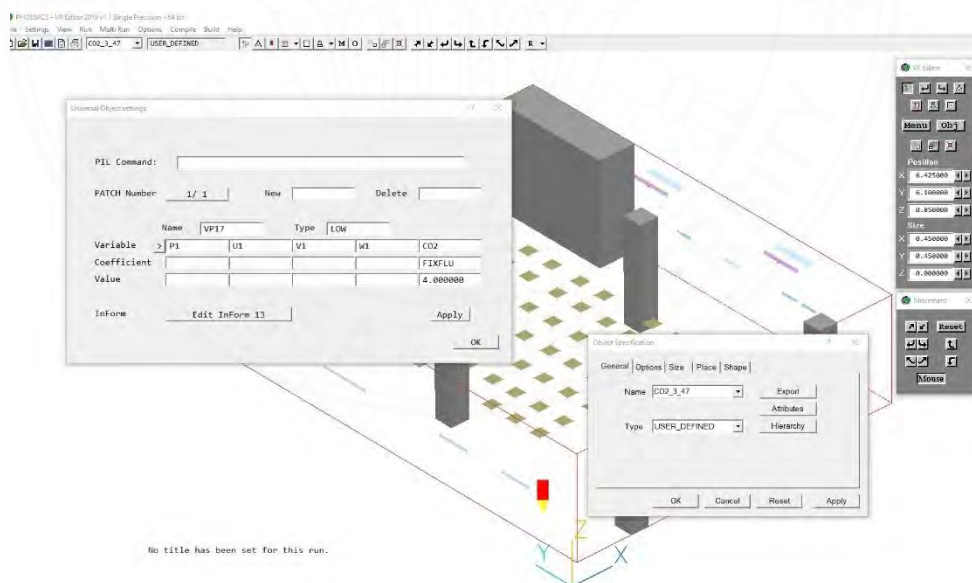
ภาพที่ 5.15 แบบจำลองห้องเรียน ขนาด 13.30 x 16.45 เมตร



ภาพที่ 5.16 กรณีกิริตพื้นฐาน ขนาด 0.45 x 0.45 x 0.45 แกน x y z จำนวน 19,206 ช่อง



ภาพที่ 5.17 ตำแหน่งการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทุกๆ พื้นที่ 0.45×0.45 ม.
แบ่งเป็น 1201 ช่อง



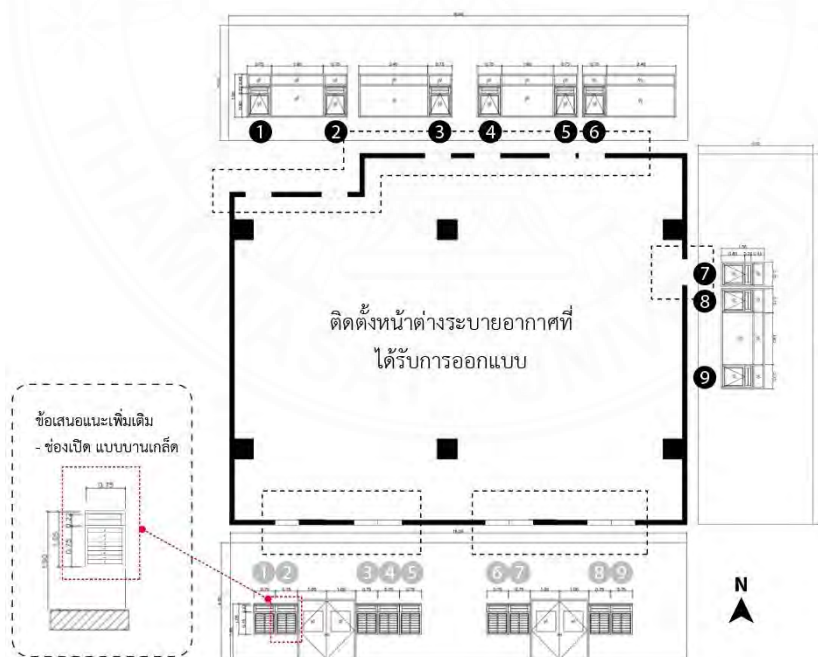
ภาพที่ 5.18 การตั้งค่าปริมาณการปล่อยค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหน้าต่าง

5.2.2 จำนวนและตำแหน่งการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศ

จากการศึกษาช่องเปิดหน้าต่างเดิมห้องเรียน สก.606 (ดังภาพที่ 5.19) และเสนอแนวทางการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศเพิ่มเติม (ดังภาพที่ 5.20) โดยประสิทธิภาพปริมาณการระบายอากาศของหน้าต่าง 4 สถานการณ์ ได้แก่ 1.การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ มีค่าความเร็วลม เท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) 2.การระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ มีค่าความเร็วลม เท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) 3.การระบายอากาศโหมดต่ำ มีค่าความเร็วลม เท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) 4.การระบายอากาศทางธรรมชาติ มีค่าความเร็วลม เท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) เมื่อเทียบกับปริมาณการระบายอากาศของห้องเรียนที่คำนวณได้ตามสมการที่ 2.1 ผลการคำนวณอัตราการไหลของอากาศภายในที่นำออกสู่ภายนอก เพื่อให้ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm มีค่าเท่ากับ 0.437 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (925.95 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) พบว่า มีเพียงการระบายอากาศทางธรรมชาติเท่านั้นที่มีค่ามากกว่าปริมาณการระบายอากาศที่กำหนด ดังนั้นสถานการณ์ที่มี การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ การระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ และการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ จึงต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างภายในห้องเรียนเพื่อให้ได้ค่าปริมาณการระบายอากาศที่กำหนด โดยมีรายละเอียดจำนวนและตำแหน่งการติดตั้ง ภายในห้องเรียนแต่ละสถานการณ์ดังต่อไปนี้



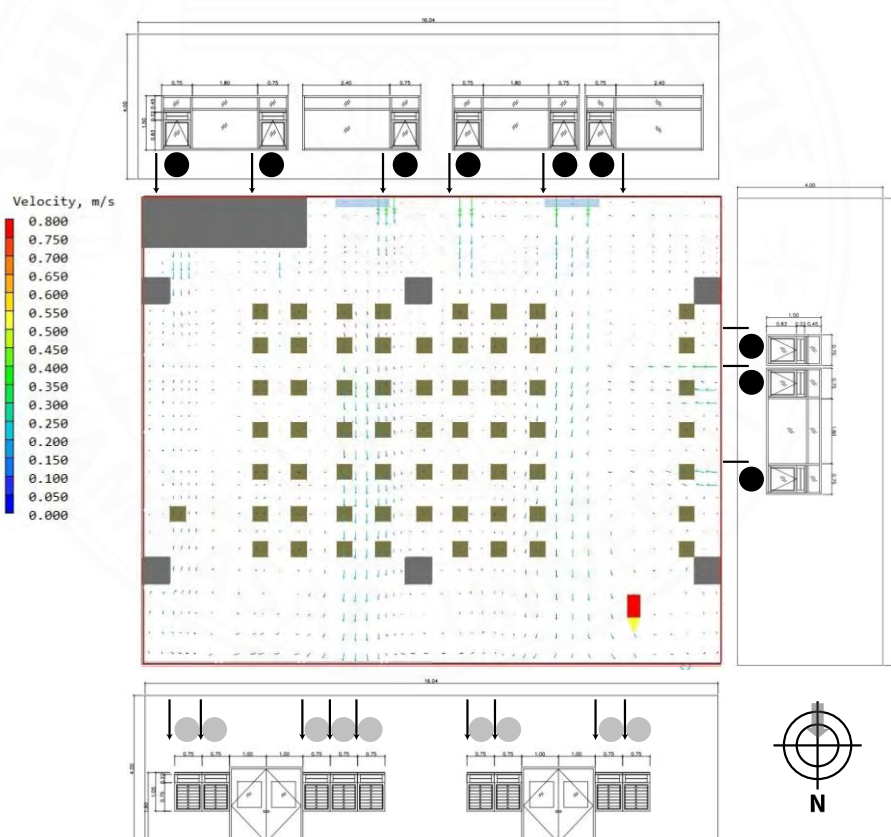
ภาพที่ 5.19 ศึกษาช่องเปิดหน้าต่างเดิมห้องเรียน สล.606



ภาพที่ 5.20 สโนแนวทางการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศเพิ่มเติม

(1) สถานการณ์ที่ 1 การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศเหนือของห้องเรียน)

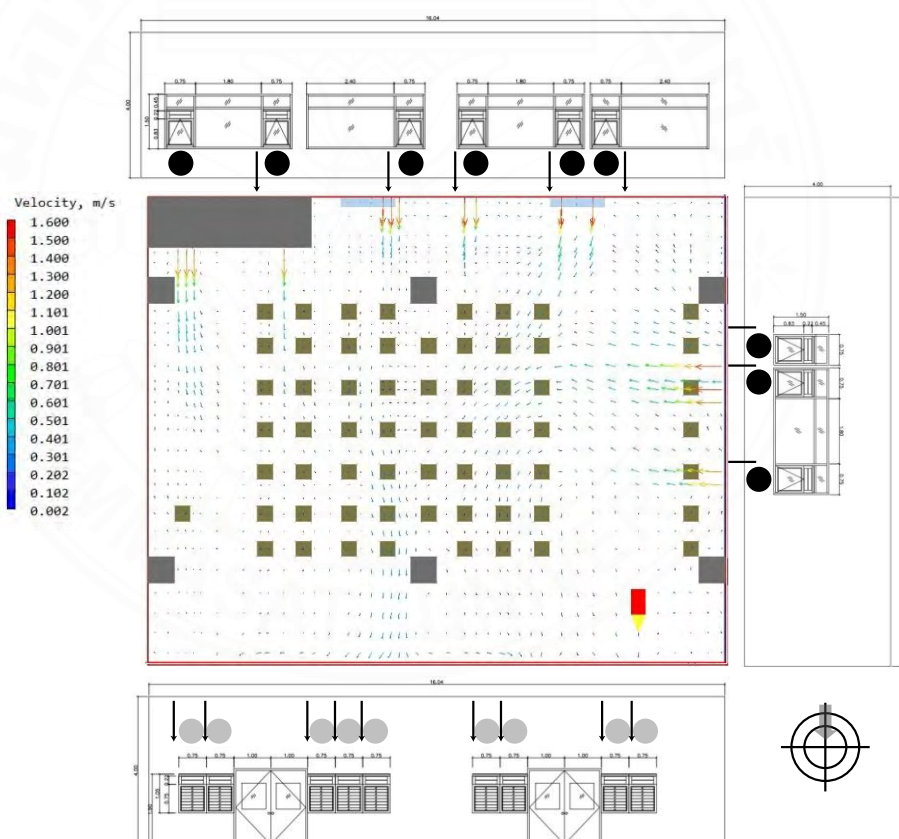
พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศสามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างระบายอากาศจำนวน 9 บาน เพื่อให้ได้ปริมาตรการระบายอากาศห้องเรียนที่คำนวณ เท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.99 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศ 9 บาน ฝั่งด้านทิศใต้เพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.21



ภาพที่ 5.21 สถานการณ์ที่ 1 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(2) สถานการณ์ที่ 2 การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศเหนือของห้องเรียน)

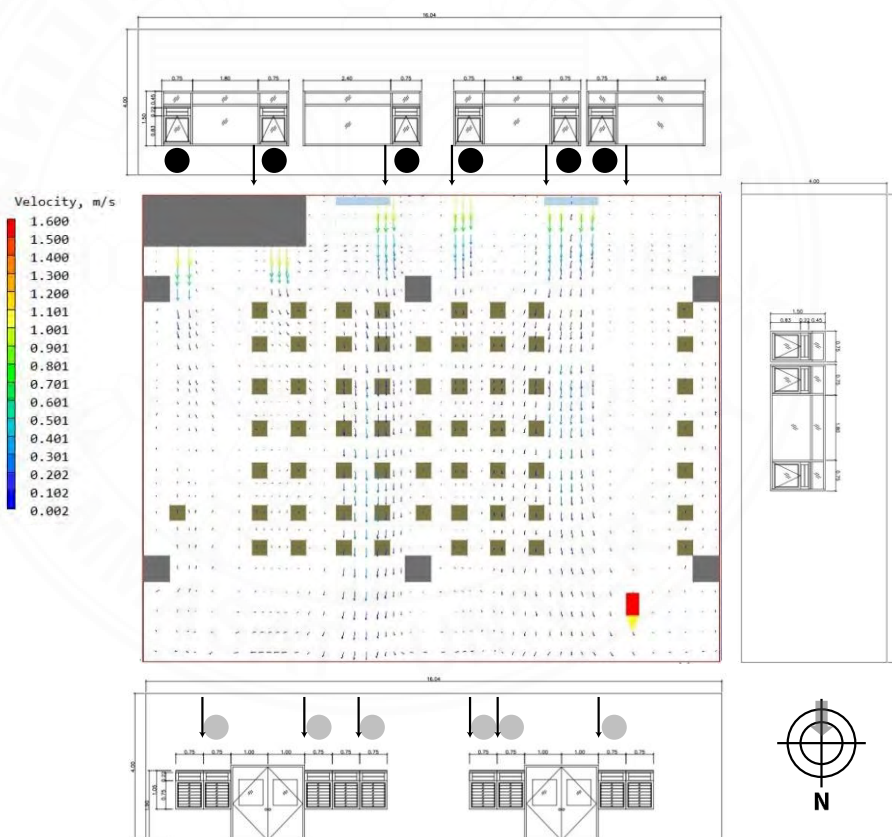
พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วลมเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งมีการปิดเครื่องปรับอากาศ ต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างระบายอากาศ จำนวน 9 บาน เพื่อให้ได้ปริมาตรการระบายอากาศห้องเรียนที่คำนวณเท่ากับ 0.927 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1981.98 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) เนื่องจากอากาศเย็นจึงสามารถนำอากาศเข้าปริมาณมากได้ และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศ 9 บาน ฝั่งด้านทิศใต้เพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.22



ภาพที่ 5.22 สถานการณ์ที่ 2 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(3) สถานการณ์ที่ 3 การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ (ฝั่งทิศเหนือของห้องเรียน)

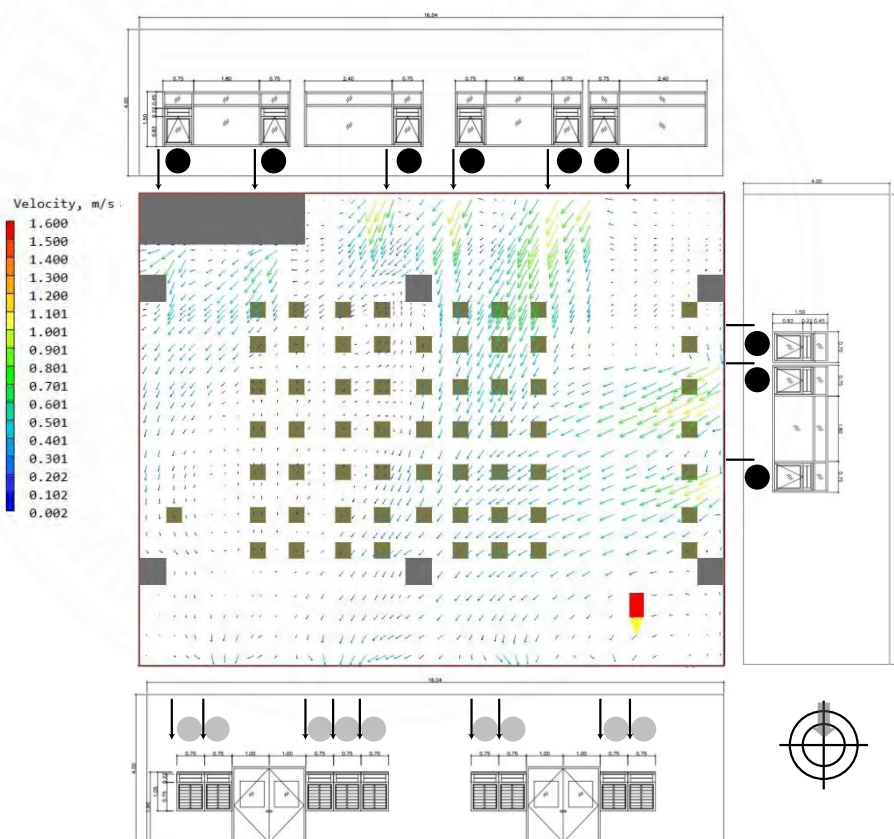
พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างระบายอากาศ จำนวน 6 บาน เพื่อให้ได้ปริมาตรการระบายอากาศห้องเรียนที่คำนวณ เท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.96 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศ 6 บาน ฝั่งด้านทิศใต้ เพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.23



ภาพที่ 5.23 สถานการณ์ที่ 3 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(4) สถานการณ์ที่ 4 การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ฝั่งทิศเหนือของห้องเรียน)

พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งมีปริมาตรการระบายอากาศมากกว่าห้องเรียนที่คำนวณ เท่ากับ 0.437 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (925.95 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) เสนอให้เปิดใช้งานทั้งหมด 9 บาน และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศอากาศ 9 บาน ฝั่งด้านทิศใต้เพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิผลที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.24



ภาพที่ 5.24 สถานการณ์ที่ 4 ปริมาตรการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(5) สถานการณ์ที่ 5 การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

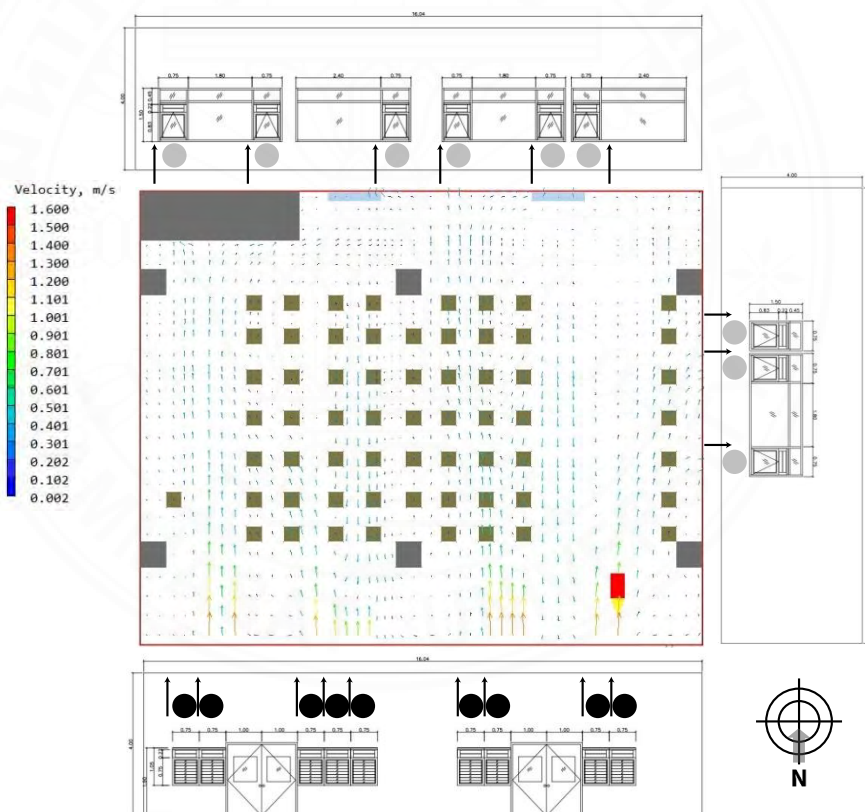
พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างระบายอากาศจำนวน 9 บาน เพื่อให้ได้ปริมาตรการระบายอากาศห้องเรียนที่คำนวณ เท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.99 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศ 9 บาน ฝั่งด้านทิศเหนือเพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.25



ภาพที่ 5.25 สถานการณ์ที่ 5 ปริมาตรการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(6) สถานการณ์ที่ 6 การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

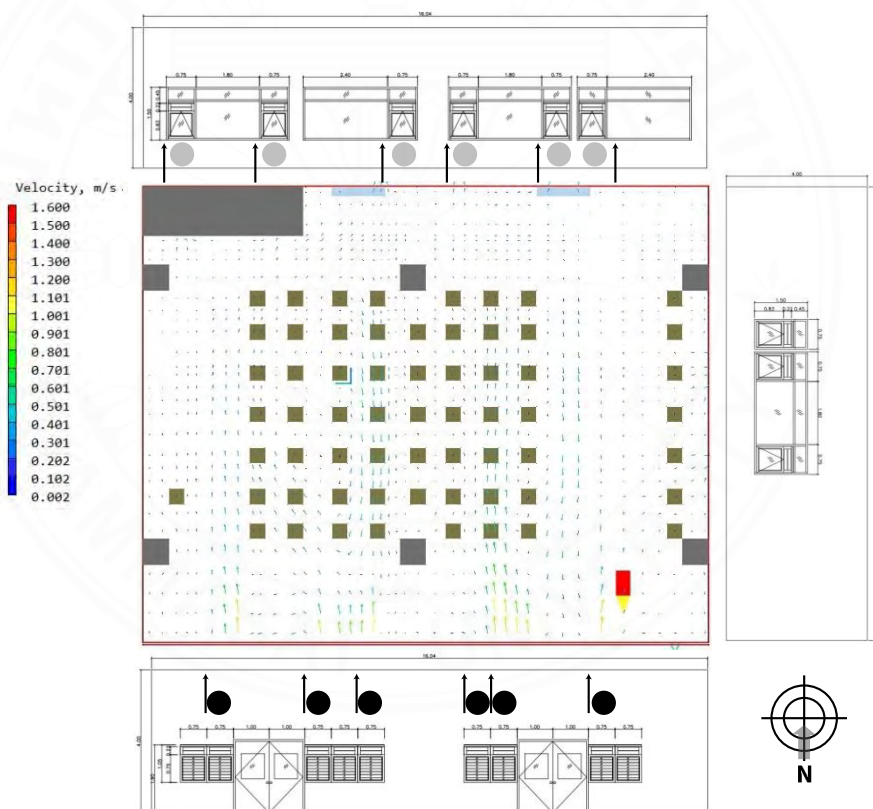
พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วลมเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งมีการปิดเครื่องปรับอากาศ ต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างระบายอากาศ จำนวน 9 บาน เพื่อให้ได้ปริมาณการระบายอากาศห้องเรียนที่คำนวณเท่ากับ 0.927 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1981.98 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) เนื่องจากอากาศเย็นจึงสามารถนำอากาศเข้าปริมาณมากได้ และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศ 9 บาน ฝั่งด้านทิศเหนือเพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.26



ภาพที่ 5.26 สถานการณ์ที่ 6 ปริมาณการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(7) สถานการณ์ที่ 7 การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

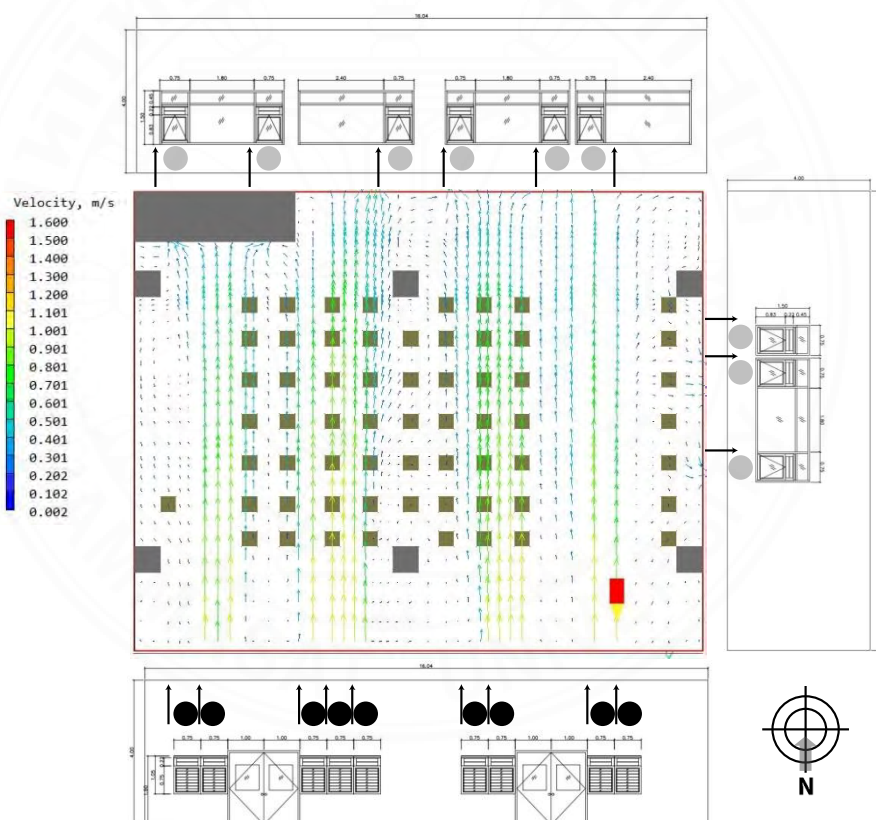
พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งต้องมีการเพิ่มจำนวนหน้าต่างระบายอากาศ จำนวน 6 บาน เพื่อให้ได้ปริมาตรการระบายอากาศห้องเรียนที่คำนวณ เท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.96 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศ 6 บาน ฝั่งด้านทิศเหนือเพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟากมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.27



ภาพที่ 5.27 สถานการณ์ที่ 7 ปริมาตรการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน

(8) สถานการณ์ที่ 8 การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

พบว่าหน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ สามารถระบายอากาศปริมาณลม และความเร็วเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ซึ่งมีปริมาตรการระบายอากาศมากกว่าห้องเรียนที่คำนวณ เท่ากับ 0.437 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (925.95 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) เสนอให้เปิดใช้งานทั้งหมด 9 บาน และมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศทางอากาศ 9 บาน ฝั่งด้านทิศเหนือเพื่อการระบายอากาศแบบข้ามฟาก มีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5.28



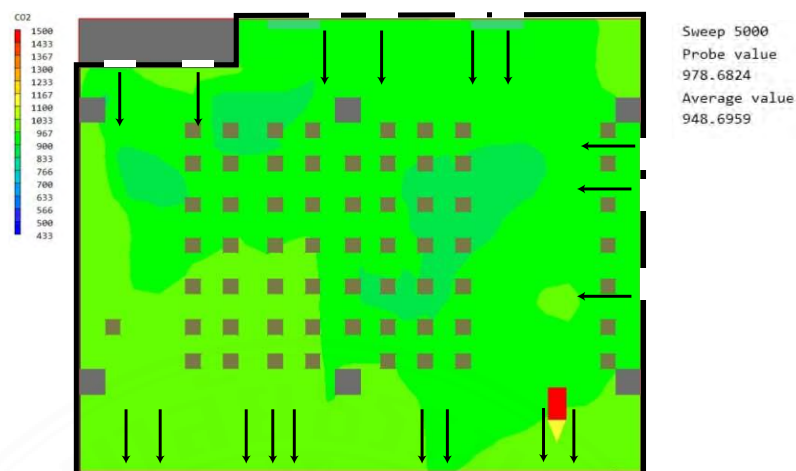
ภาพที่ 5.28 สถานการณ์ที่ 8 ปริมาตรการระบายอากาศหน้าต่าง ความเร็วเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) 1 บาน

5.2.3 ผลการจำลองระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน

จากผลการจำลอง พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนก่อนติดตั้งการระบายอากาศของหน้าต่าง จะมีระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง ถึง 2517 ppm จากสมการที่ 2.1 โดยระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นี้มีค่าลดลงแตกต่างกันไปตามสถานการณ์ การใช้หน้าต่างระบายอากาศที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดผลการจำลองดังนี้

(1) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศเหนือของห้องเรียน)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ปริมาณของลม และความเร็วมเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 9 บาน และ หน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 9 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 1000 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.29 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 973.30 ppm



ภาพที่ 5.29 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกล โหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

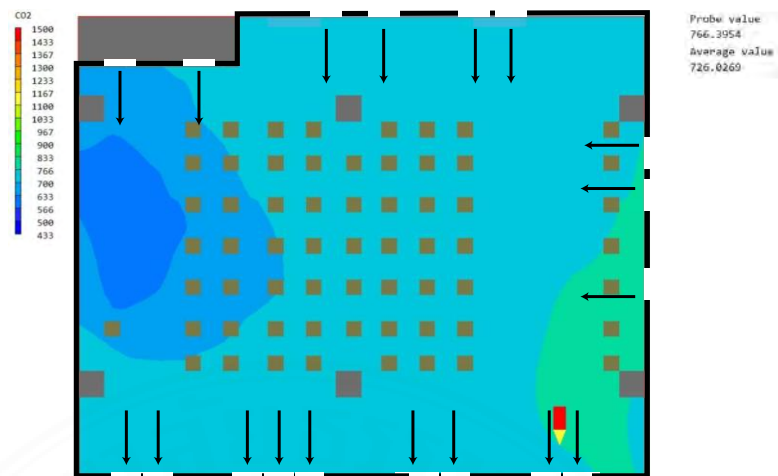
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.051 \times 9} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 973.30 \text{ (ppm)}$$

(2) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝังทิศเหนือของห้องเรียน)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 9 บาน และหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 9 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.30 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 700.52 ppm





ภาพที่ 5.30 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกล โหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

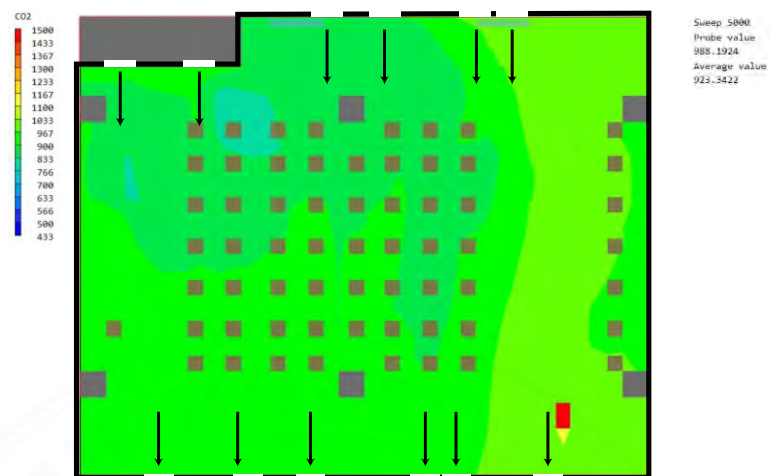
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.103 \times 9} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 700.52 \text{ (ppm)}$$

(3) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ (ฝั่งทิศเหนือของอาคาร)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 6 บาน และหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 6 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.31 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 969.79 ppm





ภาพที่ 5.31 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกล โหมดต่ำ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

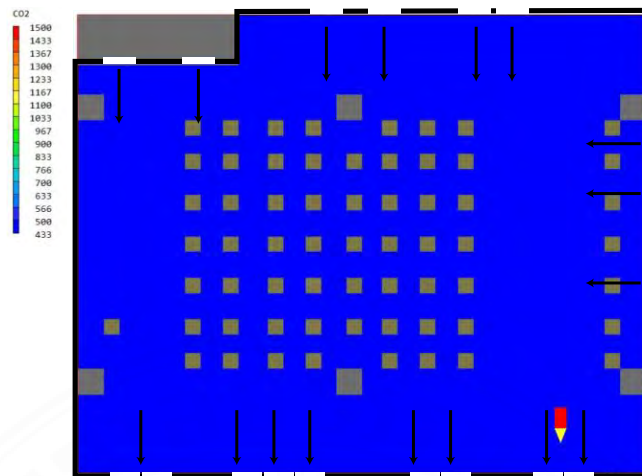
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.077 \times 6} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 969.79 \text{ (ppm)}$$

(4) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางธรรมชาติ (ฝั่งทิศเหนือของอาคาร)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน โดยเปิดหน้าต่างทุกบานภายในห้องเรียน พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.32 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 493.69 ppm





ภาพที่ 5.32 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศเหนือ

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

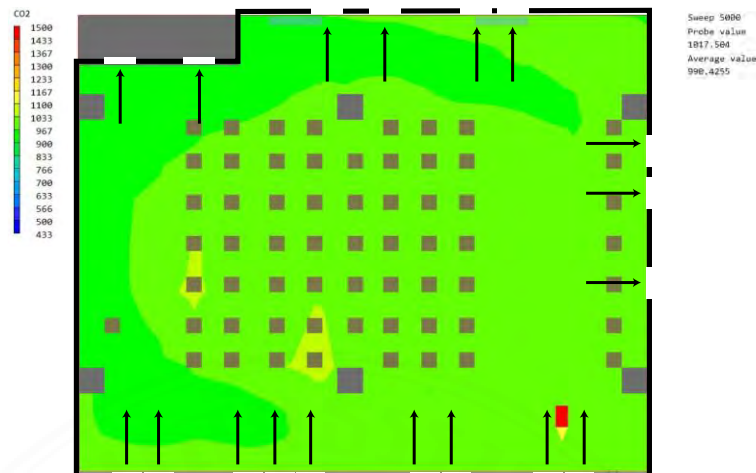
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.454 \times 9} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 493.69 \text{ (ppm)}$$

(5) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 9 บาน และหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 9 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.33 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 973.30 ppm





ภาพที่ 5.33 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกล โหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

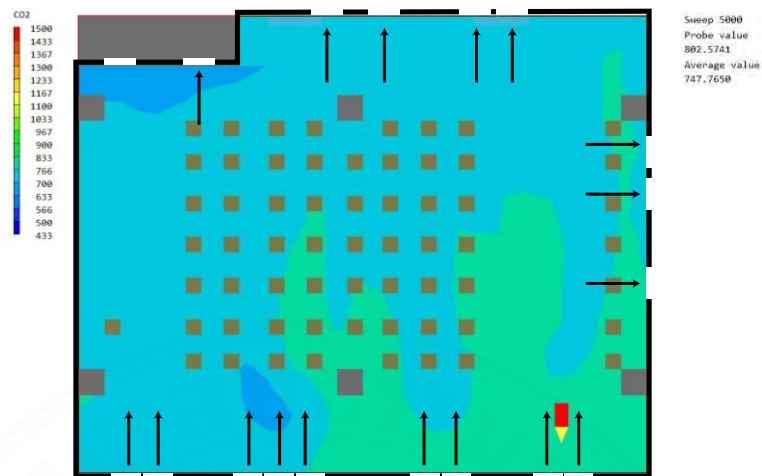
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.051 \times 9} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 973.30 \text{ (ppm)}$$

(6) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 9 บาน และหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 9 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.34 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 700.52 ppm





ภาพที่ 5.34 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกล โหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางใต้

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

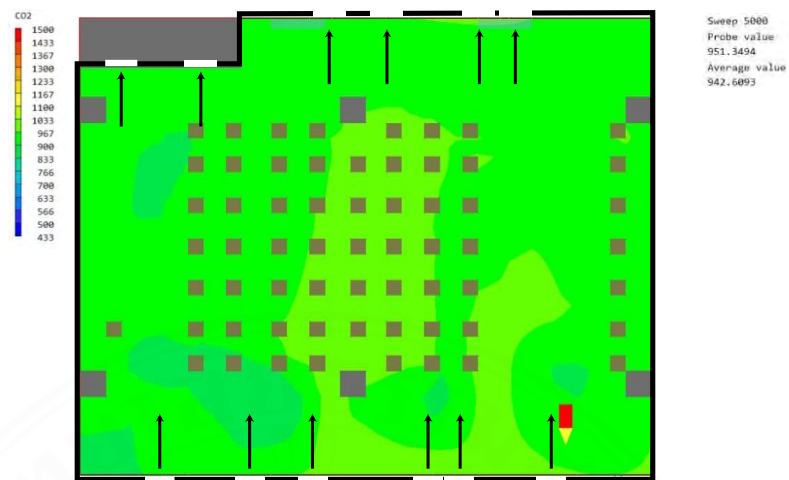
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.103 \times 9} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 700.52 \text{ (ppm)}$$

(7) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 6 บาน และหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 6 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.35 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 969.79 ppm





ภาพที่ 5.35 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางกล โหมดต่ำ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

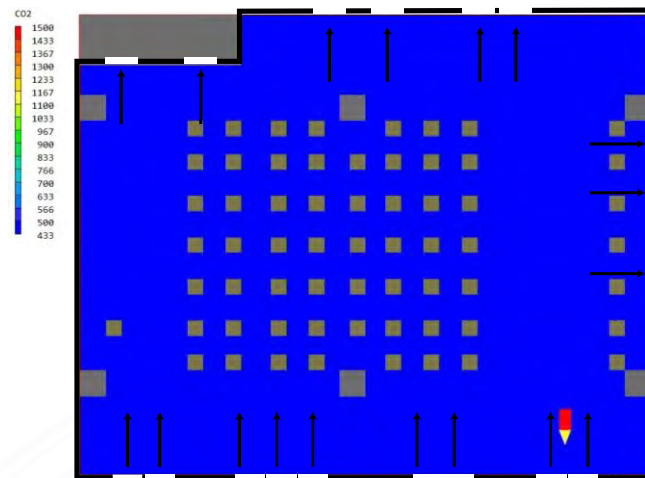
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.077 \times 6} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 969.79 \text{ (ppm)}$$

(8) ห้องเรียน ที่มีการระบายอากาศทางธรรมชาติ (ฝั่งทิศใต้ของห้องเรียน)

จากการจำลองโดย กำหนดอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกห้องทดลองเท่ากับ 433 ppm และ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณของลม และความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ต่อ 1 บาน โดยติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศเข้า จำนวนทั้งหมด 9 บาน และหน้าต่างระบายอากาศดูดอากาศออก 9 บาน พบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินมาตรฐาน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.36 จากการคำนวณสมการที่ 2.1 พบว่าระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 493.69 ppm





ภาพที่ 5.36 ผลการจำลอง ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการระบายอากาศทางธรรมชาติ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ลมทางทิศใต้

$$C_{ss} = C_{SA} + \frac{S}{Q_{SA}} \quad (\text{แทนค่าลงในสมการที่ 2.1})$$

จะได้ว่า

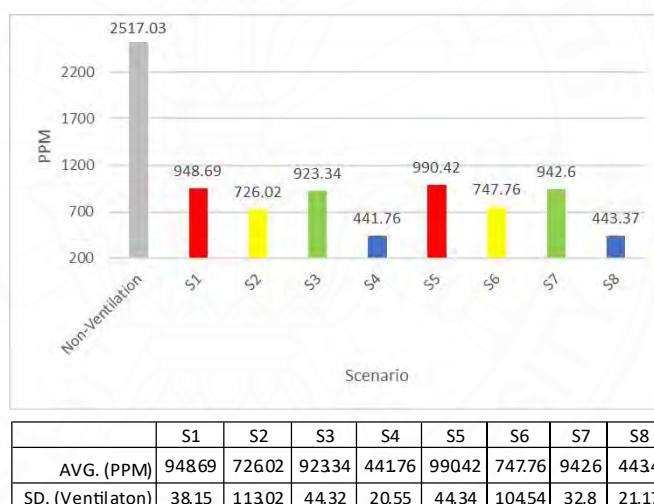
$$\text{Indoor (ppm)} = 433 \text{ (ppm)} + \frac{62 \times 0.000004}{0.454 \times 9} \times 10^6$$

$$\text{Indoor (ppm)} = 493.69 \text{ (ppm)}$$

5.3 สรุปผลการศึกษาการระบายอากาศหลังติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศที่ได้รับการออกแบบโดยผู้วิจัยภายในห้องเรียน

5.3.1 ห้องเรียนปกติ จากผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อห้องเรียนมีการใช้งานของผู้ใช้งาน จำนวน 62 คน ไม่มีการระบายอากาศอากาศที่เพียงพอ สามารถทำให้ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณการสะสมสูงถึง 2517 ppm ซึ่งอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน จากผลการจำลองการเพิ่มการระบายอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศที่ผู้วิจัยออกแบบจำนวน 9 บาน ทางด้านทิศเหนือของห้อง และจำนวน 9 บาน ทางด้านทิศใต้ สามารถช่วยลดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยมีค่าน้อยกว่า 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 5.37



ภาพที่ 5.37 ตารางแสดงผลระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน

จากการตรวจวัด 1201 ซอง แบ่งรูปแบบการใช้งานหน้าต่างเป็น 8 สถานการณ์

(1) หน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ปริมาณของลมและความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศเหนือของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.38)

(2) หน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ปริมาณของลมและความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศเหนือของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.39)

(3) หน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณของลมและความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศเหนือของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.40)

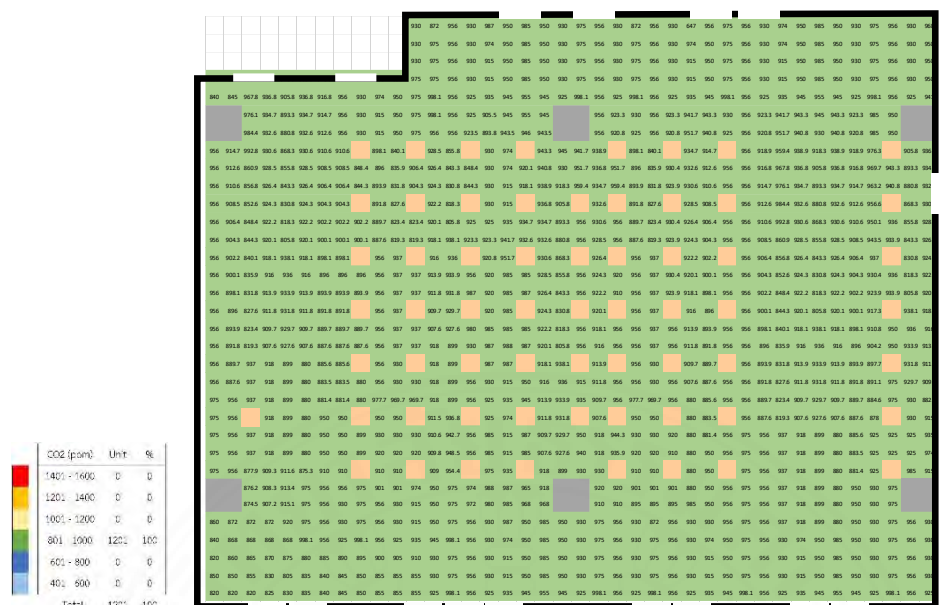
(4) หน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณของลมและความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศเหนือของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็น ร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.41)

(5) หน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ปริมาณของลมและความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศใต้ของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm ร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.42)

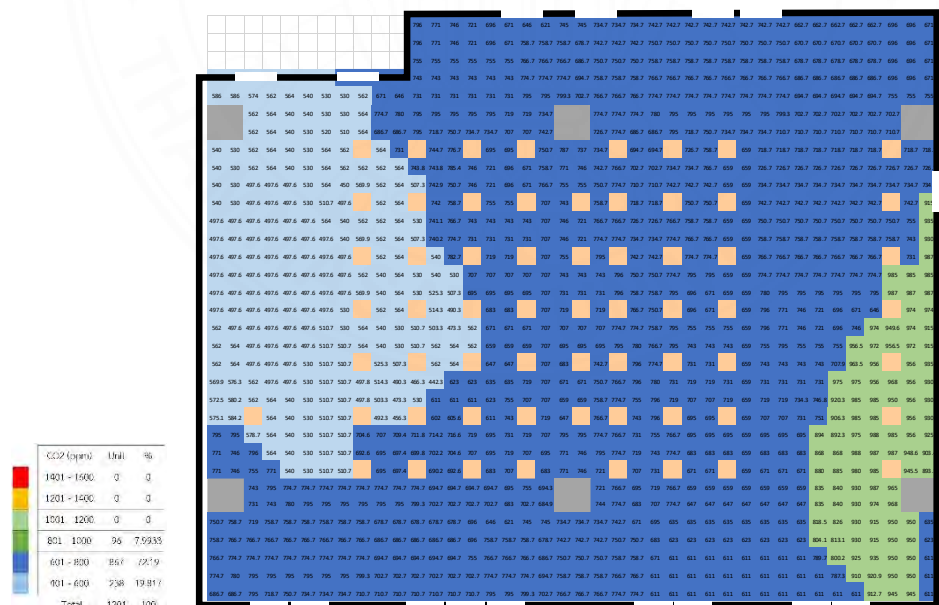
(6) หน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ปริมาณของลมและความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศใต้ของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.43)

(7) หน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณของลมและความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศใต้ของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.44)

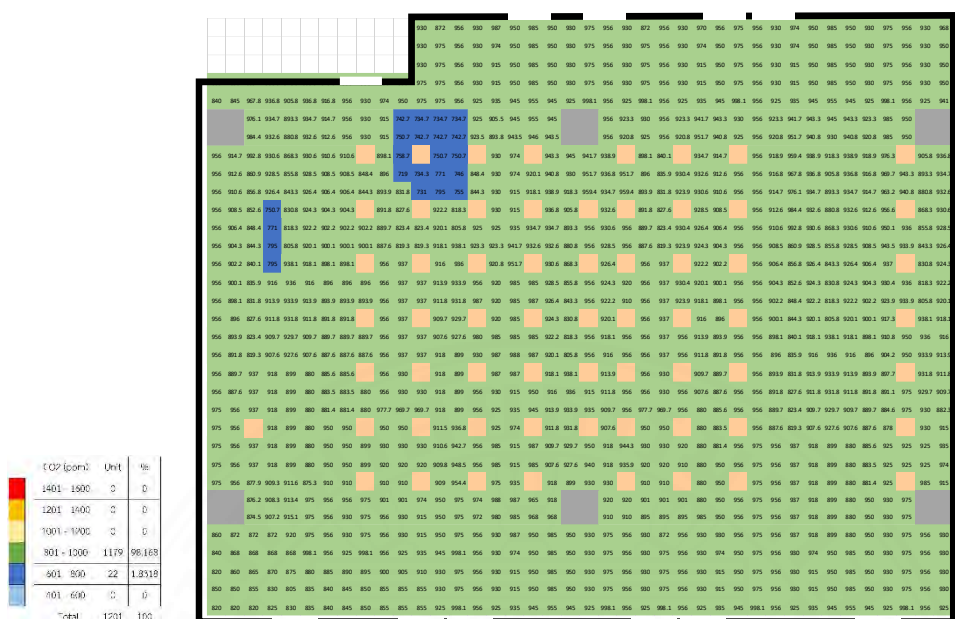
(8) หน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณของลมและความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ทางด้านทิศใต้ของห้อง ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็น ร้อยละ 100 (ดังรูปภาพที่ 5.45)



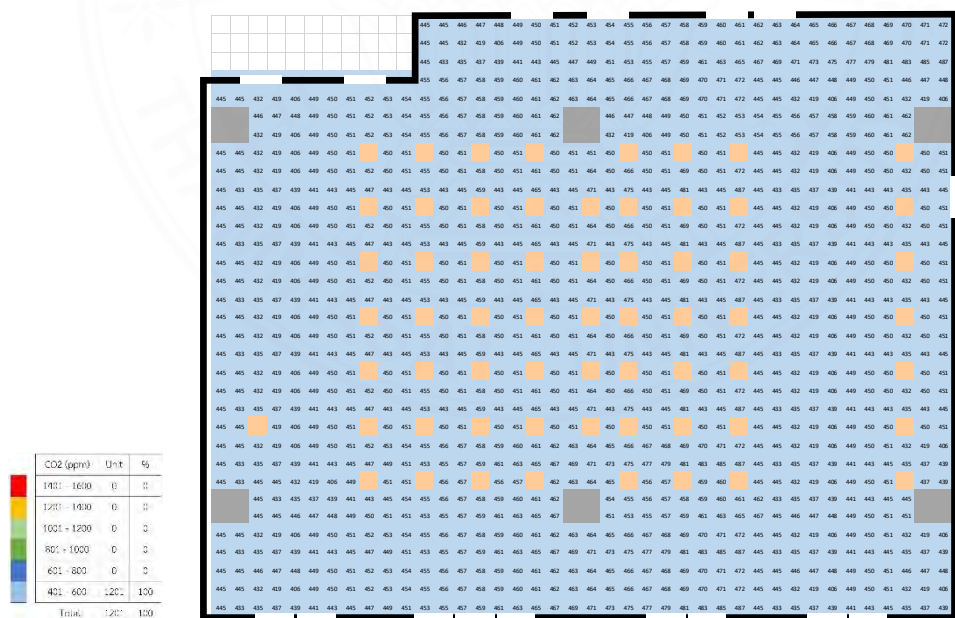
ภาพที่ 5.38 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 948.69 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 1) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง



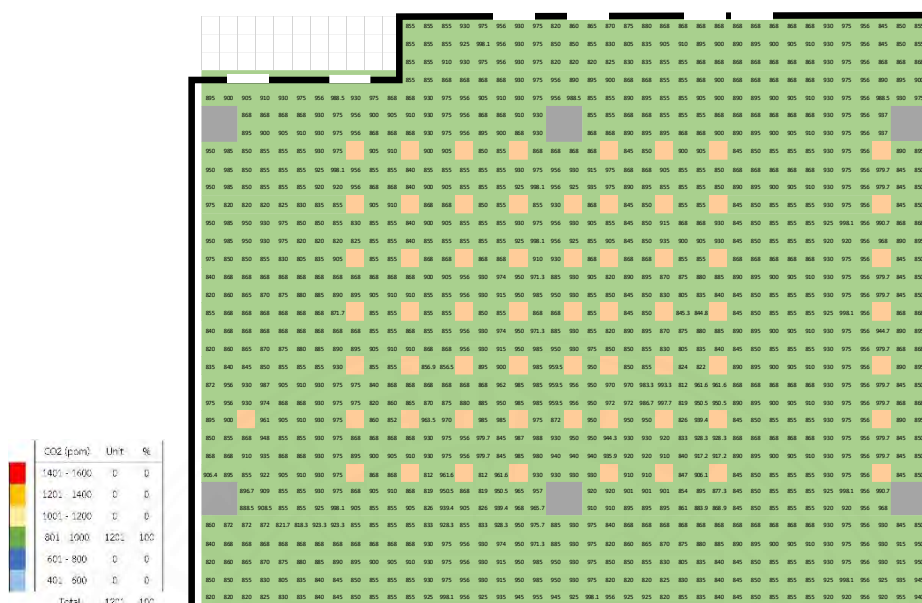
ภาพที่ 5.39 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 726.02 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 2) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง



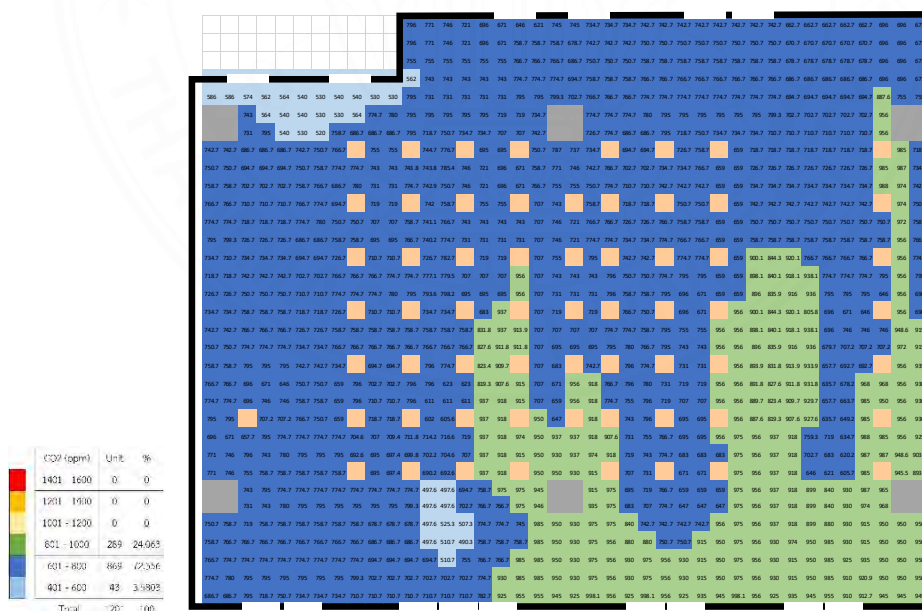
ภาพที่ 5.40 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 923.34 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 3) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง



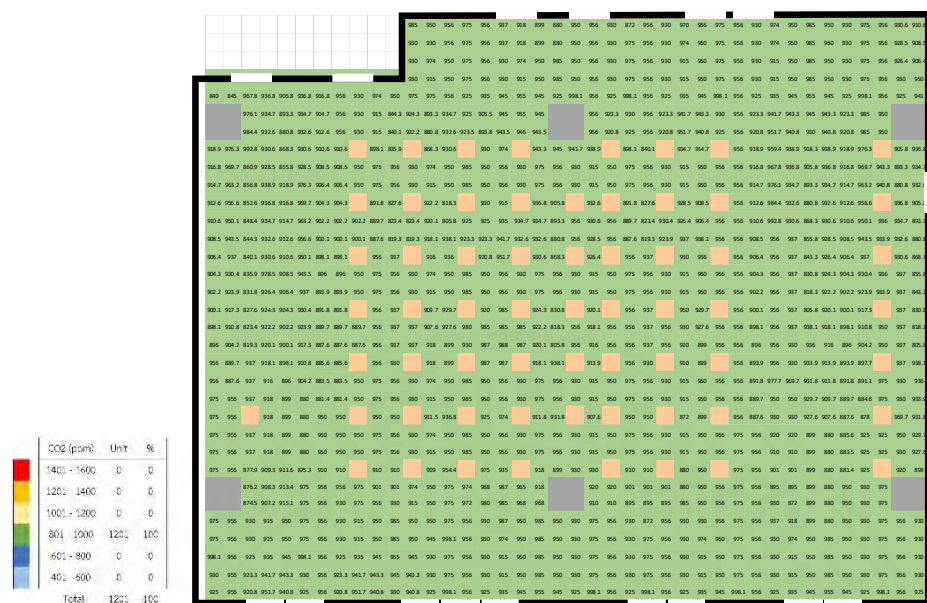
ภาพที่ 5.41 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 441.76 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 4) ทิศทางลมด้านเหนือของห้อง



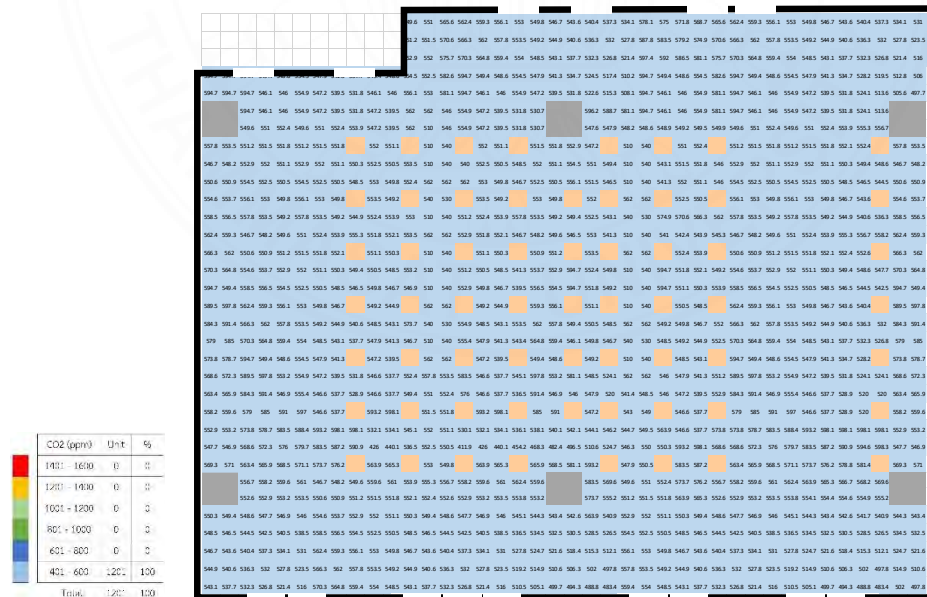
ภาพที่ 5.42 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 990.42 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 5) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง



ภาพที่ 5.43 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 747.76 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 6) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง



ภาพที่ 5.44 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 942.60 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 7) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง



ภาพที่ 5.45 ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 948.69 ppm หลังใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ (สถานการณ์ที่ 8) ทิศทางลมด้านใต้ของห้อง

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพหน้าต่างระบายอากาศทั้งหมด 8 สถานการณ์ วัดอุณหภูมิ การวิจัยหลักการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

- 6.1 ประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องเรียนก่อน และหลังการปรับปรุง
- 6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ
- 6.3 แนวทางการใช้หน้าต่างระบายอากาศ
- 6.4 ข้อเสนอแนะ สำหรับห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. ปี 2562
- 6.5 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

6.1 ประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องเรียนก่อน และหลังการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องเรียนที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ ห้องบรรยาย สด.606 ที่มีจำนวนผู้ใช้งาน 62 คน มีจำนวนหน้าต่างอยู่เดิมที่เป็นช่องเปิด จำนวน 8 บาน ที่ผนัง ด้านทิศเหนือ (ดังรูปภาพที่ 6.1) พบว่า มีอัตราการระบายอากาศน้อยกว่า 0.437 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (925.95 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ทำให้มีความลพิษทางอากาศสูงกว่าเกณฑ์ใน ขณะที่ประสิทธิภาพการระบายอากาศหลัง มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศที่ออกแบบโดยผู้วิจัย จำนวน 9 บาน โดยแบ่งเป็นติดตั้งที่ผนังทิศเหนือของห้อง จำนวน 9 บาน และติดตั้งที่ผนังทิศใต้ของห้อง จำนวน 9 บาน เนื่องจากทางด้านทิศใต้ของห้องเรียนติดกับทางเดิน ทำให้มีข้อจำกัดของการใช้ ช่องเปิดหน้าต่าง จึงเสนอแนะเป็นช่องเปิดหน้าต่างบานเกล็ดในส่วนของการระบายทางธรรมชาติ (ดังรูปภาพที่ 6.2) จึงมีการประยุกต์ติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศที่ได้ออกแบบโดยผู้วิจัยในตำแหน่ง ผนังออกแบบใหม่ เป็นช่องระบายอากาศสำหรับระบายอากาศภายในห้องออกในกรณีรับลมเข้าใน กรณีลมพัดมาจากทิศใต้ของห้องเรียน ผลการวิเคราะห์ พบว่า สามารถระบายอากาศเพื่อลดมลพิษได้ตามเกณฑ์ เมื่อมีการทำงานในสถานการณ์ ดังนี้

6.1.1 ลมพัดจากด้านทิศเหนือ

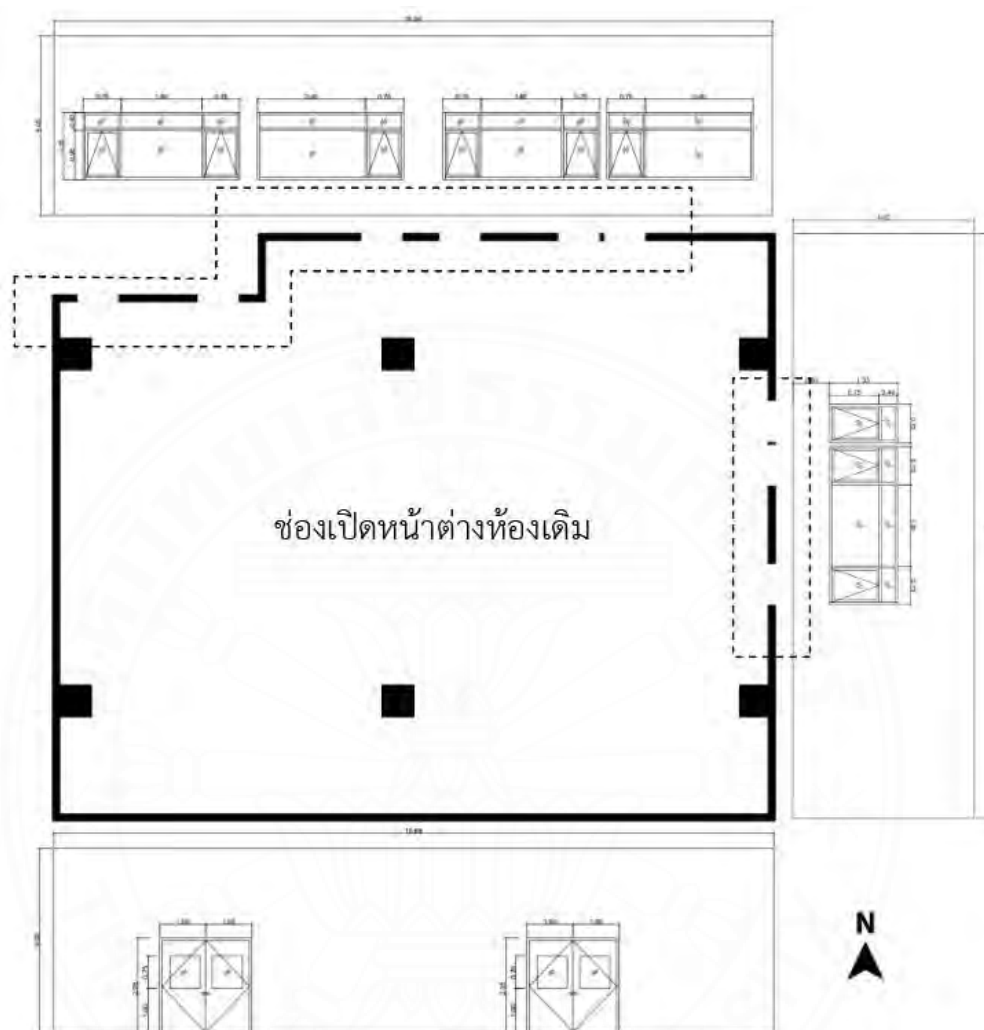
เนื่องจากทางด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพิ่มจำนวนติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศ ออกแบบโดยผู้วิจัย ได้เพียง 6 บาน ทำให้มีข้อจำกัดของผนัง จึงเสนอแนะเพิ่มหน้าต่างระบายอากาศ อีก 3 บาน ทางด้านผนังทิศตะวันออกของห้องเรียน เพื่อรับลมทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่เหมาะสม ได้แก่ 1. สถานการณ์ที่1 การระบายอากาศทางกล โหมดต่ำ ความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 2. สถานการณ์ที่2 การระบายอากาศทางกลโหมดสูง ความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 3. สถานการณ์ที่3 การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที 4. สถานการณ์ที่4 การระบายอากาศทางธรรมชาติ ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

สรุปได้ว่า สถานการณ์ที่ 4 การระบายอากาศทางธรรมชาติ จะทำให้เกิดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด

6.1.2 ลมพัดจากด้านทิศใต้

เนื่องจากทางด้านทิศใต้ของห้องเรียนติดกับทางเดิน ทำให้มีข้อจำกัดของการใช้ช่องเปิดหน้าต่าง จึงเสนอแนะเป็นช่องเปิดหน้าต่างบานเกล็ดในส่วนของการระบายทางธรรมชาติ ได้แก่ 1. สถานการณ์ที่5 การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 2. สถานการณ์ที่6 การระบายอากาศทางกลโหมดสูง ความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 3. สถานการณ์ที่ 7 การระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที 4. สถานการณ์ที่ 8 การระบายอากาศทางธรรมชาติ ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

สรุปได้ว่า สถานการณ์ที่ 8 การระบายอากาศทางธรรมชาติ จะทำให้เกิดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด



ภาพที่ 6.1 หน้าต่างระบายอากาศภายในห้องเรียนในปัจจุบัน

6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

6.2.1 ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน

มีผลต่อการทำงานหน้าต่าง ถ้ามีฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน มีค่าน้อยกว่า 50 มคก./ลบ.ม. จะทำให้ประสิทธิภาพการกรองได้ถึง คิดเป็น ร้อยละ 66.62 แต่ถ้าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน มากกว่า 50 มคก./ลบ.ม. จะทำให้ประสิทธิภาพการกรองลดลงถึง ร้อยละ 35.73 ทำให้การกรองฝุ่นได้น้อยลง

6.2.2 ขอบเขตความสบาย

มีผลต่อการทำงานหน้าต่าง ถ้าอุณหภูมิมากกว่า 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิมากกว่า 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน จะควบคุมการระบายอากาศอากาศโดยกำหนดความเร็วลมให้น้ำอากาศภายนอก เข้ามาระบายอากาศไม่เกิน 1.2 เมตรต่อวินาที เพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียน

6.2.3 ทิศทางลม

มีผลต่อการทำงานหน้าต่าง ถ้าทิศทางลมมาด้านเหนือของห้องเรียน จะใช้หน้าต่างระบายอากาศที่ถูกติดตั้งฝั่งทางด้านเหนือ เพื่อดูดอากาศเข้ามาระบายภายในห้อง แต่ถ้าทิศทางลมมาทางด้านใต้ของห้องเรียน จะใช้หน้าต่างระบายอากาศที่ถูกติดตั้งฝั่งทางด้านใต้ เพื่อดูดอากาศเข้ามาระบายภายในห้อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่เหมาะสม

6.3 แนวทางการใช้หน้าต่างระบายอากาศ

จำนวนชั่วโมงการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศภายในห้องเรียน จากปัจจัยจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน อุณหภูมิ และทิศทางลม ในประเทศไทยที่เก็บข้อมูลจากกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียงกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2562 (ดังภาคผนวก ก. ภาคผนวก ข. ภาคผนวก ค. และภาคผนวก ง.) โดยอุณหภูมิจะศึกษาขอบเขตความสบายคำนวณด้วยสมการของ Szokolay ประกอบกับความสัมพันธ์ด้านความชื้นสัมพัทธ์จากงานวิจัยของ Khedari นักวิจัยได้ทำการนับชั่วโมงที่เข้าสู่ขอบเขตความสบายแบบไม่อาศัยความเร็วลมพบว่ามีจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบาย 778 ชั่วโมง หรือร้อยละ 19.35 เมื่อประกอบกับผลศึกษาการหน้าต่างระบายอากาศ ซึ่งผู้วิจัยได้นำสถานการณ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทั้ง 8 สถานการณ์ เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนชั่วโมงที่เกิดขอบเขตความสบาย ร่วมกับวิเคราะห์ปัจจัยด้านฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน และทิศทางลม ดังตารางที่ 6.1 ตัวอย่างสถานการณ์การใช้งานรายชั่วโมง เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ดังตารางที่ 6.2 ข้อเสนอแนะการใช้งานอย่างน้อยให้เหมาะสมต่อการสำหรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบใช้งานได้จริง ดังตารางที่ 6.3

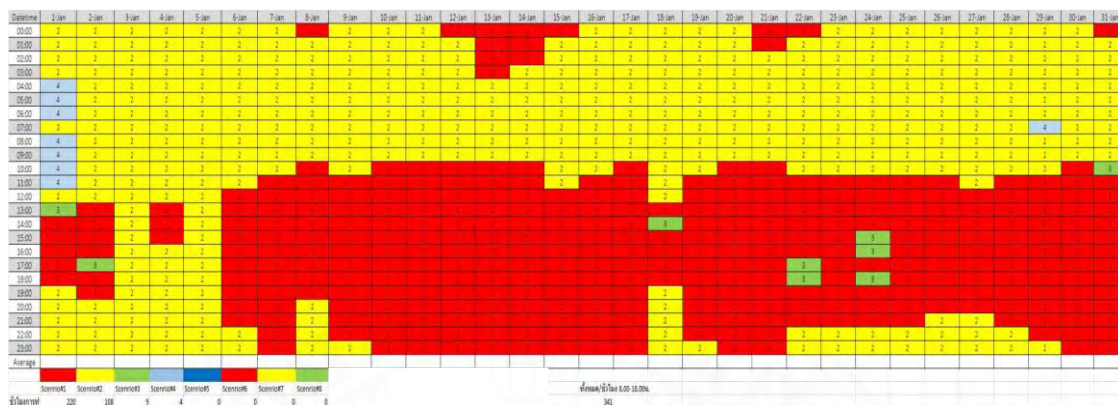
ตารางที่ 6.1

สถานการณ์ชั่วโมงการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศในแต่ละเดือน (เวลาทำการ 08.00 – 18.00น. รวมทั้งหมด 11 ชั่วโมงต่อวัน)

	สถาน- การณ์ 1	สถาน- การณ์ 2	สถาน- การณ์ 3	สถาน- การณ์ 4	สถาน- การณ์ 5	สถาน- การณ์ 6	สถาน- การณ์ 7	สถาน- การณ์ 8	รวมชั่วโมงการใ้ งาน
มกราคม	220	108	9	220	2	0	0	0	341
กุมภาพันธ์	0	0	0	0	258	35	15	0	308
มีนาคม	0	0	0	0	306	27	8	0	341
เมษายน	0	0	0	0	266	10	54	0	330
พฤษภาคม	0	0	0	0	262	22	52	5	341
มิถุนายน	0	0	0	0	171	20	125	14	330
กรกฎาคม	0	0	0	0	198	42	81	20	341
สิงหาคม	0	0	0	0	188	36	102	15	341
กันยายน	0	0	0	0	198	42	24	20	330
ตุลาคม	0	0	0	0	147	38	115	41	341
พฤศจิกายน	135	67	81	47	0	0	0	0	330
ธันวาคม	137	108	37	59	0	0	0	0	341

ตารางที่ 6.2

ตัวอย่างสถานการณ์การใช้งานรายชั่วโมง เดือนมกราคม พ.ศ.2562



มกราคม

ตารางที่ 6.3

ข้อเสนอแนะการใช้งานอย่างน้อยให้เหมาะสมต่อการสำหรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบใช้งานได้จริง



กุมภาพันธ์

(1) สถานการณ์ที่ 1 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิมากกว่า 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิมากกว่า 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (909.99 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 9 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน และติดตั้งที่ผนังด้านทิศใต้ของห้องเรียน เพื่อดูดอากาศออกจำนวน 9 บาน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.3

(2) สถานการณ์ที่ 2 (ปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ปริมาณความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.927 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1981.98 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานเพื่อด้านทิศเหนือของห้องเรียน ดูดอากาศเข้าห้องจำนวน 9 บาน และดูดอากาศออกจำนวน 9 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังภาพที่ 6.4

(3) สถานการณ์ที่ 3 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิมากกว่า 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิมากกว่า 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.96 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 6 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน และดูดอากาศออก จำนวน 6 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.5

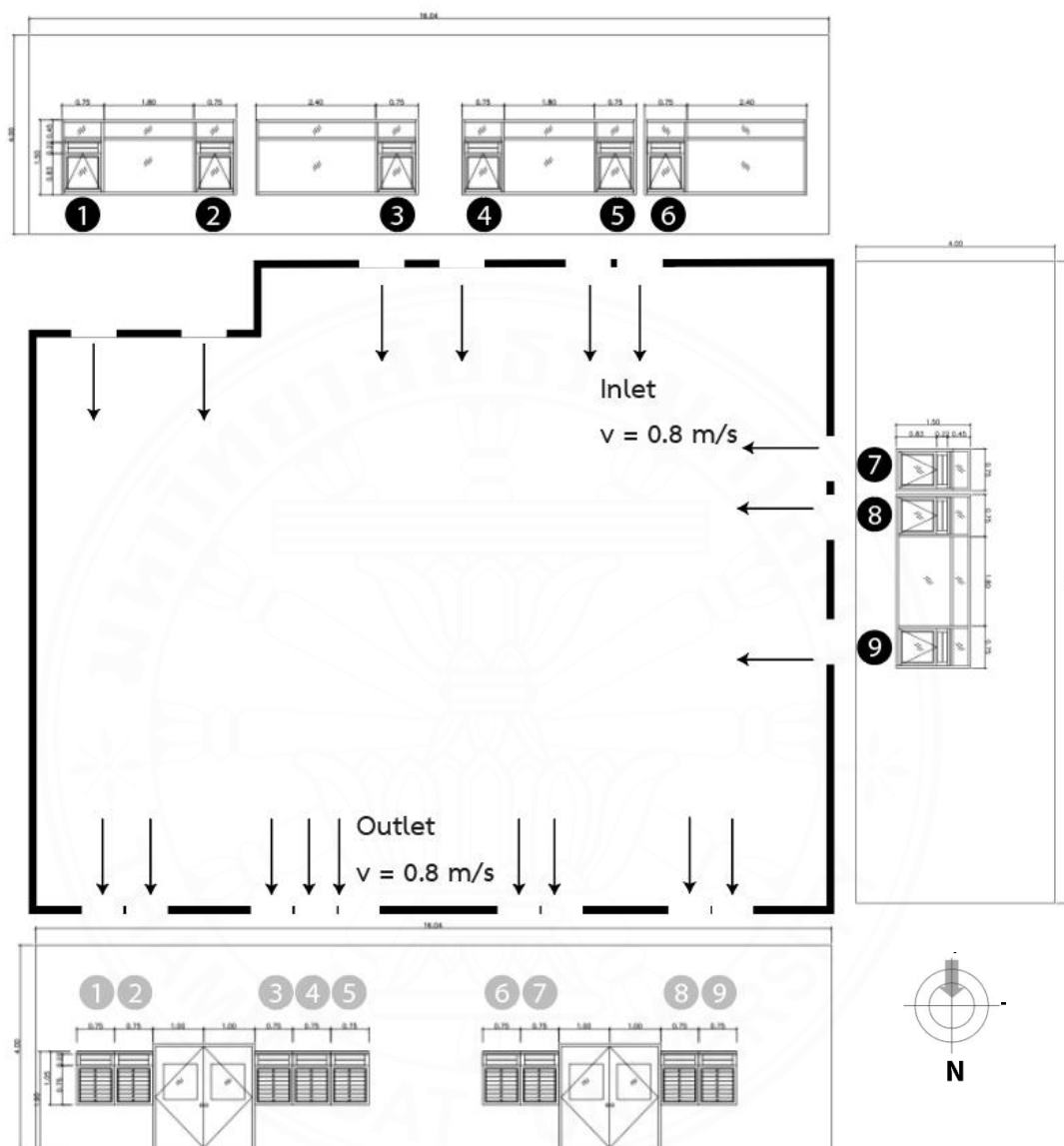
(4) สถานการณ์ที่ 4 (ปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมिन้อยกว่าหรือเท่ากับ 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา 4.086 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (8672.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานทุกบานด้านทิศเหนือห้องเรียน และด้านทิศใต้ของห้องเรียน จำนวน 9 บาน เนื่องจากไม่ต้องควบคุมการระบายอากาศ ดังภาพที่ 6.6

(5) สถานการณ์ที่ 5 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิมากกว่า 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิมากกว่า 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.99 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งาน จำนวน 9 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียนและ จำนวน 9 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.7

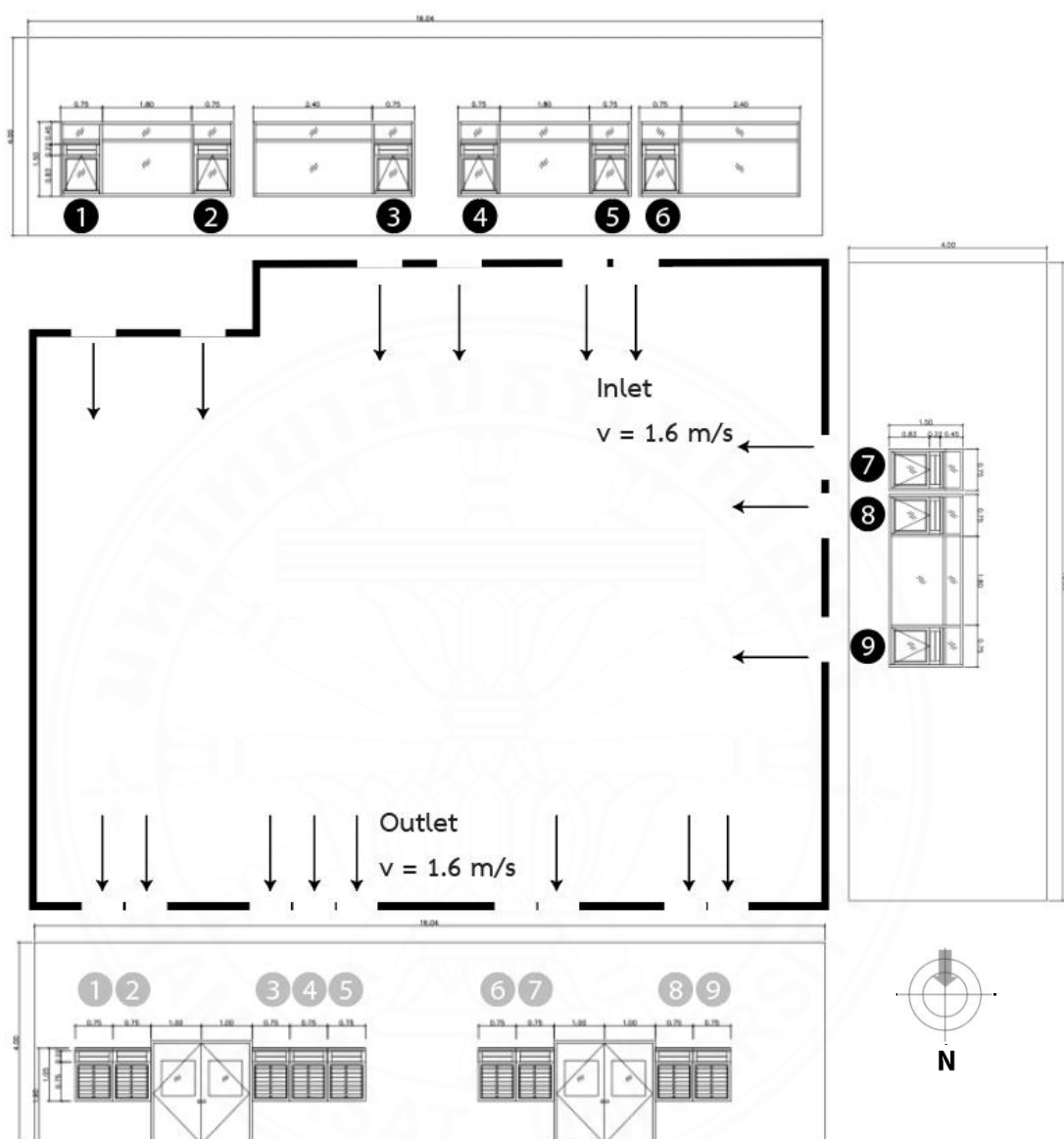
(6) สถานการณ์ที่ 6 คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ปริมาณความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.927 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1981.98 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานเพื่อด้านทิศใต้ของห้องเรียน ดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 9 บาน และดูดอากาศออกจำนวน 9 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังภาพที่ 6.8

(7) สถานการณ์ที่ 7 คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิมากกว่า 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิมากกว่า 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.467 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (990.96 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานดูดอากาศเข้าห้องจำนวน 6 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียน และดูดอากาศออก จำนวน 6 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.9

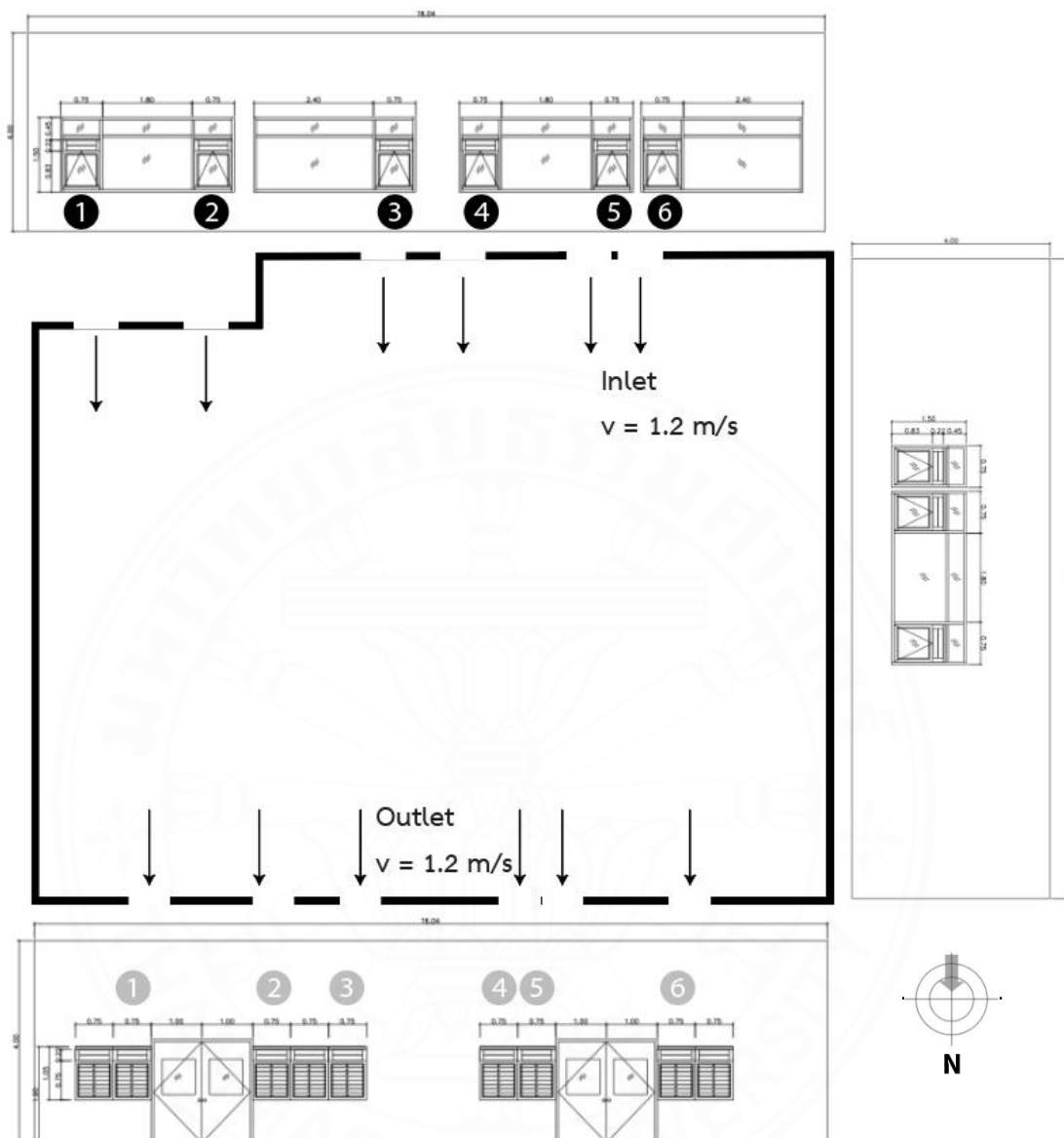
(8) สถานการณ์ที่ 8 คือ มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28.67 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาว และอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30.05 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิมากกว่า 29.25 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา 4.086 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (8672.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานทุกบานด้านทิศใต้ห้องเรียน และด้านทิศเหนือของห้องเรียน จำนวน 9 บาน เนื่องจากไม่ต้องควบคุมการระบายอากาศ ดังภาพที่ 6.10



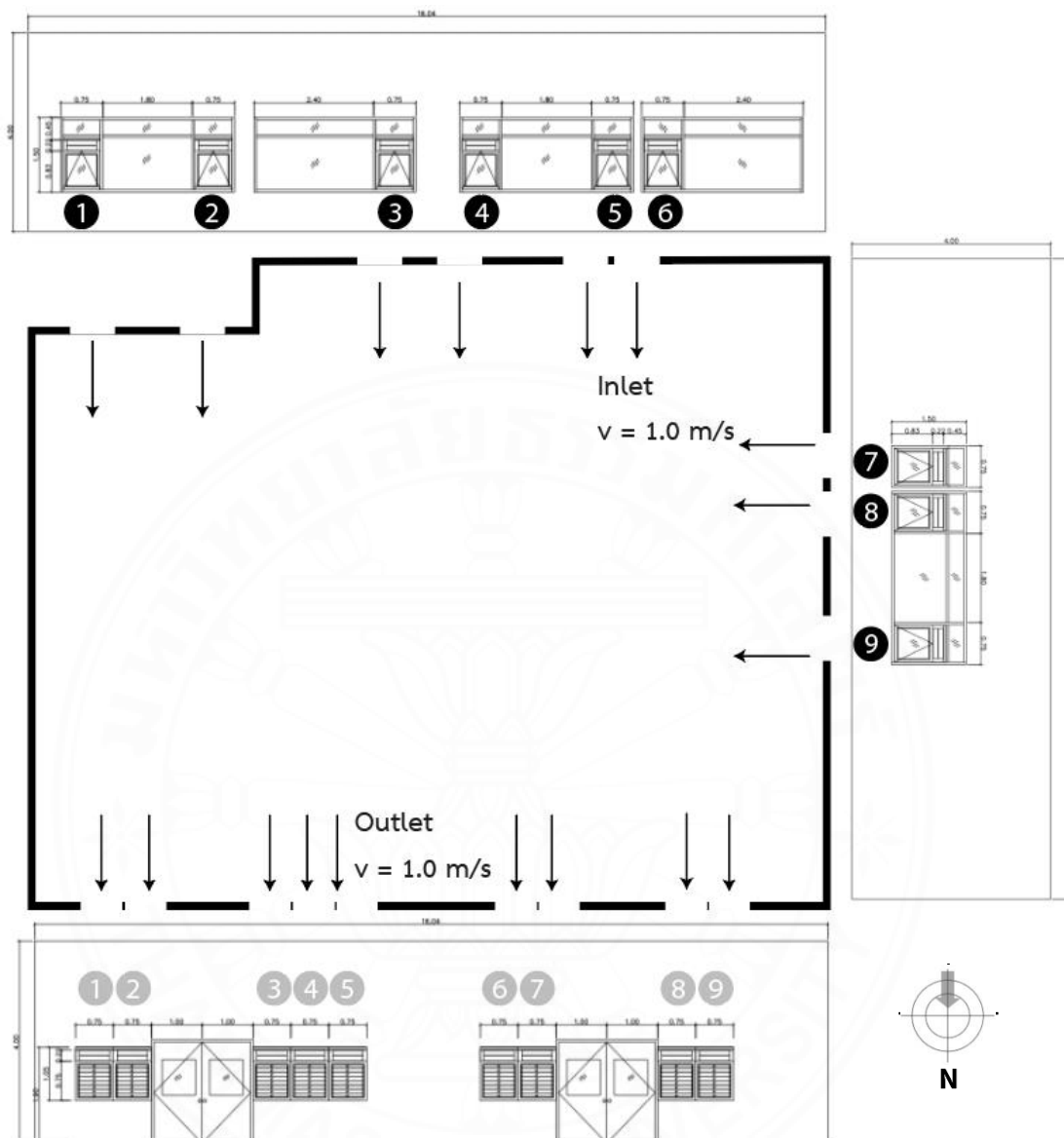
ภาพที่ 6.3 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 1



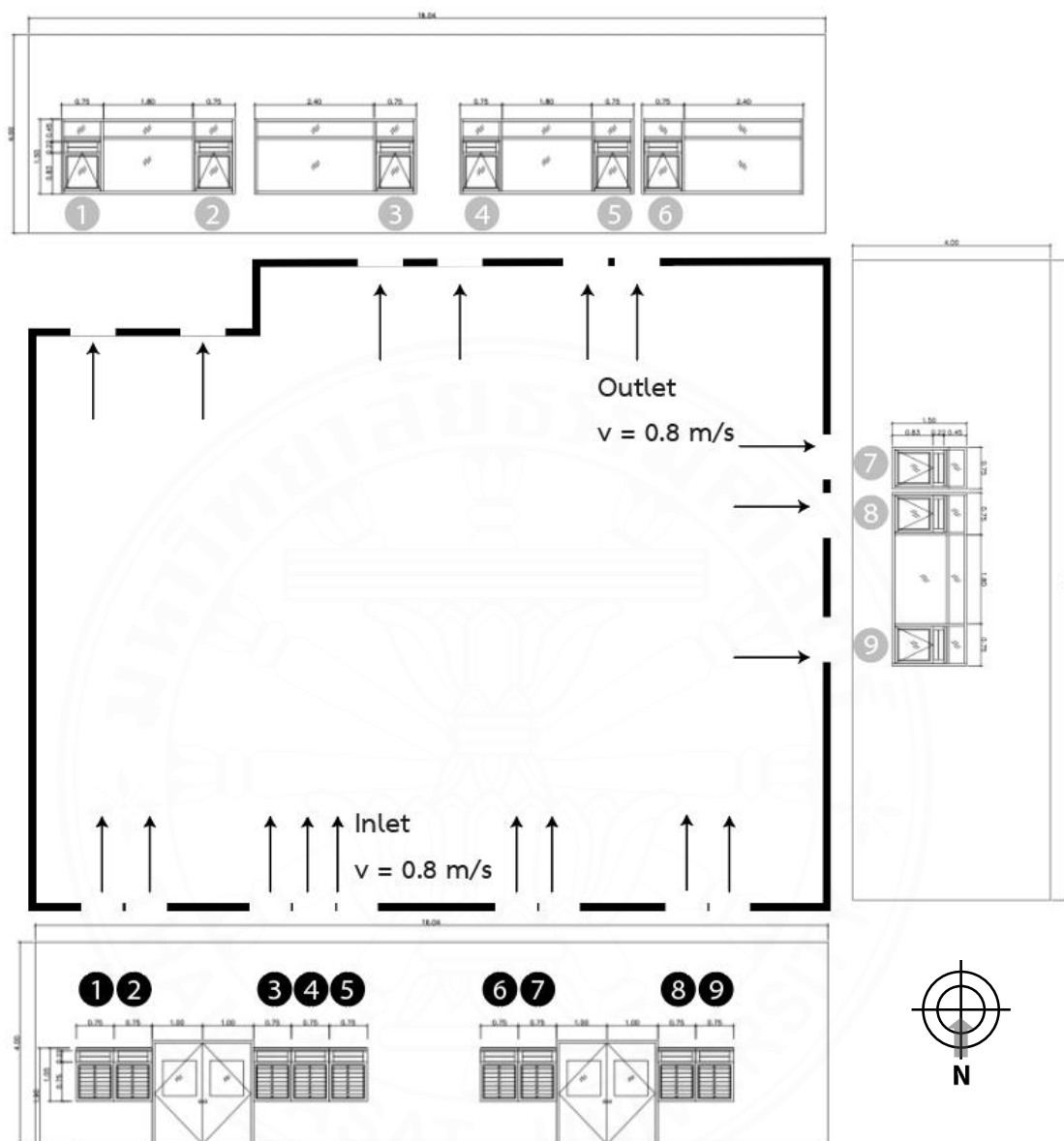
ภาพที่ 6.4 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 2



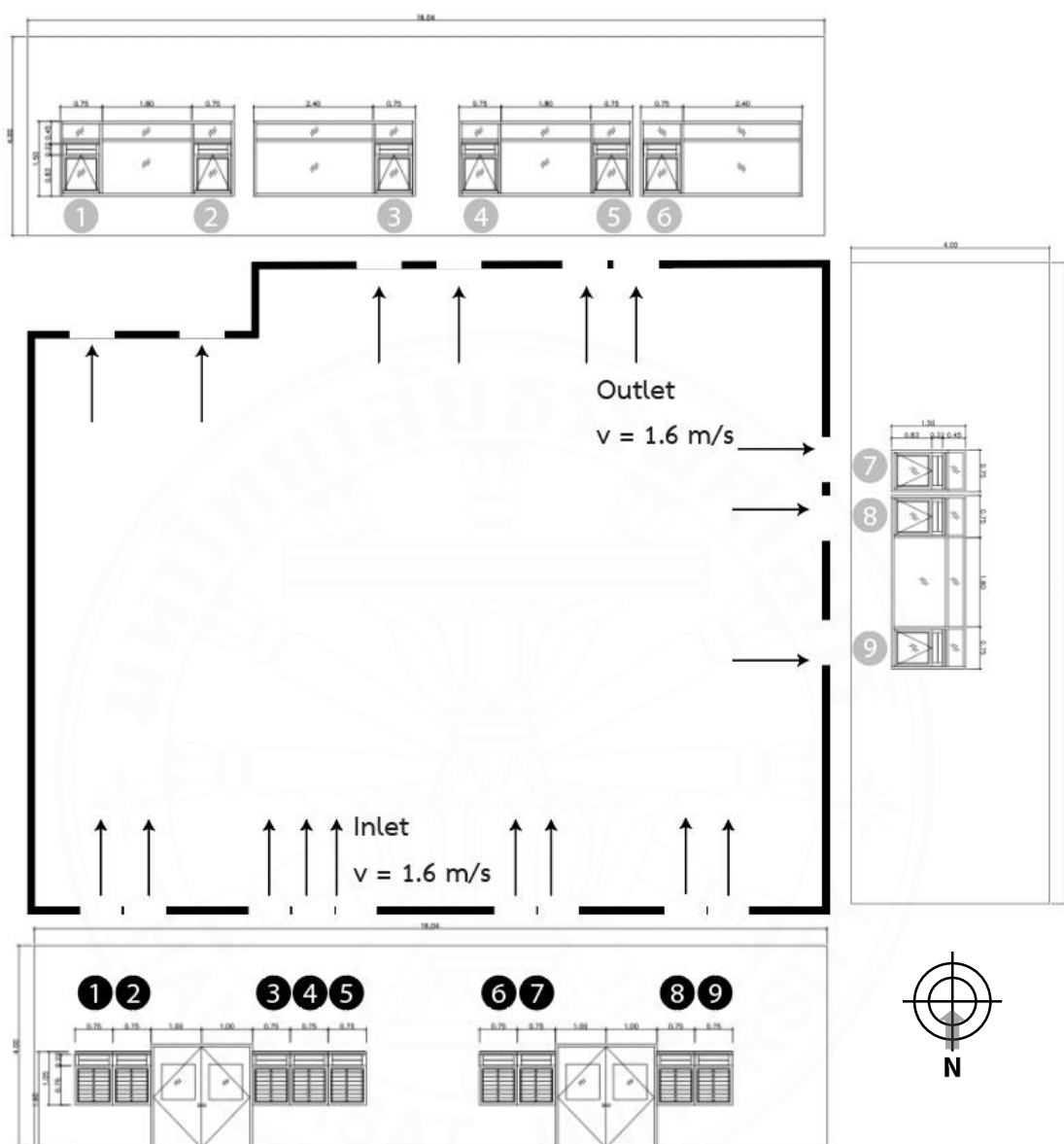
ภาพที่ 6.5 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 3



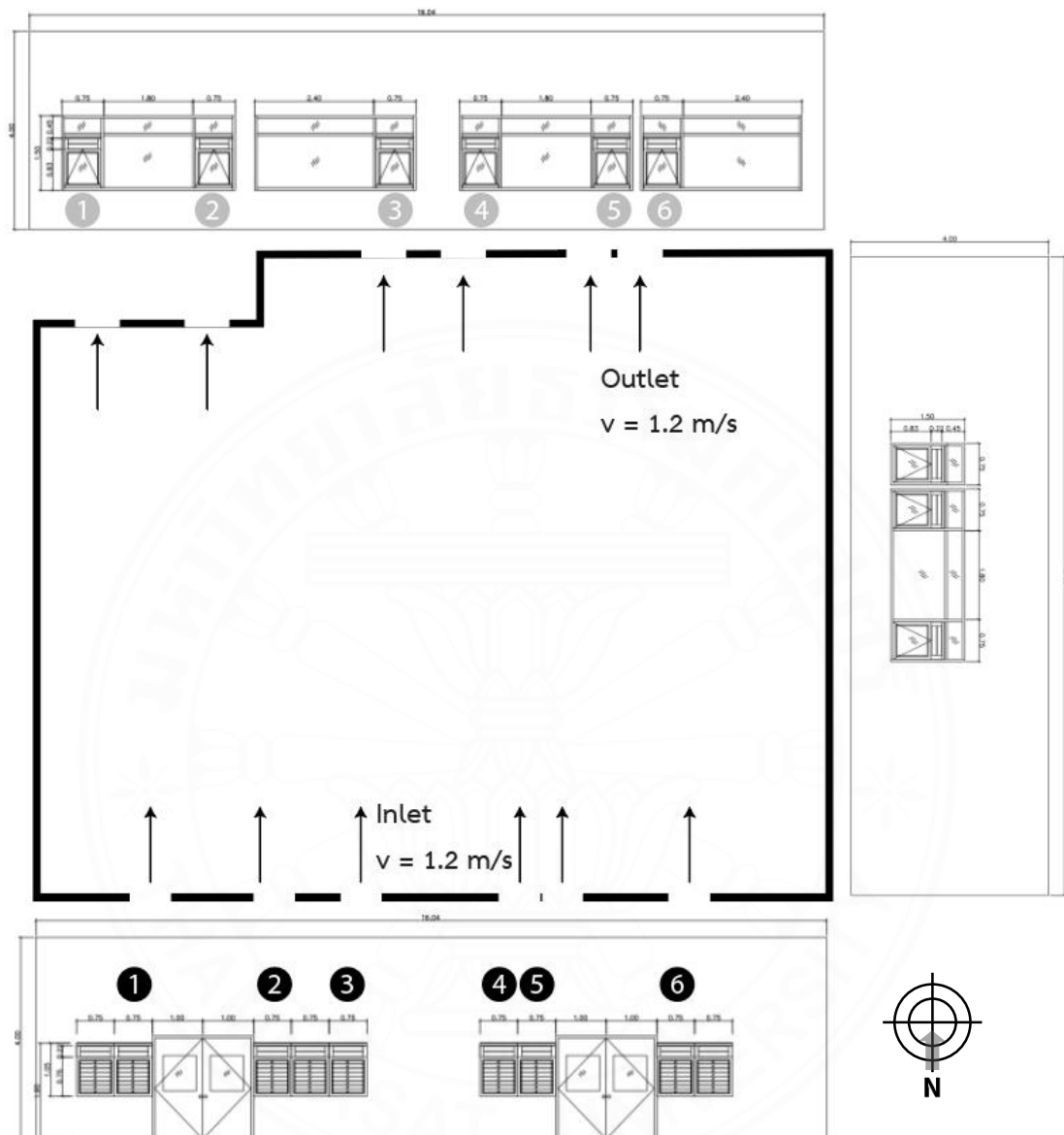
ภาพที่ 6.6 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 4



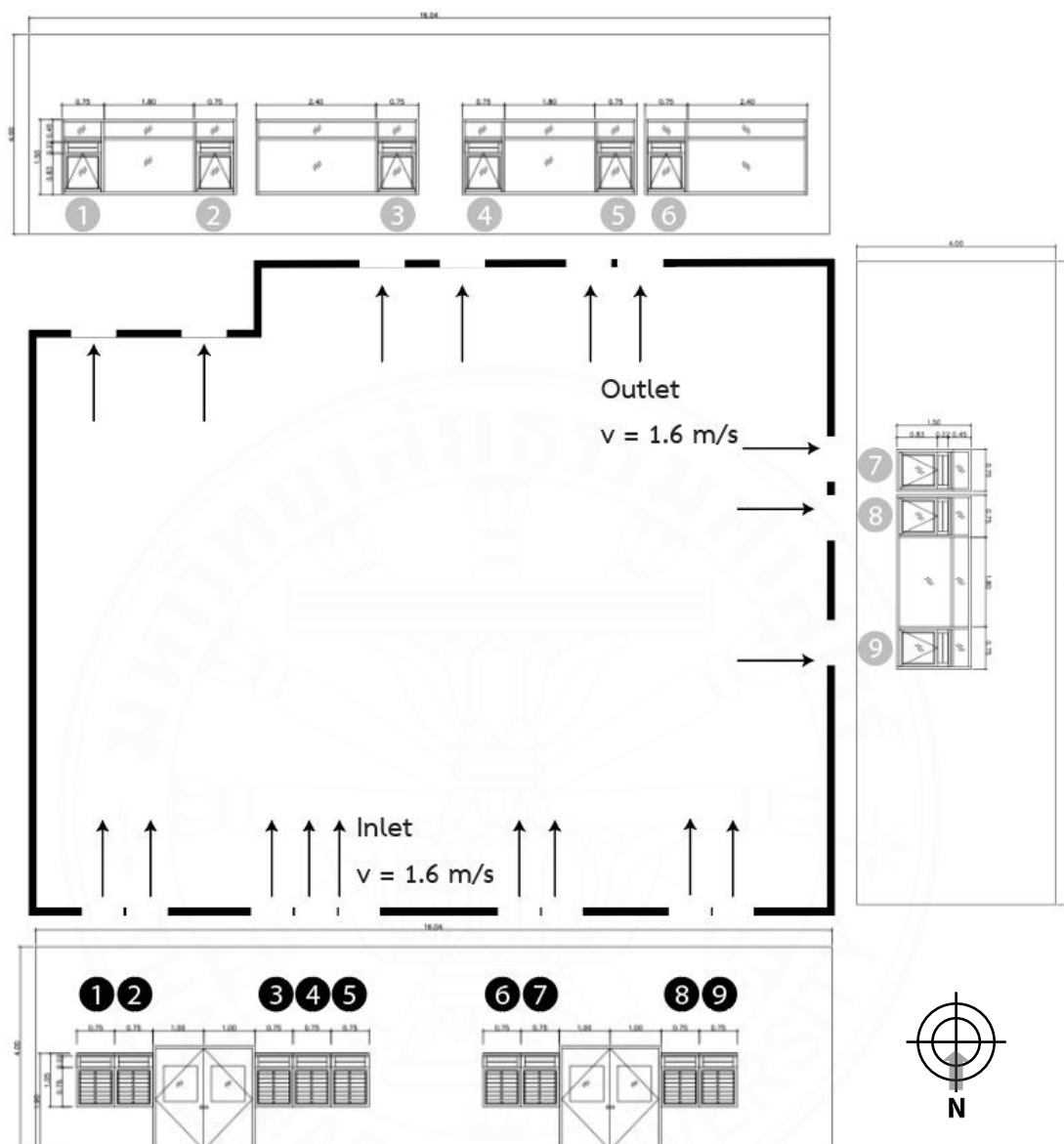
ภาพที่ 6.7 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 5



ภาพที่ 6.8 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 6



ภาพที่ 6.9 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 7



ภาพที่ 6.10 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 8

6.4 ข้อเสนอแนะ สำหรับห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. ปี 2562

จากการศึกษาแบบห้องเรียนมาตรฐาน สพฐ. ปี 2562 อาคารเรียนขนาดใหญ่ ขนาดพื้นที่ห้องเรียน 7.00×8.00 เมตร ดังภาพที่ 6.11 มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศแยกส่วน จำนวนผู้ใช้งาน 40 คน ต่อห้อง ซึ่งได้มีการเสนอแนวทางการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศออกแบบโดยผู้วิจัยเข้าไปช่วยลดปริมาณมลพิษทางอากาศภายในห้องเรียนได้ ได้แก่ ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก และ ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจากการคำนวณดังสมการที่ 2.1 (ASHRAE 62.1, 2019) กำหนดให้ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน 1000 ppm ต้องมีอัตราการนำอากาศภายนอกเข้ามาในห้อง เท่ากับ 0.28 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (597.73 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) เพื่อให้ได้มีประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้องเรียนที่เพียงพอ ซึ่งต้องมีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศ จำนวน 6 บาน ดูดอากาศเข้ามาภายในห้อง และจำนวน 6 บาน ดูดอากาศออกจากห้อง ดังภาพที่ 6.12 จึงจะครอบคลุมสถานการณ์การใช้งาน 8 สถานการณ์ทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งการใช้งานตามสถานการณ์ต่างๆ ได้แก่ 1. การระบายอากาศทางกล (สถานการณ์ที่ 1) โหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 2. การระบายอากาศทางกล (สถานการณ์ที่ 2) โหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 3. การระบายอากาศทางกล (สถานการณ์ที่ 3) โหมดต่ำ 4. การระบายอากาศทางธรรมชาติ (สถานการณ์ที่ 4) 5. การระบายอากาศทางกล (สถานการณ์ที่ 5) โหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 6. การระบายอากาศทางกล (สถานการณ์ที่ 6) โหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ 7. การระบายอากาศทางกล (สถานการณ์ที่ 7) โหมดต่ำ 8. การระบายอากาศทางธรรมชาติ (สถานการณ์ที่ 8)



ภาพที่ 6.11 ห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. ขนาด 7.00 x 8.00 เมตร



ภาพที่ 6.12 ห้องเรียนแบบมาตรฐาน สพฐ. หลังติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศออกแบบโดยผู้วิจัย

(1) สถานการณ์ที่ 1 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.306 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (660.60 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 6 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน และติดตั้งที่ผนังด้านทิศใต้ของห้องเรียน เพื่อดูดอากาศออกจำนวน 6 บาน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.13

(2) สถานการณ์ที่ 2 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ปริมาณความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.618 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1321.32 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานเพื่อด้านทิศเหนือของห้องเรียน ดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 6 บาน และดูดอากาศออกจำนวน 6 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังภาพที่ 6.14

(3) สถานการณ์ที่ 3 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.308 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (660.64 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 4 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน และดูดอากาศออก จำนวน 4 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.15

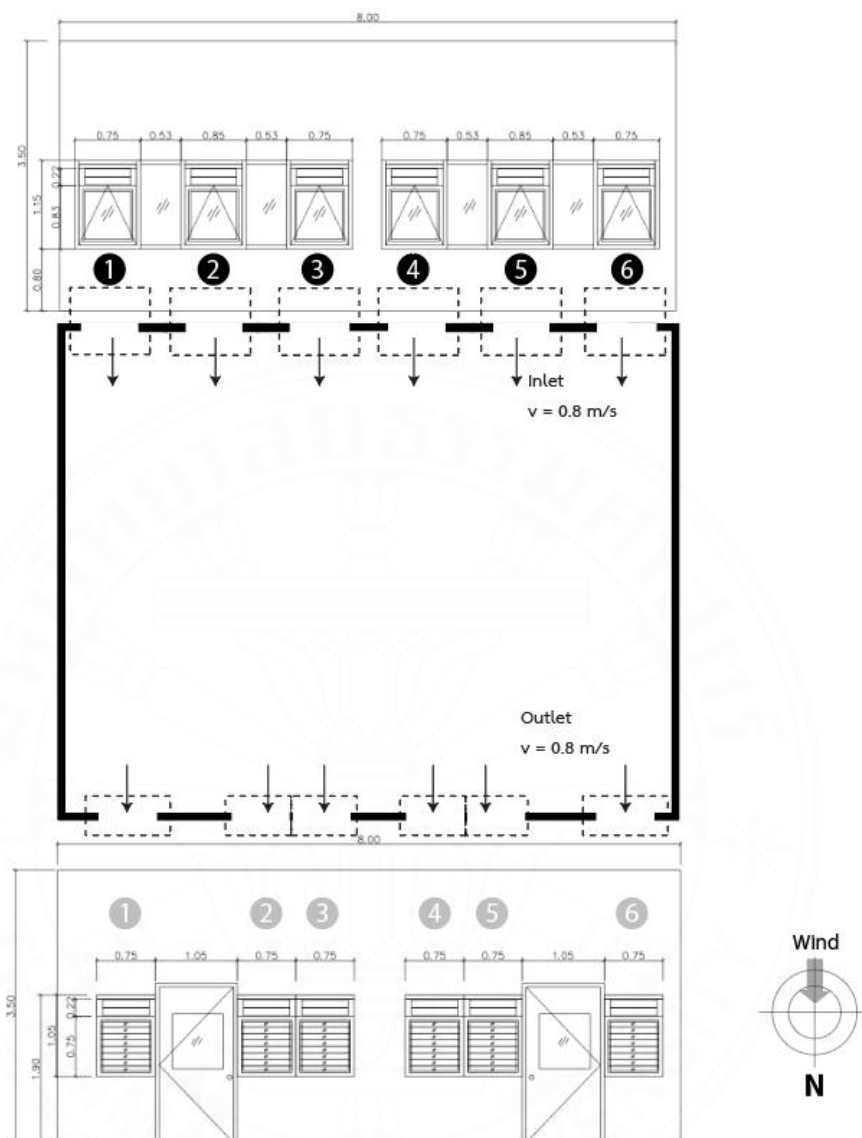
(4) สถานการณ์ที่ 4 (ปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศเหนือ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา 2.724 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (5781.48 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานทุกบานด้านทิศเหนือห้องเรียน และด้านทิศใต้ของห้องเรียน จำนวน 6 บาน เนื่องจากไม่ต้องควบคุมการระบายอากาศ ดังภาพที่ 6.16

(5) สถานการณ์ที่ 5 (เปิดเครื่องปรับอากาศ) คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกล โหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที หรือ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา 0.306 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (660.60 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งาน จำนวน 6 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียนและ จำนวน 6 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.17

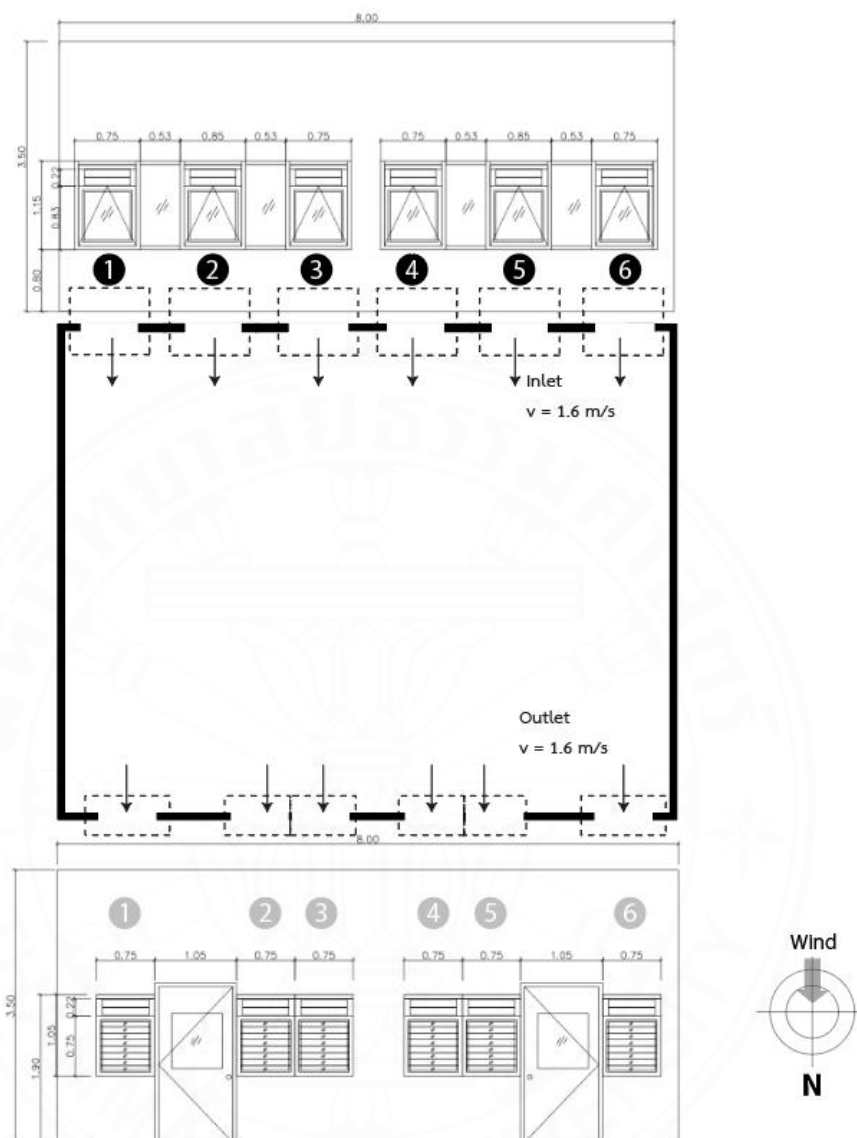
(6) สถานการณ์ที่ 6 คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งานหน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างการระบายอากาศทางกล โหมดสูง ปริมาณความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที หรือ 0.103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.618 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1321.32 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานเพื่อด้านทิศใต้ของห้องเรียน ดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 6 บาน และดูดอากาศออกจำนวน 6 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังภาพที่ 6.18

(7) สถานการณ์ที่ 7 คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งาน หน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ปริมาณความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที หรือ 0.077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามามีค่าเท่ากับ 0.308 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (660.64 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้ติดตั้งที่ผนังเสนอให้มีการติดตั้ง หน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานดูดอากาศเข้าห้อง จำนวน 4 บาน ด้านทิศใต้ของห้องเรียน และดูดอากาศออก จำนวน 4 บาน ด้านทิศเหนือของห้องเรียน เพื่อให้เพียงพอต่อการระบายอากาศ ภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6.19

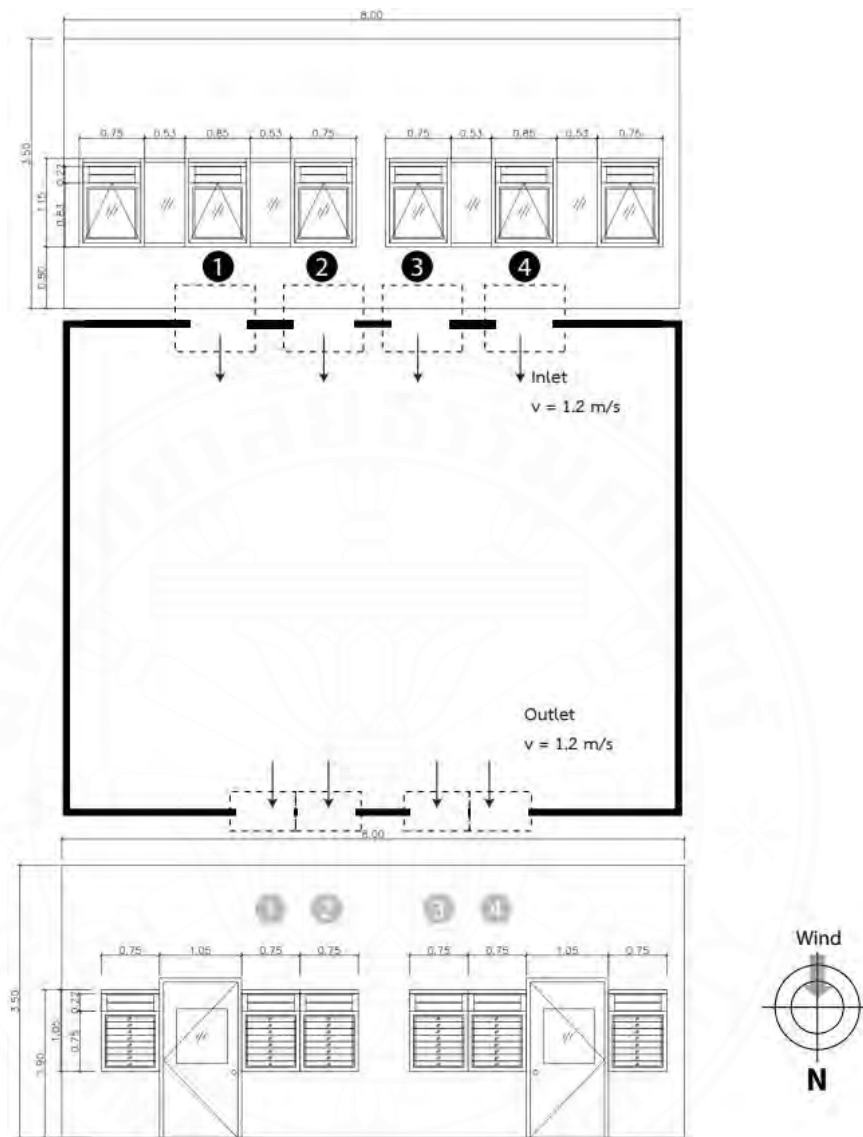
(8) สถานการณ์ที่ 8 คือ ทิศทางลมพัดมาจากด้านทิศใต้ ประสิทธิภาพการใช้งาน หน้าต่างระบายอากาศต่อ 1 บาน การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที หรือ 0.454 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศของห้องเรียน พบว่า อากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา 2.724 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (5781.48 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในที่นี้จะเสนอให้มีการติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศและเปิดใช้งานทุกบานด้านทิศใต้ห้องเรียน และด้านทิศเหนือของห้องเรียน จำนวน 6 บาน เนื่องจากไม่ต้องควบคุมการระบายอากาศ ดังภาพที่ 6.20



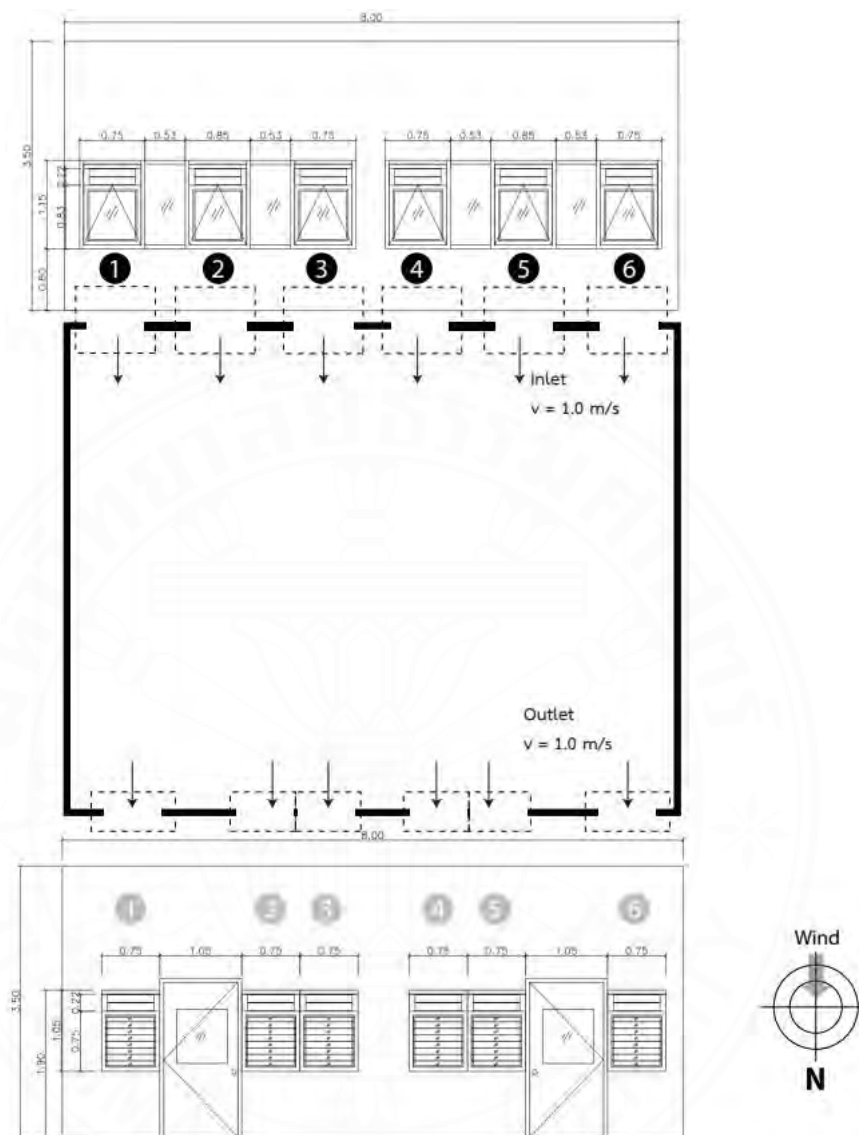
ภาพที่ 6.13 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 1 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ



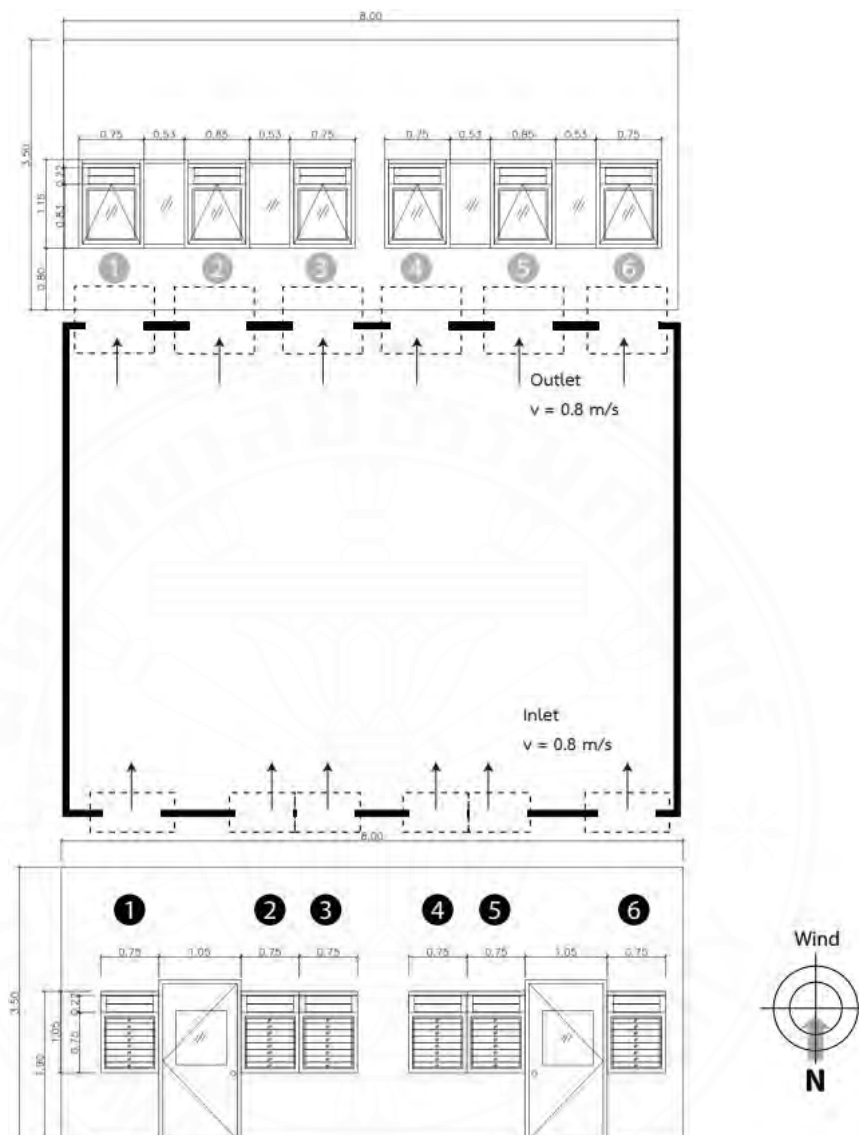
ภาพที่ 6.14 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 2 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.



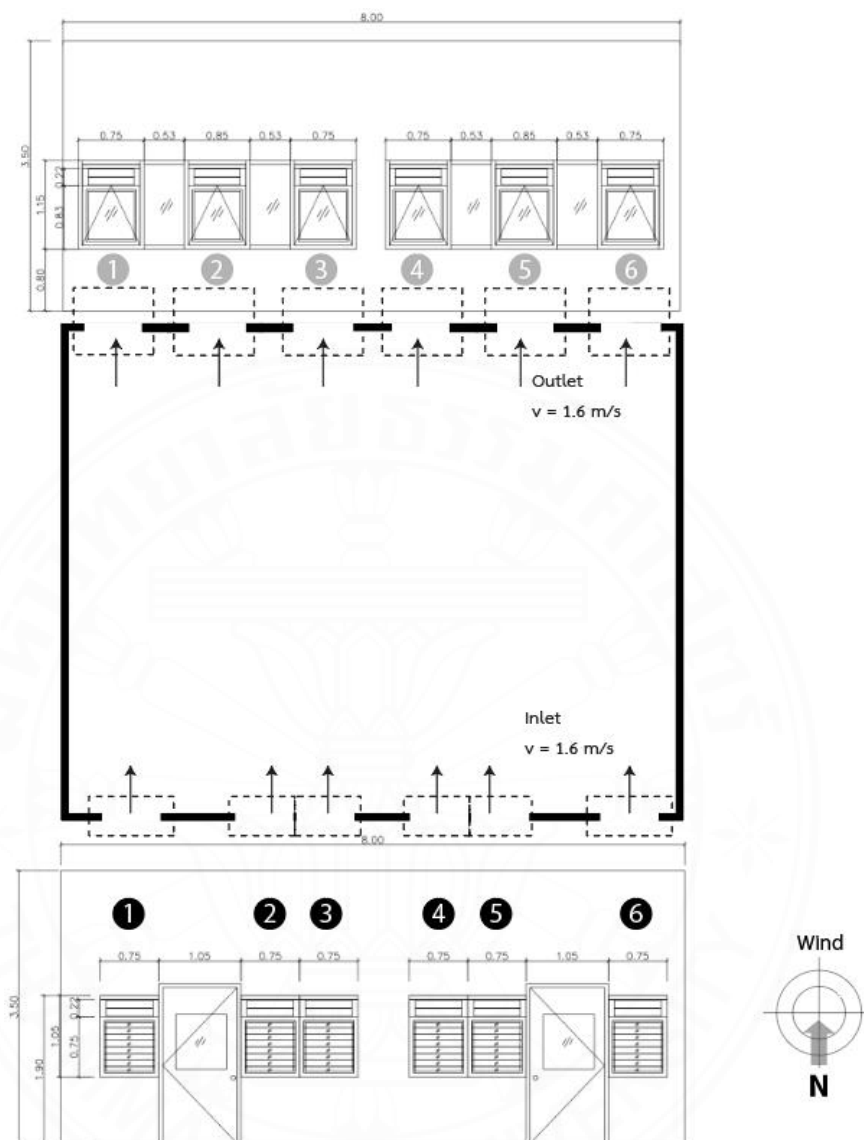
ภาพที่ 6.15 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 3 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.



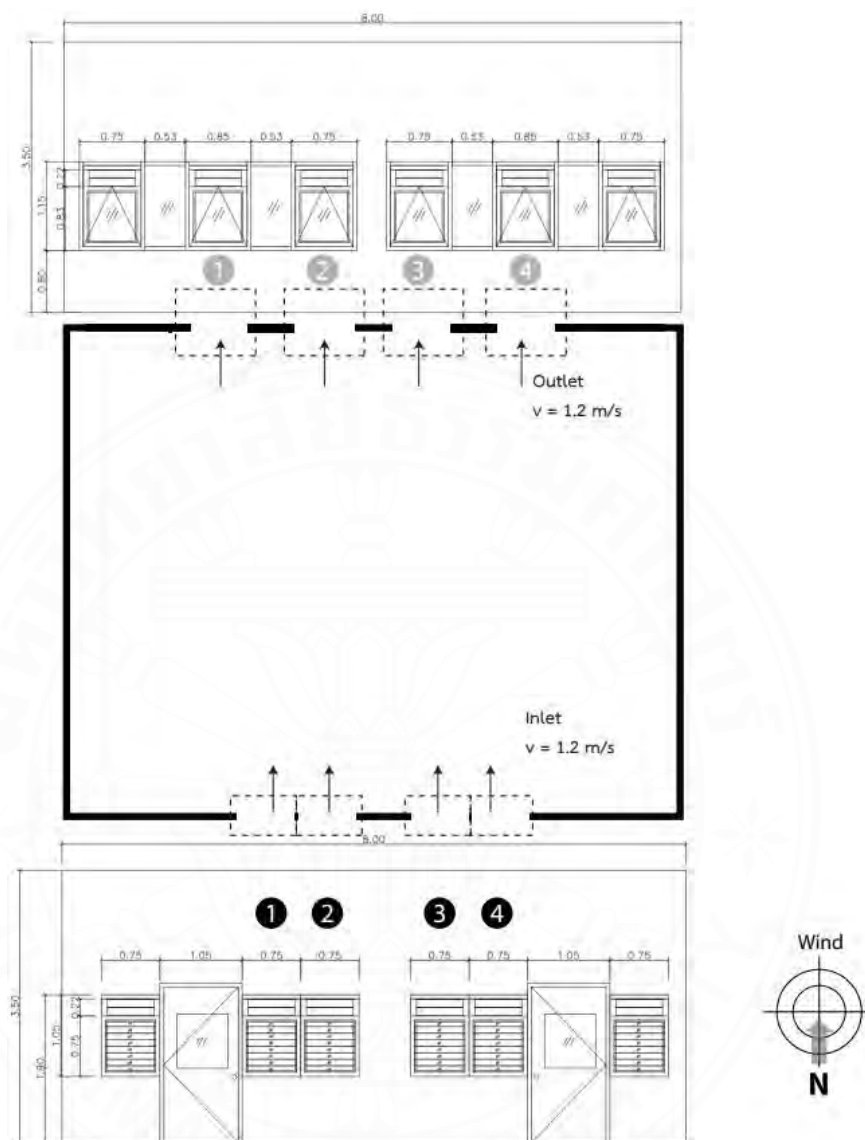
ภาพที่ 6.16 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 4 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.



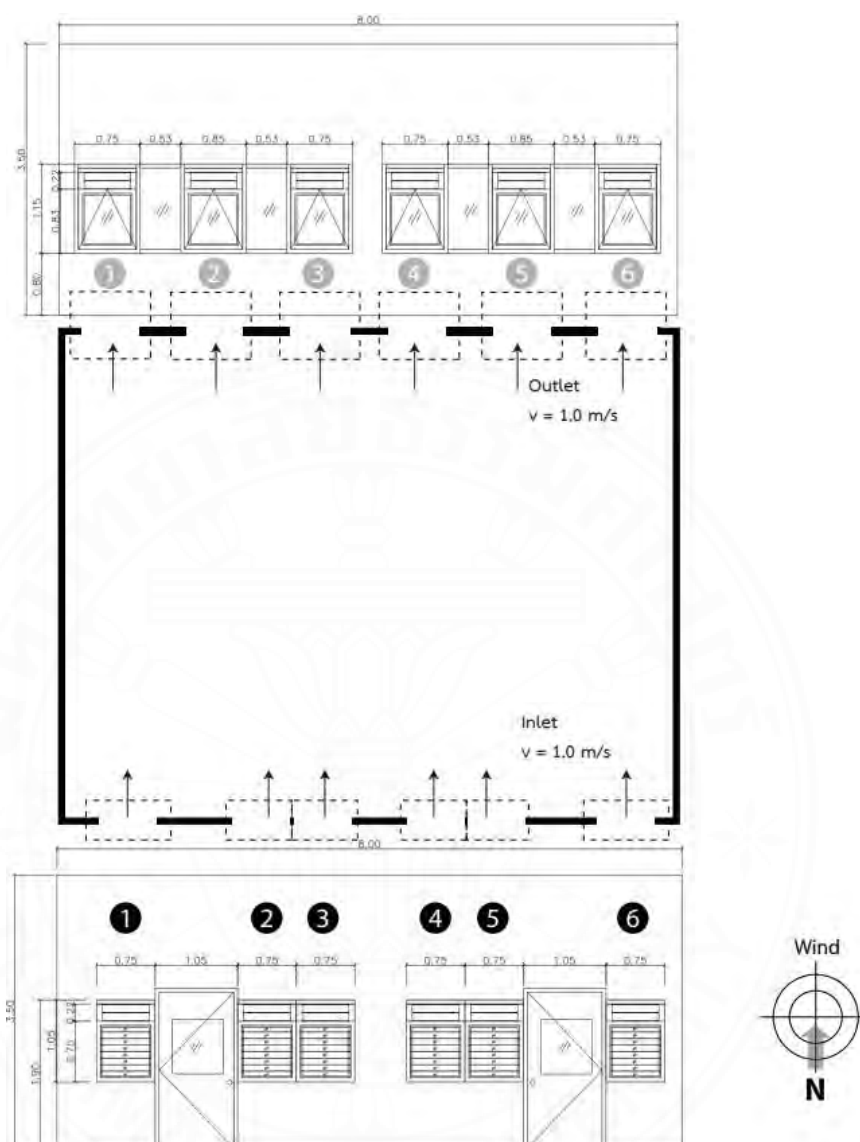
ภาพที่ 6.17 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 5 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.



ภาพที่ 6.18 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 6 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.



ภาพที่ 6.19 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 7 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.



ภาพที่ 6.20 แนวทางการติดตั้ง และใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ สถานการณ์ที่ 8 แบบห้องเรียน
มาตรฐาน สพฐ.

6.5 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

(1) สถานการณ์ที่ 2 (ทิศทางลมทางเหนือ) และสถานการณ์ที่ 6 (ทิศทางลมทางใต้) เป็นการระบายอากาศทางกลโหมดสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศเนื่องจากอุณหภูมิภายนอกอยู่ในขอบเขตความสบาย (อุณหภูมิต่ำ) สามารถนำอากาศเข้ามาได้มาก แต่มีข้อจำกัดเรื่องฝุ่นละอองขนาดเล็ก ถ้ามีค่ามากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ปริมาณฝุ่นละอองมาก) ทำให้ประสิทธิภาพการกรองฝุ่นจะลดลงเหลือเพียง ร้อยละ 35.73 จึงเสนอแนะการใช้งานสถานการณ์ที่ 1 (ทิศทางลมทางเหนือ) และสถานการณ์ที่ 5 (ทิศทางลมใต้) เป็นการระบายอากาศทางกลโหมดต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ ซึ่งสามารถมีประสิทธิภาพการกรองฝุ่นละอองค่ามากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ปริมาณฝุ่นละอองมาก) ได้ถึงร้อยละ 53.80 ที่ยอมรับได้

(2) งานวิจัยนี้ไม่ได้คิดถึงผลกระทบจากอาคารข้างเคียง เพอร์นิเจอร์ งานออกแบบภายใน และการลอยตัวของอากาศร้อนที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีแหล่งความร้อน เช่น คนและเครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่ในห้อง ดังนั้นการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ควรจะมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติม

(3) การคำนวณสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นได้คำนวณจากอุณหภูมิอากาศ และความชื้นภายนอก ซึ่งการนำไปใช้จริงควรจะมีการศึกษาถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นที่ผิวและความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มเติม

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- กรมอนามัย. (2559). *คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่*. นนทบุรี: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. หน้า 1-13.
- ตุลย์ มณีวัฒนา. (2559). *การคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 3-12.
- ASHRAE. (2001). *ASHRAE handbook-fundamentals (SI) 2001*. Atlanta: the American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.
- _____. (2004a). *ASHRAE Standard 55-2004: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.
- _____. (2004b). *ASHRAE Standard 62.1-2004: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, quoted in Taylor, S.T. (2006, May). Demand-controlled Ventilation: CO₂ -Based DCV using 62.1-2004. *ASHRAE Journal*, 48, pp. 67-75.
- _____. (2004c). *ASHRAE Standard 62.1-2004: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, quoted in ASHRAE. (2005a). *ASHRAE Handbook-fundamentals (SI ed.)*, Air Contaminants (Chap. 12, p. 12.13). Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.
- _____. (2005a). *ASHRAE Handbook-fundamentals (SI ed.)*, Air Contaminants (Chap. 12). Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering. _____ (2005b). *ASHRAE Handbook-fundamentals (SI ed.)*, Ventilation and Infiltration (Chap. 27). Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.

- _____. (2005c). ASHRAE Handbook-fundamentals (SI ed.), Residential Cooling and Heating Load Calculations (Chap. 29, p. 29.5) Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.
- _____. (2007a). ASHRAE Standard 62.1-2007: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.
- _____. (2007b). ASHRAE Standard 90.1-2007: Energy Standard for Buildings Except Low-rise Residential Buildings (Section 5, p. 18). Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.
- _____. (2007b). ASHRAE Standard 90.1-2007: Energy Standard for Buildings Except Low-rise Residential Buildings (Section 5, p. 18). Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering.
- _____. (2010). 62.1 User's Manual ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc, Atlanta. GA.
- _____. (2019). ASHRAE Standard 62.1-2019: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc, Atlanta. GA.

บทความวารสาร

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *คำแนะนำการจัดทำรายงานการจัด
การพลังงานสำหรับอาคารควบคุม, สืบค้นได้ที่:*
http://www.energyvision.co.th/attachments/view/?attach_id=19415.
- กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียงกรุงเทพมหานคร. (2563). *ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก อุณหภูมิ
ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมรายชั่วโมง ปี 2562* [ไฟล์ดิจิทัล].
- วัชร ศิริกุลยานนท์ และ วรณวิทย์ แต้มทอง. (2558). *การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร
เรียน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20.*

- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2537). กฎกระทรวงฉบับที่ 39 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. [ไฟล์ดิจิทัล]
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. (2558). (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์ค่าฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. (2557). รายงานกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย.
- Aungsiri K et al. (2009). Indoor air pollution levels in public buildings in Thailand and exposure assessment. *Environ Monit Assess*. Pp.581-594.
- Andrew Dyke. (2014). Automatic Natural Ventilation. Simple of complicated. United Kingdom: ABEC install maintain optimize.
- CHAM. (2019). PHOENICS version 3.6.1. London: CHAM Ltd.
- IAQE Thailand. (2011). Indoor Air Quality Monitoring – Raw data.
- Rpci. (2015). Ventilation System. สืบค้นที่: <http://www.rpci.co.th/15366434/ventilation-system>
- Singapore. (2003). Singapore Standard SS554:2009. Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned buildings.
- Synergy-tech. (2015). Air Conditioning and Ventilation System. สืบค้นที่: http://www.synergitech.co.th/mengineer.php?id_sec=2
- WHO. (1988). WHO Regional Publications European Series No.31 Indoor air quality: bio-logical contaminants.
- WHO. (2005). WHO Air quality guideline for particulate matter. ozone. Nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. สืบค้นที่: http://www.app.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf .
- WHO. (2010). WHO Air quality guideline for indoor air quality: selected pollutants. สืบค้นที่: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf.

วิทยานิพนธ์

ชัยน์ เจริญชุติมา. (2553). *การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติแบบช่องเปิดด้านเดียวสำหรับห้องพักอาคารสูง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยวลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.

ปาริณี ศรีสุวรรณ. (2554). *คุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีการรั่วซึมของอากาศสูง เมื่อมีการใช้ระบบเติมอากาศภายนอก*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยวลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.

บทความหนังสือพิมพ์

อรรถพล เจริญชันษา. (23 พฤศจิกายน 2563). "ฝุ่นพิษ" ทุบสถิติรอบ 4 ปี ค่าสูงลิ่ว 366 มคก.ต่อลบ.ม., สืบค้นได้ที่: <https://news.thaipbs.or.th/content/298574>.

ภาคผนวก



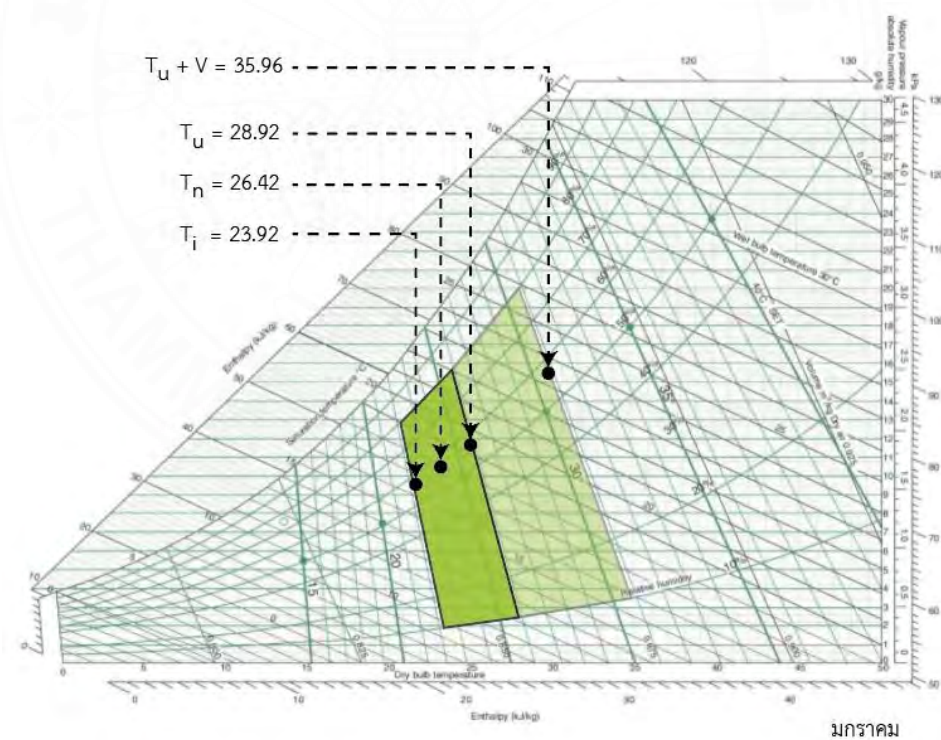
ภาคผนวก ก

ขอบเขตความสบายของแต่ละเดือนของประเทศไทย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างขอบเขตความสบายแต่ละเดือนของประเทศไทย เพื่อนำมาหาจำนวนชั่วโมงที่เข้าขอบเขตความสบายของประเทศไทย ซึ่งนำค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยช่วงปี พ.ศ.2562 จากสถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร โดยนำมาคำนวณด้วยสมการการคำนวณของ Szokolay (2004) มาประกอบกับขอบเขตด้านความชื้นสัมพัทธ์ของ Khedari (2000)

ภาคผนวกที่ ก.1

ขอบเขตความสบายเดือนมกราคมถึงธันวาคม

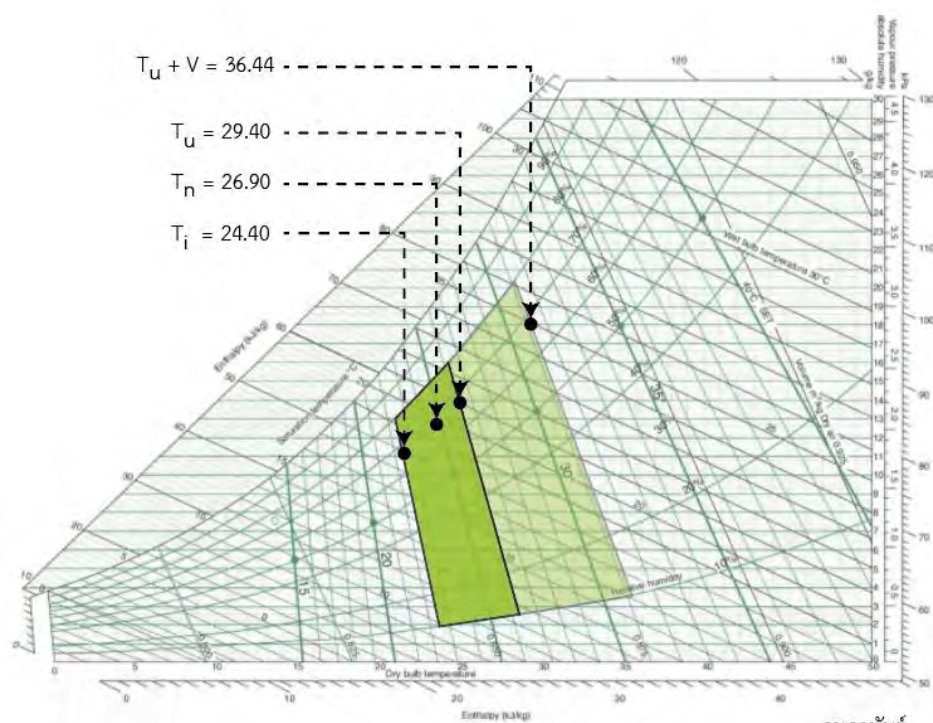


ขอบเขตความสบายของ Szokolay

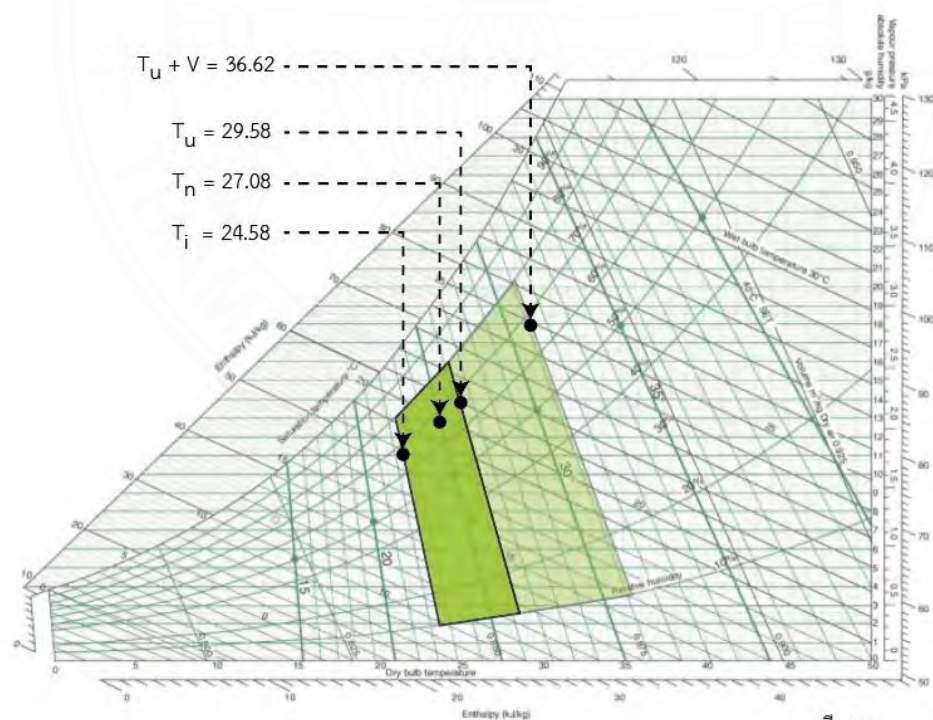


+ ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ)



อุณหภูมิ



มีนาคม

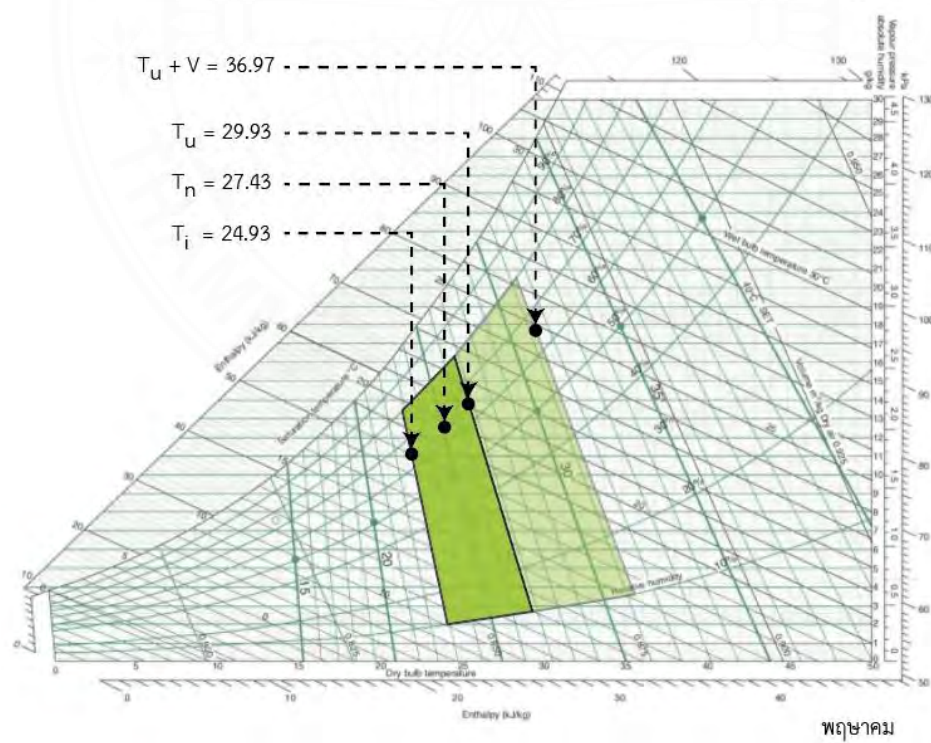
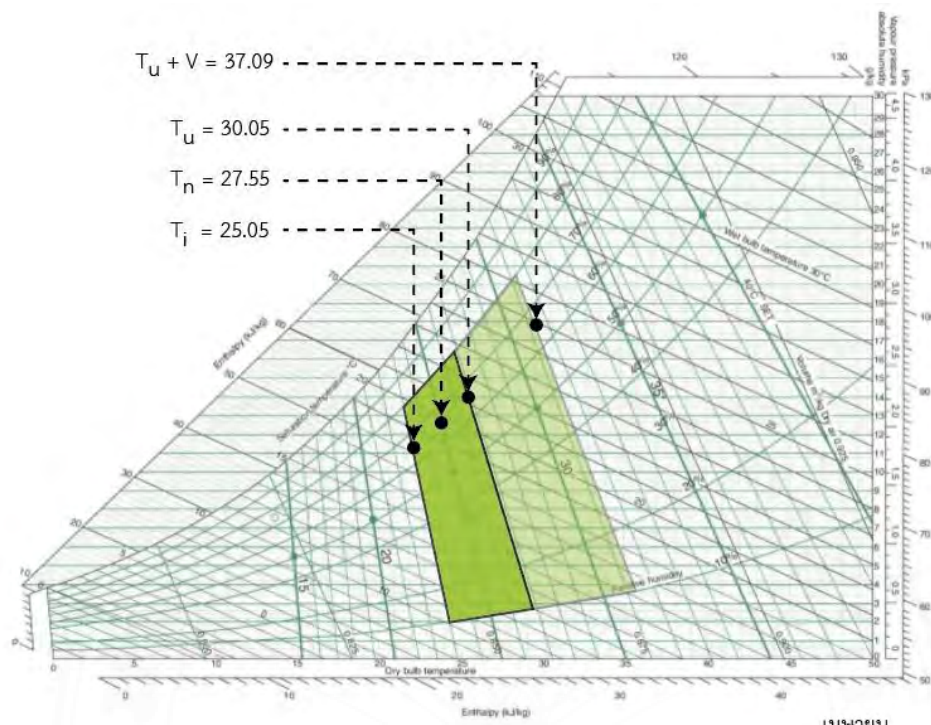


ขอบเขตความสบายของ Szokolay



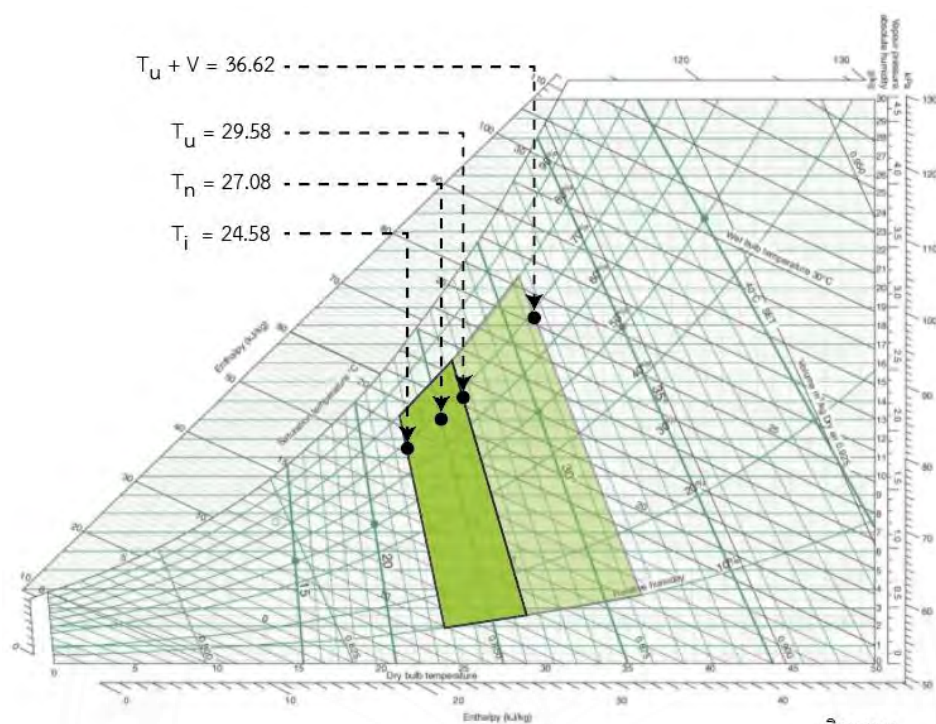
+ ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ)

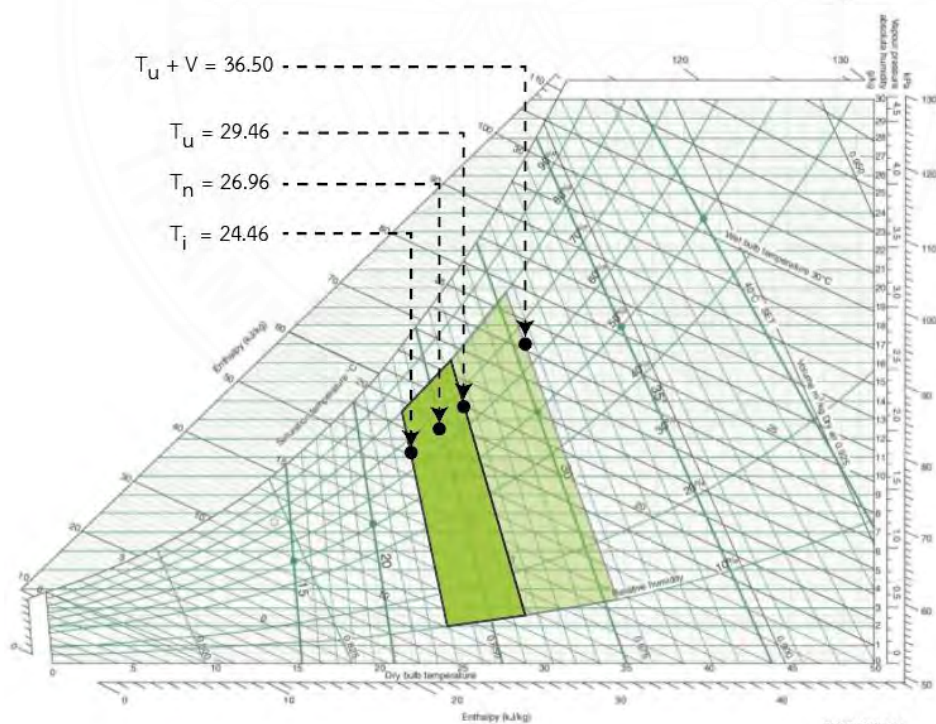


-  ขอบเขตความสบายของ Szokolay
-  +  ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ)



มิถุนายน



กรกฎาคม

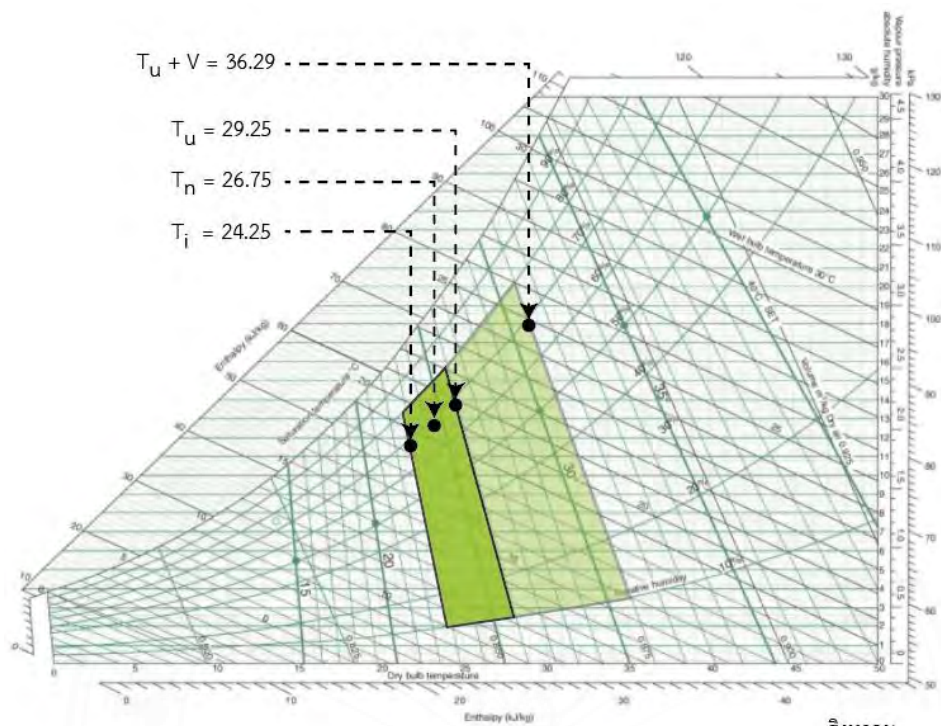


ขอบเขตความสบายของ Szokolay

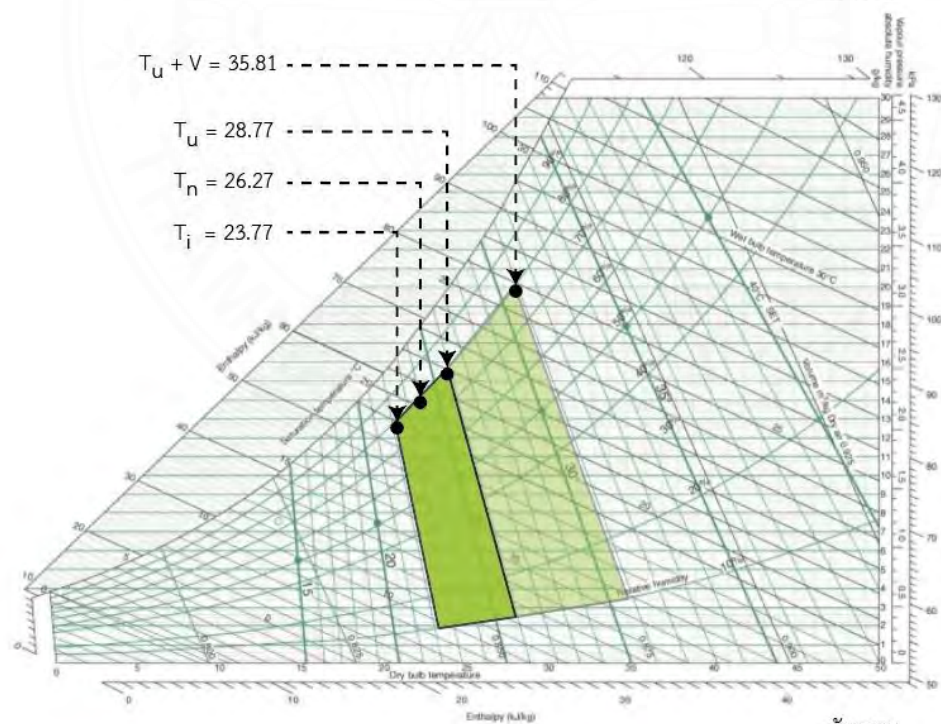


+ ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ)



สิงหาคม



กันยายน

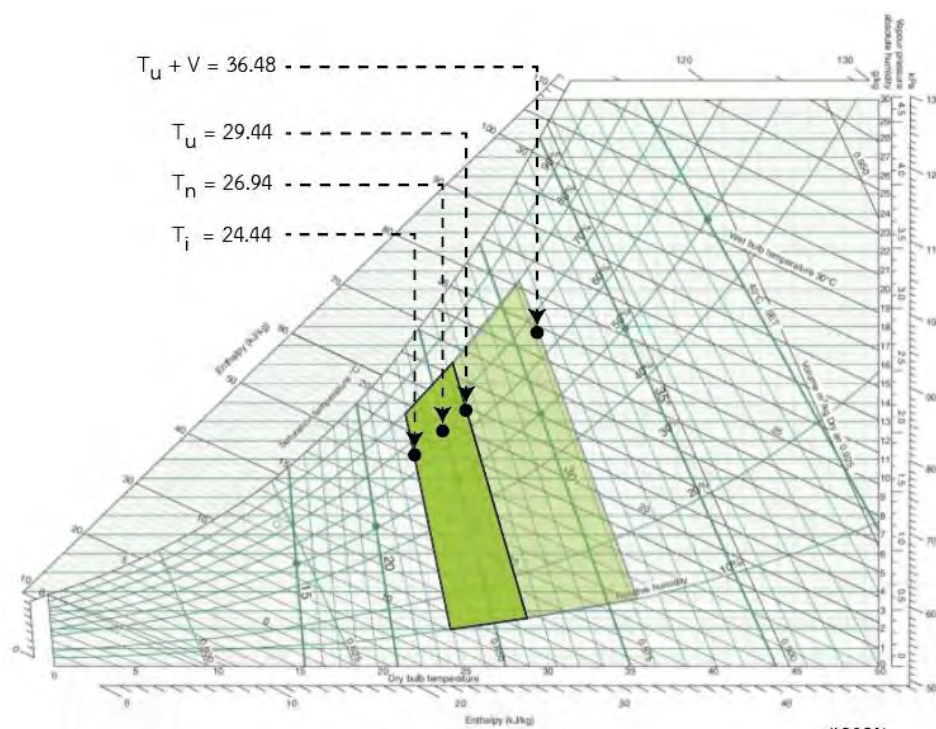


ขอบเขตความสบายของ Szokolay

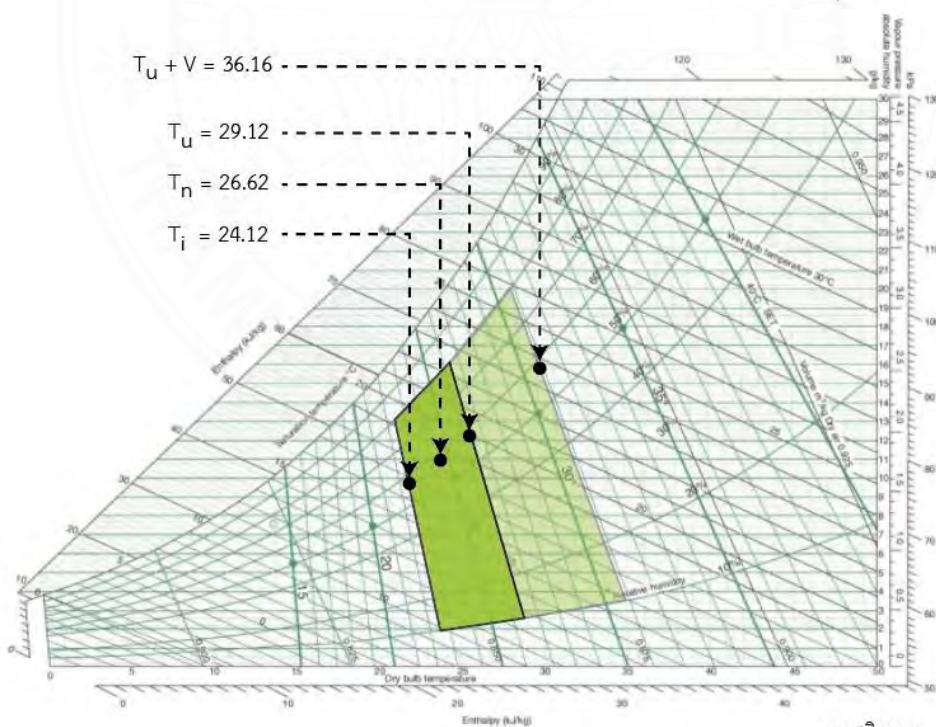


+ ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ)



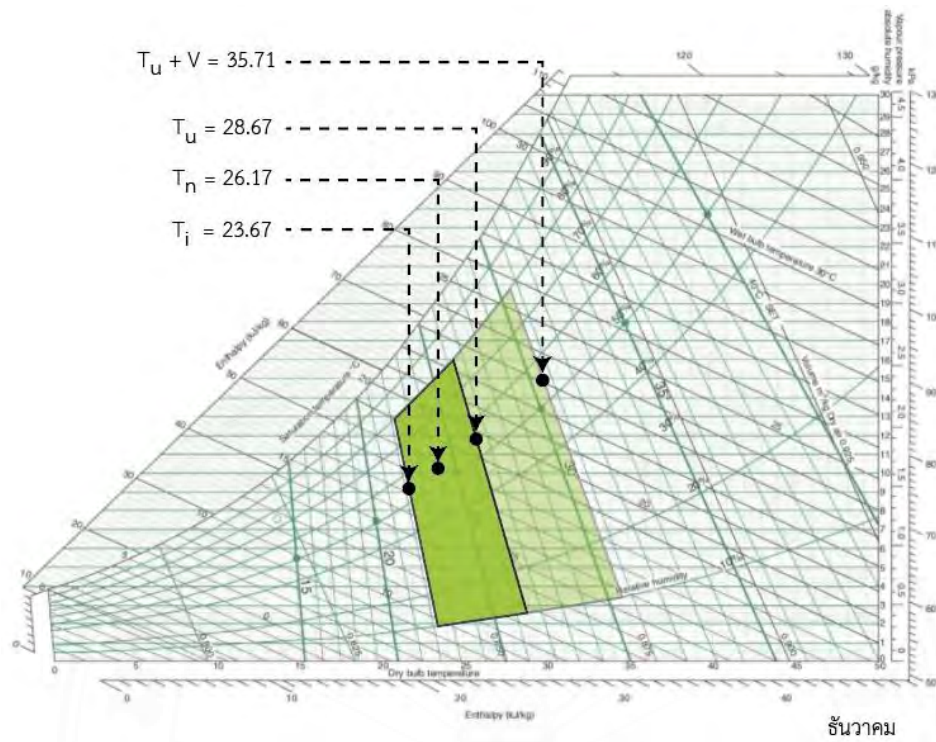
ตุลาคม



พฤศจิกายน

-  ขอบเขตความสบายของ Szokolay
-  +  ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ)



-  ขอบเขตความสบายของ Szokolay
 +  ขอบเขตความสบายเมื่อมีความเร็วลม = 1.6 เมตร/วินาที

ภาคผนวก ข

อุณหภูมิ

การศึกษาข้อมูลค่าอุณหภูมิ จากสถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง
สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ.2562

ภาคผนวกที่ ข.1

อุณหภูมิ รายชั่วโมงเดือนมกราคมถึงธันวาคม

Datetime	1-Jan	2-Jan	3-Jan	4-Jan	5-Jan	6-Jan	7-Jan	8-Jan	9-Jan	10-Jan	11-Jan	12-Jan	13-Jan	14-Jan	15-Jan	16-Jan	17-Jan	18-Jan	19-Jan	20-Jan	21-Jan	22-Jan	23-Jan	24-Jan	25-Jan	26-Jan	27-Jan	28-Jan	29-Jan	30-Jan	31-Jan	
00:00	25	25	25	25	26	26	28	29	27	28	28	28	29	29	28	28	28	28	28	28	29	29	28	26	26	27	27	27	26	26	28	
01:00	25	25	25	25	26	26	27	28	27	27	27	28	28	29	29	28	28	28	28	25	28	29	28	26	26	27	27	26	25	26	27	
03:00	24	24	24	25	25	24	26	27	27	27	27	28	28	28	28	28	27	26	25	27	28	28	26	25	26	25	25	24	25	26	27	
04:00	23	23	24	25	25	24	26	27	26	26	27	28	28	28	28	28	27	26	25	27	28	27	26	25	25	25	25	24	25	25	27	
05:00	23	23	24	24	25	24	25	27	26	26	27	27	28	28	28	28	28	26	25	26	28	27	25	25	25	24	24	23	24	25	27	
06:00	23	23	24	24	25	24	25	27	26	26	26	27	27	28	27	27	26	26	25	26	27	26	24	24	24	24	23	23	23	24	26	27
07:00	22	22	23	24	25	24	25	27	26	25	26	26	27	27	27	27	26	25	25	26	27	26	24	24	24	23	23	23	23	24	26	26
08:00	22	23	24	25	25	25	25	27	25	25	26	27	27	27	27	27	26	25	26	26	27	26	24	24	23	24	23	23	23	24	26	26
09:00	23	24	25	26	25	25	26	27	26	27	27	28	28	28	28	27	27	26	26	27	28	26	25	26	25	25	24	24	26	28	27	
10:00	25	26	25	26	26	26	27	28	27	29	29	30	30	29	28	28	29	27	28	30	29	27	27	28	27	28	26	27	28	29	29	
11:00	26	27	26	27	26	28	30	29	29	30	31	32	32	32	28	30	30	29	32	31	29	29	30	30	29	27	29	30	31	31		
12:00	28	28	26	28	26	29	31	30	31	31	32	33	33	33	30	31	31	28	30	33	32	30	30	32	32	31	29	30	32	32	32	
13:00	29	29	26	29	27	31	31	30	32	33	34	33	33	33	31	32	32	29	31	34	33	31	31	33	32	31	30	32	33	33	33	
14:00	30	30	27	29	28	32	33	32	31	32	33	34	34	33	32	33	33	30	32	34	33	32	32	33	33	33	31	31	32	33	33	34
15:00	31	31	27	29	28	33	32	33	31	33	33	35	35	35	33	31	33	33	31	32	34	33	32	32	33	33	31	31	32	33	33	34
16:00	31	31	27	28	28	33	32	31	30	32	33	35	35	34	32	33	33	31	32	35	33	32	33	33	33	33	32	32	32	33	33	34
17:00	30	31	28	28	27	33	32	30	30	32	33	34	35	34	32	33	33	31	32	34	33	32	32	33	33	32	31	32	33	33	34	
18:00	29	30	27	27	27	32	32	29	29	31	32	33	33	33	31	32	32	29	32	33	32	31	32	32	33	33	31	30	31	32	32	34
19:00	28	29	27	27	27	31	31	29	29	30	31	32	32	32	31	31	31	28	30	32	31	31	30	31	30	29	29	29	30	31	31	33
20:00	27	28	27	27	27	29	31	28	29	30	31	32	32	32	30	30	31	27	29	32	31	30	30	30	30	29	29	29	30	31	31	32
21:00	27	28	27	27	27	29	31	28	29	30	30	31	31	31	30	30	30	26	29	31	30	29	29	29	29	28	28	29	29	30	31	32
22:00	26	27	26	26	27	28	29	28	29	29	30	30	31	30	29	29	29	25	29	31	30	28	28	28	28	28	27	28	29	29	29	29
23:00	25	26	26	26	26	28	29	27	28	28	29	30	30	30	29	29	29	25	28	30	29	28	27	27	28	28	27	27	28	28	29	29

มกราคม

Datetime	1-Feb	2-Feb	3-Feb	4-Feb	5-Feb	6-Feb	7-Feb	8-Feb	9-Feb	10-Feb	11-Feb	12-Feb	13-Feb	14-Feb	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb	28-Feb	
00:00	29	29	28	28	29	28	28	28	29	29	29	28	30	28	28	28	28	28	28	28	28	29	28	29	28	28	28	28	
01:00	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	28	29	28	28	28	28	28	27	27	28	28	28	28	29	28	28	28	
02:00	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	28	28	28	28	29	28	28	28	
03:00	28	28	28	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	
04:00	27	27	27	28	28	28	27	27	28	28	28	27	28	28	28	28	28	27	27	27	28	28	28	28	28	28	27	28	
05:00	27	27	27	27	27	28	27	28	28	28	28	28	27	28	28	27	27	28	27	27	27	27	27	27	28	28	28	27	28
06:00	27	27	27	27	27	28	28	27	28	27	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	27	28
07:00	27	27	27	27	28	28	27	27	27	28	28	26	27	27	28	27	27	27	26	27	28	27	27	28	28	28	28	26	28
08:00	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	28	28	28	28	26	26	28	28	28	28	28	28	29	27	28
09:00	27	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	30	30	30	29	29	
10:00	28	28	29	30	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	
11:00	30	31	31	31	32	32	31	32	32	32	32	32	31	33	31	31	31	30	31	32	32	32	33	32	32	31	31	31	
12:00	31	32	33	33	34	32	33	33	33	33	33	32	32	34	32	32	32	30	32	33	33	34	34	33	33	32	33	33	
13:00	32	33	33	34	34	32	33	33	33	34	32	33	35	33	32	32	28	31	32	34	33	34	35	34	34	33	33	34	
14:00	33	34	34	34	34	32	34	34	34	34	34	33	34	35	33	33	33	32	33	33	34	34	34	35	34	34	34	33	
15:00	33	34	34	34	34	33	34	34	34	34	34	33	35	35	33	33	33	32	33	34	34	34	35	36	35	34	34	34	
16:00	33	33	34	35	34	33	34	34	34	34	34	33	35	35	34	33	33	31	33	34	34	34	35	36	35	34	33	34	
17:00	33	33	33	34	34	32	34	33	34	33	33	33	35	35	33	32	32	31	33	33	34	34	34	35	34	33	32	33	
18:00	33	32	32	33	33	32	31	33	32	33	31	34	34	31	31	31	30	31	32	33	33	33	34	34	32	31	31	32	
19:00	32	30	31	32	30	30	30	31	31	30	30	32	33	30	30	29	29	30	30	31	30	31	32	31	30	30	31	31	
20:00	31	29	30	31	30	29	29	30	30	30	30	29	32	31	29	29	29	29	29	29	30	29	30	30	30	29	29	30	
21:00	30	29	29	30	29	29	29	29	29	29	29	30	30	29	29	28	28	29	29	29	29	29	30	29	29	29	29	29	
22:00	29	28	29	29	29	28	29	29	29	29	29	31	30	29	29	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	
23:00	29	28	29	29	28	28	29	29	28	29	28	30	30	29	29	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	28	28	29	

กุมภาพันธ์



ชั่วโมงที่เข้าขอบเขตความสบายของ Szokolay



+ ชั่วโมงที่ไม่เข้าขอบเขตความสบาย Szokolay

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

Datetime	1-Mar	2-Mar	3-Mar	4-Mar	5-Mar	6-Mar	7-Mar	8-Mar	9-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar	14-Mar	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar	
00:00	29	28	29	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	30	27	29	29	29	29	30	29	29	28	29	29	30	29	30	
01:00	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	29	29	29	29	29	29	28	28	28	28	28	29	29	29	
02:00	28	28	28	28	28	28	28	27	28	28	28	28	28	28	28	28	27	29	28	28	28	28	29	29	28	28	28	28	29	29	29	
03:00	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	27	28	28	28	28	29	29	29	27	28	29	29	29	29	
04:00	28	28	28	28	28	28	27	27	28	28	27	28	28	28	28	28	29	27	28	28	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	29	
05:00	27	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	29	25	28	28	28	28	28	28	27	27	28	28	29	29	29	
06:00	27	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	26	26	28	28	28	28	28	28	27	27	28	29	29	29	29	
07:00	27	28	28	28	28	27	26	27	27	27	27	27	27	27	28	28	26	26	29	29	29	29	29	29	28	27	27	28	29	29	29	
08:00	28	28	29	29	28	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	26	29	29	29	29	29	29	28	27	27	28	29	29	29	
09:00	30	29	30	30	30	29	30	30	30	30	30	29	29	30	29	30	29	26	28	30	30	30	30	30	30	29	28	30	30	31	31	31
10:00	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
11:00	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
12:00	33	34	34	33	33	33	33	34	33	33	34	35	34	35	34	34	27	33	34	34	34	34	35	35	34	29	33	33	34	34	34	34
13:00	34	34	34	34	34	34	35	34	34	35	35	37	35	34	35	28	34	34	35	34	35	34	35	36	36	35	28	34	34	35	34	35
14:00	34	34	34	34	34	34	35	34	34	35	35	38	36	34	35	38	35	35	35	35	35	35	36	36	36	29	35	34	35	35	35	
15:00	34	34	34	34	34	34	35	34	34	35	37	36	34	35	28	35	35	35	35	35	35	36	36	37	36	36	35	34	35	35	35	
16:00	34	35	35	34	34	35	35	35	34	34	35	37	36	35	35	29	35	34	35	34	35	36	37	36	36	36	35	34	36	34	35	
17:00	34	34	34	34	34	34	35	34	35	34	36	37	36	34	35	29	34	34	34	34	34	35	36	36	36	36	35	34	35	34	34	34
18:00	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
19:00	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
20:00	30	30	30	30	30	29	30	30	30	29	30	30	30	30	30	28	30	30	30	30	31	30	31	32	31	28	31	30	30	32	31	32
21:00	29	30	29	29	29	30	29	29	29	29	29	30	31	30	30	28	30	30	30	30	30	30	31	30	30	28	30	30	31	30	30	29
22:00	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	29	29
23:00	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	29	27	29	30	30	29	30	30	30	29	28	30	30	30	30	30	29

มีนาคม

Datetime	1-Apr	2-Apr	3-Apr	4-Apr	5-Apr	6-Apr	7-Apr	8-Apr	9-Apr	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr	14-Apr	15-Apr	16-Apr	17-Apr	18-Apr	19-Apr	20-Apr	21-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	25-Apr	26-Apr	27-Apr	28-Apr	29-Apr	30-Apr	
00:00	28	29	30	28	30	30	30	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	32	30	31	31	32	32	31	31	
01:00	29	29	30	28	30	30	30	26	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	27	31	31	32	32	31	31	
02:00	29	28	29	27	29	30		27	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	26	31	31	31	31	31	30	31
03:00	28	27	29	27	29	29		26	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	27	31	31	31	30	30	31	
04:00	26	26	27	26	29	27	29	26	29	30	29	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	26	30	31	31	29	30	30	31
05:00	26	26	27	26	29	27	29	26	29	30	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	30	31	30	28	30	30	31
06:00	26	26	27	26	29	27	29	26	29	30	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	30	31	30	28	30	30	31
07:00	26	26	28	26	29	28	29	26	29	30	29	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	30	31	30	28	30	30	31
08:00	27	27	27	27	30	29	30	26	30	31	30	30	30	30	30	31	31	31	32	31	31	31	32	27	32	32	31	29	30	32	31
09:00	29	27	28	28	31	31	31	28	31	32	32	32	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	29	31	33	33	32	33	33	33
10:00	31	30	30	31	32	32	32	30	31	33	33	33	33	33	33	33	33	33	34	34	34	34	35	35	34	35	34	34	34	34	34
11:00	32	31	32	32	33	33	33	32	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	35	35	36	35	35	35	34	35	
12:00	34	33	33	34	34	34	34	34	35	35	34	35	34	35	34	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36
13:00	34	34	34	34	35	35	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
14:00	35	35	35	35	35	35	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
15:00	36	35	34	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
16:00	36	35	34	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
17:00	35	35	35	36	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
18:00	33	33	33	34	33	33	33	34	34	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	35	35	36	36	36	36	36	36	36
19:00	32	31	31	32	32	32	32	31	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34
20:00	31	30	28	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
21:00	30	30	27	30	31	31	31	31	31	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
22:00	31	30	28	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
23:00	30	30	28	30	30	30	28	30	31	31	31	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

เมษายน

Datetime	1-May	2-May	3-May	4-May	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May	15-May	16-May	17-May	18-May	19-May	20-May	21-May	22-May	23-May	24-May	25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May	
00:00	29	32	32	32	31	32	32	32	32	32	29	32	26	26	28	30	30	31	32	31	31	31	27	28	31	31	30	27	26	27	26	
01:00	30	31	32	32	31	32	32	32	32	32	31	26	26	28	29	29	29	30	31	31	31	31	27	28	31	31	30	27	27	27	26	
02:00	32	32	32	32	31	31	31	32	31	32	29	31	26	27	28	29	30	30	31	31	31	31	27	28	30	31	30	27	26	25	25	
03:00	30	31	31	32	31	31	31	31	31	32	29	31	26	27	28	29	30	30	31	31	30	31	27	27	27	30	30	30	27	26	25	27
04:00	30	31	31	31	31	30	31	30	31	30	31	26	27	27	28	29	30	30	31	31	30	31	27	27	27	30	30	30	27	26	25	27
05:00	30	31	31	31	31	30	31	30	30	30	31	30	30	26	27	27	29	29	30	30	30	30	27	27	27	30	30	29	27	26	25	27
06:00	29	31	31	31	30	31	30	30	30	30	30	26	26	27	29	29	30	30	30	30	30	27	27	27	29	29	29	27	26	25	27	
07:00	30	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30	29	27	26	27	28	29	30	30	31	30	28	27	27	29	30	30	27	25	27	27	
08:00	31	31	32	34	31	32	32	32	32	32	30	26	26	28	29	30	31	31	32	31	30	28	28	29	31	31	30	28	27	26	28	28
09:00	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	31	26	26	28	29	30	30	31	32	32	31	28	28	30	31	32	32	31	29	29	30	
10:00	34	28	35	35	34	34	33	34	33	33	33	32	29	27	31	29	33	34	34	34	35	35	32	32	32	33	34	33	32	31	29	32
11:00	28	35	36	36	35	35	34	35	28	35	34	34	30	28	32	31	28	34	35	35	35	31	32	33	34	34	34	33	33	32	27	33
12:00	36	36	37	36	36	36	36	35	35	35	35	35	31	31	33	32	28	35	36	36	37	32	34	34	34	35	35	34	34	34	26	34
13:00	36	37	38	37	36	37	36	36	36	36	35	36	31	31	33	32	36	36	37	37	37	34	35	35	36	36	34	35	34	34	27	34
14:00	38	39	38	38	37	37	37	36	36	36	36	32	33	35	33	36	38	37	37	37	37	35	35	36	35	36	35	35	34	27	35	
15:00	39	39	38	38	37	38	37	37	37	37	37	32	34	36	36	38	37	37	37	37	37	35	35	36	35	36	35	35	34	27	35	
16:00	39	39	37	36	36	37	37	37	35	35	35	33	33	37	35	38	37	37	37	37	37	35	35	36	35	36	35	35	34	27	35	
17:00	39	38	37	35	36	37	36	36	36	35	37	33	32	32	34	34	36	35	37	34	34	34	34	32	36	35	35	35	33	32	29	35
18:00	37	37	36	34	35	36	35	34	35	32	36	31	32	32	33	32	35	35	37	33	35	33	28	28	34	33	33	32	32	30	34	
19:00	35	35	34	33	33	33	34	33	33	33	35	28	31	26	32	31	33	34	35	33	34	30	27	32	32	31	32	32	31	29	32	
20:00	34	34	33	32	33	33	33	33	32	31	33	26	31	25	31	31	33	33	34	32	33	24	28	32	32	31	31	31	29	31	31	
21:00	33	34	33	32	32	33	33	32	31	33	26	28	25	33	30	32	33	33	31	32	35	28	32	32	31	31	31	31	31	25	25	31
22:00	33	33	33	32	32	33	33	32	32	33	26	28	32	33	32	33	32	33	32	33	32	26	26	31	31	31	31	31	28	28	28	31
23:00	33	33	33	32	32	32	32	32	32	31	32	26	26	27	31	30	31	32	32	31	32	27	27	27	28	31	31	30	27	26	29	31

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

Datetime	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun	7-Jun	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	28-Jun	29-Jun	30-Jun	
00:00	30	31	29	31	31	28	28	27	29	29	30	29	31	29	31	27	29	30	30	29	31	32	31	29	26	29	30	28	28	29	
01:00	30	31	29	31	31	27	28	27	28	29	29	29	30	30	31	27	28	29	29	29	31	31	31	30	26	29	29	27	28	28	
02:00	30	30	28	30	31	26	27	27	28	29	29	29	30	30	31	27	28	29	29	29	30	31	31	29	26	29	29	27	28	28	
03:00	30	30	28	30	31	25	27	27	28	29	29	29	30	29	30	27	28	29	29	29	30	30	30	29	26	29	29	28	28	27	
04:00	28	30	28	30	30	25	27	27	28	29	29	28	30	29	30	27	28	29	29	29	29	30	30	29	27	29	29	28	28	27	
05:00	27	27	28	30	30	25	27	26	28	29	29	28	29	29	29	27	28	29	29	28	29	30	30	29	27	28	29	28	28	27	
06:00	27	27	28	30	30	26	27	26	28	29	28	28	28	29	29	28	28	29	29	28	29	29	29	30	29	26	28	29	28	27	
07:00	28	28	28	30	30	26	27	27	28	29	30	29	30	29	29	28	29	29	29	28	29	29	31	28	25	29	29	28	28	26	
08:00	29	29	29	31	31	27	28	28	30	30	31	30	31	31	31	28	30	30	30	30	30	31	31	28	27	30	30	29	29	27	
09:00	31	30	30	32	29	29	30	29	31	31	31	32	31	32	31	30	31	30	31	32	28	32	29	28	31	31	31	30	28	28	
10:00	33	32	32	32	31	31	31	30	32	32	31	32	34	32	34	33	36	32	31	33	33	28	34	31	30	31	32	32	32	29	
11:00	34	33	33	34	34	32	32	32	33	33	31	32	34	33	34	33	36	32	32	33	34	34	28	35	33	31	32	32	31	31	
12:00	35	34	34	35	35	34	33	32	34	34	26	33	33	35	34	34	34	34	34	34	34	32	34	35	35	36	34	33	34	32	32
13:00	35	36	35	36	36	35	34	33	34	34	26	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	32	34	36	37	37	34	33	34	32	32
14:00	36	36	36	36	35	34	34	34	34	34	26	34	34	35	35	34	34	35	35	34	31	33	33	34	36	37	37	34	34	33	28
15:00	36	35	36	36	31	31	26	34	35	34	27	34	34	35	35	34	31	32	33	34	37	38	36	33	31	34	33	34	33	30	
16:00	36	36	36	36	28	28	25	35	28	33	28	34	34	34	35	29	31	32	33	35	37	38	29	31	33	33	31	33	32	31	
17:00	35	36	34	36	28	29	26	34	27	33	29	33	33	34	34	27	31	32	33	35	37	37	29	31	33	35	25	30	31	31	
18:00	35	35	30	35	28	29	25	31	26	32	29	32	32	33	33	27	30	31	32	34	37	37	29	31	32	32	32	31	31	31	
19:00	32	33	32	34	28	29	26	32	29	32	29	31	32	32	32	28	30	31	31	33	36	35	30	31	30	29	26	29	30	29	
20:00	31	32	30	33	29	29	27	31	30	31	29	31	31	32	32	28	30	31	31	32	34	33	30	31	29	28	26	27	30	25	
21:00	31	32	31	33	29	29	27	31	30	31	29	31	28	32	31	28	30	30	29	32	33	32	30	31	29	29	27	28	30	26	
22:00	31	30	31	32	28	28	28	30	30	31	29	32	27	31	30	28	30	30	27	32	32	32	30	30	29	29	27	28	30	27	
23:00	31	29	31	32	28	28	28	30	29	30	29	31	28	31	26	29	30	30	28	31	32	32	29	28	28	28	27	28	30	27	

มิถุนายน

Datetime	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	28-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	
00:00	27	29	27	30	30	30	29	29	30	29	30	30	31	30	30	28	31	30	30	30	25	30	30	28	29	31	30	30	29	30	30	
01:00	27	29	27	26	26	25	29	29	29	27	29	30	30	30	30	28	30	30	30	30	26	30	30	28	28	28	30	30	30	29	30	
02:00	27	29	26	26	26	25	28	29	29	27	29	29	27	29	29	27	30	30	30	26	29	29	30	28	28	30	30	30	30	28	29	
03:00	27	29	26	26	26	25	28	29	29	27	29	29	27	29	29	27	29	29	29	26	29	29	30	28	28	31	29	30	29	28	29	
04:00	27	29	26	25	26	25	28	29	29	27	28	29	28	28	28	27	29	29	29	26	29	29	30	28	28	32	29	29	28	28	29	
05:00	27	29	26	25	26	25	27	29	28	27	28	28	28	28	28	27	29	29	29	26	29	29	30	28	28	32	29	29	29	26	29	
06:00	26	29	25	25	26	25	28	29	28	27	28	28	29	28	28	27	29	29	29	26	29	29	30	28	28	34	28	29	29	28	28	
07:00	26	28	26	26	27	26	28	29	29	27	28	28	29	28	28	27	29	29	29	26	29	29	30	28	28	33	28	29	28	28	29	
08:00	27	29	26	30	28	26	29	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	28	29	30	31	29	29	33	28	29	28	29	30	
09:00	28	30	26	28	28	28	31	31	30	31	31	31	31	31	31	30	31	31	29	30	31	31	31	31	30	34	29	30	31	31	30	
10:00	30	31	27	28	25	31	29	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	31	31	33	33	33	33	30	31	32	32	30	30	
11:00	32	32	27	29	25	32	29	33	33	33	33	33	34	33	33	34	33	34	33	33	33	34	33	33	32	31	32	34	28	32	32	
12:00	33	33	28	31	24	29	30	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	33	33	35	35	33	33	35	34	34	28	32	32	
13:00	32	34	29	31	24	25	32	34	33	34	35	35	35	28	35	35	34	34	35	34	33	36	35	33	34	36	33	35	35	28	29	
14:00	32	34	29	31	25	26	33	35	32	34	35	36	36	28	35	35	35	35	34	34	36	35	33	33	37	34	36	35	28	28	29	
15:00	32	34	29	31	25	29	30	35	32	34	35	36	36	28	35	35	35	35	35	34	34	36	35	33	33	37	34	36	35	28	29	
16:00	27	34	28	31	26	31	34	33	33	34	35	36	36	28	35	35	35	35	35	34	34	36	35	33	33	37	34	36	35	28	29	
17:00	27	32	27	30	26	32	33	33	33	34	35	36	36	28	33	35	33	34	35	32	34	34	36	32	28	31	37	34	35	34	28	29
18:00	30	30	27	25	26	32	32	32	32	32	33	33	34	32	33	33	33	33	33	31	33	33	33	28	29	26	26	34	34	28	34	33
19:00	30	30	26	25	26	31	32	32	31	31	32	32	32	33	33	24	32	32	32	32	31	30	32	24	29	25	26	33	33	32	33	25
20:00	30	30	26	25	26	30	31	31	28	31	31	31	32	32	32	24	31	32	31	31	31	30	29	31	25	29	26	26	31	32	32	25
21:00	30	29	26	25	26	29	30	31	26	30	31	31	31	25	31	31	31	31	31	30	29	31	26	29	27	31	31	31	31	32	27	
22:00	30	28	26	26	27	29	30	30	26	30	30	31	31	26	31	31	30	30	30	30	29	30	27	29	28	27	31	31	31	31	27	
23:00	29	28	26	26	26	29	30	30	26	30	30	31	31	28	31	31	31	31	29	30	29	30	28	28	28	28	28	31	30	31	28	29

กรกฎาคม

Datetime	1-Aug	2-Aug	3-Aug	4-Aug	5-Aug	6-Aug	7-Aug	8-Aug	9-Aug	10-Aug	11-Aug	12-Aug	13-Aug	14-Aug	15-Aug	16-Aug	17-Aug	18-Aug	19-Aug	20-Aug	21-Aug	22-Aug	23-Aug	24-Aug	25-Aug	26-Aug	27-Aug	28-Aug	29-Aug	30-Aug	31-Aug		
00:00	28	28	28	29	27	28	28	29	28	29	29	28	29	29	29	30	30	29	29	29	27	29	27	29	29	26	27	29	28	29	29		
01:00	28	28	29	28	29	27	28	25	27	27	29	28	28	29	29	30	30	29	29	29	27	29	27	29	28	26	27	28	27	28	28		
02:00	28	28	29	28	27	28	25	27	27	28	28	28	29	28	29	30	30	29	28	28	27	29	27	29	28	25	27	28	27	28	28		
03:00	28	27	29	28	28	28	25	26	27	28	28	29	29	28	29	29	29	29	29	28	27	29	27	28	28	25	27	28	27	28	28		
04:00	28	27	29	28	28	26	26	25	27	28	28	27	28	28	29	29	29	28	29	28	27	28	27	28	28	27	25	26	28	27	27	28	
05:00	28	26	28	28	25	26	26	26	27	28	28	27	28	28	28	29	28	29	28	28	27	28	27	28	28	27	25	26	28	27	27	27	
06:00	28	27	28	28	26	26	26	27	28	28	27	28	28	28	29	29	28	29	28	28	27	28	27	28	28	27	25	26	28	27	27	27	
07:00	28	27	28	27	25	26	26	27	28	28	28	28	28	28	29	29	29	28	29	28	27	28	27	28	28	26	26	27	28	27	27	28	
08:00	29	28	28	27	26	26	27	28	27	29	29	28	29	29	28	29	30	29	29	30	29	29	29	29	29	29	29	26	28	29	28	27	28
09:00	30	29	29	28	28	28	28	29	29	29	30	30	30	30	30	30	32	31	30	30	31	30	30	29	30	30	27	29	30	28	28	29	
10:00	31	28	30	29	29	29	30	30	30	30	30	31	31	30	31	32	32	32	32	32	32	31	31	31	31	29	30	31	29	27	30		
11:00	30	30	31	29	29	30	31	30	31	31	32	32	31	31	34	32	33	34	33	32	32	32	32	32	32	30	31	32	30	28	31		
12:00	31	25	32	30	31	32	31	25	28	32	32	33	32	31	34	35	33	31	35	33	31	32	31	32	31	30	32	33	31	28	31		
13:00	30	25	25	31	32	33	33	31	28	32	32	33	32	32	35	33	34	35	33	33	33	32	33	32	33	32	33	33	32	29	28		
14:00	31	25	25	31	32	33	33	31	31	33	33	34	33	33	34	35	33	34	36	36	33	33	33	33	33	33	33	31	31	28	29		
15:00	30	25	25	32	32	33	32	31	31	32	34	35	34	33	34	35	34	33	34	34	29	34	33	32	33	30	32	33	31	33	29	30	
16:00	31	25	25	32	32	33	32	31	31	30	32	33	31	34	35	34	32	34	35	31	34	33	31	33	32	29	33	34	31	28	30		
17:00	31	25	32	31	35	31	32	31	31	30	31	32	31	31	33	33	33	31	34	34	25	31	33	32	31	32	29	32	34	32	28	29	
18:00	30	32	31	36	27	30	31	35	30	30	30	31	33	33	30	30	32	32	34	32	32	31	28	32	30	31	31	31	31	28	28		
19:00	29	31	31	28	26	35	31	29	30	29	29	29	30	31	32	30	30	31	32	25	31	25	30	27	29	26	31	29	31	29	29		
20:00	29	31	30	28	26	30	29	29	28	29	28	28	29	31	31	30	30	30	30	27	26	30	25	30	28	26	26	30	30	30	28		
21:00	28	27	28	27	29	29	29	29	29	29	28	27	28	29	29	30	30	30	30	28	27	28	27	28	27	27	27	27	27	27	27	28	
22:00	29	30	30	27	27	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	30	30	30	30	30	11	27	30	28	28	30	29	28	30	29	29		
23:00	29	30	29	27	28	29	29	28	29	29	28	29	29	30	30	30	30	30	30	30	27	30	27	30	28	27	25	29	28	29	29	27	

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

Datetime	1-Sep	2-Sep	3-Sep	4-Sep	5-Sep	6-Sep	7-Sep	8-Sep	9-Sep	10-Sep	11-Sep	12-Sep	13-Sep	14-Sep	15-Sep	16-Sep	17-Sep	18-Sep	19-Sep	20-Sep	21-Sep	22-Sep	23-Sep	24-Sep	25-Sep	26-Sep	27-Sep	28-Sep	29-Sep	30-Sep
00:00	27	27	24	25	27	26	27	27	26	27	25	25	28	28	25	27	27	26	24	25	27	25	24	24	27	28	28	26	28	28
01:00	27	26	24	25	27	25	26	27	26	26	24	25	27	27	25	25	27	25	24	25	26	25	24	24	27	28	28	26	28	28
02:00	27	26	24	25	27	25	26	26	26	26	24	25	27	27	25	25	27	25	24	25	26	25	24	24	26	27	28	26	27	28
03:00	26	26	24	25	27	25	26	26	26	26	24	25	27	27	25	25	26	25	24	25	26	25	24	24	25	27	28	26	27	27
04:00	27	26	24	25	26	25	26	26	25	25	26	26	25	27	26	25	25	26	25	25	26	25	24	24	25	26	28	26	27	27
05:00	27	26	24	25	26	25	26	25	25	25	26	26	25	27	26	25	25	26	25	25	26	25	24	24	25	26	27	26	26	26
06:00	27	26	24	25	26	25	26	25	25	25	26	26	25	27	26	25	25	26	25	24	25	25	24	24	25	25	26	26	26	26
07:00	26	26	24	25	26	25	26	25	25	25	26	26	25	27	26	25	25	26	25	24	25	25	24	24	26	25	27	25	26	26
08:00	28	27	25	26	26	26	27	27	27	27	31	25	28	26	27	26	28	26	26	26	26	26	24	25	27	27	28	27	27	28
09:00	29	28	26	27	28	27	28	28	29	29	32	28	29	27	29	29	29	28	27	27	26	26	25	26	27	29	28	28	28	30
10:00	30	30	27	28	28	30	29	29	29	29	36	28	36	28	36	36	34	34	31	36	27	27	25	28	29	36	28	28	28	28
11:00	32	30	29	29	30	30	31	30	32	29	32	29	30	30	30	30	32	29	28	27	28	29	25	26	29	30	28	32	28	32
12:00	32	30	30	29	29	28	31	28	28	28	30	31	28	28	31	32	32	28	28	29	29	29	27	30	28	28	28	26	28	34
13:00	32	28	28	30	28	31	31	28	28	28	29	28	28	28	32	28	28	28	28	29	30	27	26	27	28	28	28	33	28	34
14:00	32	28	30	30	28	31	28	28	28	28	29	28	28	28	31	28	28	28	30	30	24	26	26	28	28	28	30	28	28	35
15:00	31	28	30	30	28	31	28	28	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	24	28	26	28	28	28	27	28	28	35
16:00	30	28	30	29	26	28	28	28	26	31	26	28	28	31	28	28	28	28	28	30	25	29	26	28	28	28	27	28	28	35
17:00	26	30	30	29	25	30	29	29	26	25	25	28	28	28	28	28	30	28	31	31	25	27	25	28	29	34	27	28	28	35
18:00	25	30	29	29	25	30	28	26	28	25	26	31	28	29	30	29	30	30	30	29	25	27	25	31	31	28	27	28	31	28
19:00	25	29	28	28	25	29	31	26	28	26	25	31	31	31	32	29	29	29	29	28	28	25	26	25	30	31	30	27	31	30
20:00	28	29	28	28	25	29	30	27	28	26	26	29	30	32	28	29	28	28	28	28	25	26	26	30	30	29	28	27	31	30
21:00	26	27	27	28	25	28	28	27	27	27	26	28	28	31	28	28	28	28	28	28	25	26	24	24	28	29	28	27	30	29
22:00	27	28	25	28	26	28	28	27	27	26	26	28	29	24	28	27	27	22	26	27	25	24	24	28	29	29	27	30	29	30
23:00	27	26	25	27	25	27	28	27	27	26	26	28	28	25	28	27	26	23	25	27	25	24	24	27	28	28	27	29	28	29

กันยายน

Datetime	1-Oct	2-Oct	3-Oct	4-Oct	5-Oct	6-Oct	7-Oct	8-Oct	9-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct
00:00	30	29	29	29	27	26	27	26	27	28	28	30	28	27	29	28	30	29	30	30	31	30	30	31	31	31	31	28	28	28	28
01:00	30	29	29	28	27	26	26	26	27	27	27	30	28	27	27	28	30	29	29	30	30	30	30	30	30	30	29	28	27	27	
02:00	30	29	29	28	27	26	26	25	27	27	27	29	27	27	27	27	29	29	29	29	29	30	29	29	29	30	30	30	29	28	27
03:00	29	29	29	27	27	26	26	25	27	27	27	29	27	27	27	27	29	29	29	29	29	30	29	29	29	30	30	29	26	27	26
04:00	29	28	29	27	27	26	26	25	25	27	27	27	28	27	26	27	28	28	28	28	28	29	28	29	29	29	29	28	26	28	27
05:00	28	28	28	26	26	26	25	25	26	26	27	26	27	26	27	26	28	28	28	28	28	29	28	29	29	29	29	28	26	28	27
06:00	29	28	28	26	26	26	25	25	26	26	25	28	26	27	26	27	27	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	28	26	28	27
07:00	28	27	28	26	26	26	25	25	26	27	25	28	26	27	26	27	27	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	28	27	28	27
08:00	28	28	28	26	26	26	25	25	26	27	29	27	28	27	26	27	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	28	27	28	26	27
09:00	30	29	30	30	29	28	28	28	29	31	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	30	31	31	31	31	31	30	30	29	28
10:00	31	32	32	31	30	29	30	30	30	32	31	32	31	28	31	31	32	32	30	31	33	32	33	33	33	33	33	28	33	31	30
11:00	32	33	33	33	31	31	31	32	32	33	33	33	33	32	31	32	32	32	33	33	34	33	34	34	34	34	34	28	34	32	32
12:00	34	34	34	33	32	32	32	33	33	34	34	34	33	33	33	33	28	28	28	32	34	35	34	35	34	35	28	28	35	32	33
13:00	34	35	34	28	28	33	33	34	34	34	34	34	34	35	33	28	28	28	34	28	33	35	35	34	35	28	36	28	35	33	33
14:00	34	35	34	26	27	32	33	33	34	33	35	33	34	28	28	28	28	34	28	28	28	35	35	34	35	36	36	28	32	28	33
15:00	35	32	32	28	30	30	30	34	34	31	35	30	35	34	28	28	28	28	28	28	35	33	35	36	36	36	28	35	35	33	34
16:00	32	32	32	31	29	29	32	34	32	34	32	34	34	28	28	28	28	28	28	33	35	31	35	35	36	36	35	35	34	31	32
17:00	32	33	33	32	27	29	29	28	28	31	34	33	34	34	33	28	28	28	34	28	35	31	35	35	35	35	35	34	34	32	32
18:00	32	31	32	30	26	28	27	30	29	29	33	32	33	32	32	32	32	33	32	33	33	34	34	34	34	34	33	33	32	32	32
19:00	31	31	31	28	26	26	26	29	29	27	32	32	32	32	31	31	31	32	32	33	31	33	31	32	32	32	32	32	32	31	31
20:00	30	30	30	28	26	26	26	29	28	28	32	28	30	30	30	31	31	32	32	31	33	31	32	31	31	33	29	33	31	30	29
21:00	30	30	30	28	26	26	26	28	29	28	31	28	29	29	27	31	30	31	31	31	33	31	31	31	31	32	29	31	26	29	29
22:00	30	30	30	27	26	26	25	28	29	28	31	28	26	29	28	31	30	31	31	31	32	30	31	31	31	32	29	27	28	29	29
23:00	29	30	29	27	26	26	25	27	28		30	28	26	29	28	30	29	30	30	31	31	30	30	31	31	31	31	29	28	28	28

ตุลาคม

Datetime	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	5-Nov	6-Nov	7-Nov	8-Nov	9-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	21-Nov	22-Nov	23-Nov	24-Nov	25-Nov	26-Nov	27-Nov	28-Nov	29-Nov	30-Nov		
00:00	28	24	25	24	27	29	30	29	28	26	27	29	27	29	27	28	28	29	29	28	27	27	27	29	28	28	28	31	29	29		
01:00	29	24	25	25	26	29	29	28	27	26	27	28	28	27	27	28	28	28	29	29	28	27	27	28	27	26	29	30	28	29		
02:00	28	24	25	25	26	29	29	27	27	25	26	27	28	27	27	28	27	28	28	29	29	27	27	27	26	28	27	28	30	27	28	
03:00	26	24	25	25	26	28	28	27	26	25	25	27	27	27	27	28	27	28	28	29	29	27	26	26	27	26	27	26	28	29	27	28
04:00	24	24	25	25	26	28	27	27	26	24	25	27	27	27	26	27	26	28	28	28	28	26	26	26	26	25	27	26	27	28	26	27
05:00	25	24	25	25	26	28	27	27	26	24	25	27	26	26	27	26	27	28	28	29	28	26	25	25	25	26	25	27	28	26	27	
06:00	25	24	25	25	26	27	27	26	25	24	24	27	26	26	26	25	27	27	28	28	28	26	25	24	25	25	24	25	27	26	26	
07:00	25	24	25	25	26	27	27	26	25	24	24	27	26	26	26	25	26	26	27	27	25	24	24	25	24	25	25	26	27	26	26	
08:00	26	24	25	26	26	27	27	26	25	24	25	26	26	26	26	25	27	27	28	28	26	25	25	26	25	26	25	26	27	26	26	
09:00	27	25	27	28	28	29	28	27	26	25	26	28	27	27	28	28	29	29	29	29	28	27	28	29	28	29	28	29	28	29	28	
10:00	27	26	28	29	30	30	31	29	28	28	29	31	29	28	29	30	31	31	28	29	29	30	31	31	28	30	31	31	29	30		
11:00	27	27	28	28	31	32	32	30	29	30	31	32	30	29	31	32	33	32	33	30	31	31	32	32	32	28	31	32	31	30	31	
12:00	26	27	28	31	32	33	33	28	30	31	33	33	32	31	31	33	33	33	33	28	32	28	33	33	28	33	32	31	32	31	33	
13:00	27	27	28	32	33	34	28	28	28	32	33	34	32	31	32	33	34	33	28	28	28	32	34	33	33	28	32	28	33	32	33	
14:00	26	28	32	33	33	34	28	32	32	32	33	35	32	32	32	33	33	34	34	28	28	28	34	34	28	33	28	33	33	33	33	
15:00	26	29	33	32	33	33	34	32	31	32	33	35	33	33	32	33	34	34	34	28	28	28	32	34	33	28	33	28	34	33	33	
16:00	27	32	30	32	33	33	35	32	31	32	33	36	35	34	32	33	34	33	33	33	33	33	34	35	32	38	34	35	33	33	33	
17:00	26	29	31	31	36	33	38	32	30	32	33	34	32	31	32	33	33	33	33	28	28	32	32	33	32	28	33	32	32	32	32	
18:00	25	28	30	27	32	32	32	31	29	31	32	32	30	30	31	32	32	32	32	32	31	31	32	32	32	32	32	32	31	31	31	
19:00	25	28	30	28	31	31	31	30	29	30	31	31	29	30	30	31	31	31	31	30	30	30	30	31	31	31	31	32	32	31	31	
20:00	24	28	30	27	30	30	30	30	28	29	30	31	28	29	30	31	30	31	30	31	30	29	29	30	30	31	31	30	32	32	31	31
21:00	24	27	27	28	30	30	29	27	28	30	31	24	28	29	29	31	30	31	30	30	29	29	29	30	30	30	30	32	31	31	30	
22:00	24	28	27	30	30	30	30	29	28	29	30	28	29	29	29	29	30	31	31	30	29	29	29	30	30	30	31	31	31	30	30	
23:00	24	27	27	27	30	30	29	27	27	27	28	30	27	28	29	28	28	29	29	29	28	28	29	29	29	29	29	31	31	30	30	30

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

Datetime	1-Dec	2-Dec	3-Dec	4-Dec	5-Dec	6-Dec	7-Dec	8-Dec	9-Dec	10-Dec	11-Dec	12-Dec	13-Dec	14-Dec	15-Dec	16-Dec	17-Dec	18-Dec	19-Dec	20-Dec	21-Dec	22-Dec	23-Dec	24-Dec	25-Dec	26-Dec	27-Dec	28-Dec	29-Dec	30-Dec	31-Dec
00.00	29	29	27	25	23	22	23	22	22	23	24	24	24	26	27	28	28	29	28	28	28	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28
01.00	29	29	26	24	23	22	22	21	21	22	23	24	24	25	26	27	27	29	28	28	29	28	28	27	28	28	28	28	27	27	27
02.00	28	28	25	23	22	21	21	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
03.00	28	28	25	23	21	21	21	20	21	21	22	23	23	24	25	26	26	27	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	26	26
04.00	28	27	24	22	21	20	20	20	20	21	22	22	22	24	25	26	26	27	27	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	26	26
05.00	27	26	24	21	21	20	20	19	20	21	21	22	22	23	24	25	26	26	27	27	27	27	27	27	27	26	27	27	26	25	25
06.00	27	26	23	21	20	19	19	19	20	20	21	22	22	23	24	25	25	26	27	27	27	27	27	26	27	26	27	27	26	25	25
07.00	27	26	23	20	20	19	18	19	19	20	21	21	22	23	24	25	25	26	26	26	27	27	26	26	26	26	27	26	26	25	25
08.00	28	27	23	21	20	20	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	26	26	26	26	26	27	27	26	26	27	27	26	25	25	25
09.00	30	28	24	23	22	22	21	21	22	23	24	25	25	26	27	27	29	29	28	28	29	29	28	28	28	28	27	26	27	28	27
10.00	28	29	25	24	23	23	23	23	24	25	26	27	27	27	29	29	31	28	30	30	30	30	30	29	30	29	29	29	27	29	29
11.00	28	30	27	25	24	24	24	24	26	27	27	29	29	31	28	31	28	32	32	32	32	31	31	32	30	30	29	28	30	30	30
12.00	31	28	28	26	26	26	25	25	27	28	29	30	30	31	32	28	28	28	31	32	32	32	31	31	32	32	31	31	29	31	32
13.00	31	28	28	26	27	27	26	26	28	29	30	30	28	28	31	28	28	31	31	32	32	31	34	33	31	31	32	30	28	28	28
14.00	31	28	29	27	28	28	26	27	28	29	30	31	28	32	33	28	28	33	28	28	34	33	33	33	33	32	28	31	33	33	28
15.00	34	29	30	28	28	28	27	28	28	30	31	31	31	32	33	28	28	33	28	34	34	34	34	34	32	32	28	31	33	34	29
16.00	33	28	30	28	28	28	27	28	28	30	31	31	31	28	33	33	33	34	33	34	34	35	32	34	32	32	33	31	33	34	28
17.00	33	31	29	28	27	28	27	27	28	28	29	30	31	31	32	32	34	33	33	32	33	34	32	33	32	32	28	28	32	33	28
18.00	32	31	28	26	26	26	26	26	27	28	28	29	30	30	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	28	30	31	32
19.00	31	30	27	26	25	25	25	24	26	27	28	28	29	29	30	30	32	31	32	31	32	32	31	30	31	31	31	30	31	31	31
20.00	31	30	26	25	25	25	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	31	31	31	31	31	30	29	30	30	30	30	30	30	30
21.00	31	29	26	25	24	24	23	23	25	25	26	27	28	28	29	29	31	31	31	30	30	31	30	29	29	30	29	29	30	30	30
22.00	30	28	26	24	24	24	23	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30	30	30	30	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29
23.00	30	27	25	24	23	23	22	22	24	24	25	25	27	27	28	28	30	29	29	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28

ธันวาคม



ชั่วโมงที่เข้าขอบเขตความสบายของ Szokolay



+ ชั่วโมงที่ไม่เข้าขอบเขตความสบาย Szokolay

ภาคผนวก ค

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน

การศึกษาข้อมูลค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน รายชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ.2562 พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน เดือนมกราคมมีค่าฝุ่นละอองเฉลี่ยสูงที่สุดถึง 139 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ภาคผนวกที่ ค.1

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน รายชั่วโมงเดือนมกราคมถึงธันวาคม

Datetime	1-Jan	2-Jan	3-Jan	4-Jan	5-Jan	6-Jan	7-Jan	8-Jan	9-Jan	10-Jan	11-Jan	12-Jan	13-Jan	14-Jan	15-Jan	16-Jan	17-Jan	18-Jan	19-Jan	20-Jan	21-Jan	22-Jan	23-Jan	24-Jan	25-Jan	26-Jan	27-Jan	28-Jan	29-Jan	30-Jan	31-Jan
00:00	32	52	52	52	52	94	92	89	43	57	57	58	58	86	91	66	57	51	54	66	58	76	80	59	62	76	71	68	78	88	83
01:00	34	50	62	42	39	81	36	83	41	65	52	52	52	84	79	66	64	63	43	65	82	77	79	96	64	81	72	66	77	59	26
02:00	26	38	51	40	30	79	79	62	29	35	23	50	50	71	70	55	63	54	65	53	57	84	81	65	64	83	72	55	77	60	26
03:00	35	45	49	46	44	79	84	58	36	29	23	51	81	72	68	57	67	54	61	51	58	89	94	77	67	64	72	38	76	90	71
04:00	25	50	43	50	42	58	84	60	43	35	23	79	96	54	68	56	78	54	57	48	52	80	85	50	67	64	67	98	83	54	68
05:00	21	43	43	49	44	58	76	62	36	35	11	72	98	52	67	56	69	46	67	57	35	84	53	43	69	55	55	90	88	51	61
06:00	25	40	44	42	47	58	36	47	32	30	23	77	99	52	35	48	61	38	71	69	84	89	61	49	65	39	54	89	88	51	42
07:00	30	41	50	44	46	58	93	50	42	50	23	90	98	34	58	71	41	94	64	83	89	54	51	51	94	52	72	14	58	65	85
08:00	21	47	53	56	46	58	95	52	52	45	23	98	98	30	99	70	83	85	76	94	86	60	63	58	60	63	98	41	60	96	97
09:00	24	38	44	64	47	58	56	65	65	52	58	58	58	34	75	70	36	90	81	50	52	56	63	58	98	40	64	76	56	54	54
10:00	23	32	49	59	47	58	90	67	84	72	48	50	52	36	82	62	31	31	31	31	41	46	54	54	59	38	61	94	54	21	21
11:00	26	35	37	45	48	58	90	75	39	61	48	66	76	33	83	55	29	64	50	50	38	31	36	31	38	36	64	70	70	68	88
12:00	26	39	35	42	56	58	52	61	42	58	52	64	50	66	34	39	43	29	34	73	82	30	30	30	78	33	35	53	72	68	88
13:00	23	36	33	50	56	74	94	47	62	59	85	60	53	54	38	57	32	26	42	45	69	26	35	29	60	30	32	48	52	58	83
14:00	32	37	31	41	48	65	88	55	51	53	67	46	46	56	42	41	30	23	46	45	58	31	30	30	28	27	54	35	88	68	68
15:00	32	38	34	43	50	58	57	51	47	45	57	35	35	62	40	37	31	39	52	44	65	28	26	21	47	35	27	57	49	59	65
16:00	36	38	36	43	47	58	87	52	52	64	56	38	42	56	56	41	38	31	57	38	64	27	28	23	42	34	41	53	62	99	74
17:00	37	25	36	46	60	62	70	47	57	68	44	35	48	56	37	43	33	55	46	51	25	34	27	33	30	44	66	50	50	71	71
18:00	28	32	38	54	65	63	66	48	59	66	67	51	31	48	52	37	50	35	58	40	42	22	33	24	38	28	36	61	60	50	75
19:00	29	27	57	48	63	57	65	46	61	73	62	61	41	47	55	37	49	42	35	36	47	33	34	30	43	35	42	63	56	50	80
20:00	37	38	44	51	71	76	71	44	64	80	62	65	43	51	58	47	60	61	54	47	53	37	34	35	45	40	49	68	63	98	90
21:00	46	31	50	48	71	97	80	38	74	96	58	58	56	84	86	63	71	51	58	80	67	41	52	50	54	31	78	32	92	98	98
22:00	38	38	45	52	31	55	68	99	58	58	90	68	96	80	60	80	67	52	96	63	61	69	59	61	56	85	88	76	84	84	84
23:00	49	45	37	43	68	58	58	42	68	58	58	58	80	58	58	59	64	67	67	67	60	62	68	60	71	60	76	70	77	99	97
Average	31	39	46	46	54	80	81	55	50	60	58	82	77	84	68	56	58	43	64	64	80	55	52	45	69	61	55	66	68	86	77

มกราคม

Datetime	1-Feb	2-Feb	3-Feb	4-Feb	5-Feb	6-Feb	7-Feb	8-Feb	9-Feb	10-Feb	11-Feb	12-Feb	13-Feb	14-Feb	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb	28-Feb	
00:00	60	62	52	31	30	40	31	39	40	33	38	29	60	51	35	39	26	28	21	25	24	35	28	30	26	34	35	42	
01:00	53	59	43	30	22	32	28	26	30	23	41	29	58	46	32	35	29	25	21	26	31	35	33	30	36	32	34	42	
02:00	47	45	32	22	38	30	27	31	36	23	26	23	30	34	23	22	21	17	8	14	37	19	22	23	20	29	22	35	
03:00	47	44	43	38	36	35	34	30	31	20	34	29	32	36	27	33	24	22	19	19	22	27	24	21	28	32	24	48	
04:00	46	40	43	36	33	36	38	32	31	21	33	25	41	39	26	37	25	24	18	19	28	26	23	26	26	34	24	45	
05:00	47	39	54	33	28	37	31	35	42	25	32	38	43	33	26	31	24	28	12	18	34	23	29	12	26	35	28	44	
06:00	46	42	37	38	38	38	36	40	41	23	34	34	31	34	33	29	34	20	18	17	25	31	27	34	26	28	35	38	
07:00	50	45	44	38	46	48	44	43	39	33	42	42	54	42	37	40	25	34	23	30	35	44	36	30	31	31	38	46	
08:00	62	55	47	46	48	48	39	55	43	34	46	35	85	53	45	43	36	43	27	34	48	38	43	35	41	38	43	46	
09:00	65	52	52	48	45	44	34	50	39	32	50	50	50	50	49	45	41	31	43	29	31	38	40	43	40	37	38	58	51
10:00	62	52	56	45	55	47	42	42	47	34	45	29	34	40	41	35	31	30	28	30	31	28	34	36	33	32	38	47	
11:00	59	60	52	55	49	44	44	44	42	42	37	43	39	39	37	40	37	29	35	19	26	31	20	30	34	36	33	39	46
12:00	61	52	45	49	48	50	46	36	46	34	44	35	75	47	47	41	28	18	22	22	30	24	26	35	30	32	39	36	
13:00	61	51	36	40	50	51	41	45	32	41	41	43	67	50	50	34	27	25	12	27	42	28	30	39	35	41	45	45	
14:00	50	45	43	50	55	55	40	39	42	34	44	44	44	57	45	51	39	25	27	27	21	41	24	31	39	38	40	47	43
15:00	46	51	37	55	61	67	39	46	51	39	42	48	57	45	48	34	33	26	20	22	42	26	32	41	39	35	50	50	
16:00	50	54	40	61	50	60	42	44	51	39	44	51	65	50	52	41	31	34	29	28	41	27	32	36	37	35	47	52	
17:00	57	62	70	50	55	54	47	46	42	47	45	52	59	49	53	46	29	29	25	28	36	26	31	39	36	39	50	59	
18:00	48	64	36	55	52	61	38	34	39	47	45	54	61	58	43	42	31	34	29	31	37	34	35	50	36	34	52	49	
19:00	47	73	23	52	66	49	37	51	46	61	41	66	70	43	38	36	30	30	29	32	40	31	41	42	38	42	48	51	
20:00	58	67	45	66	59	53	41	43	37	32	47	69	42	36	33	30	27	24	41	37	31	39	37	41	35	44	51	51	
21:00	63	46	44	59	58	47	36	41	36	39	39	77	94	47	34	28	26	33	20	44	34	30	27	41	43	34	52	52	
22:00	70	49	30	58	62	38	39	40	35	34	31	72	71	37	40	24	31	24	23	29	33	34	35	40	38	33	42	41	
23:00	78	50	31	62	50	31	38	39	30	30	40	64	65	44	37	25	27	23	27	27	35	33	33	32	45	27	36	40	
Average	39	38	35	46	44	44	44	44	44	44	40	45	66	44	39	36	37	37	37	37	37	37	37	37	38	39	40	45	46

คุณภาพน้ำ



ภาคผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

Datetime	1-Mar	2-Mar	3-Mar	4-Mar	5-Mar	6-Mar	7-Mar	8-Mar	9-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar	14-Mar	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar
00:00	47	37	39	33	41	33	29	32	38	34	28	31	41	36	27	41	65	45	49	39	43	47	27	34	45	22	34	36	41	42	25
01:00	46	37	43	33	33	32	29	31	36	33	26	31	38	36	27	41	73	45	51	36	33	49	35	32	38	27	33	33	35	43	30
02:00	36	30	33	24	29	21	23	18	26	16	19	19	25	21	11	28	49	34	28	32	19	38	26	29	27	17	18	16	25	24	20
03:00	40	37	33	33	38	29	31	27	28	11	28	31	31	33	26	36	56	46	38	47	29	33	40	35	43	10	27	23	26	29	34
04:00	43	39	35	28	41	32	25	25	33	23	19	34	34	28	15	33	56	48	42	44	33	18	32	44	27	28	30	33	33	30	34
05:00	41	42	34	28	30	33	27	27	34	25	26	30	32	27	19	30	52	46	41	45	30	15	30	50	30	35	29	29	31	26	30
06:00	40	43	39	35	49	30	32	24	33	16	31	38	39	32	25	35	53	52	35	45	33	19	41	47	39	44	33	31	33	37	35
07:00	47	46	39	38	51	47	27	33	33	32	37	39	43	40	33	50	55	58	49	54	46	24	45	50	33	44	40	42	37	36	38
08:00	59	63	43	42	54	60	38	29	37	37	43	50	54	42	38	51	70	66	57	59	53	52	51	53	41	46	53	38	56	51	43
09:00	61	55	48	42	50	58	38	29	40	41	46	53	46	40	33	49	81	65	64	47	57	35	38	53	39	49	40	46	42	49	37
10:00	46	45	48	41	48	37	30	38	34	29	40	54	37	40	29	33	55	54	48	51	44	34	48	47	45	59	53	45	38	38	43
11:00	41	36	40	44	40	54	30	40	31	30	40	36	39	69	49	47	53	42	9	45	40	41	37	38	38	33	33	37	33	37	37
12:00	33	49	44	37	49	49	28	32	35	33	55	36	38	35	27	35	60	50	44	45	44	22	35	40	43	31	34	36	42	37	41
13:00	45	42	46	39	45	48	18	40	52	37	45	69	36	39	20	37	50	59	44	47	44	27	55	33	52	23	42	40	43	44	47
14:00	39	46	37	40	46	46	17	33	25	30	46	61	33	39	30	48	57	65	46	40	52	38	58	42	28	37	48	37	30	36	36
15:00	36	43	46	28	40	44	22	26	35	30	52	30	38	35	32	41	53	54	45	41	54	45	46	36	31	27	38	40	31	30	33
16:00	39	41	43	37	40	45	15	27	23	28	44	35	40	34	38	41	55	54	48	40	55	45	39	35	33	30	33	42	33	36	33
17:00	41	49	41	28	42	38	27	29	27	26	43	37	33	32	37	41	51	61	48	27	45	41	38	46	44	46	41	41	39	30	35
18:00	43	40	45	31	44	38	31	34	31	27	42	51	33	39	39	40	47	48	47	40	47	44	43	38	40	43	33	38	38	27	30
19:00	45	49	45	43	52	48	34	36	35	38	47	44	39	39	51	56	58	53	60	44	58	41	53	35	33	39	42	43	48	40	30
20:00	45	53	46	47	53	41	28	40	28	31	47	39	41	39	46	54	55	50	52	39	56	49	40	31	25	36	40	45	34	41	36
21:00	44	44	37	45	43	36	38	41	40	35	40	58	35	37	48	60	56	58	51	42	50	41	44	36	27	37	33	43	42	39	54
22:00	42	46	37	34	42	33	37	43	38	27	42	51	35	30	45	67	51	47	46	41	40	27	50	32	31	35	35	31	39	27	38
23:00	38	43	30	45	39	34	40	44	31	36	39	51	43	34	43	67	51	48	51	37	39	31	47	46	29	28	27	32	38	27	36
Average	40	40	40	40	40	40	40	40	40	41	41	41	41	41	41	42	42	40	40	39	38	38	37	36	37	37	37	37	37	37	39

มีนาคม

Datetime	1-Apr	2-Apr	3-Apr	4-Apr	5-Apr	6-Apr	7-Apr	8-Apr	9-Apr	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr	14-Apr	15-Apr	16-Apr	17-Apr	18-Apr	19-Apr	20-Apr	21-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	25-Apr	26-Apr	27-Apr	28-Apr	29-Apr	30-Apr
00:00	35	39	30	38	30	27	28	27	25	34	26	27	28	28	21	23	23	25	27	34	42	46	25	48	26	34	33	32	29	23
01:00	33	40	31	34	26	27	33	38	25	29	26	28	28	23	21	23	23	28	27	31	49	52	25	45	26	38	30	32	26	23
02:00	29	25	28	22	17	21	26	37	11	22	18	12	19	13	20	12	14	15	22	20	26	33	14	25	13	30	28	16	18	13
03:00	32	37	31	49	25	28	27	37	15	36	23	26	21	22	22	23	22	21	33	45	40	34	24	25	36	30	27	27	18	
04:00	37	27	21	52	24	32	34	35	23	27	24	22	50	23	24	21	17	21	34	38	45	34	29	37	31	33	58	34	20	20
05:00	34	26	30	55	21	45	35	37	23	29	19	25	28	22	17	25	24	20	32	27	32	38	30	38	23	35	62	26	16	26
06:00	26	25	28	43	27	43	41	38	33	23	24	28	32	22	26	24	30	23	27	36	36	43	32	32	29	45	51	35	25	27
07:00	22	39	31	45	37	46	32	55	33	34	35	25	41	30	20	32	29	30	32	37	40	35	40	41	48	51	43	39	31	35
08:00	28	43	34	46	50	53	26	55	43	44	38	25	38	39	23	28	35	42	38	51	45	53	38	48	46	57	50	35	40	44
09:00	35	44	54	51	34	54	31	54	35	35	35	37	31	36	28	34	30	36	41	38	49	40	45	39	49	58	53	30	33	31
10:00	31	39	39	51	29	49	36	44	38	28	31	39	34	28	24	34	39	38	34	35	55	49	51	39	38	33	51	34	40	33
11:00	33	40	32	34	27	44	31	53	27	33	31	41	38	28	23	25	20	39	44	38	48	35	48	29	36	43	47	27	30	26
12:00	31	51	28	27	30	39	28	55	34	35	35	40	36	23	22	31	27	44	34	47	51	35	37	43	46	50	42	27	33	33
13:00	29	51	39	26	32	33	23	48	35	31	27	40	39	23	19	25	18	38	36	59	60	34	47	40	47	41	37	24	29	29
14:00	37	36	34	19	25	28	31	40	26	27	31	42	37	23	20	35	20	38	33	54	42	34	41	38	51	48	37	23	26	43
15:00	27	47	33	21	26	27	24	33	30	28	30	41	37	20	16	21	20	52	28	48	34	35	37	32	42	46	35	15	16	24
16:00	30	35	27	24	22	25	25	32	33	27	27	32	32	16	13	23	16	33	29	66	40	33	26	37	41	39	48	17	28	19
17:00	34	39	22	30	16	27	46	30	30	24	30	29	27	16	25	19	16	38	31	52	37	51	33	39	27	48	41	28	51	28
18:00	34	44	21	26	26	39	32	31	39	28	29	29	33	17	21	28	19	35	29	45	38	27	38	34	32	43	34	26	28	24
19:00	39	43	36	29	23	38	33	35	33	34	39	29	27	21	17	26	19	44	36	41	39	36	39	38	44	36	41	27	22	35
20:00	43	39	37	41	32	39	23	41	42	33	47	36	32	34	34	33	32	36	41	47	43	33	50	31	41	44	41	80	27	51
21:00	45	33	28	35	35	29	27	31	33	29	40	34	29	31	34	30	32	38	39	60	52	26	48	33	44	33	47	32	28	34
22:00	36	43	33	30	33	29	36	25	31	35	33	31	35	26	29	31	28	23	38	45	43	40	38	33	30	40	27	27	38	38
23:00	31	27	33	31	30	34	40	25	34	32	32	25	28	22	27	23	35	34	33	43	50	28	44	37	40	46	38	31	22	34
Average	33	39	31	36	28	35	31	41	30	32	32	31	33	24	23	26	24	33	33	43	43	37	37	37	37	44	42	28	27	30

เมษายน

Datetime	1-May	2-May	3-May	4-May	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May	15-May	16-May	17-May	18-May	19-May	20-May	21-May	22-May	23-May	24-May	25-May	26-May	27-May	28-May
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

ภาคผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

Datetime	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun	7-Jun	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	28-Jun	29-Jun	30-Jun
00:00	31	34	17	20	23	34	41	50	17	13	24	33	37	29	25	18	27	19	26	28	28	33	44	15	29	35	21	32	36	31
01:00	29	26	21	22	21	27	31	34	27	17	23	26	19	26	27	30	26	18	16	37	26	31	29	26	34	40	19	43	27	26
02:00	21	17	12	11	8	21	27	32	11	10	10	7	13	23	8	9	13	14	5	18	11	18	16	15	9	22	10	25	20	8
03:00	36	27	13	8	23	20	36	30	20	23	19	18	26	26	21	17	27	11	17	19	17	26	27	18	20	27	17	40	23	19
04:00	30	23	20	23	15	17	32	16	30	16	18	23	22	34	24	21	9	15	17	52	17	31	24	17	35	16	14	35	17	21
05:00	25	30	15	22	14	24	28	28	23	17	21	24	17	31	22	25	15	19	19	17	27	18	20	20	27	17	14	27	18	16
06:00	29	13	19	22	22	27	16	25	21	21	22	27	20	20	27	23	22	27	18	27	22	15	10	17	26	14	12	17	13	22
07:00	31	22	21	27	43	46	39	30	27	37	32	31	24	27	22	36	30	26	27	39	28	25	24	27	26	21	20	32	24	32
08:00	36	33	25	26	36	26	39	46	33	39	36	36	31	40	30	31	53	37	32	30	34	26	28	35	26	28	29	27	27	26
09:00	40	31	27	35	22	23	43	33	29	20	26	27	33	27	23	44	27	21	27	28	27	29	25	28	31	23	21	27	22	35
10:00	20	26	31	35	27	37	37	24	21	23	25	27	22	29	19	28	28	23	32	22	27	22	24	29	27	20	24	27	15	37
11:00	27	23	22	36	13	36	61	23	25	22	27	20	27	27	29	23	23	18	26	24	20	25	27	22	38	17	23	27	16	28
12:00	28	26	28	15	28	40	44	18	28	23	24	25	26	27	21	20	33	15	29	37	24	29	28	16	51	23	27	30	21	21
13:00	22	22	24	30	27	35	46	39	31	30	28	22	14	30	24	19	23	27	22	31	21	21	16	37	35	26	27	29	28	28
14:00	33	18	32	20	12	29	35	54	25	40	36	21	23	14	26	15	20	20	27	24	23	26	32	34	27	35	28	19	33	33
15:00	38	31	27	33	21	55	39	45	19	27	23	22	22	28	23	32	30	19	14	28	22	18	21	56	38	27	23	23	23	20
16:00	26	17	24	34	31	47	23	31	24	21	38	34	26	31	28	24	20	18	17	27	26	18	35	27	29	27	31	31	17	26
17:00	18	22	32	37	29	40	21	33	18	27	35	27	25	29	38	29	27	24	18	28	34	27	20	26	20	26	27	33	19	32
18:00	17	20	32	38	25	46	24	20	15	23	33	34	21	27	33	26	17	22	24	34	34	33	30	37	18	22	11	27	19	40
19:00	25	24	28	37	33	35	25	25	31	26	37	24	26	25	30	27	27	19	28	35	27	39	51	34	21	27	11	29	20	24
20:00	33	21	35	45	31	34	32	27	27	28	35	21	33	24	29	30	22	26	20	31	41	44	49	30	18	23	35	31	26	33
21:00	37	27	33	41	29	33	35	32	26	24	34	22	31	24	28	30	22	20	28	31	44	45	38	39	29	29	30	23	31	31
22:00	27	34	31	27	35	49	42	25	24	23	40	21	19	27	20	38	22	23	24	35	35	36	35	35	31	21	45	18	28	24
23:00	28	20	31	34	34	38	53	28	15	21	28	28	19	23	15	40	21	39	21	26	28	36	29	33	38	27	23	33	25	35
Average	28	24	26	26	25	34	37	31	23	23	28	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

มิถุนายน

Datetime	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	28-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	
00:00	36	43	47	75	35	41	30	39	37	32	34	27	27	23	29	40	23	31	18	26	23	20	24	48	30	38	34	27	23	26	25	
01:00	25	27	33	43	32	45	26	36	35	36	40	23	22	27	24	37	25	26	23	27	25	19	26	49	29	44	26	31	17	21	27	
02:00	26	12	25	38	18	37	17	24	21	29	29	21	12	16	9	23	15	10	6	31	8	12	21	37	12	32	17	21	12	8	14	
03:00	29	32	24	42	36	16	32	23	30	35	17	21	15	15	22	34	13	16	12	18	9	16	30	31	26	33	24	23	11	15	23	
04:00	31	31	30	41	23	35	36	27	27	40	20	18	24	21	23	18	22	21	17	22	16	17	30	28	30	15	23	33	13	12	17	
05:00	28	24	28	35	22	27	34	19	21	28	16	22	22	11	21	23	16	20	16	16	9	17	31	32	29	36	23	21	15	11	21	
06:00	37	20	23	29	28	32	27	23	37	37	34	24	20	20	22	18	23	18	24	16	21	25	26	30	33	30	24	18	16	18		
07:00	29	30	35	35	40	33	28	31	42	40	44	33	28	23	20	30	39	25	26	29	22	30	33	45	34	35	25	20	22	26	27	
08:00	26	37	25	34	48	41	40	40	42	53	35	32	33	31	30	39	38	38	31	37	28	28	40	47	54	44	28	27	27	36	27	
09:00	32	40	30	38	42	49	40	33	31	61	36	20	27	21	28	26	32	25	23	37	25	30	31	44	55	35	37	33	25	22	23	
10:00	24	30	32	32	38	51	30	30	20	35	24	24	24	20	26	26	28	27	15	49	27	24	23	38	30	28	23	21	31	30	30	
11:00	25	29	33	38	20	48	26	23	16	27	32	30	26	19	24	21	23	24	21	44	19	27	27	18	31	34	24	30	23	25	32	
12:00	28	28	27	42	32	32	22	21	33	27	35	28	29	18	25	26	27	31	11	31	18	28	38	24	25	24	25	31	25	26	26	
13:00	41	27	32	26	33	30	21	35	32	34	30	31	28	34	21	27	26	39	21	36	25	27	31	34	26	29	25	27	33	27	29	
14:00	37	31	28	25	27	35	16	28	36	37	27	24	33	33	22	29	30	42	18	36	21	29	29	24	27	31	21	29	18	23	35	
15:00	37	36	27	26	34	36	11	24	42	35	35	24	27	21	26	39	30	30	27	33	33	24	31	26	22	23	27	25	26	20	23	30
16:00	35	35	31	25	36	37	31	27	35	29	43	34	31	31	24	28	31	33	31	39	27	31	31	36	24	30	32	23	20	27	32	
17:00	24	32	29	32	31	42	21	37	29	30	30	27	37	25	34	30	24	26	34	34	21	35	32	29	24	32	30	25	24	22	25	
18:00	35	44	34	32	35	25	27	21	26	30	29	43	26	29	39	38	26	32	29	34	26	35	40	28	31	25	33	29	15	27	30	
19:00	36	36	38	22	44	48	24	25	42	30	36	33	33	22	36	33	21	38	27	25	31	31	27	27	24	33	42	31	24	26	33	
20:00	59	38	38	23	37	37	43	32	33	28	34	27	33	25	23	31	26	24	23	22	22	31	15	34	23	38	53	34	21	18	21	
21:00	57	41	35	27	45	34	31	37	25	32	33	37	25	29	27	28	27	34	26	31	21	34	31	29	31	29	46	38	11	20	24	
22:00	47	40	43	27	43	30	40	36	29	34	26	35	23	29	29	30	33	25	16	24	25	25	24	36	37	34	38	28	15	28	31	
23:00	56	45	42	31	47	26	38	40	34	34	26	31	30	35	47	32	18	32	20	16	17	32	49	38	33	37	36	26	21	29	31	
Average	35	33	32	34	34	38	29	39	30	35	31	29	29	26	28	30	29	38	29	30	29	29	30	33	29	34	30	29	29	29	29	

กรกฎาคม

Datetime	1-Aug	2-Aug	3-Aug	4-Aug	5-Aug	6-Aug	7-Aug	8-Aug	9-Aug	10-Aug	11-Aug	12-Aug	13-Aug	14-Aug	15-Aug	16-Aug	17-Aug	18-Aug	19-Aug	20-Aug	21-Aug	22-Aug	23-Aug	24-Aug	25-Aug	26-Aug	27-Aug	28-Aug	29-Aug	30-Aug	3
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---

ภาคผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

Datetime	1-Sep	2-Sep	3-Sep	4-Sep	5-Sep	6-Sep	7-Sep	8-Sep	9-Sep	10-Sep	11-Sep	12-Sep	13-Sep	14-Sep	15-Sep	16-Sep	17-Sep	18-Sep	19-Sep	20-Sep	21-Sep	22-Sep	23-Sep	24-Sep	25-Sep	26-Sep	27-Sep	28-Sep	29-Sep	30-Sep	
00:00	28	32	38	21	39	62	39	25	24	29	27	28	29	28	31	22	38	30	33	30	21	44	39	17	40	56	37	50	61	64	
01:00	25	25	31	22	31	52	37	30	17	24	20	28	28	21	30	15	34	23	26	37	16	38	32	17	39	46	26	59	52	71	
02:00	17	9	10	17	8	22	19	22	15	24	16	14	16	10	22	8	12	13	25	28	6	35	27	11	32	38	24	52	52	69	
03:00	25	19	33	21	40	36	38	26	19	21	31	25	18	11	27	12	22	23	27	42	13	32	33	16	35	42	27	49	43	71	
04:00	25	21	31	22	32	36	32	29	14	24	25	23	12	14	27	19	41	31	30	38	19	29	24	11	39	41	28	37	41	69	
05:00	24	24	42	21	31	35	31	25	19	18	27	23	19	24	35	24	43	33	30	36	24	35	36	15	38	46	22	32	42	57	
06:00	21	24	31	24	31	41	38	29	22	18	29	24	17	18	31	22	55	37	35	38	16	31	27	19	53	46	28	34	43	69	
07:00	16	34	42	23	39	50	42	35	35	31	38	21	23	29	32	35	39	43	31	43	27	37	20	32	62	55	32	44	42	77	
08:00	24	41	41	22	44	72	46	39	44	41	34	36	26	35	40	37	50	40	47	52	41	42	18	34	67	53	46	68	60	77	
09:00	27	38	39	29	45	60	51	42	35	38	43	44	22	29	41	35	54	42	39	62	24	45	19	36	54	45	50	67	61	77	
10:00	19	29	47	31	36	55	52	40	42	42	31	41	22	39	42	31	50	31	42	57	23	17	15	40	48	33	35	51	52	64	
11:00	24	33	40	40	30	48	35	30	38	32	30	25	21	44	30	21	44	35	43	52	18	12	11	29	39	28	27	44	45	90	
12:00	27	26	32	40	33	35	28	38	26	32	32	29	25	37	17	23	35	34	34	48	20	20	11	26	31	27	22	41	35	86	
13:00	17	21	26	28	37	31	46	25	35	30	18	20	22	24	35	25	34	38	32	42	17	20	11	24	30	33	26	46	39	73	
14:00	26	2	17	30	31	40	43	25	33	24	36	21	27	35	18	29	28	31	21	31	19	30	15	22	33	20	23	37	42	74	
15:00	18	7	31	29	44	36	34	25	29	25	42	19	22	27	15	50	21	22	30	38	26	26	12	26	22	22	20	35	35	96	
16:00	21	8	16	32	37	35	36	28	33	26	30	27	26	29	14	26	22	19	18	30	29	27	13	35	28	21	20	38	37	88	
17:00	26	29	39	37	43	44	22	37	29	26	25	19	21	38	26	26	41	16	30	36	26	29	17	33	27	14	52	29	46	90	
18:00	27	30	19	32	38	41	26	34	27	29	20	19	36	48	41	29	41	16	28	36	30	27	24	36	36	20	45	34	44	80	
19:00	22	34	12	41	37	51	26	28	48	29	42	24	27	38	30	31	32	42	16	29	54	20	21	37	34	43	25	39	42	55	95
20:00	28	29	16	45	38	45	24	41	36	29	38	23	36	27	24	33	49	34	26	30	33	19	27	38	49	35	44	39	55	79	
21:00	50	28	29	44	53	45	26	28	38	35	42	42	40	39	24	40	44	31	36	35	36	18	18	40	45	36	61	52	54	68	
22:00	35	32	30	40	44	42	25	28	36	32	25	28	36	31	16	24	30	30	29	23	36	45	40	52	55	63	63	64	64	64	
23:00	24	27	17	38	43	38	23	25	32	32	24	26	31	37	28	26	26	21	32	17	36	25	21	41	49	79	54	62	64	71	
Average	25	25	35	36	37	44	34	31	31	29	30	35	35	36	36	37	38	38	38	38	39	39	41	42	45	48	49	52	58	64	79

กันยายน

Datetime	1-Oct	2-Oct	3-Oct	4-Oct	5-Oct	6-Oct	7-Oct	8-Oct	9-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct
00:00	50	25	33	26	33	41	22	23	31	60	39	39	36	13	25	32	26	39	25	2	31	54	67	30	35	50	31	26	26	50	27
01:00	53	23	22	24	36	47	24	17	23	60	49	35	32	15	31	33	27	34	20	30	50	61	52	29	38	41	31	24	28	40	29
02:00	41	14	17	14	24	39	18	9	10	47	38	27	50	17	21	22	22	30	17	21	32	51	46	29	29	35	20	21	13	20	19
03:00	47	13	27	16	33	45	25	18	19	45	31	31	47	33	32	30	25	23	22	24	27	16	39	24	27	42	35	35	24	24	11
04:00	44	21	28	15	32	38	27	19	19	38	34	33	34	21	30	24	17	27	27	24	21	73	37	25	30	40	23	16	42	23	25
05:00	38	24	30	16	26	39	27	17	28	34	41	34	28	32	29	26	21	15	23	25	15	65	30	29	30	46	26	13	35	27	17
06:00	40	25	30	33	28	41	28	18	33	52	30	40	26	30	26	26	19	17	31	30	31	54	29	31	30	50	24	12	35	27	14
07:00	43	40	50	28	27	42	32	25	45	51	22	39	17	26	35	37	25	17	30	23	33	50	35	31	43	51	32	21	41	25	42
08:00	47	44	56	36	35	46	26	29	53	41	25	49	28	26	48	45	37	14	28	28	53	43	46	45	52	59	33	14	38	30	44
09:00	48	40	49	44	35	45	31	29	23	31	23	48	24	20	41	30	39	14	31	26	38	44	38	33	46	44	29	45	17	25	38
10:00	40	33	39	38	35	44	18	27	26	41	18	42	22	21	34	22	28	20	32	25	37	57	37	36	30	27	41	29	37	35	25
11:00	48	30	32	26	43	38	22	15	35	30	23	36	26	15	22	15	21	16	22	33	24	62	30	22	31	27	17	36	19	16	36
12:00	52	28	28	27	39	15	14	23	39	35	25	29	17	16	16	15	17	22	19	22	31	47	36	30	33	18	15	18	19	18	26
13:00	52	34	33	34	35	10	25	22	37	35	36	27	21	16	23	25	18	16	14	18	18	50	45	31	27	16	20	16	17	16	27
14:00	44	40	37	26	24	15	18	22	15	47	34	36	15	16	19	25	13	21	19	26	19	44	39	27	22	21	14	14	17	15	24
15:00	38	35	34	30	26	19	21	20	46	38	28	16	11	20	24	15	43	20	23	20	72	38	36	18	19	14	16	23	18	25	25
16:00	33	37	58	27	26	31	34	16	23	40	36	29	12	18	15	21	8	32	19	28	18	89	35	32	23	14	16	20	28	19	25
17:00	36	27	45	18	34	30	40	34	33	44	56	29	15	16	20	15	54	20	21	27	14	88	40	26	17	14	15	15	25	24	24
18:00	47	37	39	37	18	23	24	28	39	70	54	49	18	18	11	13	13	19	26	21	26	74	36	22	22	19	17	27	23	24	31
19:00	48	36	34	23	22	31	43	29	30	33	62	43	34	32	22	20	14	22	29	29	29	69	42	44	33	19	23	24	32	27	32
20:00	42	33	34	26	33	44	17	24	30	34	49	34	34	36	22	20	17	18	30	34	54	70	46	38	44	33	23	26	26	30	28
21:00	28	35	26	78	31	37	22	31	33	41	52	30	26	31	28	24	13	13	38	29	59	73	43	54	35	28	21	35	35	30	27
22:00	20	43	34	47	33	25	24	25	41	44	39	34	36	25	32	34	25	26	49	35	52	87	48	41	57	42	20	31	31	34	27
23:00	25	40	17	39	32	26	13	25	39	39	40	40	9	17	24	30	20	27	34	37	52	31	31	38	60	28	23	23	23	24	21
Average	31	30	30	31	31	33	25	21	30	44	40	36	36	31	27	25	21	23	28	27	31	63	40	33	34	33	32	24	28	26	38

ตุลาคม

Datetime	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	5-Nov	6-Nov	7-Nov	8-Nov	9-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	21-Nov	22-Nov	23-Nov	24-Nov	25-Nov	26-Nov	27-Nov	28-Nov	29-Nov	30-Nov	
00:00	21	22	49	15	72	51	57	37	47	45	67	77	75	28	25	38	52	39	63	45	31	43	35	49	43	23	39	37	17	36	
01:00	22	23	25	31	27	46	48	61	35	46	70	70	59	73	33	22	38	38	36	53	34	42	50	53	24	42	26	16	18	39	
02:00	12	20	49	19	61	45	61	35	46	56	64	73	55	24	23	33	76	36	56	26	29	41	27	30	30	24	42	34	17	20	
03:00	17	24	55	16	64	38	57	47	43	35	74	73	55	28	26	43	67	33	58	41	22	46	56	27	45	22	43	52	21	37	
04:00	16	26	49	15	67	36	51	48	43	39	77	45	61	29	23	46	48	31	54	31	16	30	37	27	49	21	44	27	13	20	
05:00	14	22	49	21	66	39	57	39	45	38	77	42	71	54	19	48	47	32	64	23	24	27	46	28	50	23	47	26	14	22	
06:00	11	21	46	39	64	41	60	43	43	42	72	48	57	36	24	37	52	31	62	23	18	32	42	28	62	21	41	25	18	33	
07:00	30	36	48	36	61	44	68	42	53	43	76	50	59	33	22	45	65	39	69	24	22	32	34	31	63	25	57	22	28	34	
08:00	21	31	42	34	66	46	70	47	49	48	63	55	37	39	31	45	39	52	82	20	26	25	33	37	76	36	48	22	28	43	
09:00	15	34	38	42	56	55	81	43	47	46	65	45	37	32	46	86	63	63	64	20	26	25	42	32	63	38	49	19	32	31	
10:00	17	38	37	42	37	41	66	42	47	42	55	42	39	35	30	42	66	60	34	19	27	22	32	26	37	40	26	14	19	20	
11:00	16	34	42	37	42	42	63	49	41	35	40	60	32	24	19	27	45	53	54	29	23	22	24	28	29	19	32	12	20	20	
12:00	20	31	36	36	35	38	36	38	39	36	36	36	36	24	19	27	45	53	19	19	23	17	18	9	20	24	16	19	26	19	
13:00	25	21	34	41	32	30	31	43	38	35	37	36	26	25	23	26	45	41	14	22	21	19	27	17	24	13	22	13	21	20	
14:00	20	21	30	38	38	35	34	38	33	44	37	27	31	24	29	21	47	41	14	16	19	22	22	15	11	18	14	17	14	6	14
15:00	22	21	26	47	26	34	29	41	36	40	30	35	27	23	24	23	53	59	16	14	27	18	23	28	18	19	17	19	17	17	
16:00	24	23	49	41	37	33	27	37	38	39	33	33	33	20	25	24	34	59	29	19	20	19	23	17	18	23	16	12	27	20	
17:00	22	29	20	69	27	33	32	45	40	39	40	47	35	21	27	23	46	57	25	23	25	12	24	14	22	19	17	19	24	16	
18:00	19	36	26	85	27	31	31	44	44	43	46	56	39	28	28	30	42	56	26	22	27	18	28	21	21	28	18	17	26	16	
19:00	21	33	44	76	38	33	50	48	50	44	58	28	53	29	28	50	63	32	20	29	20	22	21	17	28	21	15	26	24		
20:00	20	32	48	80	44	38	43	52	40	49	58	54	34	32	35	36	47	32	24	28	28	25	27	21	26	23	26	22	22		
21:00	21	41	45	48	47	40	39	43	52	38	54	57	64	30	36	62	49	66	31	33	42	33	45	29	27	31	32	31	35	26	
22:00	26	51	37	68	48	45	47	52	44	64	51	72	28	30	41	55	50	68	37	30	43	33	51	34	26	33	28	27	47	35	
23:00	18	44	42	63	45	63	48	54	44	73	75	66	26	26	48	48	43	65	36	30	47	38	52	41	26	39	52	16	37	32	
Average	20	30	50	43	48	41	48	44	43	44	56	54	41	30	28	37	54	49	42	25	27	28	33	27	37	37	31	22	24	26	

ภาคผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

Datetime	1-Dec	2-Dec	3-Dec	4-Dec	5-Dec	6-Dec	7-Dec	8-Dec	9-Dec	10-Dec	11-Dec	12-Dec	13-Dec	14-Dec	15-Dec	16-Dec	17-Dec	18-Dec	19-Dec	20-Dec	21-Dec	22-Dec	23-Dec	24-Dec	25-Dec	26-Dec	27-Dec	28-Dec	29-Dec	30-Dec	31-Dec
00:00	36	35	23	34	36	35	48	36	47	34	62	58	48	38	57	41	38	63	50	52	57	55	46	42	47	49	60	57	58	68	61
01:00	30	33	24	29	28	36	39	53	34	37	69	58	40	46	53	53	35	56	43	36	69	41	33	45	42	44	46	71	54	65	62
02:00	27	25	17	25	21	45	28	55	41	30	75	80	43	43	51	38	39	45	42	33	49	30	29	32	28	30	39	55	51	61	66
03:00	27	29	19	16	31	55	24	57	41	33	79	55	43	66	53	50	47	65	46	42	40	44	28	29	33	27	33	57	60	55	77
04:00	29	22	15	24	27	55	26	58	40	29	71	55	51	69	63	46	41	61	46	34	42	45	39	22	30	40	40	68	58	47	69
05:00	33	22	20	25	33	37	27	57	43	38	68	61	49	70	62	56	52	66	54	42	38	42	30	41	35	38	31	87	59	42	77
06:00	38	24	13	20	27	30	21	34	39	35	67	59	56	76	66	68	57	50	62	50	46	39	29	24	27	32	33	59	55	37	75
07:00	40	27	14	16	27	31	20	60	44	63	58	61	56	69	64	67	50	74	70	59	49	37	26	46	47	51	56	49	50	56	56
08:00	55	23	18	27	34	35	21	59	71	69	54	56	60	69	72	88	78	55	74	64	54	43	38	33	50	48	52	41	55	35	69
09:00	38	25	19	30	31	27	27	68	68	82	68	70	76	63	70	89	75	49	75	67	89	55	64	70	61	44	58	40	44	39	71
10:00	23	25	17	28	27	24	27	43	59	78	45	70	56	56	70	85	75	49	81	75	68	36	88	63	49	40	70	29	36	32	70
11:00	15	20	17	26	20	28	28	31	66	64	45	56	49	46	49	57	62	22	59	73	51	45	49	50	44	45	62	27	31	31	34
12:00	12	14	15	26	28	24	18	28	53	54	52	43	36	35	39	39	39	17	48	47	38	53	43	53	49	47	42	23	23	27	26
13:00	11	13	17	25	24	22	19	21	42	44	39	34	29	38	37	22	20	30	39	33	38	41	42	53	56	42	45	25	31	25	16
14:00	22	8	17	25	25	22	17	27	30	35	57	32	33	26	28	18	17	26	28	22	31	32	29	46	53	42	39	24	29	25	9
15:00	13	5	17	17	24	11	15	54	24	26	27	27	34	29	32	13	15	23	29	22	28	35	34	54	40	35	48	21	26	24	17
16:00	10	10	26	24	27	22	24	36	22	17	32	23	29	25	28	24	20	24	25	33	35	23	38	39	58	37	39	40	27	35	9
17:00	24	15	36	22	27	32	29	29	20	24	26	25	32	34	33	24	19	23	26	36	25	24	49	28	56	47	40	27	26	27	16
18:00	27	15	46	36	34	31	25	25	27	30	29	33	35	35	38	23	24	27	26	39	26	29	50	37	51	42	37	38	27	32	17
19:00	27	17	43	36	26	40	32	33	30	20	30	36	35	31	37	21	33	19	32	28	34	43	45	54	56	48	43	40	31	36	17
20:00	33	16	44	29	44	33	37	41	36	34	36	34	45	26	36	30	29	32	30	37	34	60	53	63	63	61	42	35	38	47	34
21:00	30	25	46	37	38	43	46	51	35	49	48	44	53	35	40	34	38	46	42	38	68	64	54	51	63	59	45	49	51	64	35
22:00	26	20	29	30	45	33	33	53	47	56	66	49	61	46	44	39	47	57	43	52	71	64	53	55	67	58	70	46	68	63	34
23:00	32	13	23	32	48	48	38	48	47	71	76	41	54	50	43	40	53	63	64	60	66	58	50	53	56	59	57	58	57	59	60
Average	27	26	24	27	30	35	28	44	42	44	53	51	46	46	48	46	45	43	50	48	49	44	44	45	48	44	47	45	44	42	46

จำนวน



ภาคผนวก ง.

ทิศทางลม

การศึกษาข้อมูลทิศทางลมรายชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดกองจัดการคุณภาพอากาศ
และเสียง สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ.2562

ภาคผนวกที่ ง.1

ทิศทางลม รายชั่วโมงเดือนมกราคมถึงธันวาคม

Direction	1-Jan	2-Jan	3-Jan	4-Jan	5-Jan	6-Jan	7-Jan	8-Jan	9-Jan	10-Jan	11-Jan	12-Jan	13-Jan	14-Jan	15-Jan	16-Jan	17-Jan	18-Jan	19-Jan	20-Jan	21-Jan	22-Jan	23-Jan	24-Jan	25-Jan	26-Jan	27-Jan	28-Jan	29-Jan	30-Jan	31-Jan	
00:00	3.3	2.8	255.4	255.4	59.4	333.5	297.2	254	253.7	301.4	340.1	332.3	337.9	80.6	87.6	102.1	44.4	26.3	69.4	81.8	12.1	97.6	17.2	17.2	9.7	5.7	23.3	14.1	25.3	14.6	352.1	
01:00	10	15.3	325.4	298.1	53.2	358.5	267.9	275.2	282.1	287	350.1	343.1	342.7	95.6	12.5	353.1	25.3	23.7	5.1	54.1	3	100.7	16	16	3.6	4.1	356.9	9.4	11.8	6.9	21	324.7
02:00	11.7	323.4	257.5	10.6	55.5	330.7	263.5	304.6	275.4	358.6	342.6	351	340.2	1	1	516.2	10.7	17.6	6	353.7	48.9	86.7	354	14.1	0.8	8.8	359.1	3	349.2	10.9	7.3	
03:00	3.7	240.7	259.2	327.5	45.1	289	255.3	276.3	347.6	325.1	37	256.6	256.6	14.3	44.6	201.1	4.7	16.1	5.6	6.1	19.3	0	5.1	17.1	6	3.2	9.3	18.5	12.2	9	2.6	
04:00	10.6	296	14.1	15.4	22.9	302.9	255.4	212	329.5	333.6	341	336.7	11.4	334.5	4.2	306.9	3.6	12.3	14.6	15	122.2	357.1	7.2	12	4.2	14.6	14.7	6.5	355	12.9	236.6	
05:00	12.3	276.5	328.5	12.6	20.7	71.2	258.6	10	12.1	356.5	11.7	332.2	353.4	300.9	12.7	353.7	12.1	16	350.5	3.8	11.6	14.9	11.2	16	11.4	13.4	20.4	17.5	6	350	301.8	
06:00	10.5	331.2	354.4	329	17.4	233.2	253.2	15.4	4.6	2.6	10.1	1.9	20.5	341.4	245.5	15.1	16.4	13.2	353.5	1.3	15.1	10.7	10.9	14.9	24	15.3	25.9	21.1	7.1	340	338.3	
07:00	8.7	156.6	45.3	337.7	10.2	306.1	309.6	315.0	16.1	7.5	10	6.6	3	15	12.6	13.7	1.8	12.5	352.4	357.5	7.1	13.2	3.8	5.1	15.9	16.4	20.1	6.9	22.9	348.3	313.8	
08:00	8.4	75.2	60.3	320	9.3	234.6	46.4	14.5	14.5	8	3.2	6.6	12	5.3	15.6	10.5	15.7	15.3	20.1	43.9	13.8	15.2	8.6	9.6	13.7	16.2	14.4	16	33	355.5	13.2	
09:00	15.1	88.2	241.5	327.2	13.6	304.4	60	51.9	12.4	17.8	17.1	6.4	14.6	8.7	21.3	8.3	22.3	16.2	14.3	133.3	12.4	16.4	17	12.7	14.8	22.7	21.2	15.4	111.1	351.1	15.9	
10:00	46.5	26.1	217.8	457	12.9	260.5	18	27.9	3.8	36.3	310.1	19	22.4	12.7	230	14.9	17.3	17	23.2	15.9	21.6	28.3	22.9	15.2	21.4	23.5	23.3	24.4	24.5	62.2	32.4	
11:00	30.9	23.3	83.7	73.4	16.7	278.3	17.9	64.3	20.5	80.3	254.1	31.9	21.6	49.3	264.3	11.1	16.3	16.7	11.6	19	21.5	23.4	24.3	16	31.4	22.6	29.6	22.1	66.3	3.9	33.3	
12:00	46.5	29	73.1	154.5	11.5	7.1	25.3	16.1	4.2	129.3	26	39	58	22.2	273.2	18.7	17.7	14.3	17.9	24.2	38.7	18.7	20.6	16.5	33.3	22.4	22.4	17.5	40.7	112.8	42.1	
13:00	83.3	36	124.8	88.2	26.8	22.6	16.6	127.8	13.2	21.3	23	24	25.9	20	264.7	21.2	16.3	17.9	22.7	27.9	18.5	16.6	20.5	42.7	32.3	26.9	25.5	29.6	33.7	34.8	22.3	
14:00	233.1	233.9	109.7	71.6	20.7	77.1	63.3	233.9	28.8	29.7	20.1	25.3	24.6	16.2	12	22.8	18.8	21	26	33.2	24	16.9	21.7	31.4	33.9	27.1	31.9	27.2	27.9	44.3	24.6	
15:00	110.5	237.5	181.4	81.8	32.1	28.3	23.6	288.8	12.1	33.6	21	28.4	25.1	22.4	12.5	16.3	16.6	16.1	25.7	24	15	18.1	22.5	24.9	27.3	23.8	28.2	24.3	16.6	21.3	24.1	
16:00	124.3	238.7	239.3	16.3	73.8	12.6	27.4	282	25.3	34	16.5	27.6	22.5	17.6	283.3	21.2	20.5	16.5	20.4	29.6	21	21.6	19.7	29.3	16.6	21.9	31.8	23.4	34.6	62.7	13.9	
17:00	55.9	63.8	9.2	114.2	80.6	18.9	16.3	287.6	224.9	16.5	36.6	16.5	19.9	20.4	20.9	18.9	16.2	11.9	20	22.7	16.4	15.2	17.4	16.4	26.4	22.3	25.2	22.5	17.3	334	19.9	
18:00	37.4	29.5	68.8	156.2	77.4	9.5	3.5	282.4	68.7	16.2	7.5	17	16.1	13.7	11.6	14	12.9	228.9	12	5.6	13.2	14.3	12.2	14.8	22.3	20.6	21.7	14.2	11	339.3	27.6	
19:00	0.4	319.7	10.3	68.1	77.8	312.2	10.6	272.9	322.7	11.2	3.9	14.8	5.4	14.1	20.6	22.7	32.4	236.6	228.1	10.6	13.9	44.4	11.9	1.5	7.7	21.6	11.5	6	6	273.2	15.1	
20:00	307.9	25.7	87.4	75.5	81.4	272.9	333.7	79	306.7	359.3	341.6	15.9	12.1	20.7	28.5	41.5	69.7	253.7	11.4	20.1	29.7	73	48.9	15.5	39.7	34.6	6.2	28	22	279.3	29.4	
21:00	323.5	2.1	64.8	571.1	311.8	302.9	304.4	272.9	30.5	349.2	50.6	31.7	311.6	62.5	31.1	60.2	201	332.4	293.5	37.5	67	50.1	17.8	58.2	40.8	9.9	34.4	27.6	276.7	87.8		
22:00	352.1	3.9	30.7	69	276.7	272.6	323.3	10.2	91.8	15.7	197.8	43.5	44.3	124.8	320.2	40.6	39.5	253	68.3	319.1	45.5	50	52	16.5	22.5	51	12.2	29.7	28.6	302.9	111.1	
23:00	347.1	2.7	357.1	56.8	16.9	231.1	116.8	284.9	328.6	4.8	232.3	2.9	50.8	51.6	358.9	44.5	13.4	262.2	68.1	354.3	22.2	55.4	29.4	15.4	29.9	58.2	11.2	33.5	34.6	285.6	114.5	

มกราคม

Datetime	1-Feb	2-Feb	3-Feb	4-Feb	5-Feb	6-Feb	7-Feb	8-Feb	9-Feb	10-Feb	11-Feb	12-Feb	13-Feb	14-Feb	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb	28-Feb	
00:00	386.7	277.9	268.1	302.5	189.5	151.9	237.3	277.5	282.8	318.2	271.4	271.4	336.8	119	291.9	101.1	270.2	256.5	315.1	276.7	5.9	12.6	95.9	346.8	137	136.2	63.2	115.4	
01:00	307.2	381	275.8	284.4	288	285.7	284.8	266.6	271	274.9	272.9	272.9	244.5	275.1	62.1	110.7	281.3	200.3	16.9	116	144.9	243.8	273.7	218.9	284.3	252.1	83.5	209	
02:00	30.1	306.2	170.9	283.2	270.6	200.9	287.9	281.3	339.9	288.8	153.3	153.3	353.8	279.5	16.7	313.5	269.5	282.9	326.3	268.4	342	16.7	328.9	230.2	118.2	132.4	95.1	267.6	
03:00	113.2	88.5	276.9	287.6	116.4	46.1	287.2	326.9	282.4	356.2	290.7	280.7	332.4	282.9	86.3	297.9	271	286	315.5	276.9	319.9	19.2	247.4	180.3	305.2	40.8	83.5	87.1	
04:00	101.1	322.8	398.9	27.8	109.3	120	284.5	107.3	5.5	16.6	282	282	278.3	289.3	84.1	16.7	287.6	286.7	74	287.4	288.8	158.2	61	125.6	127.8	120.3	121	104.7	
05:00	80.8	219.9	36.8	47.6	312	168.9	64.8	106.1	75.7	16.3	162.2	162.2	276.4	84.9	70.9	166.2	200.8	106.6	16.9	1.4	116.9	25.3	111.5	114.7	87.4	27.8	148.3	116.6	
06:00	18.9	291.1	1.5	41	186.6	47.6	15.7	180.7	104.4	124.4	97.6	97.6	341	16.7	12.9	72.9	130.7	333.6	145.1	36.4	347.4	117.2	161	16.1	16.1	79	179.9	87.2	81.7
07:00	22.7	39.4	6.1	9.4	153.9	137.6	284.7	83.4	134.4	126.8	65.1	65.1	316.1	24.4	30.1	81	276.2	326.8	118.2	360	116.4	136.6	123.8	16.8	67.3	267.3	17.1	54.6	
08:00	14.9	56.6	17.7	306	353.7	158.1	283.3	48.4	115.3	81.1	334	334	310.5	7.8	340	26.9	285	324.2	32.1	6.9	3.1	164.5	46.7	73.9	69.1	324.6	11.4	51.9	
09:00	15	25.7	87	113.1	334.5	278.9	275.5	63.2	113.6	128.1	305.6	303.6	155.1	289.9	14.1	48.3	271.4	348.5	110.5	115.9	45.9	10.5	284.6	147.3	79.6	74	33.9	68.7	
10:00	31.4	33.3	79.6	289.5	279	124.2	279	67.4	112.2	119.9	118.6	118.6	123.6	102.2	336.4	182.1	264.4	125.1	126.6	272.2	237.3	16.7	144.9	118.4	176.7	154.7	53.6	14.3	
11:00	26.9	37.4	271.7	280.9	302.3	248.2	274.8	147.8	117.7	122	222	222	20	272.4	116.1	303.5	269.9	159.7	158.2	180.3	287	17.3	197.8	208.9	131.3	282.9	118.8	137	
12:00	29.5	48	288.8	114.4	308.7	261.7	246.7	132.7	244.2	205.1	150.7	150.7	17	277.1	247.9	111.2	264.4	132.3	219.2	184.3	280.6	192.7	114.9	167.3	128.7	152.5	105.6	119.4	
13:00	55.3	48	165.8	147.8	166.1	185.0	187.7	136.2	136.6	150.4	175.2	175.2	73.4	166.8	207.7	243.9	264.6	353.5	264.4	390.7	261.9	167.2	228.1	112.1	117.1	139.1	128.9	117.2	
14:00	10.3	97.1	283.5	260.5	267.4	259.4	247.3	124.5	246.5	240.9	279.7	279.7	16.4	276.1	124.5	254.3	129.3	237.2	246.5	261.6	112.6	245.5	231.8	144.9	110.1	151.2	130.9	109.9	
15:00	32.1	37.3	322.8	276.6	247.6	271.7	287.3	267.1	123.3	123.6	264.1	264.1	164.2	265.1	197.8	123.6	204.6	184.2	228.2	270.8	266.4	258.2	175.1	195.6	121.5	129.5	128.5	226.5	
16:00	34.4	66.6	367.1	284.3	269.9	262.4	153.2	167.1	274.3	256.2	241.9	241.9	52.5	314.5	273.5	240.6	261.3	267.6	212.5	270.9	251	253.3	172.6	186.8	288.1	148.4	254.4	161.6	
17:00	44.1	367.7	272.6	272.6	286.3	253.8	281.3	281.3	277.2	253.4	276.3	276.3	276.3	15.2	271	282	268.3	266.2	263.8	266.5	242.1	232	149.2	173.8	264.6	202.1	246.7	169.2	
18:00	126	367	323	323	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	274.1	
19:00	29.4	270.5	276	383.3	279.3	185.5	266.6	276.6	263.4	120.7	262.4	262.4	264.4	276.3	279.3	266.3	265.7	258.8	277.7	253.2	272.2	281.3	185.1	322.3	186	231.2	286	246.4	
20:00	34.6	266.8	268.5	100.2	179.5	114.6	282.4	286.1	196.6	198.6	279.3	271	276.6	269.8	268.4	285	280	247.9	111.7	110.2	73.3	100.1	121.2	116.8	254.9	251.5	253.6	116	
21:00	69.7	287	281.5	283.4	240.2	119.2	84.1	268.6	266.4	254.2	270.2	270.2	262.6	267.2	269.9	238.9	280.5	346	325.2	112.3	122.7	106.9	108.6	112.5	118.2	158.5	146.6	116	
22:00	113.1	266.7	264.4	106.8	242.8	242.8	41.8	106.8	279.5	264.4	287.6	287.6	289.9	281.3	271.6	268.2	115.1	246.5	272.1	40.9	106.1	112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	
23:00	113.1	266.7	264.4	106.8	242.8	242.8	41.8	106.8	279.5	264.4	287.6	287.6	289.9	281.3	271.6	268.2	115.1	246.5	272.1	40.9	106.1	112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	

เมษายน

Year	14g	15g	16g	17g	18g	19g	20g	21g	22g	23g	24g	25g	26g	27g	28g	29g	30g	31g	32g	33g	34g	35g	36g	37g	38g	39g	40g	41g	42g	43g	44g	45g	46g	47g	48g	49g	50g	51g	52g	53g	54g	55g	56g	57g	58g	59g	60g	61g	62g	63g	64g	65g	66g	67g	68g	69g	70g	71g	72g	73g	74g	75g	76g	77g	78g	79g	80g	81g	82g	83g	84g	85g	86g	87g	88g	89g	90g	91g	92g	93g	94g	95g	96g	97g	98g	99g	100g													
2019	140	240	340	440	540	640	740	840	940	1040	1140	1240	1340	1440	1540	1640	1740	1840	1940	2040	2140	2240	2340	2440	2540	2640	2740	2840	2940	3040	3140	3240	3340	3440	3540	3640	3740	3840	3940	4040	4140	4240	4340	4440	4540	4640	4740	4840	4940	5040	5140	5240	5340	5440	5540	5640	5740	5840	5940	6040	6140	6240	6340	6440	6540	6640	6740	6840	6940	7040	7140	7240	7340	7440	7540	7640	7740	7840	7940	8040	8140	8240	8340	8440	8540	8640	8740	8840	8940	9040	9140	9240	9340	9440	9540	9640	9740	9840	9940	10040
2020	141	241	341	441	541	641	741	841	941	1041	1141	1241	1341	1441	1541	1641	1741	1841	1941	2041	2141	2241	2341	2441	2541	2641	2741	2841	2941	3041	3141	3241	3341	3441	3541	3641	3741	3841	3941	4041	4141	4241	4341	4441	4541	4641	4741	4841	4941	5041	5141	5241	5341	5441	5541	5641	5741	5841	5941	6041	6141	6241	6341	6441	6541	6641	6741	6841	6941	7041	7141	7241	7341	7441	7541	7641	7741	7841	7941	8041	8141	8241	8341	8441	8541	8641	8741	8841	8941	9041	9141	9241	9341	9441	9541	9641	9741	9841	9941	10041
2021	142	242	342	442	542	642	742	842	942	1042	1142	1242	1342	1442	1542	1642	1742	1842	1942	2042	2142	2242	2342	2442	2542	2642	2742	2842	2942	3042	3142	3242	3342	3442	3542	3642	3742	3842	3942	4042	4142	4242	4342	4442	4542	4642	4742	4842	4942	5042	5142	5242	5342	5442	5542	5642	5742	5842	5942	6042	6142	6242	6342	6442	6542	6642	6742	6842	6942	7042	7142	7242	7342	7442	7542	7642	7742	7842	7942	8042	8142	8242	8342	8442	8542	8642	8742	8842	8942	9042	9142	9242	9342	9442	9542	9642	9742	9842	9942	10042
2022	143	243	343	443	543	643	743	843	943	1043	1143	1243	1343	1443	1543	1643	1743	1843	1943	2043	2143	2243	2343	2443	2543	2643	2743	2843	2943	3043	3143	3243	3343	3443	3543	3643	3743	3843	3943	4043	4143	4243	4343	4443	4543	4643	4743	4843	4943	5043	5143	5243	5343	5443	5543	5643	5743	5843	5943	6043	6143	6243	6343	6443	6543	6643	6743	6843	6943	7043	7143	7243	7343	7443	7543	7643	7743	7843	7943	8043	8143	8243	8343	8443	8543	8643	8743	8843	8943	9043	9143	9243	9343	9443	9543	9643	9743	9843	9943	10043
2023	144	244	344	444	544	644	744	844	944	1044	1144	1244	1344	1444	1544	1644	1744	1844	1944	2044	2144	2244	2344	2444	2544	2644	2744	2844	2944	3044	3144	3244	3344	3444	3544	3644	3744	3844	3944	4044	4144	4244	4344	4444	4544	4644	4744	4844	4944	5044	5144	5244	5344	5444	5544	5644	5744	5844	5944	6044	6144	6244	6344	6444	6544	6644	6744	6844	6944	7044	7144	7244	7344	7444	7544	7644	7744	7844	7944	8044	8144	8244	8344	8444	8544	8644	8744	8844	8944	9044	9144	9244	9344	9444	9544	9644	9744	9844	9944	10044
2024	145	245	345	445	545	645	745	845	945	1045	1145	1245	1345	1445	1545	1645	1745	1845	1945	2045	2145	2245	2345	2445	2545	2645	2745	2845	2945	3045	3145	3245	3345	3445	3545	3645	3745	3845	3945	4045	4145	4245	4345	4445	4545	4645	4745	4845	4945	5045	5145	5245	5345	5445	5545	5645	5745	5845	5945	6045	6145	6245	6345	6445	6545	6645	6745	6845	6945	7045	7145	7245	7345	7445	7545	7645	7745	7845	7945	8045	8145	8245	8345	8445	8545	8645	8745	8845	8945	9045	9145	9245	9345	9445	9545	9645	9745	9845	9945	10045
2025	146	246	346	446	546	646	746	846	946	1046	1146	1246	1346	1446	1546	1646	1746	1846	1946	2046	2146	2246	2346	2446	2546	2646	2746	2846	2946	3046	3146	3246	3346	3446	3546	3646	3746	3846	3946	4046	4146	4246	4346	4446	4546	4646	4746	4846	4946	5046	5146	5246	5346	5446	5546	5646	5746	5846	5946	6046	6146	6246	6346	6446	6546	6646	6746	6846	6946	7046	7146	7246	7346	7446	7546	7646	7746	7846	7946	8046	8146	8246	8346	8446	8546	8646	8746	8846	8946	9046	9146	9246	9346	9446	9546	9646	9746	9846	9946	10046
2026	147	247	347	447	547	647	747	847	947	1047	1147	1247	1347	1447	1547	1647	1747	1847	1947	2047	2147	2247	2347	2447	2547	2647	2747	2847	2947	3047	3147	3247	3347	3447	3547	3647	3747	3847	3947	4047	4147	4247	4347	4447	4547	4647	4747	4847	4947	5047	5147	5247	5347	5447	5547	5647	5747	5847	5947	6047	6147	6247	6347	6447	6547	6647	6747	6847	6947	7047	7147	7247	7347	7447	7547	7647	7747	7847	7947	8047	8147	8247	8347	8447	8547	8647	8747	8847	8947	9047	9147	9247	9347	9447	9547	9647	9747	9847	9947	10047
2027	148	248	348	448	548	648	748	848	948	1048	1148	1248	1348	1448	1548	1648	1748	1848	1948	2048	2148	2248	2348	2448	2548	2648	2748	2848	2948	3048	3148	3248	3348	3448	3548	3648	3748	3848	3948	4048	4148	4248	4348	4448	4548	4648	4748	4848	4948	5048	5148	5248	5348	5448	5548	5648	5748	5848	5948	6048	6148	6248	6348	6448	6548	6648	6748	6848	6948	7048	7148	7248	7348	7448	7548	7648	7748	7848	7948	8048	8148	8248	8348	8448	8548	8648	8748	8848	8948	9048	9148	9248	9348	9448	9548	9648	9748	9848	9948	10048
2028	149	249	349	449	549	649	749	849	949	1049	1149	1249	1349	1449	1549	1649	1749	1849	1949	2049	2149	2249	2349	2449	2549	2649	2749	2849	2949	3049	3149	3249	3349	3449	3549	3649	3749	3849	3949	4049	4149	4249	4349	4449	4549	4649	4749	4849	4949	5049	5149	5249	5349	5449	5549	5649	5749	5849	5949	6049	6149	6249	6349	6449	6549	6649	6749	6849	6949	7049	7149	7249	7349	7449	7549	7649	7749	7849	7949	8049	8149	8249	8349	8449	8549	8649	8749	8849	8949	9049	9149	9249	9349	9449	9549	9649	9749	9849	9949	10049
2029	150	250	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1850	1950	2050	2150	2250	2350	2450	2550	2650	2750	2850	2950	3050	3150	3250	3350	3450	3550	3650	3750	3850	3950	4050	4150	4250	4350	4450	4550	4650	4750	4850	4950	5050	5150	5250	5350	5450	5550	5650	5750	5850	5950	6050	6150	6250	6350	6450	6550	6650	6750	6850	6950	7050	7150	7250	7350	7450	7550	7650	7750	7850	7950	8050	8150	8250	8350	8450	8550	8650	8750	8850	8950	9050	9150	9250	9350	9450	9550	9650	9750	9850	9950	10050
2030	151	251	351	451	551	651	751	851	951	1051	1151	1251	1351	1451	1551	1651	1751	1851	1951	2051	2151	2251	2351	2451	2551	2651	2751	2851	2951	3051	3151	3251	3351	3451	3551	3651	3751	3851	3951	4051	4151	4251	4351	4451	4551	4651	4751	4851	4951	5051	5151	5251	5351	5451	5551	5651	5751	5851	5951	6051	6151	6251	6351	6451	6551	6651	6751	6851	6951	7051	7151	7251	7351	7451	7551	7651	7751	7851	7951	8051	8151	8251	8351	8451	8551	8651	8751	8851	8951	9051	9151	9251	9351	9451	9551	9651	9751	9851	9951	10051
2031	152	252	352	452	552	652	752	852	952	1052	1152	1252	1352	1452	1552	1652	1752	1852	1952	2052	2152	2252	2352	2452	2552	2652	2752	2852	2952	3052	3152	3252	3352	3452	3552	3652	3752	3852	3952	4052	4152	4252	4352	4452	4552	4652	4752	4852	4952	5052	5152	5252	5352	5452	5552	5652	5752	5852	5952	6052	6152	6252	6352	6452	6552	6652	6752	6852	6952	7052	7152	7252	7352	7452	7552	7652	7752	7852	7952	8052	8152	8252	8352	8452	8552	8652	8752	8852	8952	9052	9									

Year	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482	2483	2484	2485	2486	2487	2488	2489	2490	2491	2492	2493	2494	2495	2496	2497	2498	2499	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580	2581	2582	2583	2584	2585	2586	2587	2588	2589	2590	2591	2592	2593	2594	2595	2596	2597	2598	2599	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	2607	2608	2609	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	2617	2618	2619	2620	2621	2622	2623	2624	2625	2626	2627	2628	2629	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	2637	2638	2639	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649	2650	2651	2652	2653	2654	2655	2656	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665	2666	2667	2668	2669	2670	2671	2672	2673	2674	2675	2676	2677	2678	2679	2680	2681	2682	2683	2684	2685	2686	2687	2688	2689	2690	2691	2692	2693	2694	2695	2696	2697	2698	2699	2700	2701	2702	2703	2704	2705	2706	2707	2708	2709	2710	2711	2712	2713	2714	2715	2716	2717	2718	2719	2720	2721	2722	2723	2724	2725	2726	2727	2728	2729	2730	2731	2732	2733	2734	2735	2736	2737	2738	2739	2740	2741	2742	2743	2744	2745	2746	2747	2748	2749	2750	2751	2752	2753	2754	2755	2756	2757	2758	2759	2760	2761	2762	2763	2764	2765	2766	2767	2768	2769	2770	2771	2772	2773	2774	2775	2776	2777	2778	2779	2780	2781	2782	2783	2784	2785	2786	2787	2788	2789	2790	2791	2792	2793	2794	2795	2796	2797	2798	2799	2800	2801	2802	2803	2804	2805	2806	2807	2808	2809	2810	2811	2812	2813	2814	2815	2816	2817	2818	2819	2820	2821	2822	2823	2824	2825	2826	2827	2828	2829	2830	2831	2832	2833	2834	2835	2836	2837	2838	2839	2840	2841	2842	2843	2844	2845	2846	2847	2848	2849	2850	2851	2852	2853	2854	2855	2856	2857	2858	2859	2860	2861	2862	2863	2864	2865	2866	2867	2868	2869	2870	2871	2872	2873	2874	2875	2876	2877	2878	2879	2880	2881	2882	2883	2884	2885	2886	2887	2888	2889	2890	2891	2892	2893	2894	2895	2896	2897	2898	2899	2900	2901	2902	2903	2904	2905	2906	2907	2908	2909	2910	2911	2912	2913	2914	2915	2916	2917	2918	2919	2920	2921	2922	2923	2924	2925	2926	2927	2928	2929	2930	2931	2932	2933	2934	2935	2936	2937	2938	2939	2940	2941	2942	2943	2944	2945	2946	2947	2948	2949	2950	2951	2952	2953	2954	2955	2956	2957	2958	2959	2960	2961	2962	2963	2964	2965	2966	2967	2968	2969	2970	2971	2972	2973	2974	2975	2976	2977	2978	2979	2980	2981	2982	2983	2984	2985	2986	2987	2988	2989	2990	2991	2992	2993	2994	2995	2996	2997	2998	2999	3000
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

 + ทิศทางลมด้านเหนือ

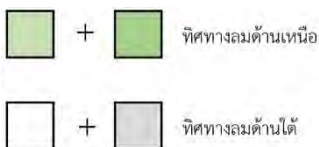
 + ทิศทางลมด้านใต้

กรรณิภาคัม

Year	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th	13th	14th	15th	16th	17th	18th	19th	20th	21st	22nd	23rd	24th	25th	26th	27th	28th	29th	30th	
0000	338.8	114.2	32.9	28.8	48.3	97.5	28.2	26.2	24.5	33.8	33.8	23.8	13.8	13.8	23.8	23.8	13.8	13.8	23.8	23.8	13.8	13.8	23.8	23.8	13.8	13.8	23.8	23.8	13.8	13.8	
0010	322.8	25.2	39.3	276.8	48.1	46.5	272.9	39.2	38.3	31.8	306.6	345.5	329.3	283.8	285.1	9.0	5.0	15.2	111.8	286.2	297.7	256.2	287.3	116.8	153.5	282.2	280.7	31.7	38.6	257	
0020	317.7	7.6	18.8	118.1	280	52.7	280.9	35.6	6.9	154.1	356.9	46.5	34.2	28.2	27.1	118.8	13.5	19.3	10.2	271.2	271.7	271.9	269.7	104	128.1	342	274.1	269.4	35.5	28.4	257
0030	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0040	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0050	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0060	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0070	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0080	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0090	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0100	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0110	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0120	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0130	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0140	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0150	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0160	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0170	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0180	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0190	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0200	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0210	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0220	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0230	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0240	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0250	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0260	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0270	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0280	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0290	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0300	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0310	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0320	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0330	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0340	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0350	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0360	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0370	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0380	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0390	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8	38.9	49.2	147.2	9.7	297.1	18.8	29.7	7.5	25.4	6.4	369.3	285.2	288.5	270.3	368.4	258.9	289.1	267.7	288.8	137.2	10.2	28.6	257
0400	318.4	75.1	14.4	347.9	342.1	12.4	11.8	9.8																							

[illegible]

สิงหาคม



ภาคผนวกที่ ง.1 (ต่อ)

Datums	1-Sep	2-Sep	3-Sep	4-Sep	5-Sep	6-Sep	7-Sep	8-Sep	9-Sep	10-Sep	11-Sep	12-Sep	13-Sep	14-Sep	15-Sep	16-Sep	17-Sep	18-Sep	19-Sep	20-Sep	21-Sep	22-Sep	23-Sep	24-Sep	25-Sep	26-Sep	27-Sep	28-Sep	29-Sep	30-Sep
00:00	125.1	127.6	129.6	131.4	133.1	134.9	136.6	138.3	140.0	141.7	143.4	145.1	146.8	148.5	150.2	151.9	153.6	155.3	157.0	158.7	160.4	162.1	163.8	165.5	167.2	168.9	170.6	172.3	174.0	175.7
01:00	116.1	118.6	120.2	121.7	123.2	124.7	126.2	127.7	129.2	130.7	132.2	133.7	135.2	136.7	138.2	139.7	141.2	142.7	144.2	145.7	147.2	148.7	150.2	151.7	153.2	154.7	156.2	157.7	159.2	160.7
02:00	117.8	120.3	121.7	123.1	124.5	125.9	127.3	128.7	130.1	131.5	132.9	134.3	135.7	137.1	138.5	139.9	141.3	142.7	144.1	145.5	146.9	148.3	149.7	151.1	152.5	153.9	155.3	156.7	158.1	159.5
03:00	119.4	121.8	123.2	124.6	125.9	127.3	128.7	130.1	131.5	132.9	134.3	135.7	137.1	138.5	139.9	141.3	142.7	144.1	145.5	146.9	148.3	149.7	151.1	152.5	153.9	155.3	156.7	158.1	159.5	160.9
04:00	143.2	145.7	147.2	148.7	150.2	151.7	153.2	154.7	156.2	157.7	159.2	160.7	162.2	163.7	165.2	166.7	168.2	169.7	171.2	172.7	174.2	175.7	177.2	178.7	180.2	181.7	183.2	184.7	186.2	187.7
05:00	157.3	159.8	161.3	162.8	164.3	165.8	167.3	168.8	170.3	171.8	173.3	174.8	176.3	177.8	179.3	180.8	182.3	183.8	185.3	186.8	188.3	189.8	191.3	192.8	194.3	195.8	197.3	198.8	200.3	201.8
06:00	171.2	173.7	175.2	176.7	178.2	179.7	181.2	182.7	184.2	185.7	187.2	188.7	190.2	191.7	193.2	194.7	196.2	197.7	199.2	200.7	202.2	203.7	205.2	206.7	208.2	209.7	211.2	212.7	214.2	215.7
07:00	148.2	150.7	152.2	153.7	155.2	156.7	158.2	159.7	161.2	162.7	164.2	165.7	167.2	168.7	170.2	171.7	173.2	174.7	176.2	177.7	179.2	180.7	182.2	183.7	185.2	186.7	188.2	189.7	191.2	192.7
08:00	138.8	141.3	142.8	144.3	145.8	147.3	148.8	150.3	151.8	153.3	154.8	156.3	157.8	159.3	160.8	162.3	163.8	165.3	166.8	168.3	169.8	171.3	172.8	174.3	175.8	177.3	178.8	180.3	181.8	183.3
09:00	170.8	173.3	174.8	176.3	177.8	179.3	180.8	182.3	183.8	185.3	186.8	188.3	189.8	191.3	192.8	194.3	195.8	197.3	198.8	200.3	201.8	203.3	204.8	206.3	207.8	209.3	210.8	212.3	213.8	215.3
10:00	156.1	158.6	160.1	161.6	163.1	164.6	166.1	167.6	169.1	170.6	172.1	173.6	175.1	176.6	178.1	179.6	181.1	182.6	184.1	185.6	187.1	188.6	190.1	191.6	193.1	194.6	196.1	197.6	199.1	200.6
11:00	148.1	150.6	152.1	153.6	155.1	156.6	158.1	159.6	161.1	162.6	164.1	165.6	167.1	168.6	170.1	171.6	173.1	174.6	176.1	177.6	179.1	180.6	182.1	183.6	185.1	186.6	188.1	189.6	191.1	192.6
12:00	146.1	148.6	150.1	151.6	153.1	154.6	156.1	157.6	159.1	160.6	162.1	163.6	165.1	166.6	168.1	169.6	171.1	172.6	174.1	175.6	177.1	178.6	180.1	181.6	183.1	184.6	186.1	187.6	189.1	190.6
13:00	147.5	150.0	151.5	153.0	154.5	156.0	157.5	159.0	160.5	162.0	163.5	165.0	166.5	168.0	169.5	171.0	172.5	174.0	175.5	177.0	178.5	180.0	181.5	183.0	184.5	186.0	187.5	189.0	190.5	192.0
14:00	151.1	153.6	155.1	156.6	158.1	159.6	161.1	162.6	164.1	165.6	167.1	168.6	170.1	171.6	173.1	174.6	176.1	177.6	179.1	180.6	182.1	183.6	185.1	186.6	188.1	189.6	191.1	192.6	194.1	195.6
15:00	149.5	152.0	153.5	155.0	156.5	158.0	159.5	161.0	162.5	164.0	165.5	167.0	168.5	170.0	171.5	173.0	174.5	176.0	177.5	179.0	180.5	182.0	183.5	185.0	186.5	188.0	189.5	191.0	192.5	194.0
16:00	151.1	153.6	155.1	156.6	158.1	159.6	161.1	162.6	164.1	165.6	167.1	168.6	170.1	171.6	173.1	174.6	176.1	177.6	179.1	180.6	182.1	183.6	185.1	186.6	188.1	189.6	191.1	192.6	194.1	195.6
17:00	155.1	157.6	159.1	160.6	162.1	163.6	165.1	166.6	168.1	169.6	171.1	172.6	174.1	175.6	177.1	178.6	180.1	181.6	183.1	184.6	186.1	187.6	189.1	190.6	192.1	193.6	195.1	196.6	198.1	199.6
18:00	159.5	162.0	163.5	165.0	166.5	168.0	169.5	171.0	172.5	174.0	175.5	177.0	178.5	180.0	181.5	183.0	184.5	186.0	187.5	189.0	190.5	192.0	193.5	195.0	196.5	198.0	199.5	201.0	202.5	204.0
19:00	163.9	166.4	167.9	169.4	170.9	172.4	173.9	175.4	176.9	178.4	179.9	181.4	182.9	184.4	185.9	187.4	188.9	190.4	191.9	193.4	194.9	196.4	197.9	199.4	200.9	202.4	203.9	205.4	206.9	208.4
20:00	165.6	168.1	169.6	171.1	172.6	174.1	175.6	177.1	178.6	180.1	181.6	183.1	184.6	186.1	187.6	189.1	190.6	192.1	193.6	195.1	196.6	198.1	199.6	201.1	202.6	204.1	205.6	207.1	208.6	210.1
21:00	165.5	168.0	169.5	171.0	172.5	174.0	175.5	177.0	178.5	180.0	181.5	183.0	184.5	186.0	187.5	189.0	190.5	192.0	193.5	195.0	196.5	198.0	199.5	201.0	202.5	204.0	205.5	207.0	208.5	210.0
22:00	171.8	174.3	175.8	177.3	178.8	180.3	181.8	183.3	184.8	186.3	187.8	189.3	190.8	192.3	193.8	195.3	196.8	198.3	199.8	201.3	202.8	204.3	205.8	207.3	208.8	210.3	211.8	213.3	214.8	216.3
23:00	173.8	176.3	177.8	179.3	180.8	182.3	183.8	185.3	186.8	188.3	189.8	191.3	192.8	194.3	195.8	197.3	198.8	200.3	201.8	203.3	204.8	206.3	207.8	209.3	210.8	212.3	213.8	215.3	216.8	218.3

กันยายน

Datums	1-Oct	2-Oct	3-Oct	4-Oct	5-Oct	6-Oct	7-Oct	8-Oct	9-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct
00:00	284.4	286.4	288.4	289.4	290.4	291.4	292.4	293.4	294.4	295.4	296.4	297.4	298.4	299.4	300.4	301.4	302.4	303.4	304.4	305.4	306.4	307.4	308.4	309.4	310.4	311.4	312.4	313.4	314.4	315.4	316.4
01:00	283.5	286.0	287.5	289.0	290.5	292.0	293.5	295.0	296.5	298.0	299.5	301.0	302.5	304.0	305.5	307.0	308.5	310.0	311.5	313.0	314.5	316.0	317.5	319.0	320.5	322.0	323.5	325.0	326.5	328.0	329.5
02:00	281.4	284.0	286.0	287.0	288.5	290.0	291.5	293.0	294.5	296.0	297.5	299.0	300.5	302.0	303.5	305.0	306.5	308.0	309.5	311.0	312.5	314.0	315.5	317.0	318.5	320.0	321.5	323.0	324.5	326.0	327.5
03:00	282.4	284.9	286.4	287.9	289.4	290.9	292.4	293.9	295.4	296.9	298.4	299.9	301.4	302.9	304.4	305.9	307.4	308.9	310.4	311.9	313.4	314.9	316.4	317.9	319.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4
04:00	284.4	286.9	288.4	289.9	291.4	292.9	294.4	295.9	297.4	298.9	300.4	301.9	303.4	304.9	306.4	307.9	309.4	310.9	312.4	313.9	315.4	316.9	318.4	319.9	321.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4
05:00	286.4	288.9	290.4	291.9	293.4	294.9	296.4	297.9	299.4	300.9	302.4	303.9	305.4	306.9	308.4	309.9	311.4	312.9	314.4	315.9	317.4	318.9	320.4	321.9	323.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4
06:00	288.4	290.9	292.4	293.9	295.4	296.9	298.4	299.9	301.4	302.9	304.4	305.9	307.4	308.9	310.4	311.9	313.4	314.9	316.4	317.9	319.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4
07:00	290.4	292.9	294.4	295.9	297.4	298.9	300.4	301.9	303.4	304.9	306.4	307.9	309.4	310.9	312.4	313.9	315.4	316.9	318.4	319.9	321.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4
08:00	292.4	294.9	296.4	297.9	299.4	300.9	302.4	303.9	305.4	306.9	308.4	309.9	311.4	312.9	314.4	315.9	317.4	318.9	320.4	321.9	323.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4
09:00	294.4	296.9	298.4	299.9	301.4	302.9	304.4	305.9	307.4	308.9	310.4	311.9	313.4	314.9	316.4	317.9	319.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4
10:00	296.4	298.9	300.4	301.9	303.4	304.9	306.4	307.9	309.4	310.9	312.4	313.9	315.4	316.9	318.4	319.9	321.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4
11:00	298.4	300.9	302.4	303.9	305.4	306.9	308.4	309.9	311.4	312.9	314.4	315.9	317.4	318.9	320.4	321.9	323.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4
12:00	300.4	302.9	304.4	305.9	307.4	308.9	310.4	311.9	313.4	314.9	316.4	317.9	319.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4
13:00	302.4	304.9	306.4	307.9	309.4	310.9	312.4	313.9	315.4	316.9	318.4	319.9	321.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4
14:00	304.4	306.9	308.4	309.9	311.4	312.9	314.4	315.9	317.4	318.9	320.4	321.9	323.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4	345.9	347.4	348.9	350.4
15:00	306.4	308.9	310.4	311.9	313.4	314.9	316.4	317.9	319.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4	347.9	349.4	350.9	352.4
16:00	308.4	310.9	312.4	313.9	315.4	316.9	318.4	319.9	321.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4	349.9	351.4	352.9	354.4
17:00	310.4	312.9	314.4	315.9	317.4	318.9	320.4	321.9	323.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4	345.9	347.4	348.9	350.4	351.9	353.4	354.9	356.4
18:00	312.4	314.9	316.4	317.9	319.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4	347.9	349.4	350.9	352.4	353.9	355.4	356.9	358.4
19:00	314.4	316.9	318.4	319.9	321.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4	349.9	351.4	352.9	354.4	355.9	357.4	358.9	360.4
20:00	316.4	318.9	320.4	321.9	323.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4	345.9	347.4	348.9	350.4	351.9	353.4	354.9	356.4	357.9	359.4	360.9	362.4
21:00	318.4	320.9	322.4	323.9	325.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4	347.9	349.4	350.9	352.4	353.9	355.4	356.9	358.4	359.9	361.4	362.9	364.4
22:00	320.4	322.9	324.4	325.9	327.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4	349.9	351.4	352.9	354.4	355.9	357.4	358.9	360.4	361.9	363.4	364.9	366.4
23:00	322.4	324.9	326.4	327.9	329.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4	345.9	347.4	348.9	350.4	351.9	353.4	354.9	356.4	357.9	359.4	360.9	362.4	363.9	365.4	366.9	368.4
24:00	324.4	326.9	328.4	329.9	331.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4	347.9	349.4	350.9	352.4	353.9	355.4	356.9	358.4	359.9	361.4	362.9	364.4	365.9	367.4	368.9	370.4
25:00	326.4	328.9	330.4	331.9	333.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4	349.9	351.4	352.9	354.4	355.9	357.4	358.9	360.4	361.9	363.4	364.9	366.4	367.9	369.4	370.9	372.4
26:00	328.4	330.9	332.4	333.9	335.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4	345.9	347.4	348.9	350.4	351.9	353.4	354.9	356.4	357.9	359.4	360.9	362.4	363.9	365.4	366.9	368.4	369.9	371.4	372.9	374.4
27:00	330.4	332.9	334.4	335.9	337.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4	347.9	349.4	350.9	352.4	353.9	355.4	356.9	358.4	359.9	361.4	362.9	364.4	365.9	367.4	368.9	370.4	371.9	373.4	374.9	376.4
28:00	332.4	334.9	336.4	337.9	339.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4	349.9	351.4	352.9	354.4	355.9	357.4	358.9	360.4	361.9	363.4	364.9	366.4	367.9	369.4	370.9	372.4	373.9	375.4	376.9	378.4
29:00	334.4	336.9	338.4	339.9	341.4	342.9	344.4	345.9	347.4	348.9	350.4	351.9	353.4	354.9	356.4	357.9	359.4	360.9	362.4	363.9	365.4	366.9	368.4	369.9	371.4	372.9	374.4	375.9	377.4	378.9	380.4
30:00	336.4	338.9	340.4	341.9	343.4	344.9	346.4	347.9	349.4	350.9	352.4	353.9	355.4	356.9	358.4	359.9	361.4	362.9	364.4	365.9	367.4	368.9	370.4	371.9	373.4	374.9	376.4	377.9	379.4	380.9	382.4
31:00	338.4	340.9	342.4	343.9	345.4	346.9	348.4	349.9	351.4	352.9	354.4	355.9	357.4	358.9	360.4	361.9	363.4	364.9	366.4	367.9	369.4	370.9	372.4	373.9	375.4	376.9	378.4	379.9	381.4	382.9	384.4

ภาคผนวกที่ ง.1 (ต่อ)

Daytime	1-Dec	2-Dec	3-Dec	4-Dec	5-Dec	6-Dec	7-Dec	8-Dec	9-Dec	10-Dec	11-Dec	12-Dec	13-Dec	14-Dec	15-Dec	16-Dec	17-Dec	18-Dec	19-Dec	20-Dec	21-Dec	22-Dec	23-Dec	24-Dec	25-Dec	26-Dec	27-Dec	28-Dec	29-Dec	30-Dec	31-Dec
00:00	6.8	6.8	14.7	15.7	15.3	71.3	22	26.1	17.5	2	10.1	7.8	1.9	4.4	70.6	12.8	4.3	68.1	102.5	118	186.7	285.2	282.5	175.2	272.9	280.5	355.5	313.1	11.1	88.8	57.8
01:00	3.1	3.4	11.5	11.6	14.2	70.2	16.1	85.8	1.1	13.8	12	16.6	6.9	22.8	88.3	19.6	49.4	14	287	12.7	184.5	89.2	270.7	271.3	277.8	278.2	73.2	23.6	15.6	15.7	15.7
02:00	4.7	14.9	16.3	11.8	13	13.9	15.1	88.1	148.7	14.7	4.4	6.8	6.7	38.6	82.2	45.8	343.5	14.2	282.8	126.1	287.3	71.9	281.3	111.1	278.4	278.6	69.1	8.3	13.8	7.5	3.6
03:00	6.7	11.8	14.4	11.4	11.3	18.7	11.8	81.2	10.8	7.1	11.2	12.4	17.1	86.7	82.2	14.3	74.8	19.4	284.6	167	115.1	288.8	286.9	114.6	82.7	277.8	71.7	11.2	7.7	4.6	3.1
04:00	44.6	13.8	14.7	10.9	11.4	12.4	11.1	88.6	23	38.8	17.5	4.6	43	81.7	82.4	81.2	69.7	143.9	106	97.6	340	337.2	291.6	32.5	83.6	285.3	33	11.2	7	8.1	83.8
05:00	78.5	11.9	13.4	15.2	12.3	18.7	12.1	82.2	44.3	41.8	9.2	144.7	17.5	47.8	80.4	86	66.5	48.1	87	115.1	100.8	68.7	42.7	98.4	111.7	301.8	122.8	13.5	15.4	14.2	13.2
06:00	99.8	12.3	12.9	13.6	11.6	15.8	12.8	90.1	89.8	78.8	1.1	1.9	13.7	79.1	98.8	83.1	62	17.3	58.4	112	52.8	109.1	34.3	138	80.7	302.2	143.4	12	14.1	16.1	54.7
07:00	71.5	11.9	12	12.7	13.3	11.5	4.2	12.1	70	185.2	18.8	17.8	1.7	90.8	88.8	18.2	80.9	5.9	12.4	28.9	28.2	39.2	11.7	12.1	78.4	102.7	18.8	9.7	11.8	1.8	18.4
08:00	4.2	12.4	11.7	11.5	13.2	14.3	12	118.4	48.8	104.7	95.8	77.6	72.3	100.8	82	100.1	72.1	101.1	28.4	11.9	11.3	1.2	8.3	10.8	98.8	244.5	11.8	13.4	7.3	9.5	89.5
09:00	14.3	12.4	13	10.9	13.1	12.8	19.1	10.1	27.1	76.1	28.5	32.1	20.2	23.5	105.9	88.1	83	12.3	11.2	13.8	24.1	138.3	18.4	13.9	137.8	297.1	10.8	10.5	14	14.7	28.2
10:00	18.5	18.7	18.6	17.1	18	16.1	14.4	23.9	74.2	48	12.9	12.1	10.7	25.3	99.8	41.5	81.3	13.8	12.1	17.1	13.7	2	116.9	188.8	116.9	342.1	17.6	18.7	12.4	18.1	13
11:00	18.5	17.4	14.2	25.2	16.4	10.4	15.4	16.9	35.4	19.2	14.2	12.4	11	10.5	88.7	19.1	19.8	15.1	18	16.6	22.5	11.7	273.8	100.4	281.2	178.7	15.2	18.3	13.4	14.8	14
12:00	19.1	12.8	18.3	28.3	28.5	23.7	11	44.3	84.9	14.9	12.9	12.6	11.6	18.8	48.8	17.9	17.9	16.1	14.3	10.7	13.9	47.8	49.1	142.4	30.9	177.9	18.7	12.3	15.4	11.9	14.4
13:00	13.1	13.1	16.7	21.8	19	27	16.8	87.5	14.3	14.8	15.9	15.3	18.7	10.9	88.8	14.6	18.1	22.7	18.8	19.8	23.1	12.8	140.3	11.7	174.8	183.2	16.6	14.8	18.8	21.1	13.8
14:00	23.8	14.3	21.1	21.8	13.8	41.3	23.2	48.2	28	45.9	16.4	25.9	18.7	22.2	23.7	13.2	14.3	20.9	24.8	18.9	11.7	27.2	13.1	15.4	21.4	190.8	14.5	18.2	26	14.5	13.5
15:00	14.5	20	14.3	28.2	19.3	14.4	18.1	61	25.2	18.9	17.3	20.8	16.3	21.1	28.5	18.2	16.3	14	23.6	18.7	18.7	41.9	42.5	73.9	14.3	143.8	17.4	18.1	27.5	14.7	18.7
16:00	17.1	17.8	11	14.8	16.3	18.4	17.9	16.8	11.9	10.4	18.4	18	17.3	14.5	25.5	18.8	18.1	18.2	11.9	13.8	24.4	24.9	140.7	14	146.6	144.8	18.8	11.7	21.2	42.9	18.4
17:00	12.4	14	160.3	21.8	19	18.4	64	16.9	18.5	8.9	13	11.4	18.4	13.8	22	11.7	17.4	16.4	13.5	14.2	80.8	15.5	196.5	134	107.9	125	9.8	13.8	18.2	14.5	13.8
18:00	17.2	8.9	12.8	9.8	17.4	13.3	25.4	15.2	8.6	12.7	14	8.1	11.3	8.3	14.1	14.7	28.6	9.4	15.6	12.3	11.5	278.5	102.4	102.1	73.2	125.9	5.9	16.2	17.8	21.8	14.9
19:00	5.7	16.8	17.3	12.8	8.5	9.4	6.6	7.8	2.1	2.1	17.2	2.7	15.9	150.7	8.1	5.2	60.1	17.1	48.6	13	17.2	288.7	280.8	277.8	284.7	134.8	8	12.3	14.4	78.8	18.9
20:00	0.6	7.5	14.7	1.7	17.1	11	0.8	198.1	1	10.7	73.9	11.9	6.3	18.0	2.8	14	18.2	18.1	10.8	48.4	188.1	289.1	280.6	270.1	287	195.2	10.3	4.1	58.4	81.4	48.7
21:00	13.1	11.2	17.1	15.6	19.2	17.6	9	2	12.2	16.8	78.7	42.3	23.3	72.9	2.1	41.3	16.9	102.2	81.6	107.3	112.9	211.6	118.7	176.9	118.7	189.8	101.2	12.4	14	70.7	13.2
22:00	13.1	13.7	16.6	18.2	11.8	11.4	13.1	5.5	10.3	16.3	15.6	15.6	9.4	12.1	106.6	8.1	43.2	78.6	117.7	141.8	145.1	115.1	130.1	146.5	176.9	109.4	133	179.1	103.6	72.1	74.9
23:00	21.1	12.8	13.1	13.7	43.6	14.8	14.2	18.2	4.1	18.3	15.3	5	4	62.3	18	8.1	78	113.1	115.6	82.4	119.4	152.4	277.4	273.6	188.4	111.2	184	14.8	64.7	17.8	24.5

ธันวาคม

 +  ทิศทางลมด้านเหนือ

 +  ทิศทางลมด้านใต้

ภาคผนวก จ.

สถานการณ์การใช้งานหน้าต่างระบายอากาศ

การศึกษาข้อมูลรายชั่วโมง อุณหภูมิ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน และทิศทางลม จากนั้นนำมากำหนดสถานการณ์ที่ 1 ถึง 8 การใช้งาน ตลอดทั้งปี พ.ศ.2562



มกราคม



กุมภาพันธ์

สถานการณ์ 1



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางลมเหนือ)

สถานการณ์ 2



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางลมเหนือ)

สถานการณ์ 3



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางลมเหนือ)

สถานการณ์ 4



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางลมเหนือ)

สถานการณ์ 5



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางลมใต้)

สถานการณ์ 6



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางลมใต้)

สถานการณ์ 7



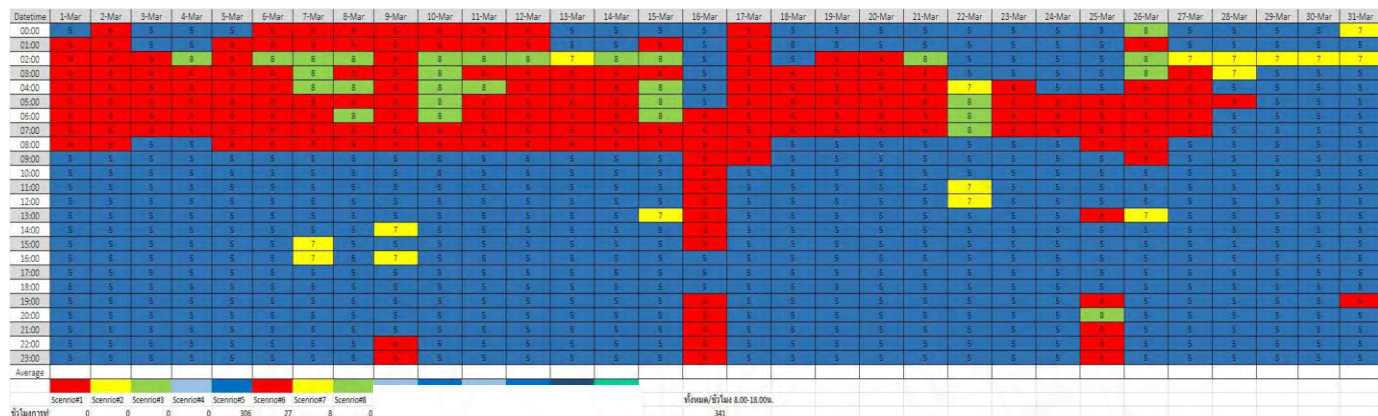
= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางลมใต้)

สถานการณ์ 8



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางลมใต้)

ภาคผนวกที่ จ.1 (ต่อ)



มีนาคม



เมษายน

สถานการณ์ 1



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 2



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 3



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 4



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 5



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 6



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 7



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 8



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางใต้)

ภาคผนวกที่ จ.1 (ต่อ)

Datetime	1-May	2-May	3-May	4-May	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May	15-May	16-May	17-May	18-May	19-May	20-May	21-May	22-May	23-May	24-May	25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May
00:00	5	7	5	5	7	7	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
01:00	5	7	7	5	7	5	7	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
02:00	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
03:00	5	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
04:00	5	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
05:00	5	5	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
06:00	7	7	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
07:00	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
08:00	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
09:00	5	7	5	7	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10:00	5	8	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11:00	8	7	5	7	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12:00	8	7	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13:00	7	7	5	7	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14:00	7	7	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15:00	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16:00	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17:00	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
18:00	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19:00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20:00	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21:00	5	5	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
22:00	5	5	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
23:00	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Average																															
จำนวนพื้นที่	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6	Scenario7	Scenario8	ทั้งหมด/ร้อยละ 8.00-18.00%																						
	0	0	0	0	262	22	52	5	341																						

พฤษภาคม

Datetime	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun	7-Jun	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	28-Jun	29-Jun	30-Jun	
00:00	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
01:00	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
02:00	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
03:00	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
04:00	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
05:00	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
06:00	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
07:00	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
08:00	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
09:00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
10:00	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
11:00	5	7	7	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
12:00	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
13:00	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
14:00	8	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
15:00	5	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
16:00	5	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
17:00	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
18:00	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
19:00	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
20:00	8	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
21:00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
22:00	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
23:00	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Average																															
	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6	Scenario7	Scenario8	ทั้งหมด/ร้อยละ 8.00-18.00%																						
จำนวนพื้นที่	0	0	0	0	175	20	125		330																						

มิถุนายน

สถานการณ์ 1



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 2



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 3



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 4



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 5



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 6



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

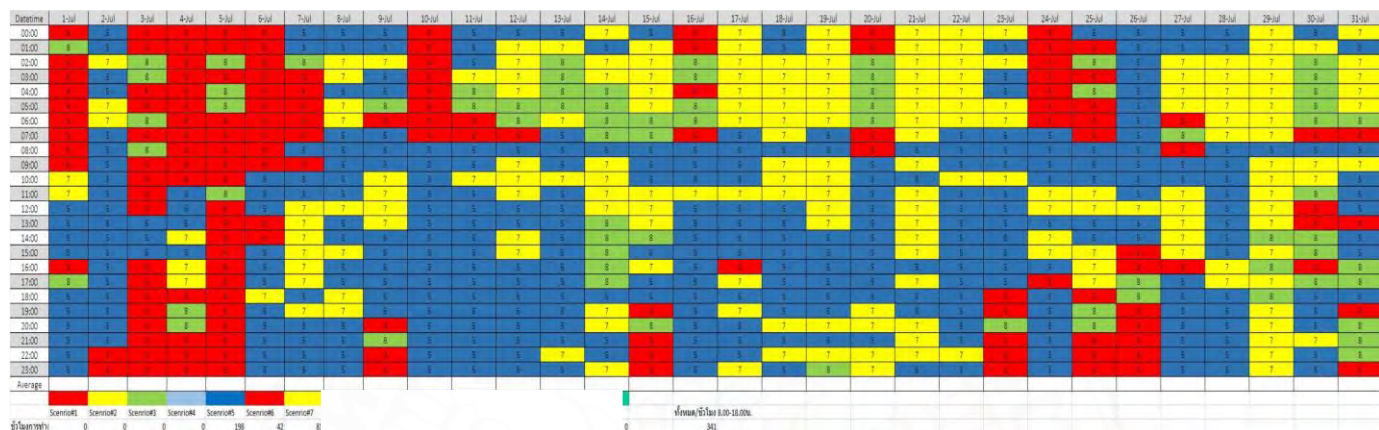
สถานการณ์ 7



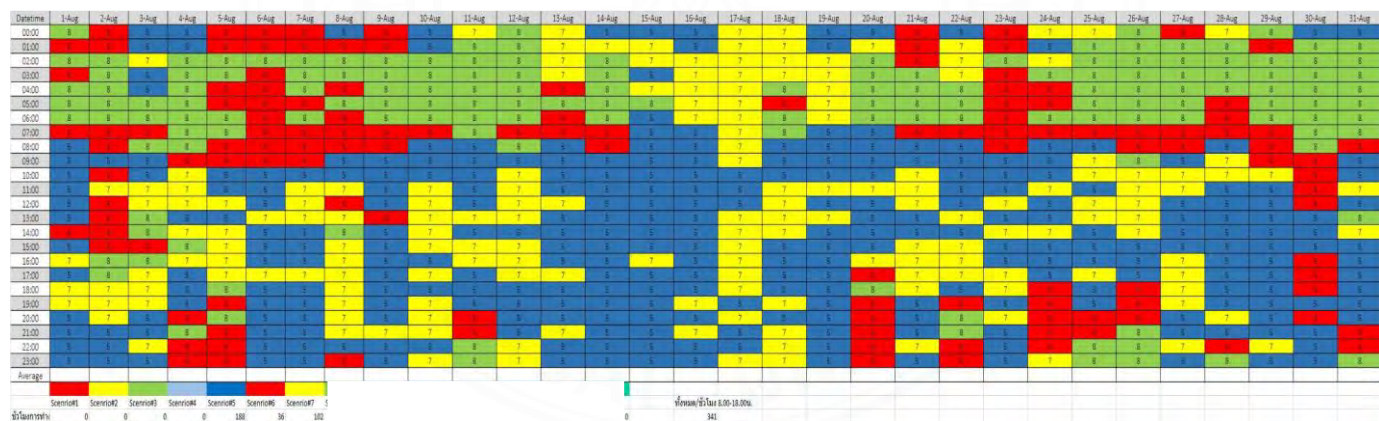
= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 8

ภาคผนวกที่ จ.1 (ต่อ)



กรกฎาคม



สิงหาคม

สถานการณ์ 1



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 2



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 3



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 4



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 5



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 6



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 7



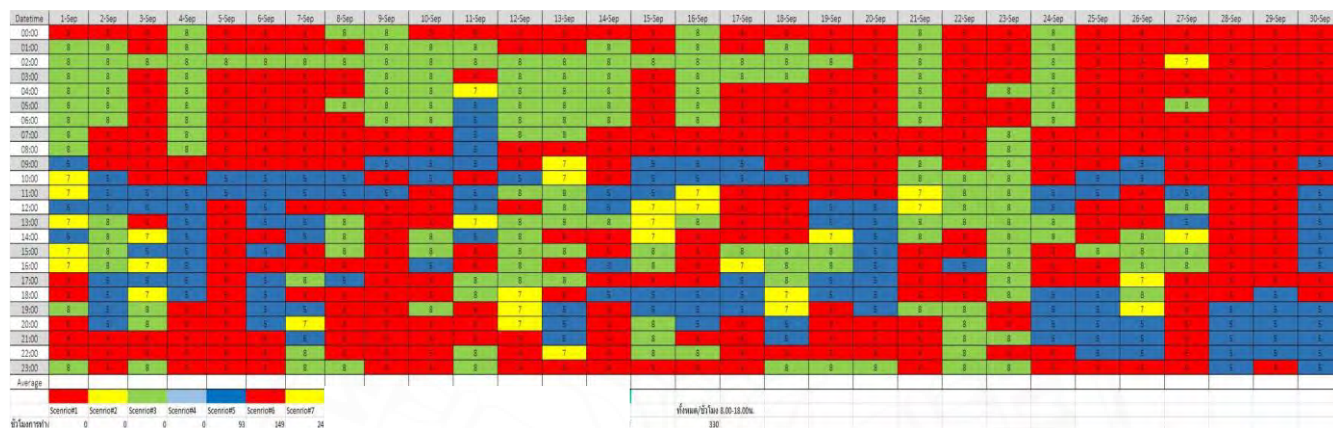
= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 8

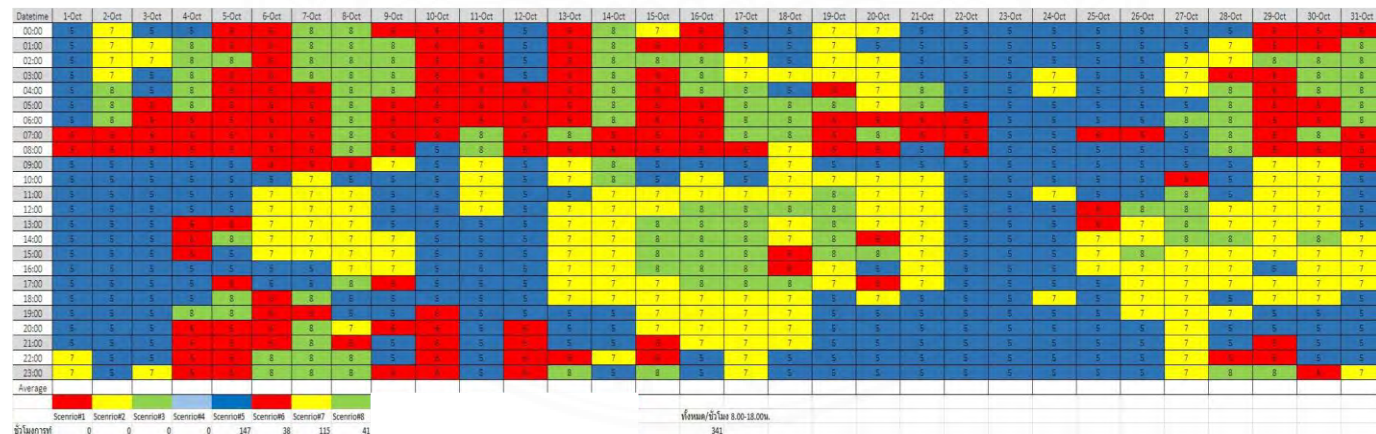


= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางใต้)

ภาคผนวกที่ จ.1 (ต่อ)



กันยายน



ตุลาคม

สถานการณ์ 1



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 2



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 3



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 4



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 5



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 6



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 7



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 8



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางใต้)

ภาคผนวกที่ จ.1 (ต่อ)

Datetime	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	5-Nov	6-Nov	7-Nov	8-Nov	9-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	21-Nov	22-Nov	23-Nov	24-Nov	25-Nov	26-Nov	27-Nov	28-Nov	29-Nov	30-Nov
00:00	3	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	3	2	3
01:00	3	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	3	2	3
02:00	4	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	3	4	2
03:00	4	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	4	2	3	4	2
04:00	4	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	4	2	3	4	2
05:00	4	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	3	4	2
06:00	4	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	3	4	2
07:00	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	4	2	2
08:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	3	4	2
09:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	3	4	2
10:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3
11:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3
12:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3
13:00	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3
14:00	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3
15:00	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3
16:00	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3
17:00	4	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3
18:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
19:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
21:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
22:00	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Average	3	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	3	4	2	3
															ทั้งหมด/ชั่วโมง 8.00-18.00น.															
จำนวนค่า															330															

พฤศจิกายน

Datetime	1-Dec	2-Dec	3-Dec	4-Dec	5-Dec	6-Dec	7-Dec	8-Dec	9-Dec	10-Dec	11-Dec	12-Dec	13-Dec	14-Dec	15-Dec	16-Dec	17-Dec	18-Dec	19-Dec	20-Dec	21-Dec	22-Dec	23-Dec	24-Dec	25-Dec	26-Dec	27-Dec	28-Dec	29-Dec	30-Dec	31-Dec
00:00	3	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
01:00	3	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
02:00	3	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
03:00	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
04:00	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	
05:00	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
06:00	2	4	4	4	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	
07:00	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
08:00	2	4	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09:00	2	4	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
10:00	4	3	4	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
11:00	4	3	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
12:00	3	4	4	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
13:00	3	4	3	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
14:00	3	4	3	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
15:00	3	4	3	2	4	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
16:00	3	4	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
17:00	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
18:00	3	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
19:00	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
20:00	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
21:00	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
22:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
23:00	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Average	3	4	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4	Scenario5	Scenario6	Scenario7	Scenario8	ทั้งหมด/ชั่วโมง 8.00-18.00น.																							
จำนวนค่า	137	108	37	59	0	0	0	341																							

ธันวาคม

สถานการณ์ 1



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 2



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 3



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 4



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางเหนือ)

สถานการณ์ 5



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 6



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 7



= การระบายอากาศทางกลโดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศ (ทิศทางใต้)

สถานการณ์ 8



= การระบายอากาศทางธรรมชาติ (ทิศทางใต้)

ภาคผนวก ฉ.

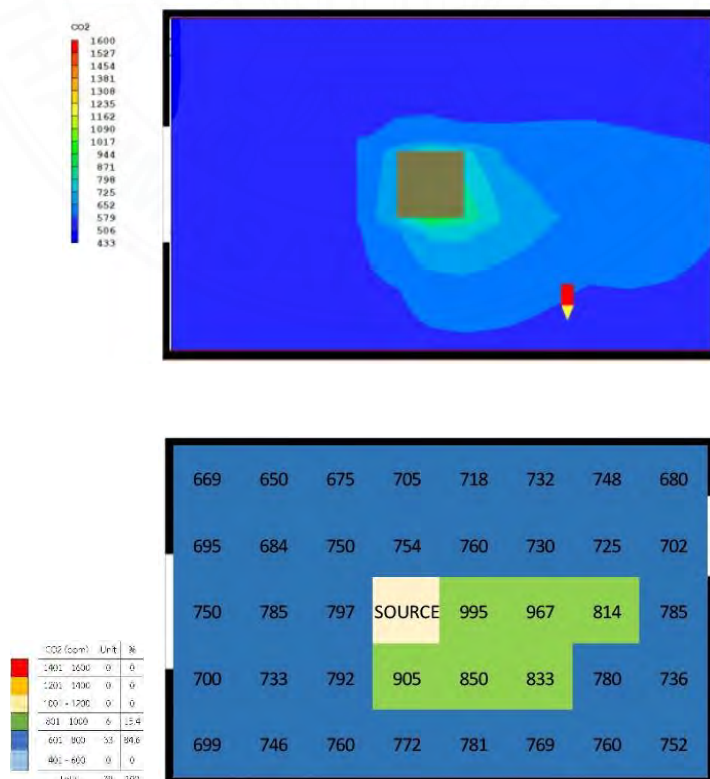
ผลการวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลอง

การศึกษาเทียบผลจากโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล Phoneics 2019 ตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลองเพื่อไปใช้ศึกษาในกรณีห้องเรียนต่อไป

(1) ห้องทดลอง ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ

ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ ปริมาณของลมและความเร็วเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที (110.11 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่

สถานการณ์ที่ 1 ตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลอง และ ปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่

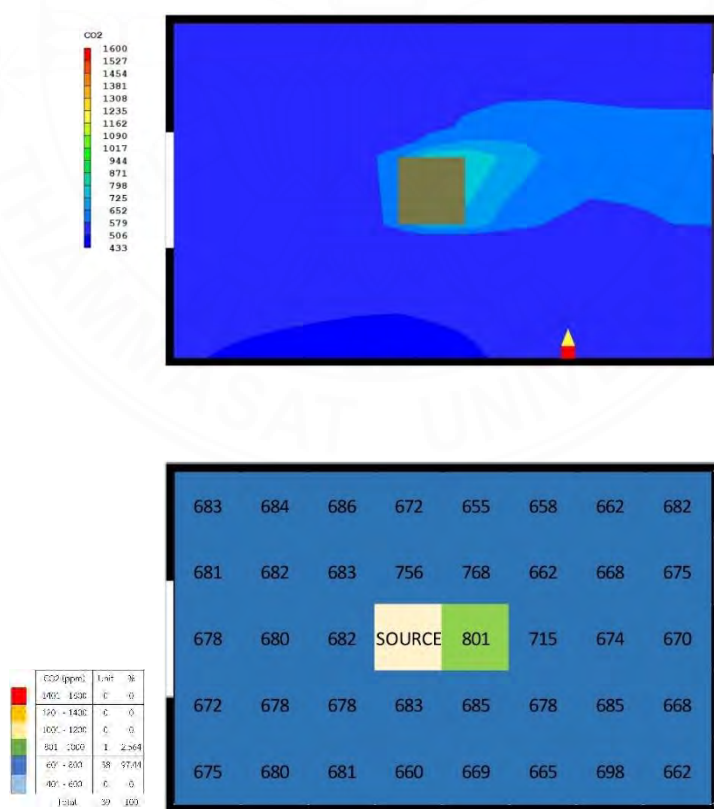


ภาคผนวกที่ ฉ.1 (ต่อ)

(2) ห้องทดลอง ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมสูง ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ

ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดการทำงานพัดลมสูง ปริมาณของลม และความเร็วกว่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที (220.22 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ โดยหน้าต่างระบายอากาศ ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่

สถานการณ์ที่ 2 ตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลอง และ ปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่

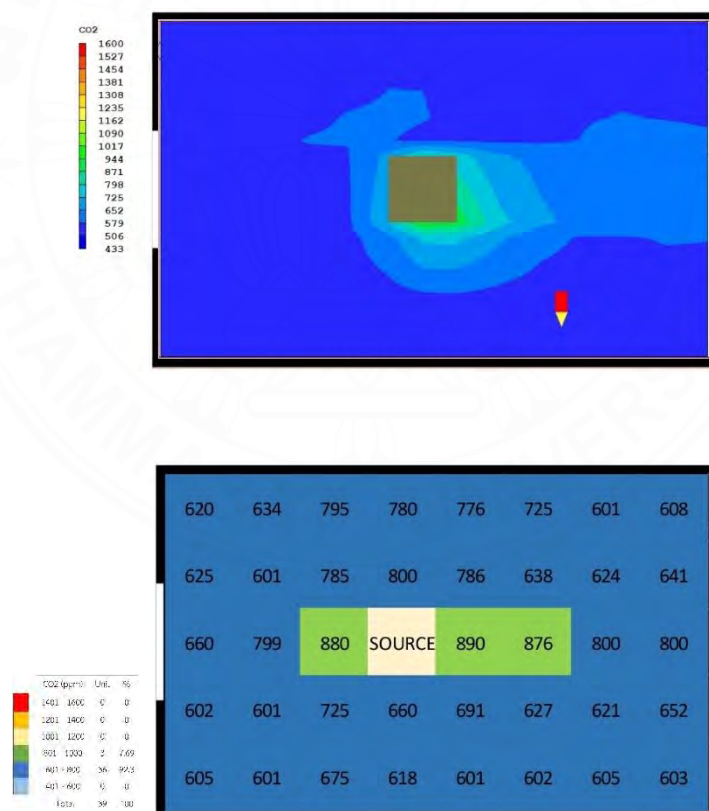


ภาคผนวกที่ ฉ.1 (ต่อ)

(3) ห้องทดลอง ที่มีการระบายอากาศทางกลโหมดพัดลมต่ำ

ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางกลโหมดการทำงานพัดลมต่ำ ปริมาณของลม และความเร็วเท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที (165.16 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) โดยหน้าต่างระบายอากาศ ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่

สถานการณ์ที่ 3 ตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลอง และ ปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่

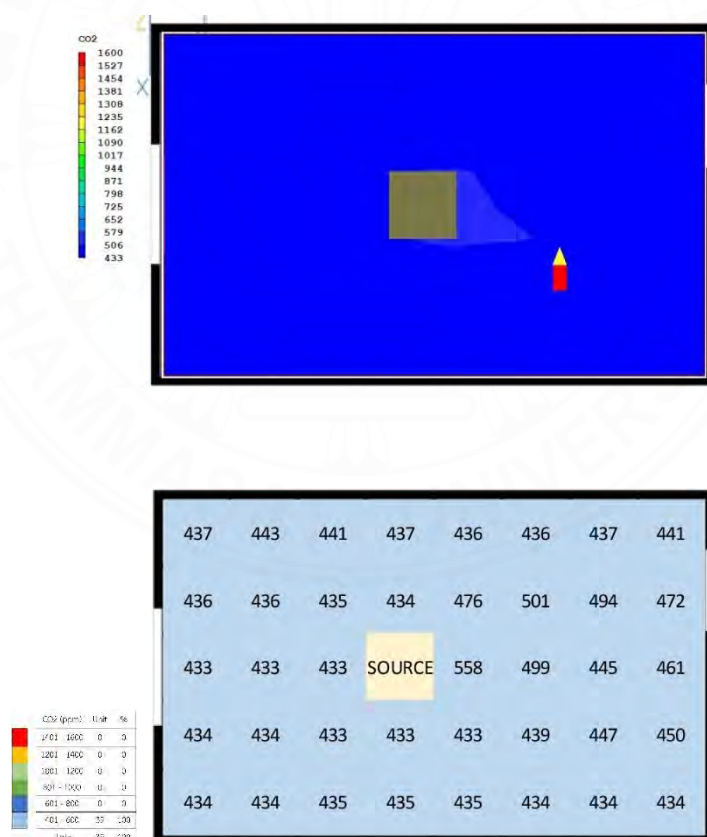


ภาคผนวกที่ ฉ.1 (ต่อ)

(4) ห้องทดลอง ที่มีการระบายอากาศทางธรรมชาติ

ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามตำแหน่งที่กำหนด ในห้องทดลองที่ใช้การระบายอากาศทางธรรมชาติ ปริมาณของลม และความเร็วเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที (963.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) โดยหน้าต่างระบายอากาศ ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm คิดเป็นร้อยละ 100 ของพื้นที่

สถานการณ์ที่ 4 ตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทดลอง และ ปริมาณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่

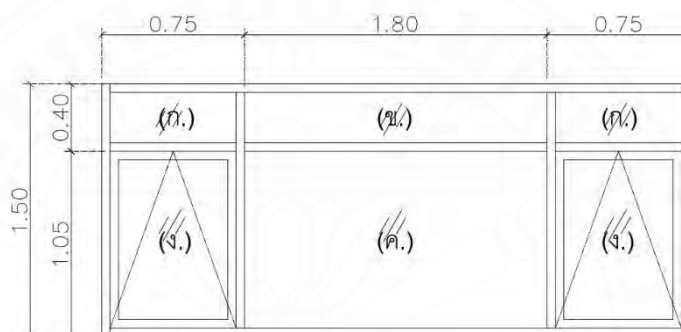


ภาคผนวก ข.

ข้อมูลลักษณะประตูหน้าต่างของกลุ่มทดลอง และการคำนวณระดับการรั่วซึมอากาศ
ในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. ตัวอย่างการคำนวณระดับการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของหน้าต่างจากกลุ่มทดลอง

หน้าต่างแบบ ก. มีลักษณะดังภาพ



พบว่า หน้าต่างแบบ ก. จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดขององค์ประกอบดังนี้

1. หน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ก.) ขนาดกว้าง 0.75 ม. x สูง 0.30 ม.
จำนวน 2 บาน
2. หน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ข.) ขนาดกว้าง 1.80 ม. x สูง 0.30 ม.
จำนวน 1 บาน
3. หน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ค.) ขนาดกว้าง 1.80 ม. x สูง 1.05 ม.
จำนวน 1 บาน
4. หน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ง.) ขนาดกว้าง 0.75 ม. x สูง 1.05 ม.
จำนวน 2 บาน

คำนวณหาเส้นรอยรั่ว

1. ความยาวเส้นรอยรั่วของหน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ก.)

$$= [(0.75 \times 2) + (0.30 \times 2)] \times 2 \times 1$$

$$= 4.20 \text{ ม.}$$

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

2. ความยาวเส้นรอยร้าวของหน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ข.)

$$= [(1.80 \times 2) + (0.30 \times 2)] \times 2 \times 1$$

$$= 4.20 \text{ ม.}$$

3. ความยาวเส้นรอยร้าวของหน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ค.)

$$= [(1.80 \times 2) + (1.05 \times 2)] \times 2 \times 1$$

$$= 5.70 \text{ ม.}$$

4. ความยาวเส้นรอยร้าวของหน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย (ง.)

$$= [(0.75 \times 2) + (1.05 \times 2)] \times 2 \times 1$$

$$= 7.20 \text{ ม.}$$

ดังนั้น ความยาวเส้นรอยร้าวทั้งหมด คือ $4.20 + 4.20 + 5.70 + 7.20 = 21.30 \text{ ม.}$

อัตราการรั่วซึมอากาศของหน้าต่างแต่ละแบบจากผลทดสอบการรั่วซึมอากาศที่ความดันแตกต่าง 75 ปาสคาล ตามมาตรฐานกระทรวงพลังงาน (ตารางที่ 2.7) เป็นดังนี้

1. อัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของหน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานปิดตาย = 0.37 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

2. อัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของหน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานกระทุ้ง = 0.67 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

จากความยาวรอยร้าว และอัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของหน้าต่างแต่ละแบบสามารถ

คำนวณหาอัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของหน้าต่างแบบ ก. ได้ดังนี้

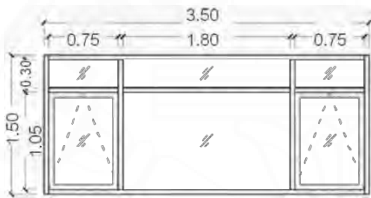
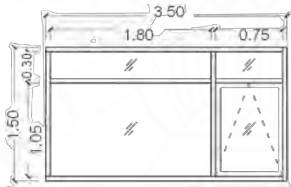
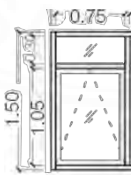
อัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของหน้าต่างแบบ ก.

$$= \frac{(4.20 \times 0.37) + (4.20 \times 0.37) + (5.70 \times 0.37) + (7.20 \times 0.67)}{21.30}$$

$$= 0.47 \text{ ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร}$$

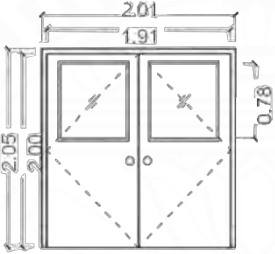
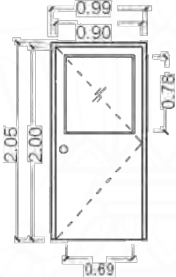
ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

ลักษณะประตูหน้าต่าง และอัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ย

ลักษณะประตูหน้าต่าง	ความยาว รอยรั่วรวม (ม.)	อัตราการ รั่วซึมซึมอากาศ เฉลี่ย (ลิตรต่อวินาทีต่อ เมตร)
หน้าต่างแบบ ก. 	21.30	0.47
หน้าต่างแบบ ข. 	15.60	0.44
หน้าต่างแบบ ค. 	10.16	0.48

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

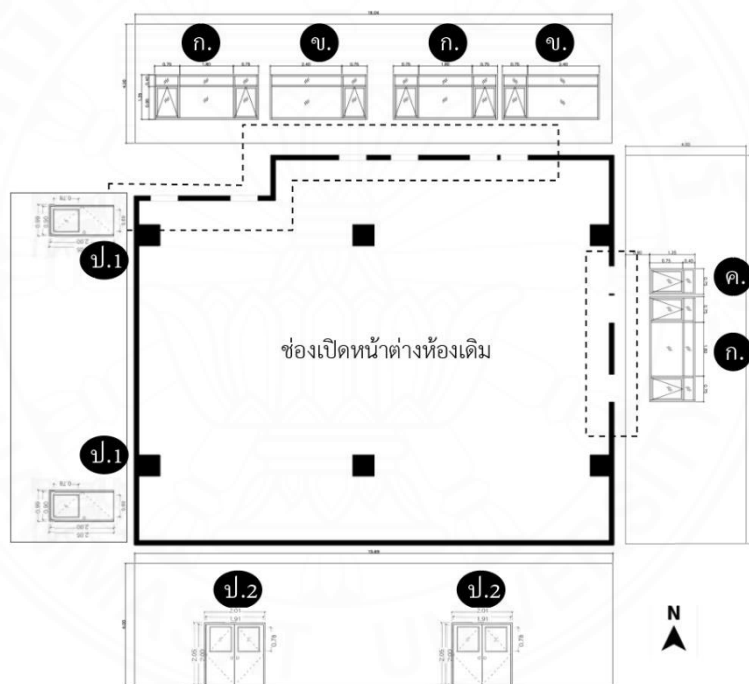
ลักษณะประตูหน้าต่าง และอัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ย

ลักษณะประตูหน้าต่าง	ความยาว รอยรั่วรวม (ม.)	อัตราการ รั่วซึมซึมอากาศ เฉลี่ย (ลิตรต่อวินาทีต่อ เมตร)
ประตูแบบ ป 2. 	15.70	1.35
ประตูแบบ ป 1. 	8.74	1.41

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

ตัวอย่างห้อง สก.606 มีรูปแบบของประตูหน้าต่างดังนี้

1. หน้าต่างแบบ ก. จำนวน 3 ชุด
2. หน้าต่างแบบ ข. จำนวน 2 ชุด
3. หน้าต่างแบบ ค. จำนวน 1 ชุด
4. ประตูแบบ ป.1 จำนวน 2 ชุด
5. ประตูแบบ ป.2 จำนวน 2 ชุด



คำนวณความยาวเส้นรอยรั้วรวม

1. ความยาวเส้นรอยรั้วของหน้าต่างแบบ ก.
 $= (21.30 \times 3)$
 $= 63.90 \text{ ม.}$

ภาคผนวกที่ ข.1 (ต่อ)

2. ความยาวเส้นรอยร้าวของหน้าต่างแบบ ข.

$$= (15.60 \times 2)$$

$$= 31.20 \text{ ม.}$$

3. ความยาวเส้นรอยร้าวของหน้าต่างแบบ ค.

$$= (10.16 \times 1)$$

$$= 10.16 \text{ ม.}$$

4. ความยาวเส้นรอยร้าวของประตูแบบ ป.1

$$= (8.74 \times 2)$$

$$= 17.48 \text{ ม.}$$

5. ความยาวเส้นรอยร้าวของประตูแบบ ป.2

$$= (15.70 \times 2)$$

$$= 31.40 \text{ ม.}$$

ดังนั้นความยาวเส้นรอยร้าวรวม คือ $63.90 + 31.20 + 10.16 + 17.48 + 31.40 = 154.14$ เมตร

อัตราการรั่วซึมอากาศเฉลี่ยของประตูหน้าต่างเป็นดังนี้

1. อัตราการรั่วซึมอากาศของหน้าต่างแบบ ก. = 0.47 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

2. อัตราการรั่วซึมอากาศของหน้าต่างแบบ ข. = 0.44 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

3. อัตราการรั่วซึมอากาศของหน้าต่างแบบ ค. = 0.48 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

4. อัตราการรั่วซึมอากาศของประตูแบบ ป.1 = 1.41 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

5. อัตราการรั่วซึมอากาศของประตูแบบ ป.2 = 1.35 ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร

จากนั้นจึงนำมาหาอัตราการรั่วซึมอากาศของประตูหน้าต่างห้อง สก.606

$$= (63.90 \times 0.47) + (31.20 \times 0.44) + (10.16 \times 0.48) + (17.48 \times 1.41) + (31.40 \times 1.35)$$

$$= 119.37 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

วิศรุต วงศ์พินิจวัฒนา

วันเดือนปีเกิด

3 สิงหาคม พ.ศ. 2539

วุฒิการศึกษา

ปีการศึกษา 2561: วิทยาศาสตรบัณฑิต
(สถาปัตยกรรม)
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

