การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงาน ด้วยแบบจำลอง CONTAM

ศุภวัฒน์ พรหมสาขา ณ สกลนคร

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2564

Airflow Simulation and Analysis in Conference Rooms and Offices Using CONTAM Model

Supawat Promsaka Na Sakonnakhon

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2021

ใบรับรองสารนิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์ การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงาน ด้วยแบบจำลอง CONTAM

เสนอโดย ศุภวัฒน์ พรหมสาขา ณ สกลนคร

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล นาวงษ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ..19..... เดือน ..กรกฎาคม..... พ.ศ. ..2564...

หัวข้อสารนิพนธ์ การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAM
ชื่อผู้เขียน ศุภวัฒน์ พรหมสาขา ณ สกลนคร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องสัมมนาและสำนักงานโดยใช้แบบจำลอง CONTAM เพื่อประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศ ที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐาน ในการศึกษานี้ใช้อาคารกรณีศึกษาในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นอาคารสูง 38 ชั้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงานชั้น 19 จำลองกรณีศึกษา 2 กรณี ได้แก่ กรณีศึกษาที่ 1 การจำลองรูปแบบการไหลของอากาศในห้องสัมมนา ชั้น 9 ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 25 °C กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศในห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 24 °C จากการวิเคราะห์พบว่า กรณีศึกษาที่ 1 ชั้น 9 ห้องสัมมนาทั้ง 4 ห้อง มีอัตราการระบายอากาศเทียบกับขนาดพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม โดยมีค่าการระบายอากาศจากการออกแบบที่ 1,314, 1,344, 600 และ 732 m^3/hr ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงค่าการแลกเปลี่ยนอากาศโดยวิธีการทางกลอย่างเหมาะสมและสมดุลให้ค่าการระบายอากาศที่ 2,924, 2,933, 878 และ 1230 m^3/hr ตามลำดับ กรณีศึกษาที่ 2 ชั้น 19 ห้องสำนักงานจำนวน 3 ห้อง มีค่าการระบายอากาศจากการออกแบบที่ 2,116, 2,018 และ 1,800 m^3/hr ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงค่าการแลกเปลี่ยนอากาศด้วยวิธีการทางกลจนได้ค่าการระบายอากาศที่ 2,113, 2,990 และ 2,850 m^3/hr ตามลำดับ โดยค่าอุณหภูมิที่แตกต่างไม่มีผลต่อค่าการระบายอากาศ แต่ส่งผลต่อสภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ใช้อาคาร ซึ่งแนะนำที่ 23 - 25 °C

คำสำคัญ : การไหลของอากาศ, แบบจำลอง CONTAM, อาคารสำนักงาน, คุณภาพอากาศภายในอาคาร

Thematic Paper Title	Analysis and Simulation of Airflow in Conference Room and Offices Using CONTAM Model
Author	Supawat Promsaka Na Sakonnakhon
Thematic Paper Advisor	Assistant Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2020

ABSTRACT

The purpose of this study was to simulate and analyze the airflow in seminar rooms and offices using the CONTAM model to assess the adequacy of appropriate ventilation rates according to the standard. In this study, a 38-storey building was divided into 2 sample cases: seminar rooms on the 9th floor and office rooms on the 19th floor. Case 1, The temperature on 9th floor seminar rooms has been set at 20 °C and 25 °C, respectively. Case 2, Simulates the airflow pattern in the office rooms on 19th floor at 20°C and 24°C. From the analysis, it was found that, Case 1, all 4 seminar rooms had inappropriate ventilation rates compared to the space sizes. The design ventilation values were 1,314, 1,344, 600 and 732 m3/hr, respectively so the ventilation values have been adjusted to 2,924, 2,933, 878 and 1230 m3/hr, respectively. Case Study 2, 3 office rooms with design ventilation values of 2,116, 2018 and 1,800 m3/hr, respectively. The researchers improved the air exchange values by mechanical method until the ventilation values were obtained. at 2,113, 2,990 and 2,850 m3/hr, respectively, without any affect on the ventilation values due to changes of the temperature but it affected the thermal comfort conditions of building occupants, which is recommended at 23 - 25 °C.

Keywords: Air Flow, CONTAM Model, Office Building, Indoor Air Quality

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ จะสำเร็จล่วงมิได้ หากมิได้รับความกรุณาของ ผศ.ดร. อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง ในการอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา และข้อชี้แนะเกี่ยวกับการวิจัย ตลอดจนแก้ไขตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ ให้สารนิพนธ์สำเร็จเสร็จสมบูรณ์ ที่สำคัญยังให้กำลังใจในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ตลอดมา ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง เพื่อนๆ และที่ขาดมิได้คือ เพื่อน และ พี่ทุกคนที่เรียนปริญญาโท การจัดการทางวิศวกรรม มาด้วยกันสำหรับคำปรึกษา และ กำลังใจดีๆ ที่คอยมอบให้ตลอดมามิเช่นนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ก็อาจจะสำเร็จสำเร็จมิได้และขอบพระคุณคณาอาจารย์ทุกท่าน รวมถึงเพื่อนร่วมงานที่ทำงานที่ช่วยในการทดสอบ ผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ด้วยประโยชน์อันใดที่จะก่อเกิดจากสารนิพนธ์ ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศุภวัฒน์ พรหมสาขา ณ สกลนคร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 4

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

2.1 แนวคิด..... 7

2.2 ทฤษฎี..... 8

2.3 มาตรฐานและกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง..... 10

2.4 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศในอาคารที่ยอมรับได้..... 13

2.5 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม..... 25

2.6 แบบจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศและอัตอากาศแบบหลายโซน โดยวิธีการ ใช้โปรแกรม CONTAM..... 35

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 36

3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 40

3.1 ขั้นตอนระเบียบวิธีการวิเคราะห์โปรแกรม CONTAM..... 41

3.2 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย..... 43

3.3 ขั้นตอนในการวิจัย..... 43

3.4 วิเคราะห์ปรับปรุงคำนวณเพื่อหาปริมาณการระบายอากาศ..... 44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	56
3.6 วิธีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล	57
4. ผลการวิจัย	59
4.1 สำรวจข้อมูลทำการทดสอบและตำแหน่งในการสุ่มเก็บตัวอย่าง	59
4.2 การดำเนินงานทำการทดสอบตำแหน่งในการสุ่มเก็บตัวอย่าง	61
5. สรุปและอภิปรายผลงานวิจัย	71
5.1 สรุปผลการวิจัย	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	76
ประวัติผู้เขียน	84

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงอัตราการระบายอากาศโดยวิธีทางกลในกรณีพื้นที่ไม่ปรับอากาศ.....	15
2.2	แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ…….....……..……	16
2.3	แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ…….....……..……	21
2.4	แสดงอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศ.……..……	22
2.5	แสดงตารางแนบท้ายกฎกระทรวง : อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล..……	23
2.6	แสดงตารางแนบท้ายกฎกระทรวง : อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับอากาศ..……	24
2.7	แสดงค่าแนะนำสภาวะการออกแบบภายในอาคารตามประกาศกระทรวงพลังงาน..……	25
3.1	แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ……...……	45
3.2	ตารางแสดงขนาดพื้นที่ ห้องสัมมนา ชั้น 9 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดห้อง/ตารางเมตร…….....……	46
3.3	แสดงขนาดพื้นที่ ห้องสำนักงาน ชั้น 19 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้…….....……	50
3.4	แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ……...……	51
3.5	ค่ามาตรฐานคำนวณปริมาณการระบายอากาศที่เพียงพอสำหรับห้อง.....	53
3.6	แสดงขนาดพื้นที่และจำนวนผู้ใช้ห้องสัมมนาชั้น 9 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าปรับปรุงที่พอเพียง……	54
3.7	แสดงขนาดพื้นที่และจำนวนผู้ใช้ห้องสำนักงานมมนาชั้น 19.....	55
4.1	ตารางห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน	66
4.2	ตารางสำนักงานชั้น 19 ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน.....	68

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 ห้องสัมมนาภายในอาคาร…….....…… 2

1.2 สภาพแวดล้อมสำนักงาน…….....…… 2

2.1 กรอบแนวคิดทางการศึกษาการระบายอากาศ.....…… 7

2.2 Indoor Air Quality (IAQ) …….....…….…… 8

2.3 การระบายอากาศโดยธรรมชาติ และการระบายอากาศโดยวิธีทางกล..... 14

2.4 ระบบระบายอากาศ…….....…… 26

2.5 การกำหนดวิธีการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้า..... 31

2.6 การกำหนดวิธีการใช้พัดลมส่งอากาศภายนอก..... 33

2.7 Future Faces ของโปรแกรมจำลอง CONTAM..... 35

3.1 ขั้นตอนระเบียบวิธีการวิเคราะห์โปรแกรม CONTAM..... 41

3.2 แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย.....…….....…… 42

3.3 แบบแปลนพื้นที่ห้องสัมมนา ชั้น 9 เลือกนำมาใช้ในการทำวิจัยภายในอาคาร เพราะมีใช้งานห้องสัมมนาเป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง..... 45

3.4 แบบแปลนพื้นที่ห้องสำนักงาน ชั้น 19 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดห้อง/ตารางเมตร.....…… 49

3.6 แบบจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ห้องสำนักงาน ชั้น 19..... 58

4.1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C..... 62

4.2 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C..... 62

4.3 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C..... 63

4.4 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 อุณหภูมิห้อง 20°C..... 64

4.5 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C..... 64

4.6 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 19 อุณหภูมิห้อง 24°C..... 65

4.7 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน.....…….....…… 66

4.8 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน..... .....…….....…… 67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

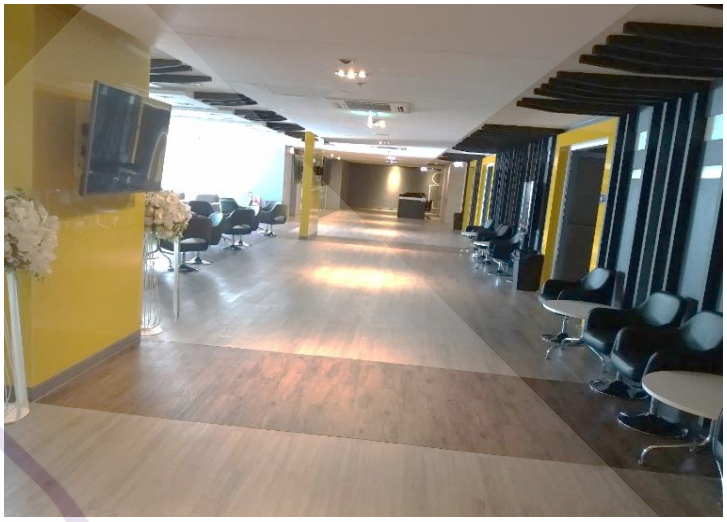
4.9 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน..... 67
4.10 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสำนักงานชั้น 19 ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน..... 69
4.11 กราฟอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน..... 69
4.12 กราฟอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน..... 70

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

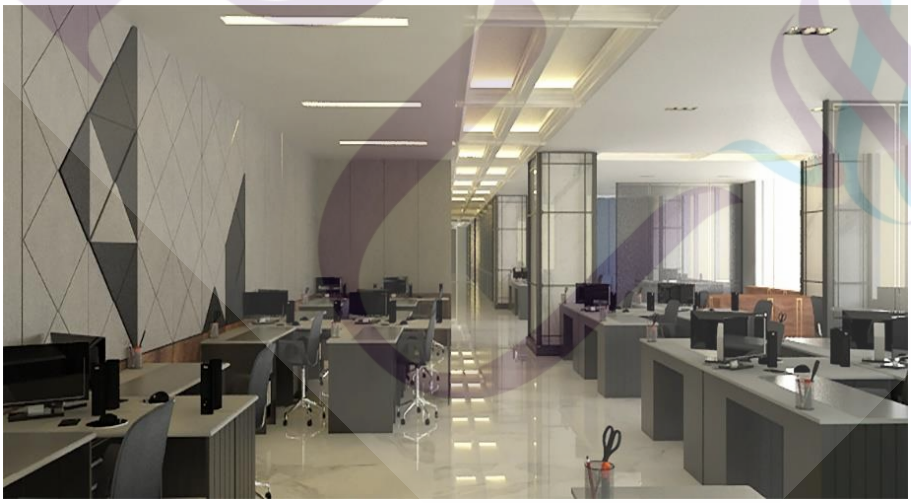
ในการก่อสร้างอาคารที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ มักจะถูกให้ความสำคัญกับการออกแบบอาคารเพื่อให้ สามารถอยู่ในราคาก่อสร้าง เริ่มต้นที่กำหนด และสามารถใช้พื้นที่ใช้สอยได้ตามความต้องการของลูกค้า หรือผู้อยู่อาศัย (Cost-Effective) โดยที่ คุณภาพของสภาพอากาศภายในอาคาร Indoor Air Quality (IAQ) มักจะถูกมองข้ามหรือให้ความสำคัญน้อย ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลต่อสภาวะการทำงาน และสุขภาพของผู้อาศัย ในระหว่างที่อยู่ในกระบวนการพัฒนาอาคารใหม่ หรือ ปรับปรุงซ่อมแซมอาคารเก่า ระบบควบคุม คุณภาพของสิ่งแวดล้อมภายในอาคารควรถูกเอามาพิจารณาตั้งแต่ช่วงการออกแบบ ช่วงการก่อสร้าง ช่วงการเปิดใช้งาน และช่วงซ่อมแซม การมีสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ดี คือ การมีระบบหมุนเวียนของอากาศ ภายในและภายนอกที่ดี การควบคุมสิ่งสกปรกในอากาศ การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและความชื้นที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย การใช้แสงสว่างที่เหมาะสม การควบคุมกลิ่นของอากาศจากวัสดุ หรือผู้ใช้งานในอาคาร

คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคารนั้นถูกกำหนดด้วยปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง เป็นต้น สภาพแวดล้อมที่ดีจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยเหล่านี้มีความเหมาะสมกับการใช้สอย (Function) ของห้องนั้นๆ ซึ่งการใช้สอยที่ต่างกันก็อาจต้องการคุณลักษณะของปัจจัยที่ต่างกันออกไป ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ห้องสัมมนาภายในอาคาร

คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคารนั้นถูกกำหนดด้วยปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง เป็นต้น สภาพแวดล้อมที่ดีจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยเหล่านี้มีความเหมาะสมกับการใช้สอย (Function) ของห้องนั้นๆ ซึ่งการใช้สอยที่ต่างกันก็อาจต้องการคุณลักษณะของปัจจัยที่ต่างกันออกไป ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 สภาพแวดล้อมสำนักงาน

คุณภาพอากาศภายในอาคาร คือ สภาพอากาศในบริเวณหนึ่งๆภายในอาคารหรือพื้นที่พักอาศัย โดยที่สภาพอากาศที่ดี มีเงื่อนไขของการพิจารณาดังนี้ ความสุขสบายของคนในการอยู่บริเวณนั้นๆ นั่นคืออุณหภูมิของอากาศความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลมของอากาศบริเวณนั้นๆที่ยอมรับได้ การหายใจของคนเป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้น ของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ ณ บริเวณคนอยู่นั้น ๆ ของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ ณ บริเวณคนอยู่นั้น ๆ ความเข้มข้นของก๊าซ ไอ อนุภาคของสิ่งสกปรก และสารที่มีกัมมันตภาพรังสี เหล่านี้มีปริมาณไม่มาก ไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพและร่างกายของคน เหล่านี้มีปริมาณไม่มาก ไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพและร่างกายของคน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการไหลอากาศของศึกษาระบบระบายอากาศของแบบห้องสัมมนา ชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 อุณหภูมิที่ความแตกต่างกัน และ จำนวนคนใช้งานภายในห้อง โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศภายในห้องสัมมนาและสำนักงานโดยนำการเปรียบเทียบและอ้างอิงมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเลือกใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ (CONTAM) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ผ่านโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศและสภาวะที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการออกแบบ หรือปรับปรุงประสิทธิภาพภายในห้องสัมมนาและสำนักงาน และให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับหรือมีประสิทธิภาพสูงสุดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในห้องสัมมนาและสำนักงาน และทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศแบบห้องสัมมนา ชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 อุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันภายในแบบจำลอง และ จำนวนคนใช้งานภายในห้อง
2. จำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศผ่านโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศโดยแบ่งเป็น 4 กรณีศึกษา

- กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9
- กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19
- กรณีศึกษาที่ 3 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9
- กรณีศึกษาที่ 4 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงานชั้น 19

3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศภายในห้องสัมมนาและสำนักงาน โดยนำการและอ้างอิงมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โปรแกรมในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศเพื่อพิจารณาเส้นทางการไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19
2. สามารถวิเคราะห์ตัวแปรและแนวโน้นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นปัจจัยต่อการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19
3. เพื่อเป็นแนวทางเลือกการตัดสินใจสำหรับ ผู้ออกแบบ วิศวกร ผู้ดูแลอาคาร ศึกษาและสร้างความเข้าใจรูปแบบการระบบระบายอากาศภายในอาคาร

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

การปรับอากาศ(Air- Conditioning) หมายความว่า กระบวนการจัดการกับอากาศเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของพื้นที่ปรับอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ตวามสะอาดและการกระจายลม

ระบายอากาศ (Ventilation) หมายความว่า กระบวนการของการจ่าย และ การเอาอากาศออกโดยวิธีธรรมชาติ หรือวิธีเชิงกลทั้งเข้าและออกจากพื้นที่อากาศดังกล่าวอาจมีการปรับสภาวะก่อนหรือไม่ก็ได้

การระบายอากาศด้วยวิธีกล (Mechanical Ventilation) หมายความว่า การระบายอากาศด้วยวิธีกล การระบายอากาศเกิดจากอุปกรณ์ที่ผลิตจากพลังงานทางกล เช่นพัดลม และใบพัดที่ขับด้วยมอเตอร์ แต่ไม่ใช่อุปกรณ์ เช่น เครื่องระบายอากาศที่ขับใบพัดด้วยลมและหน้าต่างที่ปรับได้ทางกล

การระบายอากาศตามวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) หมายความว่า การเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกเข้าสู่พื้นที่โดยผ่านทางช่องเปิดที่ตั้งใจจับเตรียมไว้ เช่น หน้าต่าง หรือ ประตู

การระบายอากาศแบบควบคุมตามความต้องการ (Demand-Controlled Ventilation (DCV)) หมายความว่า วิธีการซึ่งการไหลของอากาศในพื้นที่สำหรับระบายอากาศ ถูกแปรผันตามพื้นที่ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้อาศัยจริง และ/หรือข้อกำหนดการระบายอากาศของพื้นที่อยู่อาศัย

การรั่วซึมเข้า (Infiltration) หมายความว่า การรั่วซึมเข้าสู่อาคารโดยผ่านรอยแตก ร่อง ช่อง รูต่างๆ เพดาน พื้น และกำแพงของพื้นที่ หรืออาคาร

การรั่วซึมออก (Exfiltration) หมายความว่าการรั่วซึมออกสู่ภายนอกผ่านรอยแตก ร่อง ช่อง รูต่างๆ เพดาน พื้น และกำแพงของพื้นที่ หรืออาคาร

พื้นที่ปรับอากาศ (Condition Space) หมายความว่า ส่วยของอากาศที่มีการทำความร้อนหรือเย็น หรือทั้งสองอย่างเพื่อความสบายของผู้อยู่อาศัย

ลมกลับ (Return Air) หมายความว่า อากาศซึ่งถูกถ่ายเทออกจากพื้นที่ปรับอากาศซึ่งจะทำให้อากาศหมุนเวียน หรือ ระบายทิ้ง

ลมจ่าย (Supply Air) หมายความว่า อากาศซึ่งถูกนำเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศและใช้สำหรับการระบายอากาศ การทำความเย็น การทำความร้อนการเพิ่ม หรือลดความชื้น

ลมถ่ายออก ลมดูดออก อากาศเสียอากาศที่ระบายออก (Exhaust Air) หมายความว่า อากาศซึ่งถูกระบายออกจากบริเวณที่ปรับอากาศและไม่นำกลับมาใช้อีก

อากาศเติม (Makeup Air) หมายความว่า อากาศภายนอกอากาศซึ่งถูกนำเข้ามาเพื่อทดแทนที่ลมถ่ายออก อากาศเสีย อากาศระบายออก และอากาศที่รั่วซึมออกไป

อากาศที่ถ่ายเท (Transfer Air) หมายความว่า การเคลื่อนที่ของอากาศภายในอาคารจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) หมายความว่า สภาวะการที่อากาศภายในอาคารที่อาจไม่มีสิ่งเจือปน หรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่อาจจะทำหรือไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของ มนุษย์ ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อมรอบอาคาร คุณภาพอากาศภายในอาคารมี

ความสำคัญเนื่องจากคนส่วนใหญ่ในเขตเมืองใช้เวลาอยู่ในอาคารเกือบร้อยละ 90 ของเวลาในแต่ละวัน หากคุณภาพอากาศภายในอาคารมีปัญหาก็จะเกิดโรคจากการทำงานและอยู่อาศัยในอาคารได้

คุณภาพอากาศในอาคารที่ยอมรับได้ (Acceptable Indoor Air Quality) หมายความว่า อากาศซึ่งไม่มีสารปนเปื้อนที่ทราบแน่นอนแล้ว และอยู่ในระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายตามที่กฎกระทรวงที่เกี่ยงกับมลพิษกำหนดหรือเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจที่เป็นผู้กำหนดไว้ และส่วนใหญ่(ประมาณ 80 % หรือมากกว่า) แสดงออกถึงความพึงพอใจ หรือรังเกียจ

สภาพแวดล้อมอาคาร (Building Environment) หมายความว่า สภาพอากาศภายในพื้นที่ส่วนทำงานของอาคารสำนักงานประหยัดพลังงานได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การรับรู้ของผู้ใช้สอยอาคาร (Perception Of Building Users) หมายความว่า ความรู้สึกส่วนบุคคลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ ปริมาณการถ่ายเทอากาศ ความสะอาดของอากาศ กลิ่นและกลิ่นชนิดต่างๆ ความพึงพอใจของผู้ใช้สอยอาคาร (The Satisfaction Of The Building Users) หมายความว่า ทัศนคติความพึงพอใจส่วนบุคคลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ การระบายและถ่ายเทอากาศและความสะอาดของอากาศ

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานโดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศ CONTAM แบบหลายโซน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 กรอบแนวคิดทางการศึกษาการระบายอากาศ

2.2 ทฤษฎีระบบระบายอากาศ

2.3 มาตรฐานและกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง

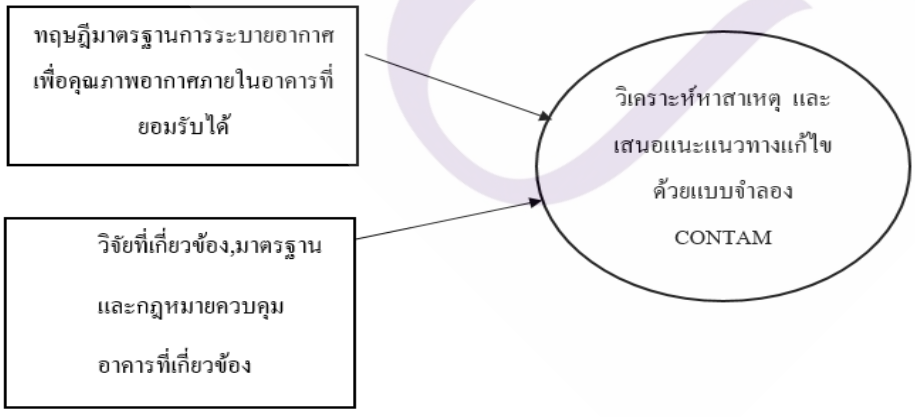
2.4 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศในอาคารที่ยอมรับได้

2.5 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม

2.6 แบบจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศวิธีการใช้ CONTAM

2.7 ผลการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด



ภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดทางการศึกษาการระบายอากาศ

สำหรับอาคารที่ยั่งยืนสิ่งสำคัญคือการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยเน้นความต้องการด้านสุขภาพและความสะดวกสบายที่เหมือนกัน คุณภาพอากาศในร่ม (IAQ) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสภาพแวดล้อมที่มีสุขภาพดีและมีคุณภาพ มีสี่คุณสมบัติที่สำคัญของ IAQ คือความสะดวกสบายในการระบายความร้อนคุณภาพอากาศภายในอาคาร ความสะดวกสบายในการใช้แสงและความเงียบสงบ IAQ การติดตั้งและเครื่องใช้ไฟฟ้ามักถูกใช้เพื่อสร้าง IAQ ที่จำเป็น เราสามารถเพลิดเพลินกับสภาพแวดล้อมภายในเย็นภายในห้องโดยใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงฤดูร้อนและชื้น เป็นบ้านที่อบอุ่นโดยใช้เครื่องอุ่นอากาศในช่วงฤดูหนาว คุณภาพอากาศที่ดีในร่มโดยใช้เครื่องทำความสะอาดอากาศ; และมีแสงเพียงพอและสะดวกสบายพร้อมโคมไฟ การติดตั้งและเครื่องใช้ทั้งหมดนี้ใช้ไฟฟ้าเพื่อจัดหา IAQ ที่ต้องการสำหรับเรา ดังนั้น IAQ ถือเป็นปัจจัยที่เป็นอิสระควบคู่กับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในการออกแบบอาคารที่ยั่งยืน

2.2 ทฤษฎี

Indoor Air Quality (IAQ) คือ ความรู้สึกร้อน-หนาว ของผู้ใช้อาคารหรือสภาวะน่าสบายของมนุษย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับขอบเขตของสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ที่อาจแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะดินฟ้าอากาศ สภาพแวดล้อมและความเคยชินที่แตกต่างกัน โดยมีปัจจัยหลักที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความเร็วของกระแสลมที่พัดผ่านผิวกาย ดังภาพที่ 2.5 คุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality)

ภาพที่ 2.2 Indoor Air Quality (IAQ)

ที่มา: มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

2.2.1 คุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นสภาวการณ์ที่อากาศภายในอาคารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ตั้งแต่การออกแบบอาคาร ออกแบบงานระบบระบายอากาศ ลักษณะการใช้อาคาร การควบคุมและบำรุงรักษา ตลอดจนสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารสามารถบ่งบอกได้โดยการประเมินและควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมของการระบายอากาศ และปริมาณความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลต่อการรับรู้ความพึงพอใจ และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร

อากาศอาจจะไม่มีหรือมีสารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร สิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมถึงทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง หากปริมาณสารปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่มาตรฐานกำหนด ถือว่าระดับคุณภาพอากาศอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะแก่การทำงานหรืออยู่อาศัย แต่หากระดับสารปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าคุณภาพอากาศไม่ดีไม่เหมาะแก่การอยู่อาศัยแต่อย่างใด สิ่งปนเปื้อนภายในอาคารเกิดจากแหล่งปนเปื้อนหลักที่สำคัญ 2 แหล่ง คือ

2.2.1.1 สารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร (External Environment) มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากท่อไอเสียบนท้องถนน จากอุตสาหกรรม ฝุ่นละออง เชื้อรา สารฆ่าแมลงจากการเกษตร และกลิ่นอื่น ๆ ที่ถูกดูดเข้าไปในอาคารทางช่องนำอากาศบริสุทธิ์เข้า ประตู หน้าต่าง และผนังที่แตกร้าว

2.2.1.2 สารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment) มีแหล่งกำเนิดจากหลากหลายประเภททั้งจากตัวอาคาร วัสดุอุปกรณ์ สิ่งของ และผู้ใช้อาคาร เช่น น้ำยาทำความสะอาด การซ่อมแซมอาคาร สารทำละลาย เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สำนักงาน การถ่ายเอกสาร สิ่งพิมพ์ การสูบบุหรี่ และการประกอบอาหาร เป็นต้น

สภาวะการปรับอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมทั้งด้าน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และ Radiant Temperature เป็นสิ่งจำเป็นต่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร พร้อมกับการกำหนดที่ตั้งที่เหมาะสม และควบคุมการกระจายตัวจากแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนทั้งภายนอกและภายในอาคาร ที่สามารถทำได้โดยการซีลรอยรั่วของกรอบอาคาร การทำให้อาคาร มีความดันสัมพัทธ์สูงกว่าความ

ดันภายนอก และการกรองอากาศก่อนการนำเข้าสู่โซนในอาคารซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบไปด้วย

สภาพอากาศภายในอาคาร (Interior Climate) ความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้ อาคารส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ จึงควรมีการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในสภาวะ ที่เหมาะสมที่ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย ซึ่งเรียกว่าสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ (Thermal Comfort) นอกจากนี้ควรมีระบบการหมุนเวียนอากาศภายในและภายนอกที่ดีมีการควบคุมสิ่งสกปรกและ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคารนั้นถูกกำหนดด้วยปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง เป็นต้น สภาพแวดล้อมที่ดีจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยเหล่านี้มีความเหมาะสมกับการใช้สอย (Function) ของห้องนั้นๆ ซึ่งการใช้สอยที่ต่างกันก็อาจต้องการคุณลักษณะของปัจจัยที่ต่างกันออกไป ในบทความนี้เราจะมาลองดูกันว่ามีปัจจัยอะไรภายในห้องของเราบ้างที่มีผลต่อ Productivity ของเราอย่างมีนัยยะสำคัญ

2.3 มาตรฐานและกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง

อาคาร เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ความเจริญก่อให้เกิดการขยายตัวของเขตเมืองมากขึ้น ทำให้มีอาคารมากมายหลายประเภท ได้แก่ บ้านเรือน ร้านค้า ตลาด โรงเรียน สำนักงาน และอื่น ๆ อีกมากมาย เมื่อเมืองขยายตัวมากขึ้นเป็นเมืองใหญ่หรือเป็นมหานคร สิ่งที่ตามมาคือ อาคารสูง อาคารใหญ่พิเศษ โรงแรม ศูนย์การค้า ฯลฯ อาคารดังกล่าวเหล่านี้เป็นอาคารที่มีผู้คนเข้าไปใช้งานเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน ดังนั้น ความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร จึงเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง กฎหมายควบคุมอาคารจึงมีบทบาทในการควบคุมสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น

กฎหมายควบคุมอาคาร คือ กฎหมายที่ใช้เพื่อควบคุมการก่อสร้างให้มีความมั่นคงแข็งแรงและมีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคาร ทั้งในด้านของสิ่งก่อสร้าง ระบบอัคคีภัย ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ การจัดการด้านการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความสวยงาม และความเป็นระเบียบเรียบร้อย กฎหมายควบคุมอาคาร ประกอบด้วย

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2543 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นกฎหมายหลักหรือกฎหมายแม่บท

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย มาตรฐาน ระบบระบายอากาศ มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 กฎหมายและมาตรฐานระบบระบายอากาศ

การระบายอากาศ เป็นกระบวนการสลับสับเปลี่ยนอากาศระหว่างอากาศภายในและภายนอก ทำให้อากาศภายในอาคารที่อาจมีการปนเปื้อนเจือจางหรือการนำออกสู่ภายนอก จากสาเหตุของอาคารที่เป็นระบบปิดสามารถถ่ายเทอากาศได้ยาก ก่อให้เกิดการวนเวียนและเพิ่มขึ้นของสารปนเปื้อนต่าง ๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยภายในอาคารโดยตรง การหมุนเวียนอากาศ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากเพื่อทำให้มลพิษต่างๆ เบาบางลงและถ่ายเทอออกสู่ภายนอกอาคาร ซึ่งค่าการระบายอากาศจะต้องเป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานที่กำหนด

กฎหมายและมาตรฐานระบบระบายอากาศปัจจุบันในประเทศไทย ใช้กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) และ ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 33 ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และเป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE และมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ว่าด้วยเรื่องมาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ ซึ่งในการศึกษานี้อ้างอิง ASHRAE Standard 62.1 และมาตรฐาน วสท. 301001-59 (EIT Standard 301001-16) ดังนี้

2.3.2 กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ2535) และ ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540)

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และ ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ออกตามความ ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ได้กำหนดการระบายอากาศออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีธรรมชาติ ที่ใช้เฉพาะกับโซนในอาคารที่มีผนังด้านนอกอาคารอย่างน้อยหนึ่งด้าน มีการจัดช่องเปิดสู่ภายนอกโซนได้ด้วยประตู หน้าต่าง หรือบานเกล็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้การ และพื้นที่ของช่องเปิดนี้จะต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่า 10% ของพื้นที่โซนนั้น ๆ และวิธีกล ซึ่งใช้กับโซนภายในอาคารลักษณะใดก็ได้โดยจัดให้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศที่ทำงานตลอดเวลาระหว่างการใช้สอยพื้นที่ภายในโซนนั้น ๆ เพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาตามอัตราอัตราการระบายอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตามมาตรฐานระบบระบายอากาศ และระบบปรับอากาศ วสท. 3003–50 ประกอบด้วยข้อกำหนดต่างๆ ไว้ดังนี้

ข้อกำหนดทั่วไป

1. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศต้องได้รับการออกแบบและติดตั้งตามหลักปฏิบัติทางวิศวกรรมที่ดี (good engineering practice)

2. งานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศและระบายอากาศต้องปฏิบัติตามมาตรฐานการจัดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ตามมาตรฐาน วสท. 2001

2.3.3 ระบบระบายอากาศสำหรับพื้นที่ทั่วไป

อัตราการระบายอากาศของอาคาร ต้องมีอัตราไม่น้อยกว่าที่กำหนดในมาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (มาตรฐาน วสท. 3010)

2.3.3.1 อากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนต้องได้รับการทำความสะอาดก่อนที่จะนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่

2.3.3.2 ต้องจัดให้มีระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (local exhaust system) เพื่อกำจัดความชื้น กลิ่น ควัน แก๊ส ละอองน้ำ ความร้อน ฝุ่น หรือสารอื่น ที่มีปริมาณมากจนก่อให้เกิดการระคายเคือง หรือการเจ็บป่วยกับผู้ใช้อาคาร

2.3.3.3 สารอันตราย เช่น สารพิษ สารกัดกร่อน สารที่เป็นกรด หรือ สารร้อน ซึ่งเกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ต้องถูกดูดจับ (capture) และระบายทิ้งสู่ภายนอกอาคาร

2.3.3.4 สารอันตราย ต้องถูกจำกัดให้อยู่ในพื้นที่ที่กำเนิดขึ้นโดยวิธีรักษาความดันในบริเวณดังกล่าวให้มีความดันต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ และวิธีการปิดล้อม บริเวณดังกล่าวไม่ให้มีอากาศรั่วไหลจนกว่าสารอันตรายจะถูกระบายออกไปภายนอกอาคาร

2.3.3.5 อากาศที่มีสารอันตราย ต้องได้รับการบำบัดให้มีคุณภาพตามกฎหมายก่อนทิ้งออกสู่ภายนอกอาคาร

2.3.3.6 พื้นที่สำหรับใช้เพื่อเก็บของ (storage occupancies) ต้องจัดให้มีการระบายอากาศด้วยวิธีกลโดยมีอัตราไม่น้อยกว่า 2 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง ในขณะที่มีคนใช้งาน หรือมีช่องเปิดออกสู่ภายนอกไม่น้อยกว่า 10% ของพื้นที่

2.3.3.7 ตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าโดยวิธีกล ต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสียและช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร และอยู่สูงไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

ตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 3003–50 ในบทที่ 8 เรื่อง การระบายอากาศสำหรับบริเวณที่มีสารเคมีและสารอันตราย หัวข้อ 8.3 ระบบระบายอากาศสำหรับห้องปฏิบัติการได้มีการกำหนดรายละเอียด ระบบระบายอากาศสำหรับห้องปฏิบัติการไว้ดังนี้

2.4 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศในอาคารที่ยอมรับได้

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ ได้กำหนดอัตราการระบายอากาศในอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไว้ ได้แก่ โรงพยาบาล ห้องพักในโรงแรม หรืออาคารชุด สำนักงาน ฯลฯดังตารางที่ 2.3แหล่งที่มาอ้างอิง กรมโยธาธิการและผังเมือง

2.4.1 การระบายอากาศ (Ventilation)

2.4.1.1 ความหมายและความสำคัญของระบบระบายอากาศ (Ventilation) ระบบระบายอากาศ (Ventilation) คือ การจัดระบบการถ่ายเทอากาศจากภายนอก อาคารเข้ามาภายในอาคาร ส่วนการระบายอากาศ (Ventilation Air) หมายถึง ระบบ การระบายอากาศที่ทำให้อากาศในระดับที่เป็นที่ยอมรับตามคุณภาพอากาศภายใน (Indoor Air Quality หรือ IAQ) การระบายอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องออกแบบ เพื่อลดการเกิดกลิ่นลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และลดมลสารพิษที่มากับอากาศ เช่น ฝุ่น ควัน และสารอินทรีย์ไอระเหย (Volatile Organic Compound หรือ VOC) ระบบการกรองอากาศ (Filtration) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการระบายอากาศโดยการ กรองฝุ่น ละออง และควันให้อากาศมีความสะอาดแล้วจึงนำไปหมุนเวียนภายในอาคาร

นอกจากนี้การไหลของอากาศเข้ามาในอาคาร อาจจะเกิดการรั่วซึมเข้ามา (Infiltration) จากอากาศภายนอกที่ไม่อยู่ในการควบคุม หรือการใช้ระบบการระบาย อากาศตามธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องคำนวณอย่างระมัดระวังและต้องควบคุมความดันของอากาศในห้องให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการใช้สอยของ กิจกรรมในพื้นที่ปรับอากาศ

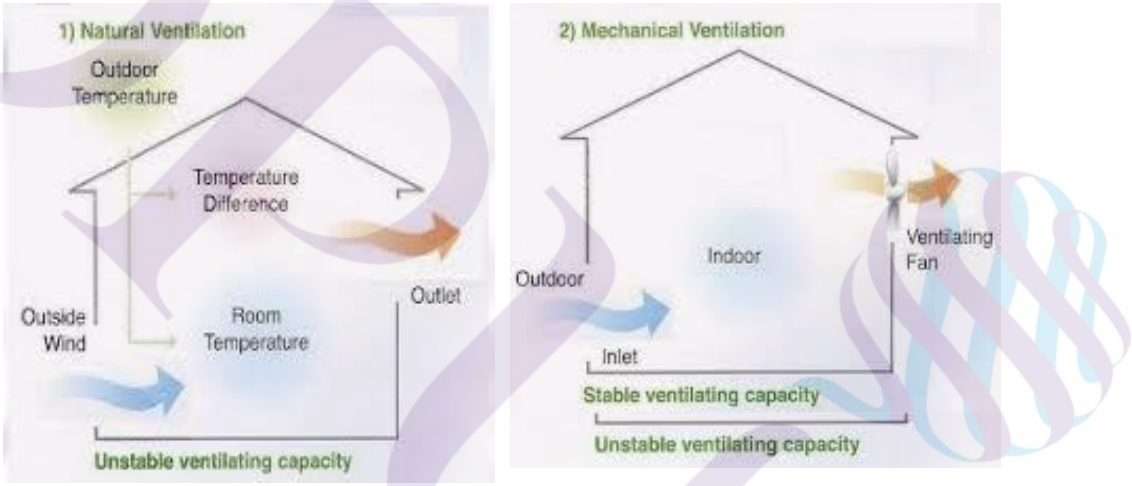
2.4.1.2 อัตราการเติมอากาศจากภายนอก ต้องมีอัตราไม่น้อยกว่าที่กำหนดในมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ฉบับล่าสุด

2.4.1.3 อาคารบางประเภทยังมีกฎกระทรวงกำหนดให้มีการระบายอากาศ โดยวิธีธรรมชาติหรือ โดยวิธีกล อัตราการระบายอากาศทั้งพื้นที่มีการปรับอากาศและพื้นที่ที่ไม่มีการปรับ อากาศ ที่กฎกระทรวงกำหนด สามารถตรวจสอบและคำนวณให้เป็นไปตามกฎกระทรวง รวมถึงตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าโดยวิธีกล ต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสีย และช่องระบาย อากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร สูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร โดยการนำอากาศ เข้าและการระบายอากาศทิ้งโดยวิธีกล ต้องไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง

2.4.1.4 การระบายอากาศภายในอาคาร การระบายอากาศมีผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยในพื้นที่โดยตรง ถ้าปริมาณการระบาย อากาศสูง จะทำให้คนรู้สึกสบายแต่จะทำให้มีการใช้พลังงานในการทำ ความเย็นสูง ในขณะที่การระบายอากาศต่ำจะทำ ให้ภาระทางความเย็นลดลงทำให้ใช้พลังงานน้อยลงดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดอัตราระบายอากาศที่เหมาะสมในพื้นที่การใช้งานที่แตกต่างกันความปลอดภัยการระบายอากาศ

- เพื่อให้พลัดเปลี่ยนอากาศลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซ
- ลดความเข็มของกลิ่นหรือขจัดให้หมดไป
- ทำให้ความชื้นที่ผิวระเหยง่ายขึ้น

กำหนดการระบายอากาศโดยวิธีกล ให้ใช้กับพื้นอาคารใดก็ได้กลอุปกรณ์นี้ต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยพื้นที่นั้น และการระบายอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ไม่น้อยกว่าที่กำหนดดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.3 การระบายอากาศโดยธรรมชาติ และการระบายอากาศโดยวิธีทางกล

ที่มา: มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

การระบายอากาศที่กฎหมายกำหนด การระบายอากาศในจะจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือโดยวิธีกล ก็ได้ โดยมีรายละเอียดการ จัดเตรียมดังต่อไปนี้

1. ในกรณีที่จัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ห้องในอาคารทุกชนิดทุกประเภทต้อง มีประตู หน้าต่างหรือช่องระบายอากาศด้านติดกับอากาศภายนอกเป็นพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ของห้องนั้น ทั้งนี้ ไม่นับรวมพื้นที่ของประตู หน้าต่าง และช่องระบายอากาศที่ติดต่อกับห้องอื่นหรือช่องทางเดินภายในอาคาร (สำหรับกฎกระทรวงฉบับที่ 33 กำหนดไว้ดังนี้ ให้ใช้ เฉพาะกับพื้นที่มีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้าน โดยให้มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารได้ เช่น ประตู หน้าต่าง หรือ บานเกล็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้สอยพื้นที่นั้น ๆ และพื้นที่ของ ช่องเปิดนี้ต้องเปิดได้ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นนั้น

2. การระบายอากาศโดยวิธีกล ให้ใช้กับพื้นอาคารใดก็ได้ กลอุปกรณ์นี้ต้องทำงานตลอดเวลา ระหว่างที่ใช้สอยพื้นที่นั้นและการระบายอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ไม่น้อย กว่าที่กำหนด ดังตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราการระบายอากาศโดยวิธีทางกลในกรณีพื้นที่ไม่ปรับอากาศ

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาณของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัย หรือ สำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าพื้นดิน	4
4	โรงงาน	4
5	โรงมหรสพ	4
6	อาคารพาณิชย์	4
7	ห้างสรรพสินค้า	4
8	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
9	สำนักงาน	7

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาณของห้องใน 1 ชั่วโมง
10	ห้องพักในโรงแรม หรือ อาคารชุด	7
11	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
12	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหาร และเครื่องดื่ม	24

ที่มา: มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

3. ในกรณีที่จัดให้มีการระบายอากาศด้วยระบบปรับภาวะอากาศ ต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้า มาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศออกไปไม่น้อยกว่า อัตราดังตารางที่ 2.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
1	ห้างสรรพสินค้า	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
4	สถานอาบ อบ นวด	2
5	สถานที่สำหรับติดต่อธุรกิจในธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรม หรือ อาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานกีฬาในร่ม	4
10	โรงมหรสพ(บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
16	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	10
17	ไนต์คลับบาร์ หรือ สถานลีลาศ	10
18	ห้องครัว	30
19	สถานพยาบาล	
	-ห้องคนไข้	2
	-ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	8
	-ห้องช่วยชีวิตฉุกเฉิน	5
	-ห้องไอ.ซี.ยู และห้องซี.ซี.ยู	5

ที่มา: มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

1. ระบบระบายอากาศเสียของห้องปฏิบัติการ, ระบบครอบดูดลม/ ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory hood), อุปกรณ์ระบายอากาศเฉพาะที่ และระบบอื่นๆ สำหรับระบายอากาศเสียในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้แก่ แก๊สติดไฟ, ไอระเหย หรืออนุภาคต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมา

2. ระบบจ่ายอากาศในห้องปฏิบัติการซึ่งจะต้องจัดเตรียมไว้ตามแต่ละประเภท, การตรวจสอบและบำรุงรักษา ทั้งในระบบระบายอากาศและครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ

2.1 ระบบส่งจ่าย (supply systems)

- ต้องออกแบบระบบระบายอากาศในห้องปฏิบัติการให้ไอสารเคมีที่เกิดขึ้นไม่ถูกนำกลับมาหมุนเวียนอีก และสารเคมีที่ปล่อยออกมาต้องกักเก็บหรือถูกกำจัดออกเพื่อป้องกันอันตรายจากการลุกติดไฟ
- บริเวณที่นำอากาศบริสุทธิ์เข้าจะต้องหลีกเลี่ยงการนำอากาศที่มีสารเคมีหรือสารติดไฟจากส่วนอื่นๆ เข้ามาในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ
- ห้องปฏิบัติการที่มีสารเคมีจะต้องมีการระบายอากาศอย่างต่อเนื่อง
- ความดันอากาศภายในห้องปฏิบัติการจะต้องมีค่าน้อยกว่าภายนอก

<u>ข้อยกเว้น</u>

(1) หากห้องดังกล่าวต้องการให้เป็นลักษณะห้องสะอาด ซึ่งไม่สามารถทำให้ความดันภายในห้องมีค่าน้อยกว่าภายนอกได้ จะต้องมีการจัดเตรียมระบบเพื่อป้องกันอากาศภายในห้องรั่วสู่บรรยากาศภายนอก

(2) ระดับความดันที่เหมาะสมระหว่างส่วนโถงทางเดินและส่วนที่ไม่ใช่ห้องปฏิบัติการอาจเปลี่ยนแปลงได้ชั่วขณะ หากมีการเปิดประตู มีการเปลี่ยนตำแหน่งหัวดูดอากาศ หรือ กิจกรรมอื่นๆ ในระยะเวลาอันสั้น

- ตำแหน่งของหัวจ่ายลมจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ ระบบระบายอากาศ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้หรือระบบดับเพลิง2.2.2) การระบายอากาศเสีย (exhaust air discharge)

- อากาศเสียที่ออกจากห้องปฏิบัติการหรืออากาศเสียอื่นๆ จะต้องไม่ถูกนำกลับมาหมุนเวียนใช้อีก
- อากาศเสียจากห้องปฏิบัติการที่ต้องระบายผ่านพื้นที่อื่นที่ไม่ใช่ห้องปฏิบัติการต้องส่งผ่านออกไปภายนอกอาคารโดยใช้ท่อลม
- อากาศจากพื้นที่ที่มีสารเคมีปนเปื้อนจะต้องมีการระบายทิ้งอย่างต่อเนื่องและต้องรักษาความดันในห้องให้มีค่าน้อยกว่าภายนอกอยู่เสมอ
- ในระบบระบายอากาศเสียส่วนที่มีความดันสูง เช่น พัดลม, คอยล์, ท่อลมอ่อน หรือท่อลม จะต้องมีการอุดรอยรั่วเป็นอย่างดี
- ความเร็วของท่อดูดและปริมาณลมจะต้องเพียงพอต่อการลำเลียงสิ่งปนเปื้อนเหล่านั้นได้ตลอด แนวท่อ
- ห้ามนำครอบดูดลม/ตู้ควันทั่วไปมาใช้แทนครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ
- ห้ามนำตู้นิรภัยทางชีวภาพ มาใช้แทนครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ
- ห้ามนำ laminar flow cabinet มาใช้แทนครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ
- อากาศเสียจากห้องปฏิบัติการหรืออากาศเสียอื่นๆ จะต้องถูกระบายทิ้งเหนือระดับหลังคาโดยระดับความสูงและความเร็วจะต้องเพียงพอที่จะป้องกันการไหลย้อนกลับเข้ามาและส่งผลถึงบุคคลโดยทั่วไป
- ความเร็วอากาศต้องมีความเร็วพอที่จะป้องกันการสะสมตัวของของเหลว หรือการเกาะตัวของวัสดุ ในระบบระบายอากาศเสีย
- การเติมอากาศจากภายนอก

อากาศจากภายนอกที่เติมเข้าห้องเพื่อชดเชยการระบายอากาศควรผ่านการลดความชื้นให้มีปริมาณไอน้ำในอากาศหรืออุณหภูมิหยาดน้ำค้างต่ำกว่าสภาวะภายในห้อง ก่อนผสมกับลมกลับหรือก่อนจ่ายเข้าไปในห้องโดยตรง

2.2 วัสดุอุปกรณ์และการติดตั้ง

(1) ท่อลมและอุปกรณ์ระบายอากาศเฉพาะที่ (duct construction for hoods and local exhaust systems) กำหนดให้ท่อลมจากช่องดูดต่างๆ ต้องทำจากวัสดุไม่ติดไฟ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 3003–50 ในบทที่ 8 เรื่อง การระบายอากาศสำหรับบริเวณที่มีสารเคมีและสารอันตราย หน้า 63 ถึง 64)

(2) อุปกรณ์ระบายอากาศ, การควบคุม, ความเร็ว และการระบายทิ้ง

- พัดลมที่เลือกใช้จะต้องพิจารณาถึงการติดไฟ, การเสียหายต่างๆ และการกัดกร่อน
- พัดลมซึ่งใช้กับวัสดุที่มีการกัดกร่อนหรือติดไฟได้อนุญาตให้เคลือบด้วยวัสดุหรือทำจากวัสดุที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนซึ่งมีดัชนีการลามไฟไม่เกินกว่า 25 ได้
- พัดลมจะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถเข้าทำการบำรุงรักษาได้อย่างสะดวก
- หากมีวัสดุหรือแก๊สที่สามารถติดไฟได้ไหลผ่านพัดลมอุปกรณ์ส่วนหมุนต่างๆ ต้องไม่เป็นเหล็กหรือไม่มีส่วนที่ทำให้เกิดประกายไฟและความร้อน
- มอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ จะต้องติดตั้งภายนอกของบริเวณที่มีสารไวไฟ ไอ หรือวัสดุติดไฟ
- จะต้องจัดทำลูกศรแสดงทิศการหมุนของพัดลม

(3) ตำแหน่งการติดตั้งครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ

- ครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการต้องอยู่ในตำแหน่งที่มีลักษณะการไหลเวียนอากาศมีความปั่นป่วนน้อยที่สุด
- ครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับปฏิบัติการต้องไม่อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับทางเข้า–ออก หรือสถานที่ ที่มีความพลุกพล่าน
- สถานที่ทำงานส่วนบุคคลที่ใช้เวลาส่วนใหญ่ทำงานในแต่ละวัน เช่น โต๊ะทำงาน ต้องไม่อยู่ใกล้บริเวณที่เป็นครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ

(4) ระบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ

- ระบบดับเพลิงอัตโนมัติไม่จำเป็นสำหรับครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการหรือระบบระบายอากาศเสีย

(5) การตรวจสอบ, การทดสอบและการบำรุงรักษา

- จะต้องมีการตรวจสอบสภาพครอบดูดลม/ตู้ควันสำหรับห้องปฏิบัติการ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 3003–50 ในบทที่ 8 เรื่องการระบายอากาศสำหรับบริเวณที่มีสารเคมีและสารอันตราย หน้า 64 ถึง 67

2.3 ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) และ ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ได้กำหนดรายละเอียดไว้ดังนี้

(1) กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และ 50 (พ.ศ. 2540) หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้

ข้อ 9 (1) ได้กำหนดการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ให้ใช้เฉพาะกับห้องในอาคารที่มีผนังด้านนอกอาคารอย่างน้อยหนึ่งด้าน โดยจัดให้มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารได้ เช่น ประตู หน้าต่าง หรือบานเกล็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้สอยห้องนั้นๆ และพื้นที่ของช่องเปิดนี้ต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่า 10% ของพื้นที่ของห้องนั้น และ (2) การระบายอากาศโดยวิธีกล ให้ใช้กับห้องในอาคารลักษณะใดก็ได้ โดยจัดให้มีกลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ ซึ่งต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยห้องนั้นเพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาตามอัตราในตารางที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่า จำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	สำนักงาน	7

ที่มา: มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ข้อ 21 ในกฎหมายอาคารอาษา, 2548 หน้า 3–120 (ส่วนสถานที่อื่นๆ ที่มิได้ระบุไว้ในตาราง ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอัตราที่กำหนดไว้ในตาราง)

ตำแหน่งของช่องนำอากาศภายนอกเข้าโดยวิธีกล ต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสียและช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร สูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร

การนำอากาศภายนอกเข้าและการระบายอากาศทิ้งโดยวิธีกล ต้องไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง

ข้อ 10 การระบายอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีการปรับภาวะอากาศด้วยระบบการปรับภาวะอากาศ ต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศหรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศออกไปไม่น้อยกว่าอัตราในตารางที่ 2.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศ

ลำดับ	สถานที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
3	สำนักงาน	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
11	ห้องเรียน	4

ที่มา: มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ข้อ 21 ในกฎหมายอาคารอาษา, 2548 หน้า 3–121 (สถานที่อื่นๆ ที่มิได้ระบุไว้ในตารางให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน)

(2) กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับอัตราการระบายอากาศด้วยวิธีกล และการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารอื่นที่มิใช่อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษตามที่ปรากฏในหมวดที่ 3 ระบบการจัดแสงสว่างและการระบายอากาศไว้ดังนี้

ข้อ 12 ระบบการระบายอากาศในอาคารจะจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือโดยวิธีกลก็ได้

ข้อ 13 ในกรณีที่จัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ห้องในอาคารทุกชนิดทุกประเภทต้องมีประตู หน้าต่างหรือช่องระบายอากาศด้านติดกับอากาศภายนอกเป็นพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละสิบของพื้นที่ของห้องนั้น ทั้งนี้ ไม่นับรวมพื้นที่ประตู หน้าต่าง และช่องระบายอากาศที่ติดต่อกับห้องอื่นหรือช่องทางเดินภายในอาคาร

ข้อ 14 ในกรณีที่ไม่อาจจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติตามข้อ 13 ได้ ให้จัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีกลซึ่งใช้กลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ กลอุปกรณ์นี้ต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยพื้นที่นั้น และการระบายอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดไว้ในตารางอัตราการระบายอากาศโดยวิธีกลท้ายกฎกระทรวงนี้ ส่วนสถานที่อื่นที่มิได้ระบุไว้ในตารางตามวรรคหนึ่ง ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอัตราที่กำหนดไว้ในตารางดังกล่าว

ข้อ 15 ในกรณีที่จัดให้มีการระบายอากาศด้วยระบบการปรับภาวะอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศหรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศออกไปไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดไว้ในตารางอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับอากาศ ท้ายกฎกระทรวงนี้ ส่วนสถานที่อื่นที่มิได้ระบุไว้ในตารางตามวรรคหนึ่ง ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอัตราที่กำหนดไว้ในตารางดังกล่าว

ข้อ 16 ตำแหน่งของช่องนำอากาศภายนอกเข้าโดยวิธีกล ต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสียและช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5 เมตร และสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร การนำอากาศภายนอกเข้าและการระบายอากาศทิ้งโดยวิธีกล ต้องไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงในตารางที่ 2.5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงตารางแนบท้ายกฎกระทรวง : อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	สำนักงาน	7

ที่มา: มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจากกฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ.2537) ในกฎหมายอาคาร อาษา , 2548 หน้า 3–155

ตารางที่ 2.6 แสดงตารางแนบท้ายกฎกระทรวง : อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับอากาศ

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
1	สำนักงาน	2
2	ห้องปฏิบัติการ	2
3	ห้องเรียน	4

ที่มา: มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจากกฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ.2537) ในกฎหมายอาคาร อาษา , 2548 หน้า 3–156

โดยสรุปและเมื่อพิจารณาจากกฎกระทรวงทั้ง 3 ฉบับ พบว่า อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกลของอาคารห้องปฏิบัติการ (ซึ่งไม่ได้ระบุไว้ในตารางแต่มีลักษณะสถานที่ใกล้เคียงกับอาคารประเภทสำนักงาน) ควรจะมีอัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมงอยู่ที่ 7 เท่า ส่วนอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับภาวะอากาศของห้องปฏิบัติการอยู่ที่ 2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร

นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาเรื่องตรวจสอบคุณภาพอากาศอย่างละเอียดและการควบคุมปัญหาคุณภาพอากาศในอาคารเกี่ยวกับการปนเปื้อนทางเคมีได้ อ่านเพิ่มเติมได้ในมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคารสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (ส.ว.ป.ท.) 04–2549 หน้า 14–23 และดูรายละเอียดประกอบกับงานวิศวกรรมระบบระบายอากาศและปรับอากาศ : มาตรฐานระบบปรับอากาศ

2.5 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม

คุณภาพอากาศภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารที่อาจไม่มีสิ่งเจือปนหรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่อาจจะทำหรือไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณอาคาร หากมีปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ก็จะนำไปสู่ปัญหาอันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัยและผู้ใช้อาคารได้ ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารเกิดจากการออกแบบและการใช้อาคารไม่เหมาะ ทั้งนี้สามารถจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารให้มีคุณภาพดี เหมาะแก่การอยู่อาศัยและผู้ใช้อาคารได้ โดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆ หลายวิธี

ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักการและวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พ.ศ. 2552 การคำนวณภาระการทำความเย็นหรือ Cooling Load Calculation ถือเป็นขั้นตอน ที่เป็นหลักการ พื้นบานที่สำคัญมาก ก่อนการคำนวณในขั้นตอน โดยละเอียดต่อๆไป หากคำนวณผิด จะทำให้การออกแบบ ต่อไปผิดพลาดได้ การคำนวณในขั้นนี้ต้องมีการกำหนดเกณฑ์ ที่จะใช้ในการออกแบบ ที่ถูกต้อง และ สอดคล้องกับประเภทและการใช้งานอาคารที่จะออกแบบเกณฑ์ดังกล่าวนี้เองจะเป็นปัจจัยสำคัญ ที่จะเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคารต่อไปในอนาคต ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าแนะนำสภาวะการออกแบบภายในอาคารตามประกาศกระทรวงพลังงาน

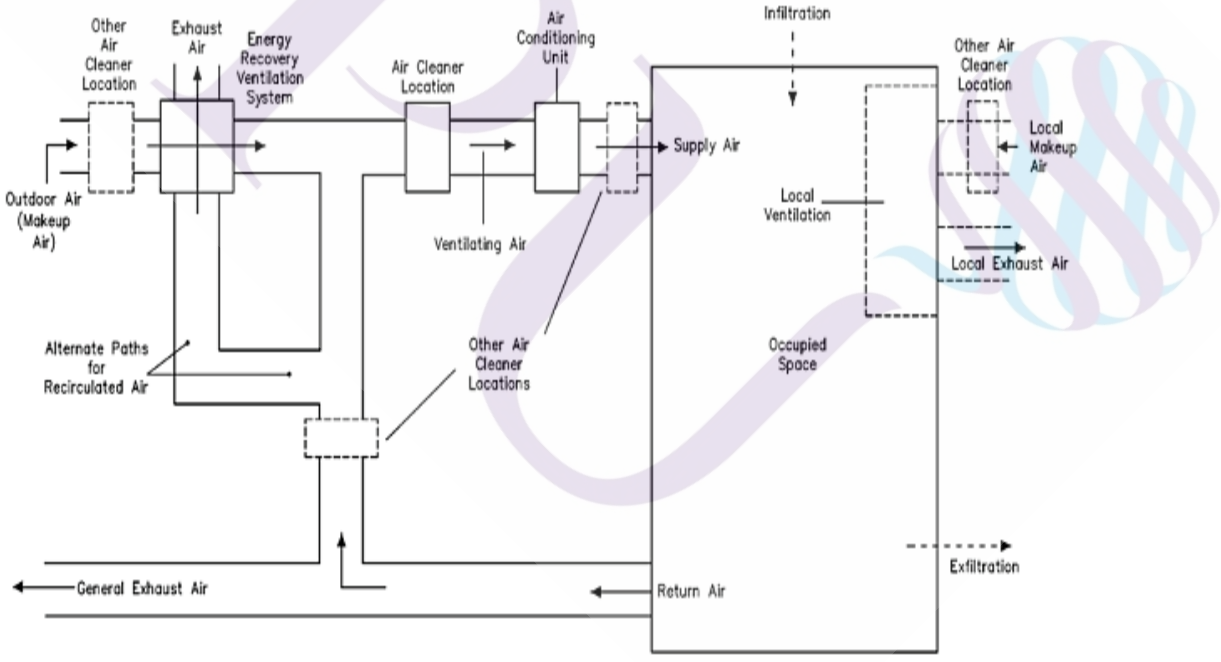
ลักษณะการใช้งาน	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง องศาเซลเซียส	ความชื้นสัมพัทธ์ เปอร์เซ็นต์
ที่พักอาศัย โรงแรม สำนักงาน โรงเรียน	24	55
ห้างสรรพสินค้า ซุปเปอร์มาร์เก็ต สถานีขนส่ง ทางเดิน	25	55
ร้านอาหาร สนามกีฬาในร่ม หอประชุม สถานที่ชุมนุมคน	25	60

ที่มา: มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

1. ASHRAE Standard 62.1 - 2019

ASHRAE เป็นองค์กรเอกชนระหว่างประเทศที่มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาระบบทำความร้อน ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ และ ระบบทำความเย็นประกอบอาคาร HVAC (Heating, Ventilation and Air-Conditioning Systems) ในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงมาตรฐาน ASHRAE 62.1 การระบายอากาศตามมาตราฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร ในส่วนของการคำนวณปริมาณอากาศระบายเท่านั้น

ระบบระบายอากาศที่ทำงานร่วมกันกับระบบปรับอากาศ (General Ventilation) มีกลไกการทำงานโดยการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาสู่โซนที่มีผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร ผ่านระบบปรับอากาศที่ทำงานร่วมกับ Supply Air โดยที่อากาศเสียจะถูกนำออกผ่านทาง Return Air ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีรูปแบบการทำงานดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.4 ระบบระบายอากาศ

ที่มา : ASHRAE Standard 62.1-2019

จากภาพที่ 2.4 หากมีการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ เนื่องจากการใช้อาคารอย่างรุนแรงเกินกว่าที่ระบบระบายอากาศทั่วไปจะสามารถจัดการได้ จะต้องมีการติดตั้งระบบ Local Ventilation ซึ่งประกอบด้วย Local Exhaust Hood และ Local Makeup Air เสริมขึ้นมา ดังปรากฏให้เห็นในระบบระบายอากาศในอุตสาหกรรม ซึ่งระบบระบายอากาศในการวิจัยนี้จะเป็นส่วนของการระบายอากาศทั่วไปเท่านั้น

การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายังโซนที่มีผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้อาคารเพื่อเป็นการระบายอากาศ ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับมาตรฐานนี้ มีการกำหนดมาตรฐานการนำเข้าอากาศขั้นต่ำสุดไว้อย่างชัดเจนโดยวิธีการคำนวณ การวิจัยนี้เลือกใช้วิธี Ventilation Rate Procedure (VRP) เนื่องจากสามารถหาค่าได้อย่างตรงไปตรงมา ซึ่งวิศวกรมักใช้วิธีการนี้ในการออกแบบก่อนการก่อสร้าง โดยที่ยังไม่มีรายละเอียดของข้อมูลเพียงพอที่จะสามารถทำรายการคำนวณตามวิธี AIQ Procedure ได้

ในการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร จะต้องพิจารณาส่วนที่มีความสำคัญ 5 เรื่อง คือ

(1) การนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายังบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร เพื่อใช้ในการระบายอากาศ (Outdoor Air Intake to Occupied Zone for Ventilation) เป็นตัวกำหนดชัดเจนว่าจะต้องมีการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาขั้นต่ำสุดเท่าใด

(2) การดูดออก (Exhaust) ซึ่งในบางพื้นที่จำเป็นจะต้องให้มีการระบายอากาศ ด้วยวิธีดูดออก (Exhaust) เพื่อนำทิ้งออกนอกอาคารเลย ปริมาณการนำอากาศเข้าอากาศจากภายนอกขั้นต่ำสุดสำหรับพื้นที่เหล่านี้ได้มีการกำหนดไว้เช่นกัน เว้นแต่บางพื้นที่ซึ่งไม่ได้มีข้อกำหนดระบุไว้อย่างชัดเจน ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาตามความเหมาะสมเองว่าจะทำการ Makeup อย่างไร ด้วยอากาศ Class ไหนหรือจะต้องนำอากาศภายนอกเข้ามาเพิ่มเติมอีก ตามมาตรฐาน 62.1 ได้มีการกำหนดระดับคุณภาพของอากาศภายในอาคารไว้เป็น 4 ระดับชั้นคุณภาพอากาศ

Air Class 1 คือ คุณภาพอากาศระดับดีสุดมีวามใกล้เคียงกับอากาศภายนอก สามารถใช้ Recirculate และ Transfer ไปห้องที่มี Air Class ระดับต่ำกว่าได้

Air Class 2 คือ คุณภาพอากาศระดับปานกลาง สามารถใช้ Recirculate ในโซนเดิมได้ และ Transfer ไปห้องน้ำได้

Air Class 3 คือ คุณภาพอากาศระดับแย่ สามารถใช้ Recirculate ในโซนเดิมได้ แต่ไม่สามารถ Transfer ไปยังโซนอื่น ๆ ได้

Air Class 4 คือ คุณภาพอากาศระดับแย่มาก ซึ่งมีการปนเปื้อนไปด้วยสิ่งที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคาร จะต้องทำการระบายทิ้งออกนอกอาคารอย่างเดียว ห้ามมีการนำกลับมาใช้

(3) การควบคุมความดันในอาคาร (Building Pressurization) มาตรฐานมีการกำหนดว่าอากาศที่นำเข้าจะต้องมากกว่าอากาศเสียที่ระบายออกไป ยกเว้นบางกรณีที่อากาศมีการปนเปื้อนในระดับเกินกว่าจะใช้การระบายอากาศแบบทั่วไป เพื่อรักษาการ Pressurization ของอาคารเป็นบวก และมีการ Exfiltration อย่างเหมาะสม

(4) การ Makeup และ การ Bleed ทิ้ง มาตรฐานระบุถึงการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าไปเติมและดูดออกเพื่อการระบาย แต่ไม่ได้กำหนดรายละเอียดการ Makeup การ Bleed หรือการ Recirculate ไว้ ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาตามความและความสมดุลของการระบายอากาศ เพื่อการรักษาโซน และ Building Pressurization ไว้ได้อย่างเหมาะสม

(5) ชั้นคุณภาพของอากาศและการนำกลับมาใช้งาน (Air Classification and Recirculation) มาตรฐานมีการแบ่งชั้นคุณภาพอากาศภายในอาคาร และกำหนดข้อจำกัดในการ Transfer หรือ Recirculate ไว้ดังกล่าวมาแล้วในข้อ (2) เรื่องการ Exhaust ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องประมวลองค์ประกอบต่าง ๆ และวิเคราะห์ความสอดคล้องกัน จนกระทั่งนำไปสู่ระบบการทำงานของระบบระบายอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

การคำนวณหาปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องนำเข้าสู่โซนภายในอาคารโดยวิธี VRP ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ตรวจสอบความสะอาดของอากาศภายนอกว่าเหมาะสมต่อการนำมาใช้หรือไม่ หากมีสารปนเปื้อน จำเป็นจะต้องทำการ Clean ก่อนนำเข้าสู่ระบบระบายอากาศ

(2) คำนวณค่าในแต่ละ Ventilation Zone ที่ต้องการ ซึ่งเป็นอัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอกเข้าสู่โซนขั้นต่ำสุด เพื่อนำมาจ่ายให้กับหัวจ่ายภายในโซนนั้น ๆ เป็นค่า Zone Outdoor Airflow (Voz)

(3) คำนวณปริมาณอากาศที่จะต้องนำมาป้อนที่ AHU ในอัตราต่ำสุด ซึ่งเป็นค่าอากาศภายนอกที่ต้องดูดเข้ามา (Outdoor Air Intake Flow)

การคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่ Zone สามารถคำนวณได้ ตามสมการดังต่อไปนี้

$$Vbz = Rp \times Pz + Ra + Az \quad \ldots (1)$$

เมื่อ ; V_{bz} = อัตราการไหลของอากาศภายนอกอาคารที่ต้องการในโซนเพื่อการหายใจ (Breathing Zone Outdoor Air Flow)

A_z = พื้นที่ในโซนที่ต้องการระบายอากาศ (ตารางฟุต)

P_z = จำนวนผู้อาศัยในโซนพื้นที่ระบายอากาศในระหว่างการใช้งานทั่วไป

R_p = อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อคน

R_a = อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อพื้นที่

ค่า R_p และ R_a จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้สอยของพื้นที่ โดยในส่วนของการคำนวณจำนวนคนในโซน (Design Zone Population) ในพื้นที่ใช้สอย P_z ต้องใช้จำนวนที่มากที่สุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ระหว่างการใช้งานทั่วไป แต่หากจำนวนคนไม่แน่นอนอนุญาตให้ใช้ค่าเฉลี่ย ตามสภาวะที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น (Short Term Population) และหากไม่สามารถกำหนดค่า ที่แน่นอนของจำนวนผู้คนสูงสุด หรือค่าเฉลี่ยได้ อนุญาตให้ใช้ค่าประมาณจากคนในโซนพื้นที่ระบายอากาศได้ ผลของการระบายนี้จะเป็นค่าการระบายอากาสของพื้นที่สุทธิที่ใช้สอย และค่าความหนาแน่นของคนที่กำหนดให้ (Default Values)

Breathing Zone หมายถึง บริเวณในห้องที่ต้องการการระบายอากาศ โดยจำกัดความสูงตั้งแต่ 75 มิลลิเมตร จนถึง 1,800 มิลลิเมตร และห่างจากกำแพงทุกด้าน 600 มิลลิเมตรเพื่อบ่งชี้ว่าอากาศภายนอกต้องถูกนำมาจ่ายในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยจริง ไม่ได้จ่ายไปยังจุดที่ไม่มีผู้อยู่อาศัย หรืออาจกล่าวว่าจ่ายในระดับที่สูงจากพื้นมากเกินนั่นเอง

เมื่อได้ปริมาณ V_{bz} จากสมการที่ (1) แล้ว ต้องนำไปหาปริมาณอากาศภายนอกที่เติมเข้าสู่โซน (Zone Outdoor Airflow, V_{oz}) จากสมการ

$$V_{oz} = V_{bz} / E_z \quad \ldots (2)$$

โดยที่ E_z เป็นค่าประสิทธิผลในการกระจายอากาศระบาย (Zone Air Distribution Effectiveness) หากโซนใดมีระบบการกระจายอากาศระบายที่แย่หรือมีการ short circuit ระหว่างอากาศกับ Exhaust System ค่า E_z จะต่ำ ซึ่งสามารถดูค่าได้ตามลักษณะการจ่ายลมจาก ตารางที่ 2.7

ในกรณี Single-Zone system หากระบบระบายอากาศจ่ายอากาศบริสุทธิ์ไปยังโซนเดี่ยว อากาศภายนอกต้องดูดเข้ามา (Outdoor Air Intake Flow, V_{ot}) จะมีค่าเท่ากับ Zone Outdoor Airflow

$$V_{ot} = V_{oz} \quad \ldots (3)$$

กรณีที่เป็นอากาศบริสุทธิ์ทั้งหมด (100% Outdoor Air Systems) จะได้

$$Vot = \sum_{\text{all zones}} Voz \quad \ldots (4)$$

ส่วนกรณี Multiple-Zone Recirculating Systems ถ้าระบบระบายอากาศ จ่ายอากาศบริสุทธิ์ไปยังโซนหลาย ๆ โซนพร้อมกัน ค่า Outdoor Air Intake (Vot) จะต้องมีการคำนวณเพิ่มเติม ดังนี้

$$Vot = Vou/Ev \quad \ldots (5)$$

โดยที่ Vou คือ Uncorrected Outdoor Air Intake ซึ่งหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$Vou = D \sum_{\text{all zones}} (Rp \times Pz) + \sum_{\text{all zones}} (Ra \times Az) \quad \ldots (6)$$

โดยที่ D คือ Occupant Diversity Ratio ซึ่งหาได้จากสูตร

$$D = Ps / \sum_{\text{all zones}} Pz \quad \ldots (7)$$

โดยที่ Ps คือ จำนวนผู้อยู่อาศัยสูงสุดจริงในวันทำการปกติ ส่วน Ev คือ System Ventilation Efficiency

2. มาตรฐาน วสท. 031010-60 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้มาตรฐาน วสท. 031010-60 ใช้แนวทางจากมาตรฐาน ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013 มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ เพื่อให้วิศวกร และผู้เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง และเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานรวมถึงการออกแบบ การติดตั้ง ใช้งาน การปรับรุง การทดสอบระบบ การซ่อมบำรุงรักษาระบบระบายอากาศ และระบบทำความสะอาดอากาศภายในอาคาร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและความถูกต้องตามหลักวิชาการ

การออกแบบระบบระบายอากาศ ให้พิจารณาการออกแบบตามความต้องการของมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) ออกแบบให้ระบบระบายอากาศเกิดการสมดุล (Design for Air Balancing) โดยการควบคุมอากาศที่จ่ายเข้ามาแทนที่อากาศที่ต้องการระบายออก ให้มีการกระจายที่คลอบคลุมพื้นที่ที่มีผู้อยู่อาศัย และสามารถปรับระบบระบายอากาศไม่ให้ต่ำกว่าปริมาณการไหลของอากาศระบายออกตามความต้องการการระบายตามมาตรฐาน ASHRAE ที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.2.3 เพื่อให้โซนพื้นที่ที่มีผู้อาศัยมีแรงดันสูงกว่าภายนอกเสมอ เว้นแต่มีข้อกำหนดในเรื่องการ Exhaust Ventilation

(2) ระบบกล่องลม (Plenum System) ทั้งในกรณีกล่องลมที่เพดาน หรือเป็นเครื่องส่งลมตั้งพื้น จะต้องออกแบบและกำหนดขนาดให้เพียงพอต่ออัตราการไหลขั้นต่ำที่ต้องการในการระบายอากาศ

(3) เอกสารประกอบการออกแบบ (Documentation) จะต้องระบุความเพียงพอในการทดสอบการปรับสมดุลของอากาศ และเกณฑ์การออกแบบ รายการคำนวณอัตราการระบายอากาศและการ

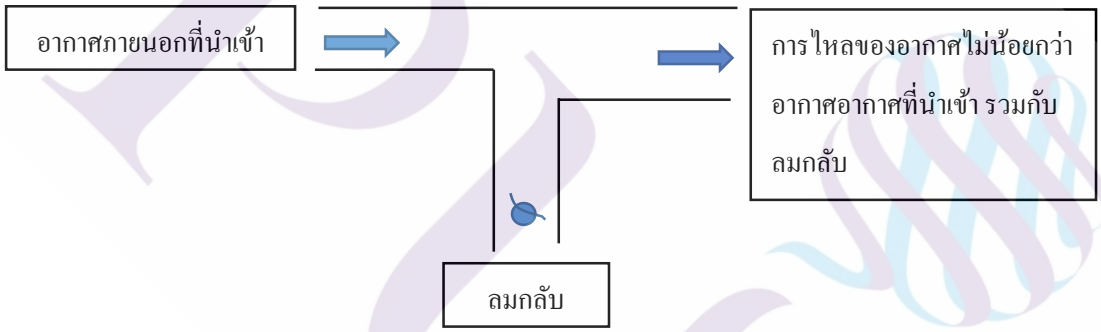
กระจายลมด้วย เพื่อใช้ในการตรวจวัดและปรับดุลการระระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานตามหลักวิศวกรรม

การควบคุมระบบระบบระบายอากาศ (Ventilation System Control) ด้วยวิธีกลจะต้องควบคุมให้เป็นไปตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) การออกแบบทั้งหมดต้องสามารถควบคุมได้ทั้งด้วยระบบมือและระบบอัตโนมัติ เพื่อรักษาการไหลของอากาศไม่ให้น้อยกว่าความต้องการระบายอากาศ หรือค่า Vot ตามที่กำหนดตามสมการ (3), (4) และ (5) ในหัวข้อ 2.2.3

(2) ระบบที่ใช้พัดลมส่งลมปฐมภูมิแบบแปรเปลี่ยนได้ (Variable, Vps) การจ่ายลมบริเวณเดียวที่แปรเปลี่ยนปริมาตรได้ (Single Zone VAV) และการจ่ายลมหลายโซนแบบหมุนเวียนที่แปรเปลี่ยนปริมาตรได้ (Multizone Recirculating VAV) จะต้องประกอบด้วยระบบ ดังนี้

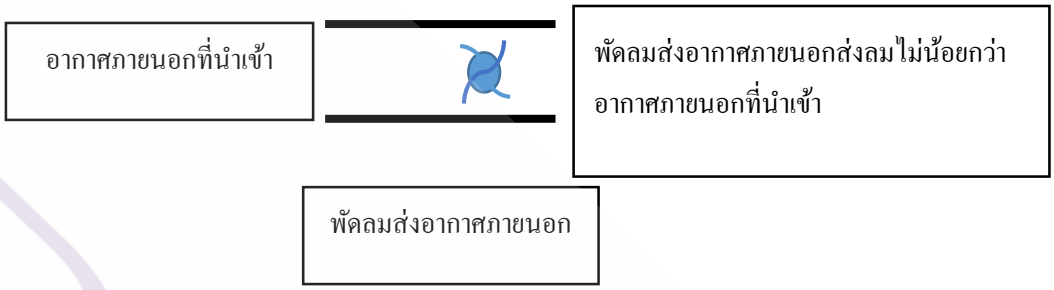
(2.1) อากาศภายนอกที่นำเข้ามา (Outdoor Air Intake) ชุดแผ่นปรับลมกลับ (Return Air Damper) ซึ่งต้องปรับแต่งค่าไม่ให้การไหลของอากาศน้อยกว่าการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้ามา (Vto) ดังแสดงตามภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การกำหนดวิธีการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้า

ที่มา: ปรับปรุงจาก มาตรฐาน ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 301001-59

(2.2) พัดลมส่งอากาศภายนอก (Outdoor Injection Fan) ต้องปรับให้การไหลของอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในโซน (Outdoor Air Intake Flow, Vot) ดังแสดงตามภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การกำหนดวิธีการใช้พัดลมส่งอากาศภายนอก

ที่มา: ปรับปรุงจาก มาตรฐาน ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 301001-59

คุณภาพอากาศในอาคารมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัยเช่น คุณภาพอากาศภายในอาคาร ลักษณะการใช้งานของอาคาร การออกแบบห้อง และการออกแบบระบบระบาย อากาศ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการกำหนดระดับคุณภาพในอาคารที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งการออกแบบระบายอากาศดังกล่าวจะต้องตรวจสอบกับความต้องการระบายอากาศขั้นต่ำที่กฎหมายกำหนดในมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) E.I.T. Standard 3003 - 40 ที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ดังนี้

ข้อ 9. การระบายอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธี ธรรมชาติ หรือโดยวิธีกลดังต่อไปนี้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติให้ใช้เฉพาะกับพื้นที่มีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้าน โดยให้มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารได้เช่น ประตูหน้าต่าง หรือบาน เกร็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้สอยพื้นที่นั้น ๆ และพื้นที่ช่องเปิดนี้ต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่การระบายอากาศโดยวิธีกลให้ใช้กับพื้นอาคารใดก็ได้โดยให้มีกลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้ เกิด การนำอากาศภายนอกเข้ามาตามอัตราดังต่อไปนี้

1) การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติให้ใช้เฉพาะกับพื้นที่มีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้าน โดยให้มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารได้เช่น ประตูหน้าต่าง หรือบานเกร็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่าง ใช้สอยพื้นที่นั้น ๆ และพื้นที่ช่องเปิดนี้ต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ10 ของพื้นที่

2) การระบายอากาศโดยวิธีกล ให้ใช้กับพื้นอาคารใดก็ได้โดยให้มีกลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาตามอัตราดังต่อไปนี้

ข้อ 10 การระบายอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีการปรับสภาวะอากาศด้วย ระบบปรับอากาศ ต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ต้องมีการนำเอาอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศหรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศไปไม่น้อยกว่าอัตราดังต่อไปนี้สถานที่อื่นๆที่มิได้ระบุไว้ในตารางให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

1) ห้ามนำสารทำความเย็นชนิดเป็นอันตรายต่อร่างกาย หรือติดไฟง่ายมาใช้กับระบบปรับภาวะอากาศที่ใช้สารทำความเย็นโดยตรง

2) ระบบปรับภาวะอากาศด้วยน้ำห้ามต่อท่อน้ำของระบบปรับภาวะอากาศเข้ากับท่อน้ำของ ระบบประปาโดยตรง

3) ระบบท่อลมของระบบปรับภาวะอากาศต้องมีลกัษณะดังต่อไปนี้

- ท่อลม วัสดุหุ้ม ท่อลม และวัสดุบุภายในท่อลม ต้องเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟและไม่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้

- ท่อลมส่วนที่ติดตั้งผ่านผนังกันไฟหรือพื้นที่ทำด้วยวัสดุทนไฟต้องติดตั้งลิ้นกันไฟที่ ปิดอย่างสนิทโดยอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 74 องศาเซลเซียส และลิ้นกันไฟ ต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง 30 นาที

- ห้ามใช้ทางเดินร่วม บันได ช่องบันได ช่องลิฟต์ของอาคารเป็นส่วนหนึ่งของระบบท่อลมส่งหรือระบบท่อลมกลับ เว้นแต่ส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างระหว่างเพดานกับพื้นห้องชั้น เหนือขั้นไปหรือหลังคาที่มีส่วนประกอบของเพดานที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

4) การขับเคลื่อนอากาศของระบบปรับภาวะอากาศต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีสวิตช์พัดลมของระบบการขับเคลื่อนอากาศที่ปิดเปิดด้วยมือติดตั้งในที่ที่เหมาะสมและสามารถปิดสวิตช์เมื่อเกิดเพลิงไหม้

- ระบบปรับภาวะอากาศที่มีลมหมุนเวียนตั้งแต่ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีขึ้นไป ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันหรืออุปกรณ์ตรวจสอบการเกิดเพลิงไหม้ที่มีสมรรถนะไม่ด้อยกว่าอุปกรณ์ตรวจจับควัน ซึ่งสามารถบังคับให้สวิตช์หยุดการทำงานของระบบได้โดยอัตโนมัติ

ทั้งนี้การออกแบบและควบคุมการติดตั้งระบบปรับภาวะอากาศและระบบอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องดำเนินการโดยผู้ได้รับอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ตั้งแต่ประเภทสามัญวิศวกรขึ้นไปตามกฎหมายว่า ด้วยวิชาชีพวิศวกรรม

อัตราการระบายอากาศดังกล่าว ถือเป็นต้นทุนของระบบปรับอากาศ โดยจะเรียกเป็น Air Change/hour หรือเป็นจำนวนเท่าของปริมาณห้องที่อากาศปริมาณดังกล่าวต้องถูกนำออกจากพื้นที่ และหาอากาศใหม่มาทดแทนให้ทันภายในช่วงเวลาเดียวกัน

การระบายอากาศ (ventilation) หรือการไหลเวียนอากาศคือการที่อากาศภายนอกผ่านเข้าสู่อาคารโดยตั้งใจหรือถูกออกแบบให้เกิดการไหลเวียนของอากาศเข้าสู่อาคารอย่างตั้งใจและได้มีการคำนวณไว้ก่อนแล้ว ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้ 2 ลักษณะคือ

ถ้าการไหลเวียนของอากาศเข้าสู่อาคารนั้น เกิดขึ้นโดยธรรมชาติผ่านช่องเปิดต่าง ๆ เรียกว่า การไหลเวียนของอากาศโดยวิธีธรรมชาติ(natural ventilation)

ถ้าการไหลเวียนของอากาศนั้น เกิดขึ้นโดยการออกแบบบังคับจากเครื่องกล มีการใช้พัดลมในการนำอากาศเข้า และออกจากอาคารผ่านทางช่องรับลมเข้าหรือช่องระบายอากาศจะเรียกว่า การไหลเวียนอากาศโดยเครื่องกล (mechanical ventilation) แต่ถ้ามีการไหลของอากาศเข้าสู่อาคาร โดยไม่สามารถควบคุมได้ผ่านทางรอยแตก หรือช่องเปิดที่ไม่ต้องการให้อากาศไหลผ่านเข้ามา เรียกว่า การรั่วซึมของอากาศ (infiltration)

อัตราการระบายอากาศ (air exchange rate, I) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างการไหลของอากาศ (flow rate) กับปริมาตรโดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$I = Q/V \quad (1)$$

เมื่อ I = อัตราการระบายอากาศ

Q = ปริมาณของอากาศที่ไหลเข้าสู่อาคาร ($m^3 h^{-1}$)

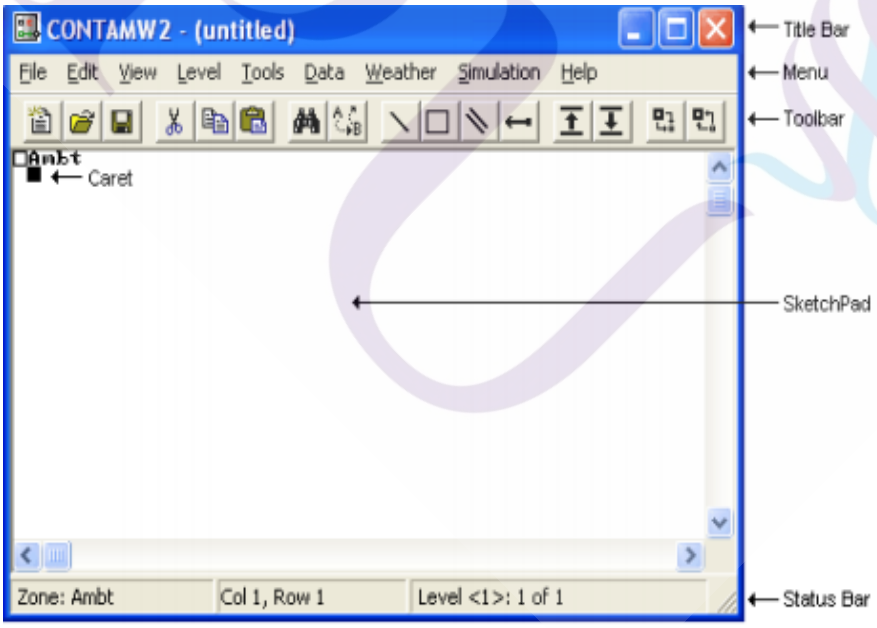
V = ปริมาตรห้อง (m^3)

อัตราการระบายอากาศเป็นหน่วยที่ต้องใช้เทียบต่อเวลา เช่น ถ้าหากหน่วยเวลาเท่ากับ1 ชั่วโมงจะ เรียกว่า air change per hour (ACH) หรือจำนวนเท่าของปริมาตรอากาศที่นำมาแทนที่อากาศภายใน ห้องในเวลา 1 ชั่วโมง

ที่มา: กฎกระทรวง ฉบับที่ 33. (พ.ศ.2535) ออกความตาม พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

2.6 แบบจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศและอัดอากาศแบบหลายโซนโดยวิธีการ ใช้โปรแกรม CONTAM

โปรแกรมจำลอง CONTAM มีประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลายสามารถใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของอากาศภายในอาคารและแรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนของอาคาร มีประโยชน์ในการประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเพื่อกำหนดความแปรผันของอัตราการระบายอากาศเมื่อเวลาผ่านไปและกำหนดการกระจายการไหลเวียนของอากาศละการถ่ายเทอากาศภายในอาคารเพื่อประมาณผลกระทบของการแทรกซึมและการประเมินผลกระทบด้านพลังงานของกระแสลมภายในอาคาร โปรแกรมนี้ยังถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ระบบการจัดการควัน การทำนายความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสามารถใช้เพื่อกำหนดประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคารของอาคารก่อนที่จะสร้างและครอบครอง เพื่อตรวจสอบผลกระทบของการตัดสินใจออกแบบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศและการเลือกวัสดุก่อสร้าง เพื่อประเมินเทคโนโลยีการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อประเมินประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคารของอาคารที่มีอยู่



ภาพที่ 2.7 Future Faces ของโปรแกรมจำลอง CONTAM

ที่มา: https://www.nist.gov/services-resources/software/contam

CONTAM เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารและการระบายอากาศแบบหลายโซนที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้คุณระบุ:

(ก) การไหลของอากาศ: การแทรกซึม การกรองออก และการไหลของอากาศแบบห้องต่อห้องในระบบอาคารที่ขับเคลื่อนด้วยวิธีการทางกล แรงดันลมที่กระทำต่อภายนอกอาคาร และผลกระทบจากการลอยตัวที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในร่มและกลางแจ้ง

(b) ความเข้มข้นของสารปนเปื้อน: การกระจายตัวของสารปนเปื้อนในอากาศที่ขนส่งโดยกระแสลมเหล่านี้ เปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการที่หลากหลาย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและวิทยุ-เคมี การดูดซับและการคายดูดซับของวัสดุก่อสร้าง การกรอง และการสะสมของพื้นผิวอาคาร ฯลฯ และเกิดจากกลไกต้นทางที่หลากหลาย และ/หรือ

(c) การเปิดเผยส่วนบุคคล: การคาดคะเนการที่ผู้โดยสารจะได้รับสารปนเปื้อนในอากาศเพื่อการประเมินความเสี่ยงในที่สุด

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์ (2548) คุณภาพอากาศภายในอาคาร ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้พื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ที่ผู้ใช้ไม่สามารถรับรู้ถึงมลพิษของอากาศและยังคงใช้พื้นที่ตามปกติ ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารในฐานะตัวชี้วัดแบบภววิสัย กับการรับรู้ของผู้ใช้ในฐานะตัวชี้วัดแบบอัตวิสัย และนำรูปแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพอากาศ มาเป็นปัจจัยหลักในการศึกษา โดยทำการประเมินคุณภาพอากาศด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์พร้อมกันกับการตอบแบบสอบถามของผู้ใช้พื้นที่ ในสถานที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งด้านกิจกรรม ปริมาณความหนาแน่นและระดับการเผาผลาญ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกพื้นที่ เช่น ห้องเรียน ศูนย์อาหารและร้านอาหารปิ้งย่าง รวมทั้งสิ้น 11 แห่งจากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน โดยที่ห้องเรียนนั้นมีคุณภาพอากาศที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เป็นที่น่าสนใจว่า ผลการเปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้กลับไม่สามารถรับรู้ถึงมลพิษทางอากาศ ดังนั้นการเสนอแนะถึงแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมกายภาพที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งที่นักออกแบบควรคำนึงถึง ทั้งนี้เพื่อสร้างสุขภาพที่ดีให้มวลชน

วรวิชญ์ สิงหนาท (2552) การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารพักอาศัย ปัจจุบันย่านธุรกิจที่อยู่ในเมืองส่วนใหญ่มีปัญหา ความหนาแน่นของประชากร การจราจรติดขัด ปัญหามลพิษจากมูลฝอยและมลพิษทางอากาศเป็นปัญหาหลัก ประชาชนที่พักอาศัยที่อยู่ในเมือง หรือเขตชานเมือง ต้องประสบกับปัญหาเหล่านี้เช่นกันแนวโน้มการพักอาศัยที่เป็นคอนโดมิเนียมที่มีมากขึ้น การหลีกหนีให้พ้นจาก สภาวะมลพิษทางอากาศ และกลิ่นที่ไม่สะอาด เมื่อกลับเข้าบ้านหรือห้องพัก เพื่อให้ร่างกายได้พักฟื้น โดยการได้รับอากาศที่สะอาด และมีความปลอดภัยจาก อันตรายที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ จึงเป็นเรื่องสำคัญ

วิกรม เสงคิสิริ (2548) กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด ในปัจจุบันเราใช้เวลาส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคารที่มีการนำระบบปรับอากาศมาใช้สร้างสภาวะ ความน่าสบาย เพื่อก่อให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จากการสรรสร้างภาวะความน่าสบายทางอุณหภูมิด้วย ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารที่มีระบบปิดนี้เอง อากาศภายในอาคารจึงถูกหมุนเวียนนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสะสมความชื้นและความร้อนภายในวัสดุตกแต่ง รวมถึงการสะสมฝุ่นละออง เชื้อโรคและสิ่งสกปรก ต่างๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ เป็นอาการป่วยที่มีความเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ (2535) ฉะนั้นหากสภาวะแวดล้อมของอาคารและระบบปรับอากาศไม่มีความเหมาะสมหรือไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริง ภายในอาคารนั้นก็จะมีคุณภาพอากาศที่ไม่ดี เป็นผลกระทบต่อการใช้งานและสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคาร แม้ว่าจะมีทฤษฎีการปรับตัวของรอย (Roy’s adaptation model1999) ที่กล่าวถึงระดับการปรับตัวที่อยู่ในภาวะอันตรายไว้ว่าเมื่อสิ่งเร้าที่มากระทบนั้นอยู่ในขอบเขตความสามารถในการปรับตัวของบุคคล บุคคลจะสามารถปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าสิ่งเร้านั้นอยู่เหนือความสามารถของบุคคลจะเกิดการปรับตัวที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งระดับความสามารถในการปรับตัวของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะเฉพาะตัวและมีขอบเขตจำกัด

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ (2543) คู่มือปฏิบัติการมลพิษอากาศภายในอาคาร. จากการพัฒนาและความเจริญก้าวหน้าทางสังคมเมือง ความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ความจำเป็นของ การประหยัดพลังงาน ทำให้การสร้างอาคารมีลักษณะปิดทึบและใช้ระบบปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิด ปัญหาการระบายอากาศ และปัญหามลพิษทางอากาศภายในอาคาร ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร ประสิทธิภาพในการทำงาน และความพึงพอใจ ในการเข้าอยู่หรือใช้สอยอาคาร เนื่องจากคนใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ภายในอาคาร การควบคุม

ปริมาณมลพิษ ทางอากาศภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ตลอดจนการควบคุมสภาพสบายภายในอาคาร ถือเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

มานิตา พรหมประสิทธิ์ (2562) การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานการศึกษานี้ทำการจาลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานทำการศึกษาการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดการระบายอากาศเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรและความเปลี่ยนแปลงของการไหลของอากาศที่ส่งผลต่อคุณภาพของอากาศภายในอาคารของแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดยเลือกใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศCONTAM ในการสร้างแบบจาลองรูปแบบการไหลของอากาศ แบบบ้านประหยัดพลังงานในกรณีศึกษาเป็นบ้านเดี่ยวสองชั้นขนาดกลางพื้นที่ใช้สอย 130 ตารางเมตร อัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.8 เมตร/วินาที ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33และ39

ตุลย์ มณีวัฒนา (2519) การคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ระบบระบายอากาศ คือ ระบบที่ต้องมีการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก เข้ามาเติม ในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัย ในปริมาณที่พอเพียง และมีการระบายอากาศเสีย (Exhaust) ออกไปทิ้ง เพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในอาคาร (IAQ) ไว้ในระดับที่ยอมรับได้บทความนี้จะกล่าวถึงการคำนวณหาปริมาณอากาศระบาย ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 แต่เนื้อหาจะครอบคลุมเฉพาะส่วนที่เป็น Ventilation Rate Procedure (VRP) เท่านั้น เนื่องจากวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ตรงไปตรงมา และโดยทั่วไปแล้วในช่วงต้นของการออกแบบ วิศวกรมักจะไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะสามารถทำรายการคำนวณตามวิธี IAQ Procedure ได้

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกโปรแกรมจำลอง CONTAM มาประยุกต์ใช้งานในการทำงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการโปรแกรมจำลอง CONTAM ในการจำลองการไหลของอากาศภายในห้องประชุมสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 ของอาคารโดยใช้โปรแกรมจำลอง CONTAM ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารและการระบายอากาศแบบหลายโซนที่ออกแบบมาเพื่อช่วยกำหนดการไหลเวียนของอาคารและกระแสลมรวมถึงการแทรกซึมและอัตราการไหลเวียนของอากาศจากห้องหนึ่งไปอีกห้องหนึ่งและความแตกต่างของความดันของระบบอาคารและสามารถขับเคลื่อนด้วยวิธีทางกลความดันลมอากาศที่กระทำกับภายนอกอาคารและผลจากการลอยตัวที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างโซนพื้นที่ในร่ม

โปรแกรมจำลอง CONTAM มีประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลายสามารถใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของอากาศภายในอาคารและแรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนของอาคาร มีประโยชน์ในการประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเพื่อกำหนดความแปรผันของอัตราการระบายอากาศเมื่อเวลาผ่านไปและกำหนดการกระจายการไหลเวียนของอากาศละการถ่ายเทอากาศภายในอาคารเพื่อประมาณผลกระทบของการแทรกซึมและการประเมินผลกระทบด้านพลังงานของกระแสลมภายในอาคารโปรแกรมนี้ยังถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ระบบการจัดการควัน การทำนายความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสามารถใช้เพื่อกำหนดประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อตรวจสอบผลกระทบของการตัดสินใจออกแบบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศและการเลือกวัสดุก่อสร้างเพื่อประเมินเทคโนโลยีการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อประเมินประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคารของอาคารที่มีอยู่วิธีการสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรมการจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศและคุณภาพอากาศภายในได้อย่างครอบคลุม และมีความสะดวกต่อการพิจารณาประสิทธิภาพของการออกแบบ รวมทั้งสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการระบายอากาศให้เป็นไปตามเป้าหมายด้านมาตรฐานคุณภาพระบบระบายอากาศได้อย่างรวดเร็ว

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

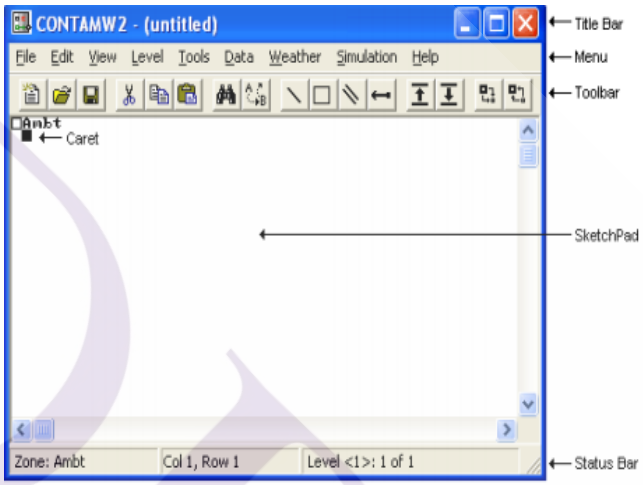
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศการไหลและการระบายอากาศประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลอง CONTAM ในการจำลองการไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 โปรแกรมจำลองวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารและการระบายอากาศแบบหลายโซนที่ออกแบบมาเพื่อช่วยตรวจสอบการไหลเวียนของอากาศและการระบายอากาศภายในอาคาร กระแสลมรวมถึงการแทรกซึมและอัตราการไหลเวียนของอากาศจากห้องสู่ห้องและความแตกต่างของความดันระบบอาคารและจำลองระบบระบายอากาศใช้โปรแกรมจำลอง CONTAMในการวิเคราะห์การไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงานชั้น 19

อาคารที่ใช้ในกรณีศึกษานี้เป็นอาคารสูงขนาดใหญ่พิเศษมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 38 ชั้นโดยผู้วิจัยได้เลือกห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงานชั้น 19 มาทำการวิจัยเนื่องจากเป็นส่วนที่มีผู้ใช้สอยอาคารมากกว่าพื้นที่ในส่วนอื่น เพราะเป็นห้องสัมมนาภายในอาคารเปิดเพื่อให้บริการเช่าสัมมนาและสำนักงานบริหารอาคารมีหลายฝ่ายบริหารอยู่รวมกัน

โปรแกรมจำลอง CONTAM มีประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลายสามารถใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของอากาศภายในอาคารและแรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนของอาคาร มีประโยชน์ในการประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเพื่อกำหนดความแปรผันของอัตราการระบายอากาศเมื่อเวลาผ่านไปและกำหนดการกระจายการไหลเวียนของอากาศละการถ่ายเทอากาศภายในอาคารเพื่อประมาณผลกระทบของการแทรกซึมและการประเมินผลกระทบด้านพลังงานของกระแสลมภายในอาคารโปรแกรมนี้ยังถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ระบบการจัดการควัน การทำนายความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสามารถใช้เพื่อกำหนดประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคารของอาคารก่อนที่จะสร้างและครอบครอง เพื่อตรวจสอบผลกระทบของการตัดสินใจออกแบบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศและการเลือกวัสดุก่อสร้าง

เพื่อประเมินเทคโนโลยีการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อประเมินประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคารของอาคารที่มีอยู่

3.1 ขั้นตอนระเบียบวิธีการวิเคราะห์โปรแกรม CONTAM



ภาพที่ 3.1 Future Faces ของโปรแกรมจำลอง CONTAM

ที่มา: https://www.nist.gov/services-resources/software/contam

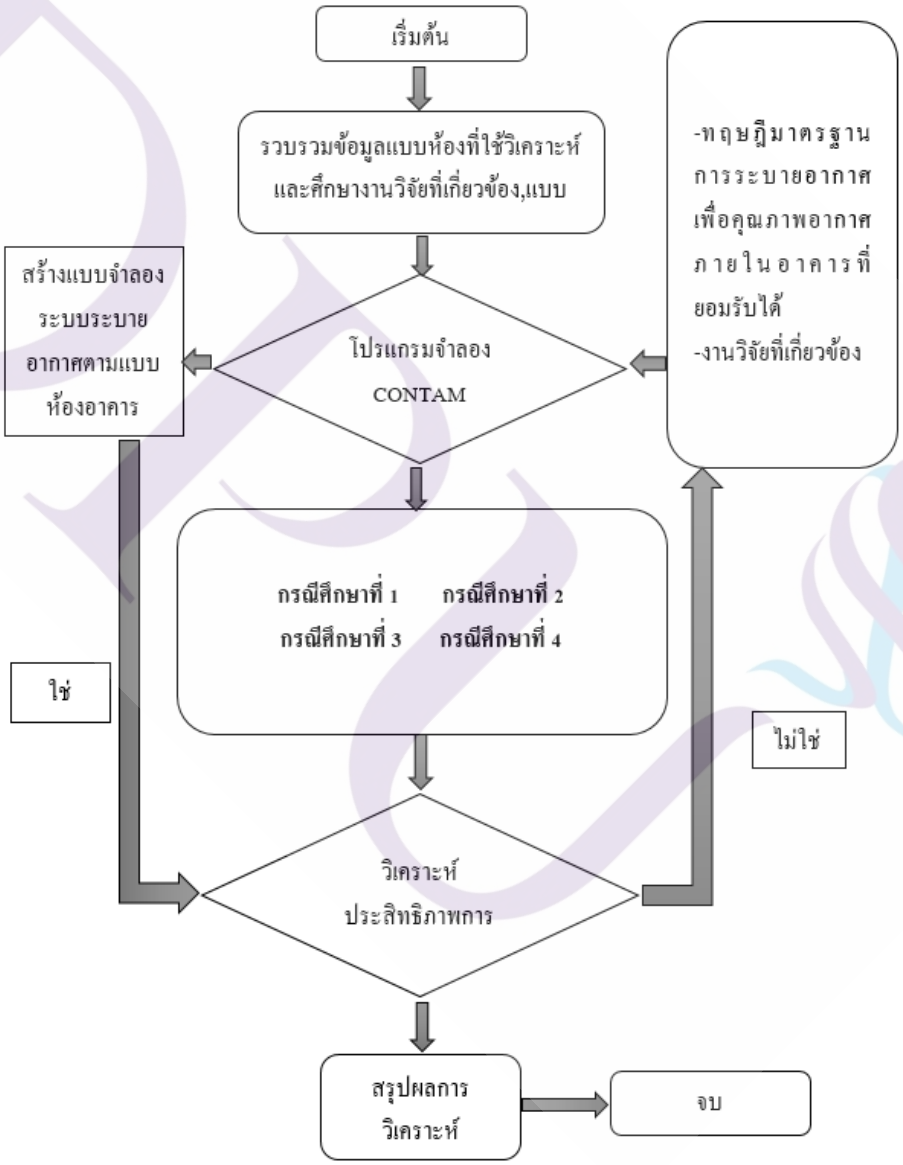
CONTAM เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารและการระบายอากาศแบบหลายโซนที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้

- การไหลของอากาศ: การแทรกซึม การกรองออก และการไหลของอากาศแบบห้องต่อห้องในระบบอาคารที่ขับเคลื่อนด้วยวิธีการทางกล แรงดันลมที่กระทำต่อภายนอกอาคาร และผลกระทบจากการลอยตัวที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในร่มและกลางแจ้ง
- ความเข้มข้นของสารปนเปื้อน: การกระจายตัวของสารปนเปื้อนในอากาศที่ขนส่งโดยกระแสลมเหล่านี้ เปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการที่หลากหลาย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและวิทยุ-เคมี การดูดซับและการคายดูดซับของวัสดุก่อสร้าง การกรอง และการสะสมของพื้นผิวอาคาร ฯลฯ และเกิดจากกลไกต้นทางที่หลากหลาย และ/หรือ

- การเปิดเผยส่วนบุคคล: การคาดคะเนการที่ผู้โดยสารจะได้รับสารปนเปื้อนในอากาศเพื่อการประเมินความเสี่ยงในที่สุด

3.1.1 ขั้นตอนระเบียบวิธีการวิเคราะห์จำลองระบบระบายอากาศใช้โปรแกรมจำลอง CONTAM

ในการวิเคราะห์การไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 ศึกษารูปแบบการระบายอากาศประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลอง CONTAM ในการจำลองการไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19



ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

3.2 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 เริ่มต้นในการทำวิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้วิเคราะห์และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง, แบบอาคาร

3.2.2 เลือกใช้โปรแกรมการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศจำลองระบบระบาย CONTAMในการทำวิจัย

3.2.3 วิเคราะห์และศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.3.1 ทฤษฎีมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

3.2.3.2 ทฤษฎีมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

3.2.3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.4 กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

3.2.4.1 กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

3.2.4.2 กรณีศึกษาที่ 3 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

3.2.4.3 กรณีศึกษาที่ 4 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงานชั้น 19

3.2.5 สร้างแบบจำลองระบบระบายอากาศตามแบบห้องอาคาร ในการทำวิจัยวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศ ใช่หรือไม่ใช่ เพื่อกลับมาวิเคราะห์และศึกษาทฤษฎีใหม่

3.2.6 สรุปผลการวิเคราะห์และจบขั้นตอนการทำวิจัย

3.3 ขั้นตอนในการวิจัย

ศึกษาระบบระบายอากาศของแบบสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 ในขนาดพื้นที่ ที่แตกต่างกันการระบายอากาศ หมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนด ให้ไหลไปในทิศทางด้วยความเร็วที่ต้องการ และสามารถกำจัดมลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน ควัน และอื่นๆ ให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงาน และให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่

3.3.1 สามารถจำลองกรณีศึกษาได้ 4 กรณีดังนี้

3.3.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C

3.1.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C

3.1.1.3 กรณีศึกษาที่ 3 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

3.1.1.4 กรณีศึกษาที่ 4 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงานชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

3.1.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศภายในห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 อ้างอิงมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และ มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4 วิเคราะห์ปรับปรุงคำนวณเพื่อหาปริมาณการระบายอากาศ

3.4.1 กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ

สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
สำนักงาน	2
ห้องประชุม	6
ห้องน้ำ ห้องส้วม	10

ที่มา: มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ภาพที่ 3.3 แบบแปลนพื้นที่ห้องสัมมนา ชั้น 9 เลือกนำมาใช้ในการทำวิจัยภายในอาคารเพราะมีใช้งานห้องสัมมนาเป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ ห้องสัมมนา ชั้น 9 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดห้อง/ตารางเมตร

ลำดับ	ห้องสัมมนา ชั้น9	พื้นห้อง/ ตารางเมตร m^2	อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ ตารางเมตร	ปริมาณอากาศที่ระบาย ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง	แปลงหน่วงมาเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)
1	สัมมนา A	219	6	1,314	773
2	สัมมนา B	224	6	1,344	791
3	สัมมนา C	60	6	600	353
4	สัมมนา D	122	6	732	430
5	ห้องควบคุม	45	6	270	159
6	ห้องน้ำหญิง	84	6	840	494
7	ห้องน้ำชาย	84	6	840	494
8	ห้องต้อนรับ	10	6	60	35
9	ทางหนีไฟ	30	6	180	106
10	ห้องหน้า LIFT	45	6	270	159
11	ทางเดินส่วนกลาง	700	6	4,200	2,472
12	AHU 1	46	6	276	162
13	AHU2	28	6	168	99

จากการทำวิจัย ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศ ในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศการคำนวณ จากมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

พื้นที่ห้องสัมมนา A 219 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 219x6 = 1,314 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 773 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องสัมมนา B 224 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 224 x 6 = 1,344 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 791 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องประชุม C 60 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 60x10 = 600 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 353 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องประชุม D 122 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 122x6 = 732 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น (CFM) = 430 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องควบคุม 45 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 45x6 = 270 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 159 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องน้ำหญิง 84 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 10

ปริมาณอากาศที่ระบาย 84x10 = 840 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 494 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องน้ำชาย 84 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 10

ปริมาณอากาศที่ระบาย 84x10 = 840 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 494 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องต้อนรับ 10.24 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 10x6 = 60 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

จากการทำวิจัย ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศการคำนวณ จากมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

พื้นที่ทางหนีไฟ 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30x6 = 180 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 106 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ห้องหน้า LIFT 45 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 45x6 = 270 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 159 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่ทางเดินส่วนกลาง 700 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 700x6 = 4,200 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 2,472 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่AHU 1 46 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 46x6 = 276 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 162 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

พื้นที่AHU 2 46 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 6

ปริมาณอากาศที่ระบาย 28x6 = 168 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 99 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

3.4.2 กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงานชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C

ภาพที่ 3.4 แบบแปลนพื้นที่ห้องสำนักงาน ชั้น 19 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดห้อง/ตารางเมตร

ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดพื้นที่ ห้องสำนักงาน ชั้น 19 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

ลำดับ	ห้องสำนักงาน ชั้น 19	ขนาดห้อง ตาราเมตร	อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร	ปริมาณอากาศที่ระบาย ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง	แปลงหน่วงมาเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)
1	ห้องสำนักงาน A	1058	2	2,116	1,245
2	ห้องสำนักงาน B	1009	2	2,018	1,188
3	ห้องสำนักงาน C	900	2	1,800	1,059
4	ห้องน้ำชาย	30	2	3,000	1,766
5	ห้องน้ำหญิง	30	2	3,000	1,766
6	ห้องต้อนรับ	60	2	120	71
7	ห้องควบคุมไฟฟ้า	30	2	60	35
8	ทางหนีไฟ	30	2	60	35
9	ห้องหน้า LIFT	60	2	120	71
10	ห้องAHUฝั่งซ้าย	30	2	60	35
11	ห้องAHUฝั่งขวา	30	2	60	35
12	ทางเดินส่วนกลาง	125	2	250	147

ตารางที่ 3.4 แสดงอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ

สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
สำนักงาน	2
ห้องน้ำ ห้องส้วม	10

ที่มา: มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

จากการทำวิจัย ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศการคำนวณ จากมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ ตัวอย่าง รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศ

การคำนวณ

ห้องสำนักงาน A 1,058 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 1,058 x 2 = 2,116 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 1,245 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องสำนักงาน B 1,009 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 1,009 x 2 = 2,018 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 1,188 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องสำนักงาน C 900 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 900 x 2 = 1,800 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 1,059 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

จากการทำวิจัย ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศ ในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศการคำนวณ จากมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

ห้องน้ำชาย 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 10

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30 x 10 = 3,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 1,766 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องน้ำหญิง 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 10

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30 x 10 = 3,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 1,766 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องต้อนรับ 60 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 60 x 2 = 120 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 71 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องควบคุมไฟฟ้า 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30 x 2 = 60 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ทางหนีไฟ 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30 x 2 = 60 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องหน้า LIFT 35 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 35 x 2 = 70 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 41 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ห้องAHU ฝั่งซ้าย 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30 x 2 = 60 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM) [CFM

ห้องAHU ฝั่งขวา 30 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 30 x 2 = 60 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) = 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

ทางเดินส่วนกลาง 125 ตารางเมตร

อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร = 2

ปริมาณอากาศที่ระบาย 125 x 2 = 250 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

= 147 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

3.4.3 กรณีศึกษาที่ 3 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

ตารางที่ 3.5 ค่ามาตรฐานคำนวณปริมาณการระบายอากาศที่เพียงพอสำหรับห้อง

สำนักงาน			
ห้องน้ำ	ห้องทำงาน	ห้องประชุม	ห้องสูบบุหรี่
10	6	12	20

ที่มา: มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 3.6 แสดงขนาดพื้นที่และจำนวนผู้ใช้ห้องสัมมนาชั้น 9 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลแบบห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าปรับปรุงที่พอเพียง

ลำดับ	ห้องประชุมสัมมนา	ขนาดห้อง/ตารางเมตร	ความจุแบบ Class Room (ท่าน)	อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร	ค่าเดิมก่อนปรับปรุง (CFM)	ค่าปรับปรุงที่พอเพียงลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)
1	สัมมนา A	219	200	12	773	1,721
2	สัมมนา B	224	200	12	791	1,726
3	สัมมนา C	65	60	12	353	517
4	สัมมนา D	122	80	12	430	724

จากการทำวิจัย ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศการคำนวณ จากมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

<u>การคำนวณ</u>

สัมมนา A 7.5x200+0.18x12 +219 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM)
1,721 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

สัมมนา B 7.5x200+0.18x12+224 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM)
1,726 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

สัมมนา C 7.5x60+0.18x12+65 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM)
517 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM))

สัมมนา D 7.5x80+0.18x12+122 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM)

724 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

3.4.4 กรณีศึกษาที่ 4 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

ตารางที่ 3.7 แสดงขนาดพื้นที่และจำนวนผู้ใช้ห้องสำนักงานมมนาชั้น 19

ลำดับ	**ห้องสำนักงาน**	**ขนาดห้อง/ตารางเมตร**	**จำนวนคนใน Office**	**อัตราการระบายอากาศ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร**	**ค่าเดิมก่อนปรับปรุง (CFM)**	**ค่าปรับปรุงที่พอเพียง ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)**
1	สำนักงาน A	1058	100	6	1,245	1,836
2	สำนักงาน B	1009	100	6	1,188	1,760
3	สำนักงาน C	900	100	6	1,059	1,651

จากการทำวิจัย ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์รายการคำนวณอัตราการการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศการคำนวณ จากมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

การคำนวณ

สำนักงาน A 7.5x100+0.18x6 +1,085 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) 1,836 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

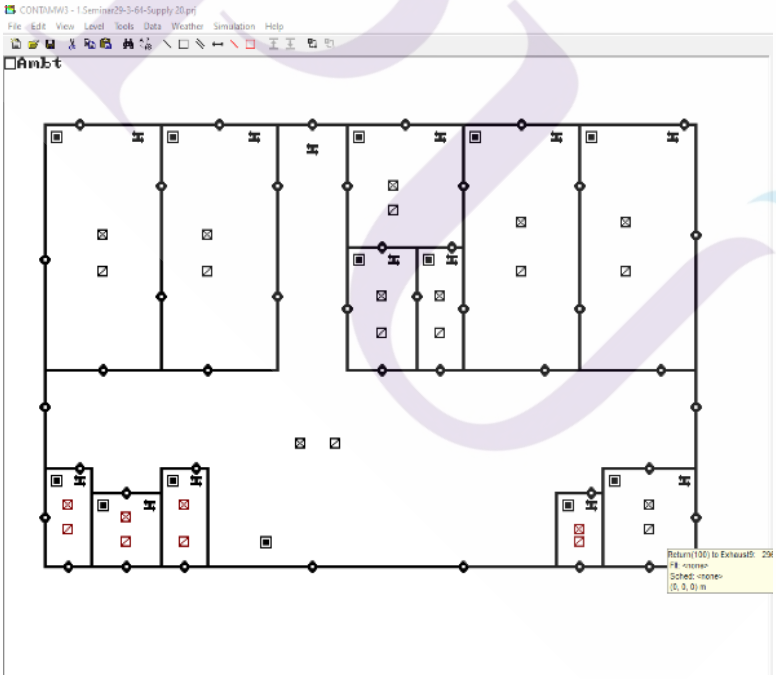
สำนักงาน B 7.5x100+0.18x6+1,009 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) 1,760 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

สำนักงาน C 7.5x100+0.18x6+900 = แปลงหน่วงมาเป็น(CFM) 1,651 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM))

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

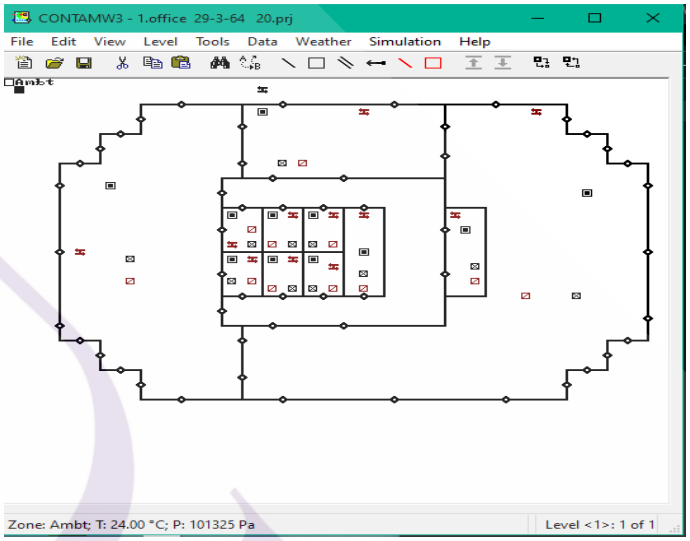
โปรแกรมจำลองระบบระบาย CONTAM

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนาชั้น 9



ภาพที่ 3.5 แบบจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ห้องสำนักงาน ชั้น 9

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19



ภาพที่ 3.6 แบบจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ห้องสำนักงาน ชั้น 19

3.4.1 วิเคราะห์ ประสิทธิภาพการระบายอากาศตามมาตรฐาน

3.4.1.1 ทฤษฎีมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

3.4.1.2 ทฤษฎีมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

3.4.1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4.2 วิเคราะห์หาสาเหตุและเสนอแนะแนวทางแก้ไขปรับปรุงรูปแบบระบบระบายอากาศ

3.6 วิธีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

สามารถจำลองกรณีศึกษาได้ 4 กรณีดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C

ทฤษฎีมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C

ทฤษฎีมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

กรณีศึกษาที่ 3 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

ทฤษฎีมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

กรณีศึกษาที่ 4 ปรับปรุงจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงานชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

ทฤษฎีมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการศึกษาวิจัยเรื่องการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAMวิเคราะห์ข้อมูลผลในการจำลองการไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19

4.1 สำรวจข้อมูลทำการทดสอบและตำแหน่งในการสุ่มเก็บตัวอย่าง

ผลการวิจัยการศึกษาวิจัยเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAM ห้องประชุมสัมมนาภายในอาคารมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเกิดความแตกต่างของความดันภายในบริเวณพื้นที่ ที่มีขนาดไม่เท่ากัน และอุณหภูมิของห้องมีอัตราการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกันไปตามกรณีศึกษา

โดยใช้โปรแกรม CONTAM วิเคราะห์ข้อมูลผลการจำลองระบบระบายอากาศของแบบห้องประชุมสัมมนาชั้น 9 และ สำนักงาน ชั้น 19 ได้ดังนี้ สามารถจำลองกรณีศึกษาได้ 4 กรณีดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนาชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 25°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air system ควรคำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งานระบบระบายอากาศมีการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ควรคำนวนระบบระบายอากาศให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศและควรคำนวณให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 24°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air system ควรคำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน ระบบระบายอากาศมีการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ควรคำนวนระบบระบายอากาศและควรคำนวณให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ ให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ

กรณีศึกษาที่ 3 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 25°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air system คำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน ระบบระบายอากาศมีความแตกต่างของการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และปรับปรุงให้เหมาะสมตามจำนวนคนใช้งานภายในห้อง และควรมีการเติมอากาศบริสุทธิ์ให้เพียงพอและเหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งานและควรคำนวนระบบระบายอากาศให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ

กรณีศึกษาที่ 4 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 24°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air คำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน ระบบระบายอากาศมีความแตกต่างของการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และปรับปรุงให้เหมาะสมตามจำนวนคนใช้งานภายในห้อง และควรมีการเติมอากาศบริสุทธิ์ให้เพียงพอและเหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน และควรคำนวนระบบระบายอากาศให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ

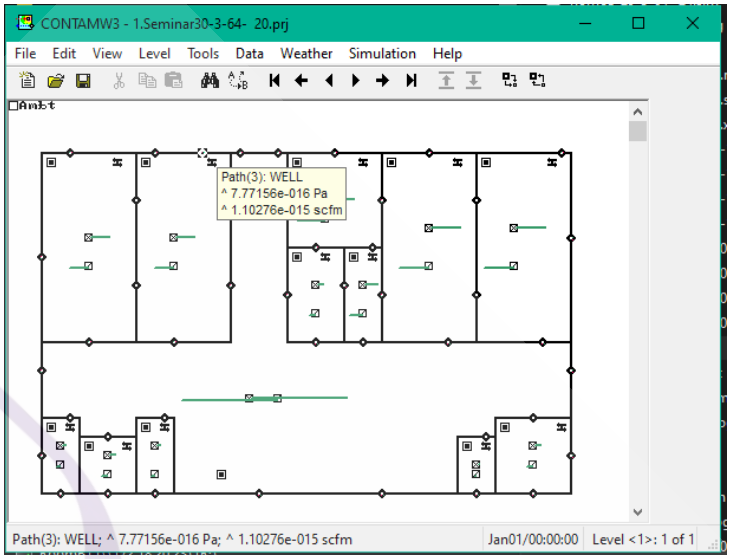
4.2 การดำเนินงานทำการทดสอบตำแหน่งในการสุ่มเก็บตัวอย่าง

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

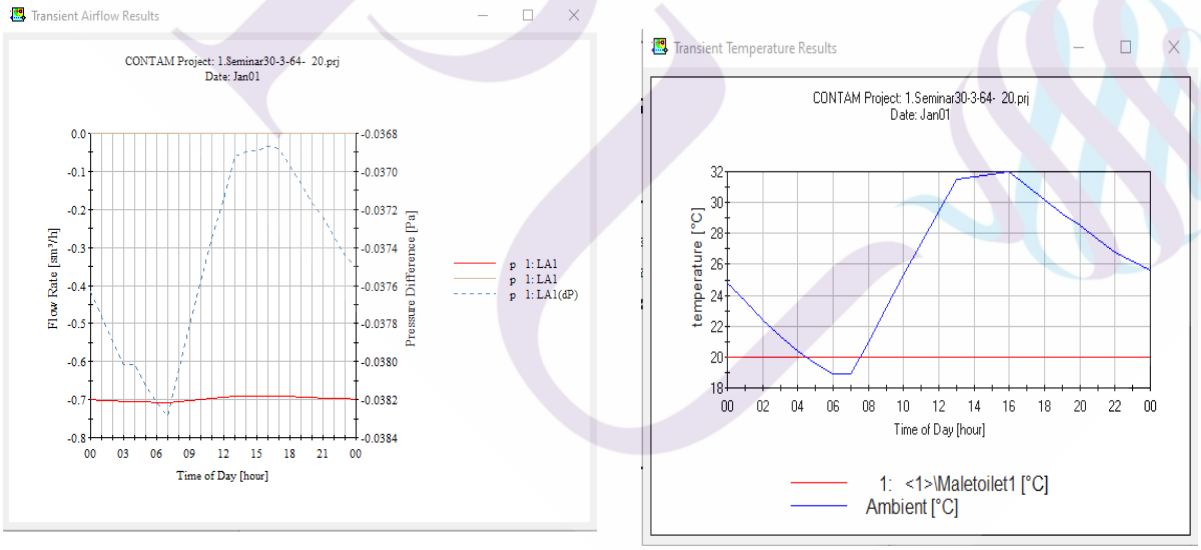
แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 25°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air system ควรคำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน ระบบระบายอากาศมีการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ควรคำนวนระบบระบายอากาศให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศและควรคำนวณให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ



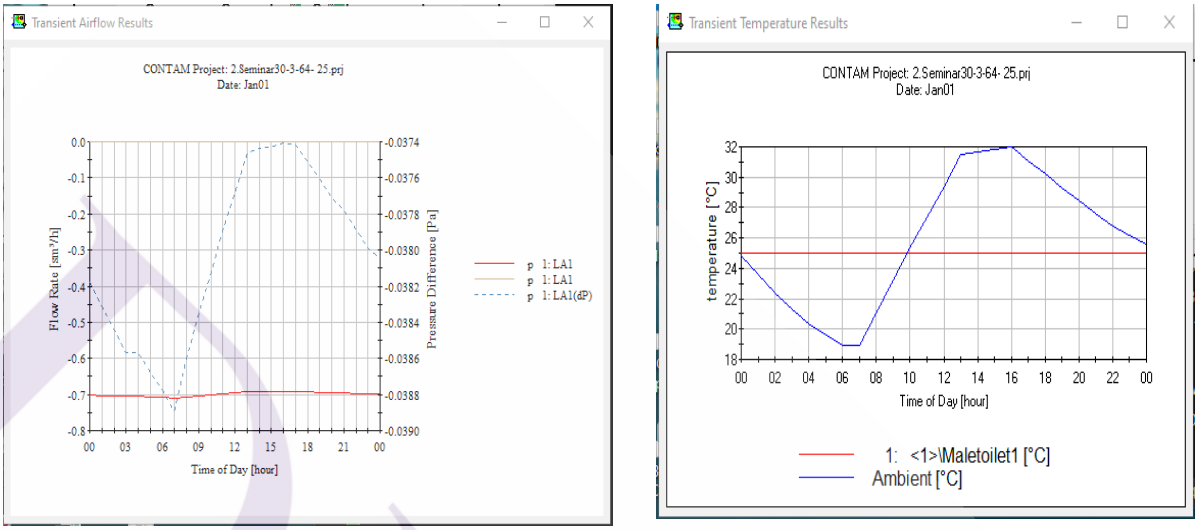
ภาพที่ 4.1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C



ภาพที่ 4.2 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C



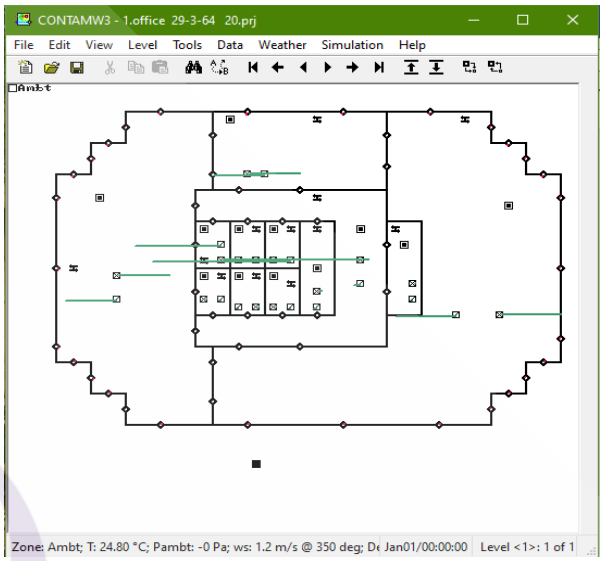
ภาพที่ 4.3 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

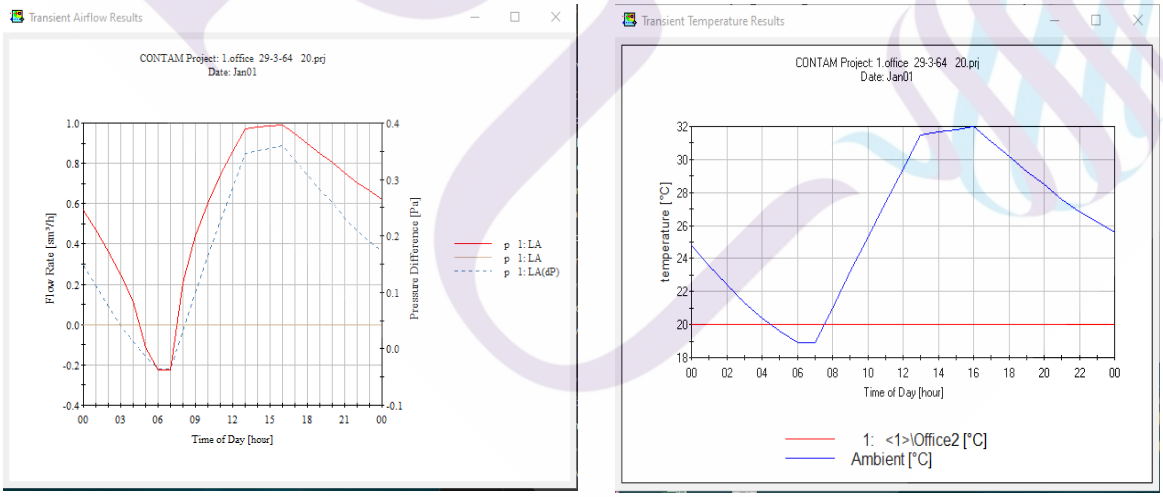
แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 24°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air system ควรคำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งานระบบระบายอากาศมีการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ควรคำนวนระบบระบายอากาศและควรคำนวณให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ ให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ



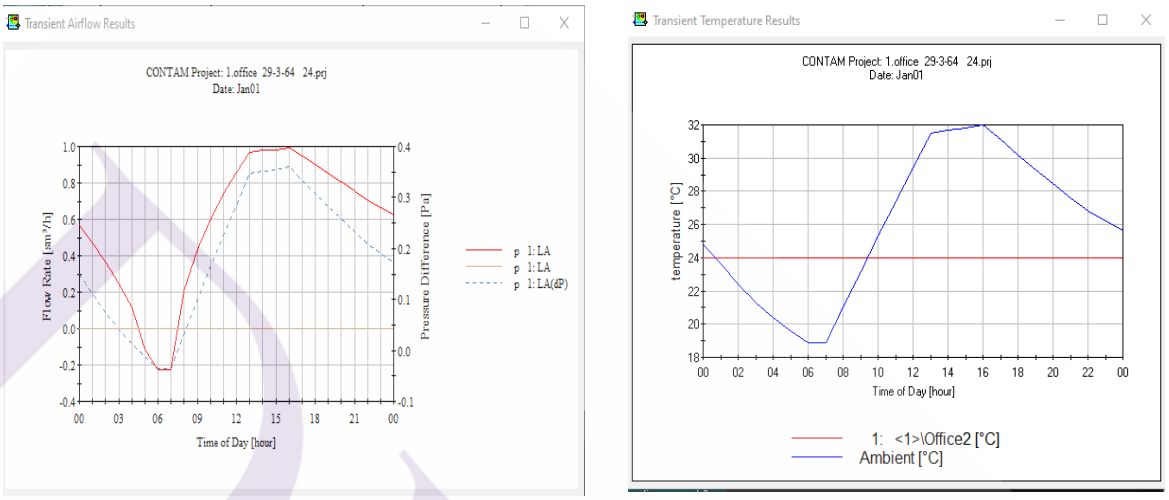
ภาพที่ 4.4 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C



ภาพที่ 4.5 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C



ภาพที่ 4.6 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 19 อุณหภูมิห้อง 24°C

กรณีศึกษาที่ 3 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนาชั้น 9

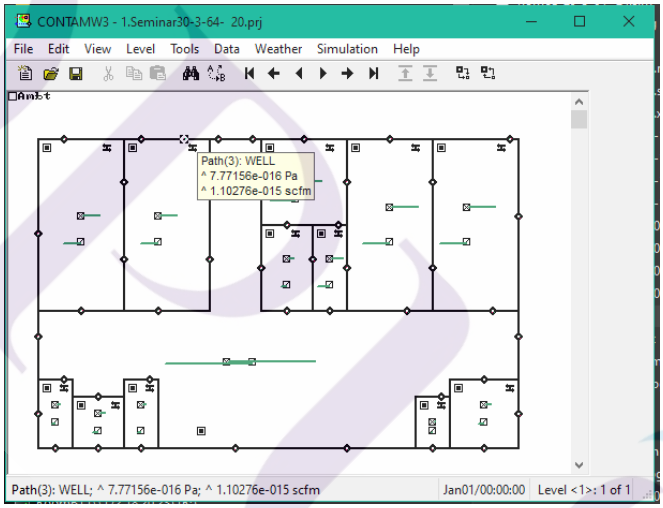
แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 25°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air system คำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน ระบบระบายอากาศมีความแตกต่างของการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และปรับปรุงให้เหมาะสมตามจำนวนคนใช้งานภายในห้อง และควรมีการเติมอากาศบริสุทธิ์ให้เพียงพอและเหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งานและควรคำนวนระบบระบายอากาศให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ

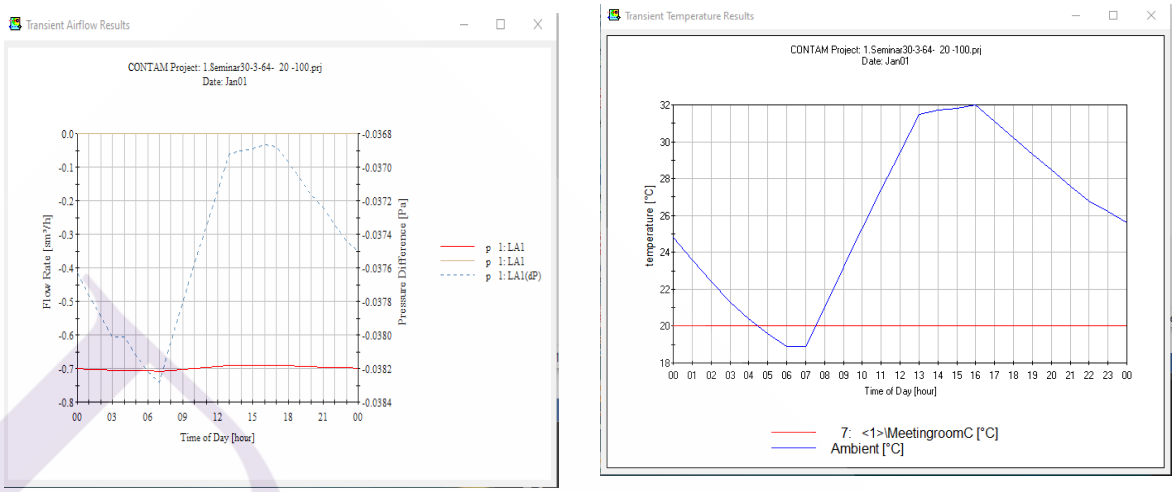
ตารางที่ 4.1 ตารางห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

ลำดับ	ห้องประชุมสัมมนา	ขนาดห้อง/ตารางเมตร	ความจุแบบ Class Room (ท่าน)	ค่าเดิมก่อนปรับปรุง (CFM)	ค่าปรับปรุงที่พอเพียง ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)
1	สัมมนา A	219	200	773	1,721
2	สัมมนา B	224	200	791	1,726
3	สัมมนา C	65	60	353	517
4	สัมมนา D	122	80	430	724



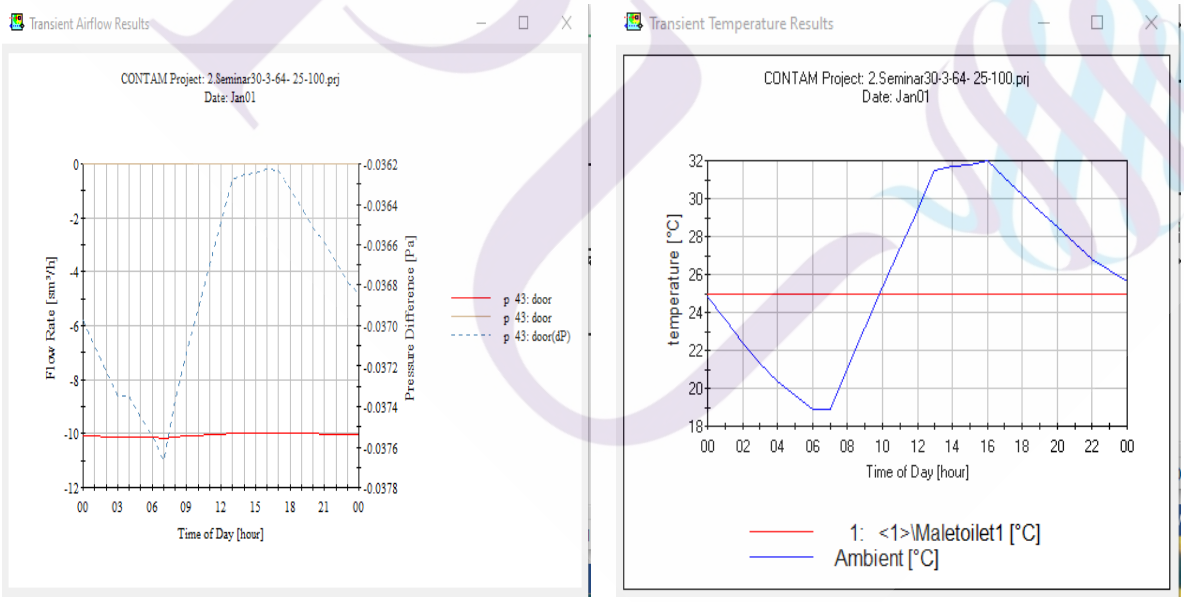
ภาพที่ 4.7 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน



ภาพที่ 4.8 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน



ภาพที่ 4.9 กราฟอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

กรณีศึกษาที่ 4 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสำนักงาน ชั้น 19

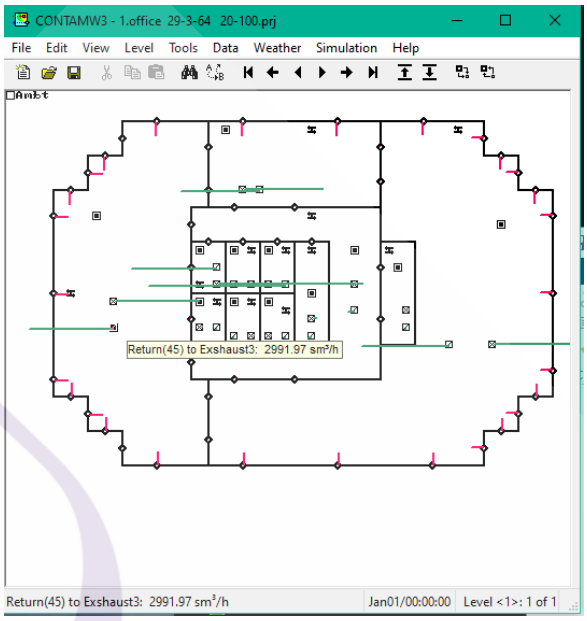
แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

สรุปจากการการวิเคราะห์จำลองสามารถสรุปได้ว่าการระบบระบายอากาศของแบบห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C และ 24°C ต้องคำนวน Supply Air system ,Return Air system ,Fresh Air system ,Exhaust Air คำนวนระบบระบายให้เหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งาน ระบบระบายอากาศมีความแตกต่างของการไหลเวียนของอากาศที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกันและไม่เท่ากัน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และปรับปรุงให้เหมาะสมตามจำนวนคนใช้งานภายในห้อง และควรมีการเติมอากาศบริสุทธิ์ให้เพียงพอและเหมาะสมภายในห้องที่มีการใช้งานและควรคำนวนระบบระบายอากาศให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศ

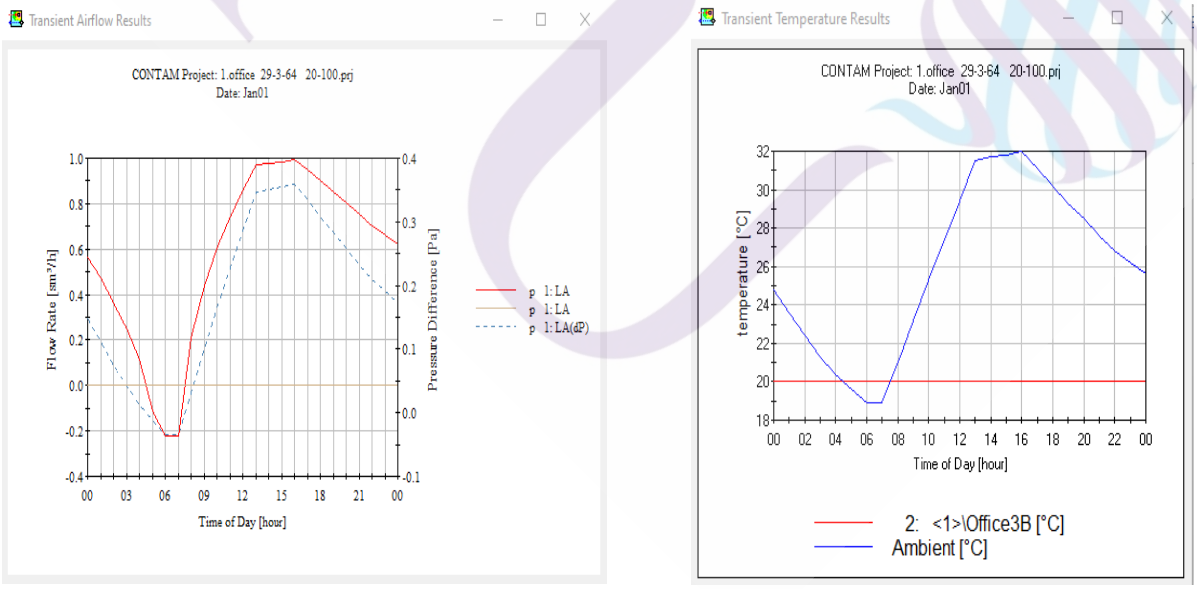
ตารางที่ 4.2 ตารางสำนักงานชั้น 19 ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

ลำดับ	ห้องสำนักงาน	ขนาดห้อง/ตารางเมตร	จำนวนคนใน Office	ค่าเดิมก่อนปรับปรุง (CFM)	ค่าปรับปรุงที่พอเพียง ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)
1	สำนักงาน A	1058	100	1,245	1,836
2	สำนักงาน B	1009	100	1,188	1,760
3	สำนักงาน C	900	100	1,059	1,651



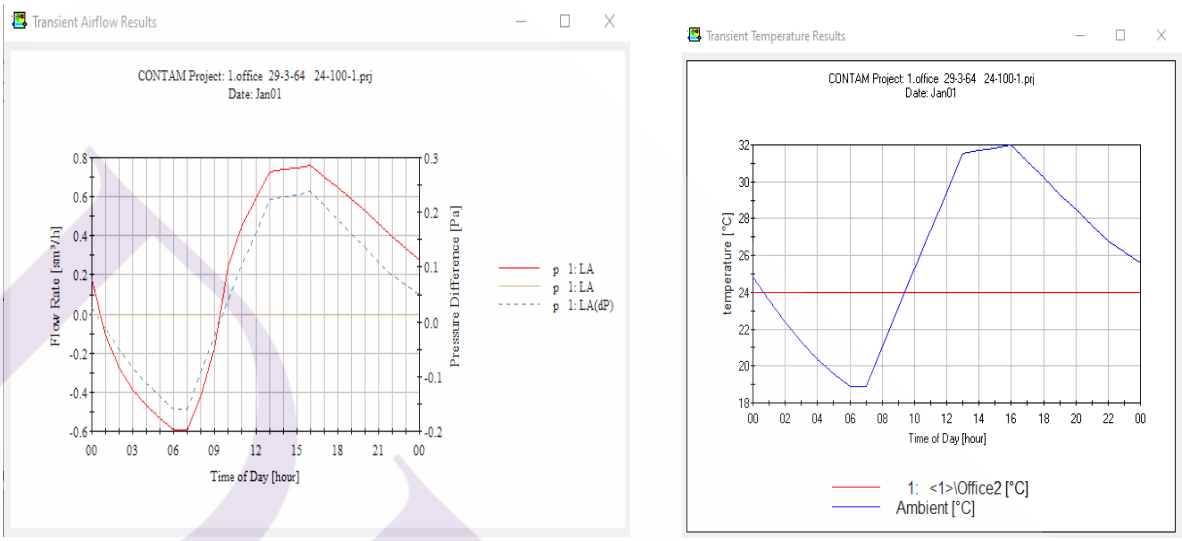
ภาพที่ 4.10 จำลองรูปแบบการไหลแบบ อากาศห้องสำนักงานชั้น 19 ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 1 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน



ภาพที่ 4.11 กราฟอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

แบบที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลแบบของอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน



ภาพที่ 4.12 กราฟอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 24°C ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปจากการศึกษาวิจัยเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAM ภายในอาคารขนาดพื้นที่ภายในอาคารที่มีความแตกต่างกันและจำนวนของผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้สามารถวิเคราะห์ข้อมูล สามารถจำลองกรณีศึกษาได้ 4 กรณีดังนี้

ผู้ทำวิจัยได้คำนวณอัตราการการระบายอากาศ จากค่าอัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ มาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CONTAM

กรณีศึกษาที่ 1 และ กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9 และชั้น 19 มาเปรียบเทียบมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ เพื่อจะนำมาการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CONTAM วิเคราะห์ตามที่อุณหภูมิห้อง 20°C - 24°C - 25°C วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CONTAM ค่าปริมาณอัตราการการระบายอากาศ จะได้ตามขนาดของพื้นที่ ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงจำนวนคนใช้งาน สามารถคำนวนและใช้งานกับแบบจำลอง CONTAM มาใช้งานได้ไม่มีผลกระทบ เนื่องจากไม่มีจำนวนผู้ใช้งานเป็นตัวแปรในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAM ปริมาณอากาศที่ระบาย ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง เราสามารถคำนวนและวิเคราะห์และออกแบบในการใช้งานพื้นที่ห้องต่างๆได้

แต่ในกรณีศึกษาที่ 3 และ กรณีศึกษาที่ 4 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของแบบสัมมนา ชั้น 9 และชั้น 19 วิเคราะห์ตามที่อุณหภูมิห้อง 20°C - 24°C - 25°C แต่ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งานในพื้นที่นั้นๆ ผู้ทำวิจัยได้คำนวณอัตราการการระบายอากาศ จากค่า

อัตราการระบายอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ ปรับปรุงตามจำนวนคนใช้งาน ซึ่งจากการคำนวณค่าปริมาณอัตราการการระบายอากาศ

จะได้ค่าค่าปริมาณอัตราการการระบายอากาศมากกว่ากรณีศึกษาที่ 1 และ กรณีศึกษาที่ 2 เกือบเท่าตัว เพราะในกรณีศึกษาที่ 1 และ กรณีศึกษาที่ 2 คำนวนและใช้การแบบจำลอง CONTAM โดยไม่มีจำนานคนใช้งานมาเกี่ยวข้อง เพราะถ้ามีผู้ใช้งานภายในห้องนั้นๆ อัตราการการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนผู้ใช้งานจริงในพื้นที่นั้นๆ

ในการจำลองได้ทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลเวียนของอากาศสามารถจำลองกรณีศึกษาได้ 4 กรณี จากห้องหนึ่งไปอีกห้องหนึ่ง ความแตกต่างของความดันภายในระบบระบายอากาศของอาคารที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างโซนและแรงกดดันสัมพัทธ์แบะจำนวนคนใช้งานในพื้นที่นั้นๆ ระหว่างโซนภายในห้องสัมมนาและสำนักงานภายในอาคาร เป็นตัวแปรในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAM เพื่อเป็นแนวทางเลือกการตัดสินใจสำหรับ ผู้ออกแบบ วิศวกร ผู้ดูแลอาคาร ศึกษาและสร้างความเข้าใจรูปแบบการระบบระบายอากาศภายในอาคาร

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงานด้วยแบบจำลอง CONTAM งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเลือกใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของจำลองรูปแบบการไหลของอากาศผ่านโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศและสภาวะที่แตกต่างกันเพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการออกแบบหรือปรับปรุงประสิทธิภาพภายในห้องสัมมนาและสำนักงานและให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับหรือมีประสิทธิภาพสูงสุดได้

โดยโปรแกรมจำลอง CONTAM มีประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลายสามารถใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของอากาศภายในอาคารและแรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนของอาคารมีประโยชน์ในการประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเพื่อกำหนดความแปรผันของอัตราการระบายอากาศเมื่อเวลาผ่านไปและกำหนดการกระจายการไหลเวียนของอากาศละการถ่ายเทอากาศภายในอาคารเพื่อประมาณผลกระทบของการแทรกซึมและการประเมินผลกระทบด้านพลังงานของกระแสลมภายในอาคารโปรแกรมนี้ยังถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ระบบการจัดการควัน การทำนายความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสามารถใช้เพื่อกำหนดประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคาร

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ โดยคณะอนุกรรมการมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย https://eit.or.th

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 http://www.local.moi.go.th › law99

กฎกระทรวง ฉบับที่ 33. (พ.ศ.2535) ออกความตาม พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 http://www.bsa.or.th

กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์.(2548) .คุณภาพอากาศภายในอาคาร ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้พื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ที่ผู้ใช้ไม่สามารถรับรู้ถึงมลพิษของอากาศและยังคงใช้พื้นที่ตามปกติ ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ http://edoc.mrta.co.th/HRD/Attach/1456733691_1.pdf

วรวิชญ์ สิงหนาท.(2552).การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารพักอาศัย ปัจจุบันย่านธุรกิจที่อยู่ในเมืองส่วนใหญ่มีปัญหา ความหนาแน่นของประชากร การจราจรติดขัด ปัญหามลพิษจากมูลฝอยและมลพิษทางอากาศเป็นปัญหาหลัก การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ www.tci-thaijo.org

วิกรม เสงคิสิริ.(2548).กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด ในปัจจุบันเราใช้เวลาส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคารที่มีการนำระบบปรับอากาศมาใช้สร้างสภาวะ ความน่าสบาย เพื่อก่อให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น www.tci-thaijo.org

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์.(2543).คู่มือปฏิบัติการมลพิษอากาศภายในอาคาร. จากการพัฒนาและความเจริญก้าวหน้าทางสังคมเมือง ความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ความจำเป็นของ การประหยัดพลังงาน www.http://uc.thailis.or.th

มานิตา พรหมประสิทธิ์.(2562).การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานการศึกษานี้ทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานทำการศึกษาการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดการระบายอากาศการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน www.https://grad.dpu.ac.th/

ภาษาต่างประเทศ

NIST Technical Note 1887 CONTAM User Guide and Program Documentation Version 3.2 W. Stuart Dols Brian J. Polidoro This publication is available free of charge from: http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1887

Using CFD Capabilities of CONTAM 3.0 for Simulating Airflow and Contaminant Transport in and around Buildings https://www.researchgate.net/publication/230606415

Evaluation of Indoor PM Distribution by CONTAM Airflow Model and Real Time Measuring: Description and Validation://www.researchgate.net/journal/Avicenna-Journal-of-Environmental-Health-Engineering-2423-4583

Airflow and Indoor Air Quality Models of DOE Prototype Commercial Buildings https://www.govinfo.gov/content/pkg/

ภาคผนวก

ข้อกำหนดทั่วไป

มาตรฐาน และเกณฑ์กำหนดในการปฏิบัติงาน

ถ้ามิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น มาตรฐานทั่วไปของวัสดุ อุปกรณ์ การประกอบแบบ การติดตั้งที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียดประกอบแบบเพื่อใช้อ้างอิงสำหรับงานตามสัญญาในโครงการนี้ให้ถือตามมาตรฐานของ สถาบันที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

มอก - สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

AMCA - Air Moving and Conditioning Asscociation

ANSI - American National Standard Institute

ARI - Airconditioning and Refrigeration Institute

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers

ASME - American Society of Mechanical Engineers

ASTM - American Society of Testing Materials

BS - British Standard

FM - Factory Mutual

IEC - International Electro-Technical Commission

MEA - Metropolitan Electricity Authority

NEC - National Electrical Code

NEMA - National Electrical Manufacturer Association

NFPA - National Fire Protection Association

SMACNA - Sheet Metal and Airconditioning Contractors National Association Inc.

UL - Underwriters' Laboratories, Inc.

OFFICE TOWER AIR HANDLING SCHEDULE.

UNIT NO.	TYPE	CAPACITY				SUPPLY AIR				OUT SIDE AIR				WATER SIDE						FAN MOTOR.				REMARK.	Q.T.Y.	SELECT. CARRIER
		TATAL (kw)		SEN (kw)		FLOW (LPS)		EAT (CDB/CWB)		FLOW (LPS)		CDB / CWB		FLOW (LPS)		EWT		LWT (C')		ESP (Pa)		Hp.	POWER V/PR/HZ				
		DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL	DESIGN	ACTUAL		DESIGN	ACTUAL			MODEL.
OFFICE A1-1	4	170	185	120	120	9,000	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.36	7.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		1	39FD590RDZ710
OFFICE A1-2	4	145	155	100	101	5,300	6,700	25.5/19.5	25.5/19.5	2,000		35/28		6.28	6.30	7	7	12.50	12.50	800	800	15	380/3/50	380/3/50		1	39FD570RDZ630
OFFICE A2-1	4	95	111	70	72	5,000	4,700	25.5/19.5	25.5/19.5	1,000		35/28		4.11	4.10	7	7	12.50	12.50	800	800	10	380/3/50	380/3/50		1	39FD550RDZ630
OFFICE A2-2	4	170	185	120	120	9,000	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,000		35/28		7.36	7.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		1	39FD590RDZ710
OFFICE A3-(1-2)	4	125	141	90	91	6,600	6,000	25.5/19.5	25.5/19.5	1,000		35/28		5.41	5.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	20	380/3/50	380/3/50		2	39FD570RDZ630
OFFICE A4-(1-2)	4	170	185	120	120	9,000	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.36	7.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD590RDZ710
OFFICE A5-(1-2)	4	170	185	120	120	9,000	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.36	7.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD590RDZ710
OFFICE A6-(1-2)	4	170	185	120	120	9,000	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.36	7.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD590RDZ710
OFFICE A(1-6)-3	4	100	111	70	71	5,300	4,500	25.5/19.5	25.5/19.5	700		35/28		4.33	4.30	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	15	380/3/50	380/3/50		6	39FD550RDZ580
OFFICE A7(1-2)	4	125	141	90	91	6,600	6,000	25.5/19.5	25.5/19.5	1,000		35/28		5.41	5.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	20	380/3/50	380/3/50		2	39FD570RDZ630
OFFICE A8(1-2)	4	125	141	90	91	6,600	6,000	25.5/19.5	25.5/19.5	1,000		35/28		5.41	5.40	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	20	380/3/50	380/3/50		2	39FD570RDZ630
OFFICE A9(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A10(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A11-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A12-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A(13-18)-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A19-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A20-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A(21-26)-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A27-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A28-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	1,400		35/28		7.79	8.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	25	380/3/50	380/3/50		2	39FD580RDZ710
OFFICE A(29-30)-(1-2)	4	140	155	100	100	7,400	6,400	25.5/19.5	25.5/19.5	1,000		35/28		6.06	6.70	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	20	380/3/50	380/3/50		4	39FD570RDZ630
OFFICE A(31-32)-(1-2)	4	180	194	125	123	9,600	7,800	25.5/19.5	25.5/19.5	650		35/28		3.46	3.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	15	380/3/50	380/3/50		4	39FD460RDZ450
OFFICE A(33-34)-(1-2)	4	80	96	60	61	4,200	3,800	25.5/19.5	25.5/19.5	650		35/28		3.46	3.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	15	380/3/50	380/3/50		4	39FD460RDZ450
OFFICE A(35-36)-(1-2)	4	80	96	60	61	4,200	3,800	25.5/19.5	25.5/19.5	650		35/28		3.46	3.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	15	380/3/50	380/3/50		4	39FD460RDZ450
OFFICE A(37-38)-(1-2)	4	80	96	60	61	4,200	3,800	25.5/19.5	25.5/19.5	650		35/28		3.46	3.50	7	7	12.50	12.50	1,320	1,320	15	380/3/50	380/3/50		4	39FD460RDZ450
EE-A7-1	4	120	170	96	99	6,000	3,800	30/23	30/23	-				5.20	5.20	7	7	12.50	12.50	200	200	7.5	380/3/50	380/3/50		1	39FD560RDZ630
EE-A7-2	4	50	68	40	40	2,600	3,800	30/23	30/23	-				2.17	2.20	7	7	12.50	12.50	140	140	3	380/3/50	380/3/50		1	39FD350RDZ400
MVAC-A7(1-3)	4	100	137	80	81	5,000	3,800	30/23	30/23	-				4.33	4.30	7	7	12.50	12.50	140	140	5	380/3/50	380/3/50		3	39FD550RDZ630

ตัวอย่าง รายการคำนวณอัตราการระบายอากาศตามพรบ.ควบคุมอาคาร

โครงการ : ห้องสัมมนา

ที่ตั้ง : U-Chu Liang Building 9 LEVEL

รายการคำนวณอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับภาวะอากาศ

ตัวอย่าง

ห้องน้ำ 1 ห้องสัมมนาชั้น 9

- พื้นที่ 80 ตารางเมตร
- อัตราการระบายอากาศลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร (ตาม พรบ.)= 10

การคำนวณ

พื้นที่	80	ตารางเมตร
ปริมาณอากาศที่ระบาย	80 x 10	= 800 ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง
		= 470 ลูกบาศก์ฟุต / นาที
ปริมาณอากาศที่ระบายที่ใช้ในแบบ		= 500 ลูกบาศก์ฟุต / นาที

เพราะฉะนั้นระบายอากาศโดยพัดลมอัตราการระบายอากาศ 500 ลูกบาศก์ฟุต / นาที

อุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศ

WATER COOLED CHILLER : Carrier, Trane, Dunham-Bush

COOLING TOWER : Liang Chi, Shinwa, NS, Kuken

CENTRIFUGAL PUMP : Armstrong, Crane, Worthington, Paco, Aurora, Peerless

AIR HANDLING UNIT : Carrier, Trane, Dunham-Bush

FAN COIL UNIT : Carrier, Trane, Dunham-Bush

SPLIT TYPE AIR CONDITIONER : Carrier, Trane, Dunham-Bush

AIR PRECIPITATOR : Micro Air, Trion, Honeywell

AUTOMATIC CONDENSER TUBE CLEANING : Ball Technic, CQM, Tapprogge

อุปกรณ์พัดลมระบายอากาศ

CENTRIFUGAL FAN : National, Kruger, Cook, Greenheck, ACMC, Chicago

POWER ROOF VENTILATOR : National, Kruger, Cook, Greenheck

PROPELLER FAN : National, Hitashi, Mitsubishi

INLINE CABINET FAN : National, Kruger, Mitsubishi

AXIAL FLOW FAN : National, Kruger, Mitsubishi,Pantech

อุปกรณ์งานท่อลม

GALVANIZED STEEL SHEET : Singha

BLACK STEEL SHEET : Singha

FIBERGLASS INSULATION : Micro-Fiber, S.F.G., Insufiber

FLEXIBLE DUCT: Aeroduct

DIFFUSERS, GRILLES, LOUVERS, REGISTERS: Flothru, Comfort Flow, PCJ

DIFFUSERS, GRILLES, REGISTERS FOR ACOUSTIC ROOM : Titus, AMC, Metal Aire

DAMPER HARD WARE : Ruskin, Trox Technic, Metal Aire, Pottorff

AIR FILTER (High & Medium Efficiency) : AAF, Micro Air, FARR, or equal

SOUND ATTENUATOR : Mason

FILTER GAUGE : Trerice, Dwyer, AAF

CAPACITY SCHEDULE FOR CHILLED WATER AIR HANDLER

UNIT NO.	LOCATION SERVED	ROOM COND (DEG.F)	TYPE	QTY (SETS)	CAPACITY		AIR SIDE								CHILLED WATER COIL SIDE			PIPE SIDE		APPROX Weight	REMARK	CONTROL
					TOTAL HEAT	SENSIBLE HEAT	SUPPLY AIR	OUTDOOR AIR	EXT.STATIC PRESSURE	ENTERING AIR TEMP.	LEAVING AIR TEMP.	FAN MOTOR	MOTOR STARTER	POWER SUPPLY	FLOW RATE	ENTERING/ LEAVING	CAPACITY CONTROL	CHILLED WATER	COND. DRAIN			
					(BTUH.)	(BTUH.)	(Cfm.)	(Cfm.)	(in WG)	(Fdb/Fwb)	(Fdb/Fwb)	(W)	(Type)	(V/Ph/Hz)	(Gpm.)	(Deg.F.)	(Type)	(Dia.In.)	(Dia.In.)	(kg.)		
AHU-1	9th.	75	VFSB	1	600,000	-	-	-	-	-	-	-	-	380/3/50	-	-	-	-	-	-	CLEANER,OVERHAUL	EXISTING
AHU-2,3	9th.	75	VFSB	2	350,000	245,000	10,200	-	1.6	80/67	56/55	5,500	VSD	380/3/50	70	45/55	A	3	1 1/2	-	NEW	AMCC-1
AHU-4	9th.	75	VFSB	1	190,000	133,000	6,000	-	1.6	80/67	56/55	3,700	VSD	380/3/50	38	45/55	A	2	1 1/4	-	NEW	AMCC-1
AHU-5,6	9th.	75	SHCB	2	60,000	42,000	2,000	-	1.2	80/67	56/55	2,200	VSD	380/3/50	12	45/55	A	1 1/4	1	-	NEW	AMCC-2,3
AHU-7	9th.	75	SHCB	1	48,000	33,600	1,600	-	0.5	80/67	56/55	550	-	220/1/50	9.6	45/55	A	1 1/4	1	-	NEW	WIRED REMOTE
FCU-1	9th.	75	CSED	2	18,000	12,600	600	-	-	80/67	56/55	108	-	220/1/50	3.6	45/55	A	1	3/4	-	NEW	WIRED REMOTE

REMARK :

1. WATER PRESSURE DROP ACROSS COOLING AND HEATING COIL SHALL NOT EXCEED 15 FT.WG.
2. COIL FACE VELOCITY SHALL NOT EXCEED 500 FPM FOR AHU. AND 450 FPM FOR FCU.
3. FAN MOTOR SHALL BE TEFC MOTOR, 1450 RPM, 380V/3Ph/50Hz POWER SUPPLY FOR AHU.& FCU.
4. FAN HP AS SHOWN ARE APPROXIMATE, EXACT MOTOR HP SHALL BE AT LEAST 20% HIGHER THAN THE MANUFACTURER'S BHP, AN ELECTRICAL SWITCHGEARS AND WIRING SHALL BE PROVIDED ACCORDINGLY.
5. FAN MOTOR SHALL BE 3 SPEED PERMANENT SPLIT CAPACITOR TYPE (PSC) FOR FCU. 220V/1Ph/50Hz POWER SUPPLY.
6. ALL AHU & FCU. 380V/3Ph/50Hz POWER SUPPLY SHALL BE AUTOMATICALLY TEMPERATURE CONTROLLED BY A ROOM THERMOSTAT LOCATED IN THE ROOM OR AS SHOWN ON THE DRAWING.
7. ALL FCU.,220V/1Ph/50Hz POWER SUPPLY SHALL BE AUTOMATICALLY TEMPERATURE CONTROLLED BY A ROOM THERMOSTAT WITH 3 SPEED CONTROLLED SWITCH LOCATED IN A ROOM OR AS SHOWN ON THE DRAWING.
8. FLOOR MOUNTED AHU. SHALL BE MOUNTED ON SPRING ISOLATOR WHICH ARE PLACED ON CONCRETE FOUNDATION.
9. CEILING CONCEALED AHU. SHALL BE HANGED ON SPRING ISOLATOR HANGER WITH DOUBLE DEFLECTION NEOPRENE.
10. THE SPRING ISOLATORS SHALL BE SELECTED AND INSTALLED IN ACCORDANCE WITH THE MANUFACTURER'S RECOMMENDATION SUCH THAT NO DISTURBING VIBRATION OR NOISE IS BEING TRANSMITTED TO THE NEARBY STRUCTURE. MINIMUM STATIC DEFLECTION FOR AHU IS 1 INCHS.

11. ABBREVIATIONS FOR UNITS TYPE
    - -CSED : CEILING SUSPENDED, EXPOSED TYPE, DIRECT DRIVE
    - -CCDD : CEILING CONCEALED, DUCTED TYPE, DIRECT DRIVE
    - -CCDB : CEILING CONCEALED, DUCTED TYPE BELT DRIVE
    - -CPDD : CEILING CONCEALED W/RETURN PLENUM & FILLER, DUCTED TYPE, DIRECT DRIVE
    - -WMED : WALL MOUNTED, EXPOSED TYPE, DIRECT DRIVE
    - -SHCB : SINGLE ZONE,HORIZONTAL,CEILING MOUNTED,BELT OR DIRECT DRIVE.
    - -HFSB : HORIZONTAL, FLOOR MOUNTED, SINGLE SKIN,BELT DRIVE
    - -VFSB : VERTICAL,FLOOR MOUNTED,SINGLE SKIN,BELT DRIVE
    - -HFDB : HORIZONTAL, FLOOR MOUNTED, DOUBLE SKIN,BELT DRIVE
    - -/AAF : ALUMINIUM AIR FILTER
12. ABBREVIATION FOR CONTROL TYPE :
    - A = TWO-WAY MODULATING CONTROL VALVE (PROPORTIONAL INTEGRAL, PI)
    - B = TWO WAY ON-OFF CONTROL VALVE.(ON-OFF)
    - C = VARIABLE SPEED DRIVE (VFD.) FAN MOTOR CONTROL,CONTROLLED BY DIFFERENTIAL PRESSURE SENSOR AND TRANSMITTER.

KMUTNB-RAET-02

CAPACITY SCHEDULE FOR VAV. CONTROL MODULE

UNIT NO.	UNIT TYPE	QTY	CAPACITY			ELECTRICAL		DUCT CONNECTION	
			NOMINAL FLOWRATE	MINIMUM FLOWRATE	MIN. SP. @NOM.FLOW	TYPE OF CONTROL	TEMP. SET POINT	INLET DUCT SIZE	OUTLET PLENUM
		SET(S)	CFM.	CFM.	PA	TYPE	DEG. F.	DIA. IN.	NO. OUTLET
VAV BOX-1 (EXISTING)	-	1	3,000	-	-	-	-	-	-
VAV BOX-2 (EXISTING)	-	1	3,000	-	-	-	-	-	-
VAV BOX-3 (EXISTING)	-	1	3,000	-	-	-	-	-	-
VAV BOX-4 (EXISTING)	-	1	3,000	-	-	-	-	-	-
VAV BOX-5 (NEW)	PI/LP/E	1	2,460	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-6 (NEW)	PI/LP/E	1	3,075	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-7 (NEW)	PI/LP/E	1	2,460	0	20	ELECTRONIC	76	16	1
VAV BOX-8 (NEW)	PI/LP/E	1	4,000	0	20	ELECTRONIC	76	16	1
VAV BOX-9 (NEW)	PI/LP/E	1	2,264	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-10 (NEW)	PI/LP/E	1	2,264	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-11 (NEW)	PI/LP/E	1	2,264	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-12 (NEW)	PI/LP/E	1	3,396	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-13 (NEW)	PI/LP/E	1	3,000	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-14 (NEW)	PI/LP/E	1	2,400	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-15 (NEW)	PI/LP/E	1	2,400	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-16 (NEW)	PI/LP/E	1	2,400	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-17 (NEW)	PI/LP/E	1	2,000	0	20	ELECTRONIC	75	16	1
VAV BOX-18 (NEW)	PI/LP/E	1	4,000	0	20	ELECTRONIC	76	16	1
VAV BOX-19 (NEW)	PI/LP/E	1	800	0	20	ELECTRONIC	76	12	1
VAV BOX-20 (NEW)	PI/LP/E	1	1,200	0	20	ELECTRONIC	75	12	1
VAV BOX-21 (NEW)	PI/LP/E	1	1,200	0	20	ELECTRONIC	75	12	1
VAV BOX-22 (NEW)	PI/LP/E	1	800	0	20	ELECTRONIC	76	12	1

NOTE

1. ABBREVIATION FOR UNIT TYPE :
   - -PI : PRESSURE INDEPENDENT TYPE
   - -PD : PRESSURE DEPENDENT TYPE
   - -LP : LOW PRESSURE TYPE
   - -MP : MEDIUM PRESSURE TYPE
   - -E : ELECTRONIC CONTROL
   - -P : PNEUMATIC CONTROL
2. THE DAMPER CONTROL SHOULD BE NORMALLY CLOSED TYPE.
3. THE MAXIMUM STATIC PRESSURE DROP AS SHOWN ARE DETERMINED AT CONTROL DAMPER FULLY OPEN.
4. THE INLET DUCT SIZE ARE APPROXIMATE.

CAPACITY SCHEDULE FOR VENTILATION FAN

UNIT NO	LOCATION SERVED	UNIT TYPE	QTY	CAPACITY			ELECTRICAL		VIBRATION		FUNCTION	REMARK	CONTROL
				FLOWRATE	EXT.STATIC PRESSURE	FAN MOTOR	POWER SUPPLY	TYPE OF STARTER	TYPE OF ISOLATOR	MIN.STATIC DEFLECTION			
			SET(S)	CFM.@	IN. WG.	W	V/Ph/Hz	TYPE	TYPE	IN.			
EF-1,2	9th.	MNS/LFD	2	500	0.8	240	220/1/50	-	-	-	EXHAUST	NEW	SWITCH WITH LAMP
EF-3	9th.	MNS/LFD	1	800	0.8	390	220/1/50	-	-	-	EXHAUST	NEW	SWITCH WITH LAMP

NOTE: 1. ABBREVIATIONS FOR UNIT TYPE

- CBSB : CENTRIFUGAL BLOWER, BACKWARD CURVE BLADE, SINGLE INLET, BELT DRIVE
- CFSB : CENTRIFUGAL BLOWER, FORWARD CURVE BLADE, SINGLE INLET, BELT OR DIRECT DRIVE
- HPID : HIGHT PRESSURE FAN W/ GRAVITY SHUTTER, PROPELLER, INDUSTRAIL TYPE, DIRECT DRIVE
- APIB : AXIAL FAN, PROPELLER BLADE, INLINE TYPE, BELT DRIVE
- APID : AXIAL FAN, PROPELLER BLADE, INLINE TYPE, DIRECT DRIVE
- WMD : WALL MOUNTED, DIRECT DRIVE
- CC : CEILING MOUNTED CASSETE, DIRECT DRIVE
- MNS : CEILING MOUNTED MINI SIROCCO, DIRECT DRIVE
- LFD : Low noise in-line cabinet fan,Forward curve blade, Direct drive.

2. ABBREVIATIONS FOR ISOLATYPE

- A : SPRING ISOLATOR HANGER W/DOUBLE DEFLECTION NEOPRENE
- B : SPRING ISOLATOR W/NEOPRENE ACOUSTIC PAD

3. FAN MOTOR HP. AS SHOWN ARE APPROXIMATE

- /C : CEILING MOUNT
- /W : WALL MOUNT
- /F : FLOOR MOUNT
- /SP : SOUND PROOF
- /CH : CHEMICAL PROOF

KMUTNB-RAET-02

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศุภวัฒน์ พรหมสาขา ณ สกลนคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า บริษัท เอื้อวัฒนสกุล จำกัด

DPU