การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน

มานิตา พรหมประสิทธิ์

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี
และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2563

A Simulation and Analysis of Airflow in an Energy-Efficient Home

Manita Phromprasit

An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2020

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน

เสนอโดย มานิตา พรหมประสิทธิ์

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราธร พชรฐิติกุล)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 24 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน
ชื่อผู้เขียน	มานิตา พรหมประสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน ทำการศึกษาการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดการระบายอากาศเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรและความเปลี่ยนแปลงของการไหลของอากาศที่ส่งผลต่อคุณภาพของอากาศภายในอาคารของแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดยเลือกใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM ในการสร้างแบบจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ แบบบ้านประหยัดพลังงานในกรณีศึกษาเป็นบ้านเดี่ยวสองชั้นขนาดกลางพื้นที่ใช้สอย 130 ตารางเมตร อัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.8 เมตร/วินาที ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33และ39 ในการศึกษาทำการวิเคราะห์สภาวะการไหลของอากาศ 3 กรณี ได้แก่ (1) จำลองระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการไหลของอากาศ (2) จำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง และ (3) จำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดของการไหลของอากาศ จากการศึกษาพบว่าการปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดมีอัตราการไหลเวียนอากาศผ่านช่องว่างของพื้นที่ช่องเปิด เช่น ขอบหน้าต่างหรือประตู มีอัตราการไหลเวียนที่ต่ำมากในช่วง 0-0.9 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศตามเกณฑ์การยอมรับได้ ในกรณีเปิดเฉพาะช่องเปิดหน้าต่าง พบว่าการแลกเปลี่ยนอากาศในบริเวณห้องนอน 3 ชั้น2 ของบ้านที่มีพื้นที่เปิดหน้าต่างมากกว่า 1 จุด ในพื้นที่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศได้สูงถึง 581 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการยอมรับ ในกรณีเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดพบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของแต่ละพื้นที่สูงขึ้นมากกว่ามาตรฐานการยอมรับเกือบทั้งหมด ยกเว้นห้องครัวและห้องน้ำ เมื่อจำลองแนวทางการปรับปรุงโดยทำการย้ายตำแหน่งหน้าต่างของห้องครัว ไว้ในทิศทางตรงข้ามกันเกิดการไหลของอากาศมากขึ้นทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องครัวผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนของห้องน้ำแนวทางการปรับปรุงที่ดีที่สุดเพื่อเป็นที่ยอมรับของอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศคือการเปิด

ประตูห้องน้ำ หากเปิดประตูห้องน้ำ 1/4 ของพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดสามารถเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศและมีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเปิดประตูห้องน้ำมากขึ้น

Thematic Paper Title	A Simulation and Analysis of Airflow in an Energy-Efficient Home
Author	Manita Phromprasit
Thematic Paper Advisor	Assistant Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2019

ABSTRACT

This study is simulated and analyzed the airflow in an energy efficient home. It studies the airflow through openings and analyzes the impact of factors and different airflow rates that affect the indoor air quality in an energy efficient home. The simulation was performed using CONTAM software to create the model for airflow simulation. The case study used a drawing of an energy efficient home which is a two-story home with area of 130 m^2. The airflow rate was set at 0.8 m/s and a home is located in Bangkok. The study compared the acceptable airflow rate with Ministerial Regulation No. 33 and No. 39. In this study, there are three cases for analyzing airflow phenomenon. These include (1) Simulation of all closed airflow paths, (2) Simulation of opened opening flow paths, and (3) Simulation of all opened opening flow paths. Results from the study are found that in the case of closed all airflow paths has airflow rate from air leakage area at low airflow rate about 0-0.9 m^3/hour that is not accepted according to the criteria. In the case of opened the window flow path is found that the bedroom 3 in the 2^{nd} floor that has more than one opening has better airflow rate than the criteria. It can get air change rate per hour more than 581 m^3/hour. In the case of all opened airflow paths found that an air change rate per hour of any zone is better than other cases, and mostly pass of criteria except in the kitchen and bathroom. The simulation was performed to improve the airflow rate by changing the position of window in the kitchen, then the airflow rate able to pass the criteria. In bathroom, the best way to improve the airflow is to open the door about ¼ of all openings, then it increases airflow rate and trend to have better airflow when open the door in bathroom.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคล เรื่องการจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัย สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ ผดุงศิลป์ ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ได้ให้ความรู้กับผู้วิจัยเพื่อสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาและชีวิตประจำวันได้ ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนๆในคณะที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ตลอดการศึกษาปริญญาโทจนสำเร็จลุล่วงได้ดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวและผู้ใกล้ชิดของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนความช่วยเหลือและกำลังใจตลอดมา

มานิตา พรหมประสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย …….	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…….	จ
กิตติกรรมประกาศ……..	ฉ
สารบัญตาราง……..……	ฌ
สารบัญภาพ……..……..……..	ญ
บทที่	
1. บทนำ……	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา…….	1
1.2 วัตถุประสงค์……..……..……..	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย…….	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ……...……	3
2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..……...	4
2.1 แนวคิดทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในและระบบระบายอากาศ…..	4
2.2 โปรแกรมสำหรับจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศ CONTAMW……..	40
2.3 ผลการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….	41
3. วิธีการดำเนินงาน……..	44
3.1 แบบแผนการวิจัย……..……..	44
3.2 ตัวแปรงานวิจัย……...……	44
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย...……	44
3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล…...……	45
3.5 การดำเนินการวิจัย…….……	48
3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล……..	52
4. ผลการวิจัย……	54
4.1 ผลการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศของแบบบ้านกรณีศึกษา…….	54
4.2 ผลการศึกษารูปแบบจำลองการไหลของอากาศ…….	55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ…….....……	65
5.1 สรุปผลการวิจัย……...	65
5.2 ข้อเสนอแนะ…….....……	66
บรรณานุกรม……..	68
ภาคผนวก……..	72
ก การกำหนดข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง.....	73
ประวัติผู้เขียน……..	77

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่ามาตรฐานของสารมลพิษ และผลกระทบต่อสุขภาพ…….…….. 9

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย……...… 22

2.3 Minimum Ventilation Rates in Breathing Zone (ASHRAE Std 62.1-2013)….. 30

2.4 Zone Air distribution Effectiveness(ASHRAE Standard 62.1-2013)…… 34

2.5 System Ventilation Efficiency (ASHRAE Standard 62.1-2013)……...… 35

2.6 Minimum Exhaust Rate (ASHRAE Standard 62.1-2013)…….……. 37

2.7 อัตราการระบายอากาศตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 และ 39…..…… 39

3.1 ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละเดือนของจังหวัดกรุงเทพมหานคร…….. 47

3.2 ข้อมูลผังโครงสร้างระบบระบายอากาศแบบบ้านกรณีศึกษา…..……..… 49

3.3 เกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลระบบระบายอากาศ……. 53

4.1 อัตราการไหลเวียนอากาศและอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำตามเกณฑ์
มาตรฐานของแบบบ้านกรณีศึกษา……. 54

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ……	3
2.1 ลักษณะระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ……	11
2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมและของไหล……	12
2.3 รูปแบบการไหลเวียนของกระแสลม แบบการระบายอากาศด้านเดียว จาก Automatic Natural Ventilation. Andrew Dyke. 2014……	12
2.4 การระบายอากาศโดยให้ลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) จาก Automatic Natural ventilation. Andrew Dyke. 2014 ……	13
2.5 การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (Stack Ventilation) จาก Automatic Natural Ventilation. Andrew Dyke. 2014……	14
2.6 ลักษณะการระบายอากาศโดยวิธีกล……	14
2.7 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการระบายอากาศธรรมชาติและการระบายอากาศแบบผสม จากAutomatic Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Setting โดยMartin Liddament 2010.World Health Organization	15
2.8 ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust)……	16
2.9 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)……	18
2.10 เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ……	19
2.11 เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ……	19
2.12 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น แบบระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Coolerd Water Chiller) น้ำ……	18 20
2.13 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น แบบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)……	18 20
2.14 Olgyay's Bioclimatic Chart……	24
2.15 Psychrometric Chart ……	24
2.16 ระดับคุณภาพของอากาศ จาก ASHRAE Standard 62.1 User Manual……	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.17 โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศและวิเคราะห์คุณภาพอากาศ	26
ContamW Graphical Simulation Model ……..……...	41
3.1 แผนผังโครงสร้างระบบระบายอากาศแบบบ้านสองชั้น ชั้นที่1 จาก แบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017……...……..……..	45
3.2 แผนผังโครงสร้างระบบระบายอากาศแบบบ้านสองชั้น ชั้นที่2 จาก แบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017...…….	45
3.3 รูปแบบช่องเปิดการระบายอากาศแบบประตู ของแบบบ้านประหยัดพลังงานกรณีศึกษา จากแบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017.....…….	46
3.4 รูปแบบช่องเปิดการระบายอากาศแบบหน้าต่างของแบบบ้านประหยัดพลังงานกรณีศึกษา จากแบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017.....…..…….	47
3.5 แบบจำลองระบบระบายอากาศแบบบ้านกรณีศึกษา ชั้นที่ 1 ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM...……...…….	51
3.6 แบบจำลองระบบระบายอากาศแบบบ้านกรศึกษา ชั้นที่ 2 ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM...……..…….	51
4.1 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาระบบปิด พื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 1……	55
4.2 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาระบบปิด พื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 2……	55
4.3 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 1 ……..……	56
4.4 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศจากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 2……	56
4.5 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ชั้นที่ 1…….	57
4.6 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ชั้นที่ 2..……	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.7 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 1…..…….. 58
4.8 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 2……..….. 58
4.9 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่1….. 59
4.10 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 2….. 59
4.11 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศกรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดชั้นที่1 60
4.12 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศกรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดชั้นที่2 60
4.13 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเทียบกับมาตรฐาน กรณีศึกษาการไหลของอากาศจำลองระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ…….. 61
4.14 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเทียบกับมาตรฐาน กรณีศึกษาการไหลของอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ……..…… 62
4.15 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเทียบกับมาตรฐาน กรณีศึกษาการไหลของอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด……..……...……. 62
4.16 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศ ชั้นที่ 1……..……..……. 63
4.17 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศ ชั้นที่ 2……..……..……. 63
4.18 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศตามแนวทางการปรับปรุงเทียบกับมาตรฐานการแลกเปลี่ยนอากาศ……...……..……. 64

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

บ้านเป็นสถานที่พักอาศัย เพื่อผ่อนคลาย และใช้ทำกิจกรรมร่วมกันกับครอบครัวเมื่อว่างจากการทำงาน โดยประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีภูมิอากาศที่อุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี บ้านในอดีต จึงถูกออกแบบให้มีลักษณะเข้ากับธรรมชาติเพื่อความเหมาะสมกับสภาพอากาศ โดยนิยมสร้างช่องระบายอากาศใต้หลังคาเพื่อลดการสะสมความร้อน รูปทรงบ้านไม่ซับซ้อน มีพื้นที่เปิด ยกใต้ถุนสูงเพื่อถ่ายเทอากาศ รวมทั้งมีการสร้างเฉลียง หรือชานบ้านเพื่อให้ร่มเงาและป้องกันแสงแดด การเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบให้อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เกิดสถานการณ์ฝุ่นพิษที่วิกฤติ และสูงเกินค่ามาตรฐานอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นข้อจำกัดในการออกแบบที่พักอาศัย ทั้งด้านพื้นที่ และผลกระทบจากคุณภาพอากาศภายนอก บ้านพักอาศัยในปัจจุบันจึงมีลักษณะปิดมากขึ้น เพื่อลดการนำความร้อนและมลภาวะเข้าสู่ภายในตัวบ้าน ทำให้การระบายอากาศภายในตัวบ้านมีอย่างจำกัด ไม่เพียงพอต่อการหมุนเวียนแลกเปลี่ยนปริมาณอากาศเข้ามาใช้ภายในบ้านและไม่สามารถก่อให้เกิดความรู้สึกสบายภายในบ้านได้

เครื่องปรับอากาศ ถูกเลือกใช้เป็นระบบปรับอากาศทางกล ที่ช่วยสร้างภาวะน่าสบายในช่วงเวลาพักอาศัย แต่การใช้เครื่องปรับอากาศนั้น ทำภายใต้สภาวะห้องที่เป็นระบบปิด อากาศภายในถูกหมุนเวียนมาใช้อย่างต่อเนื่อง เกิดการสะสมความชื้น ฝุ่นละออง เชื้อโรค หรือสิ่งสกปรกต่างๆ ที่เกิดจากเฟอร์นิเจอร์ วัสดุตกแต่ง ที่มีความหลากหลาย ทำให้คุณภาพอากาศภายในบ้านต่ำและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย เป็นบ่อเกิดการติดเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น ภูมิแพ้ ปวดศีรษะ ไข้หวัด ไอ จาม หรือระคายเคืองผิวหนัง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้กับผู้พักอาศัย และเพิ่มปริมาณ CO สู่ชั้นบรรยากาศจากการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นปัจจัยการเกิดภาวะโลกร้อนมากขึ้นด้วย

ระบบระบายอากาศ เป็นส่วนสำคัญในการช่วยสร้างคุณภาพอากาศภายในที่ดี การออกแบบการระบายอากาศทางธรรมชาติที่เหมาะสม ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศภายในที่มีอุณหภูมิสูงออกสู่ภายนอก สามารถสร้างความรู้สึกสบาย ด้วยความรู้สึกเย็นจากความเร็วลมที่สัมผัสผู้อยู่อาศัย ดังนั้นการออกแบบ หรือปรับปรุงประสิทธิภาพการระบายอากาศ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่ควร

คำนึงถึง เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้พักอาศัย ลดการใช้พลังงาน จากการใช้เครื่องปรับอากาศทางกล และลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพต่อผู้พักอาศัย และยังส่งผลถึงการลดความต้องการ การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ และการสร้างมลภาวะทางอากาศต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกอีกด้วย ปัจจุบันโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ ถูกพัฒนาเพื่อสามารถใช้ในการจำลองประสิทธิภาพการระบายอากาศ อย่างหลากหลาย เช่น Computer Fluid Dynamics (CFD), CONTAM, BREEZE, COMIS, AIRNET, ESP-r,Tas-Flows, AIOLOS ฯลฯ

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาประสิทธิภาพการไหลอากาศของบ้านประหยัดพลังงาน โดยเลือกใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ภายในที่พักอาศัย เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการระบายอากาศผ่านรูปแบบช่องเปิดระบายอากาศ และสภาวะที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการออกแบบ หรือปรับปรุงประสิทธิภาพระบบระบายอากาศภายในของบ้านพักอาศัย ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับหรือมีประสิทธิภาพสูงสุดได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษารูปแบบการระบายอากาศ ผ่านช่องเปิดระบายอากาศของแบบบ้านประหยัดพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
2. ศึกษาการใช้งานโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศของบ้านพักอาศัย
3. ศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปร และความเปลี่ยนแปลง ของอัตราการไหลของอากาศที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพระบบระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัย เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ยอมรับได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาระบบระบายอากาศ ของแบบบ้านตัวอย่างขนาดกลาง พื้นที่ใช้สอย 130 ตารางเมตร
2. จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ผ่านโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ
3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัย ที่ยอมรับได้อ้างอิงมาตรฐานกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 และ 39

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการจำลองระบบระบายอากาศ ของแบบบ้านกรณีศึกษา

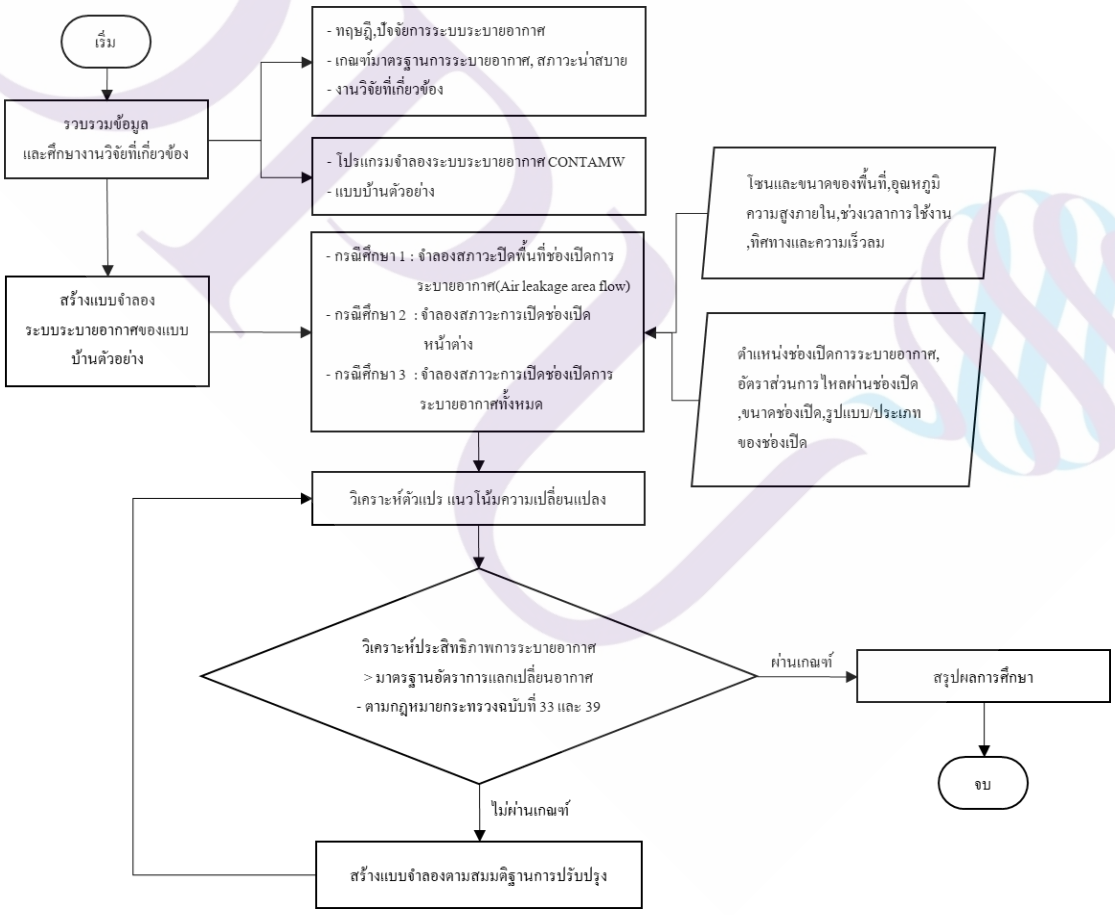
2. สามารถใช้โปรแกรมในการจำลองระบบระบายอากาศ และพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบระบบระบายอากาศต่างๆได้

3. สามารถวิเคราะห์ตัวแปร และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ที่เป็นปัจจัยต่อประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ

4. เป็นแนวทางเลือกการตัดสินใจสำหรับการออกแบบ หรือปรับปรุงรูปแบบระบบระบายอากาศได้

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ดำเนินโครงการโดยการรวบรวมข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแบบจำลองระบบการไหลของอากาศของแบบบ้านตัวอย่าง วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง และสรุปผลการศึกษาอ้างอิง แผนการดำเนินโครงการ ตามภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการจำลองระบบระบายอากาศและการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในบ้านพักอาศัย เชื่อมโยงแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เชื่อมโยงในหลายประเด็น โดยสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในและระบบระบายอากาศ

2.2 โปรแกรมสำหรับจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศ CONTAMW

2.3 ผลการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในและระบบระบายอากาศ

2.1.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร(Indoor Air Quality)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นสิ่งบ่งบอกว่าอากาศมีคุณภาพเป็นอย่างไร ในบริเวณหนึ่งๆ โดยองค์ประกอบของการประเมินและการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบไปด้วย อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมของการระบายอากาศ และปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ส่งผลต่อการรับรู้และความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารของพื้นที่

คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี จะต้องไม่มีสิ่งเจือปนหรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ มาส่งผลอันตรายต่อสุขภาพของผู้พักอาศัย

2.1.1.1 ภาวะมลพิษทางอากาศภายในอาคาร หมายถึง ภาวะที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณและระยะเวลาที่นานพอที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นๆ โดยมลพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ ประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่คือ ส่วนที่เป็นอนุภาคของฝุ่นละออง(Particulates) จุลชีวะขนาดเล็ก(Bioaerosols) และกลุ่มของสารพิษในอาคาร(VOC)

- ฝุ่นละออง คืออนุภาคแข็งขนาดเล็ก ที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน เช่น ฝุ่นดิน ผม ขนสัตว์ ผ้า พรม ควัน โดยควันจะมีอนุภาคเล็กที่เป็นไปได้ทั้งของเหลวและของแข็งที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ ที่มีขนาดเล็กมากกว่า 1 ไมครอน มีขนาดระหว่าง 0.1 – 0.3 ไมครอน เช่น ควันจากการเผาไหม้ ควันบุหรี่

- จุลชีวะทางอากาศ คือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่นไรฝุ่น เชื้อโรคชนิดต่างๆ รา มีขนาดระหว่าง 10 -30 ไมครอน แบคทีเรียมีขนาดระหว่าง 0.4 ถึง 5 ไมครอน โดยทั่วไปมักเกาะตัวอยู่กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าในอากาศ

- กลุ่มสารพิษในอาคาร(VOCs) คือ สารระเหยอินทรีย์ ฟอร์มัลดีไฮน์ พวกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Redon ไอระเหยของสารเคมต่างๆที่เป็นอันตรายหรือที่ร่างกายไม่ต้องการและยังมีสารอื่น อีกมาก ที่มีขนาดเล็ก ล่องลอยอยู่ในอากาศ

โดยแหล่งที่มาของสารมลพิษ และผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ มีดังนี้

2.1.1.1.1 องค์ประกอบภายในอาคาร เนื่องจากมลภาวะภายในอาคารที่เกิดขึ้นนั้นบางแหล่ง ผู้ใช้อาคารอาจไม่คาดคิดว่าเป็นแหล่งมลภาวะได้ ซึ่งการที่จะทำให้สารเคมีเหล่านี้นั้นสลายตัวได้ ต้องใช้ระยะเวลาและการระบายอากาศอย่างเพียงพอ แหล่งกำเนิดมลภาวะดังกล่าวสามารถแบ่งออก ได้เป็น 2 ประเภทคือ องค์ประกอบที่เกิดขึ้นจากสารเคมีจากวัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคารอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ซึ่งมีกลิ่นฉุน มักพบจากไม้อัดและผลิตภัณฑ์ไม้อัด สารที่ใช้ทากาวยึดสิ่งต่างๆ เช่น กาวยึดเศษไม้ของแผ่นไม้อัด กาวที่ใช้ติดกระดาษอ่อน กระดาษแข็ง กาวยึดพรมหรือวัสดุปูพื้นต่าง ๆ โฟม ฉนวนกันความร้อน ผลิตภัณฑ์กระดาษ แผ่นไวนิลปิดผนัง ไฟเบอร์กลาส ผ้าม่าน เฟอร์นิเจอร์ในสำนักงาน น้ำยากันซึม สารกันไฟลาม เสื่อ ดังนั้น อาคารที่เพิ่งสร้าง เสร็จหรือตกแต่งภายในใหม่ จึงมีไอของสารชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ในอากาศในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งหากมีความเข้มข้นที่สูงกว่า 15 ppm (Part per Million) จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อด้วงตาและเนื้อเยื่อทางเดินหายใจส่วนบน ภูมิแพ้ หอบหืด มะเร็งในลำคอ แต่ถ้าเข้าสู่ร่างกายในปริมาณเล็กน้อย จะไม่เป็นอันตรายต่อคน เนื่องจากร่างกายสามารถขจัดออกจากโลหิตได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีช่วง Half Life 1-2 นาทีเท่านั้น

ก๊าซโอโซน (Ozone และสารระเหยอินทรีย์สาร (Volatile Organic Compounds:VOCs) เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด High Voltage เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องฟอกอากาศ ซึ่งในการทำงานจะเกิด Corona Effect ทำให้ได้ยินเสียงการอาร์คเป็นครั้งคราวก่อให้เกิดความรำคาญ และอาจได้กลิ่นคาวของแก๊สชนิดนี้ด้วย เครื่องทำความสะอาดที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิตย์ โอโซน ทำห้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุจมูก ตา คอ และปอด รวมถึงระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้

ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เกิดจากเครื่องถ่ายเอกสาร กระดาษอัด สำเนา เป็นต้น น้ามันก๊าด แก๊สและสารเคมีอื่น ๆ อีกหลายชนิด จากผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง ทั้งชนิดฉีดพ่นและชนิดเหลว สารเคมีประเภทไพรีทรอยด์จากยาจุดกันยุงเป็นเหตุให้เกิดอาการแพ้ ผิวหนังอักเสบ เยื่อจมูก

อักเสบ จาม น้ำมูกไหล หายใจติดขัด เป็นต้น โลหะหนักประเภทตะกั่ว ปรอท โครเมียม แคดเมียม สารหนูและตัวทำละลายที่เป็นสารระเหยจากสีทาอาคาร อาจส่งผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา หากได้รับในปริมาณมากอาจทาให้เสียชีวิตได้

ก๊าซเรดอน (Radon) เข้าสู่อาคารผ่านทางพื้นชั้นล่าง หรือฐานราก เกิดจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในดิน หิน แกรนิต อิฐ คอนกรีต ยิปซั่มบอร์ด เช่น Uranium และ Thorium มีลักษณะเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับวัตถุอื่น แต่จะลอยขึ้นมาจากดินหรือปนกับน้ำที่ซึมเข้าสู่ตัวอาคารแล้วฟุ้งกระจายไปในอากาศในระดับต่ำ ไม่เกิน 2 ชั้นจากฐานรากของตัวอาคาร

Trichloroethylene (TCE) เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรมโดยสารชนิดนี้เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์หลายประเภทที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น หมึกสำหรับเครื่องพิมพ์เลเซอร์ สี แลคเกอร์ วัสดุเคลือบเงาและสารเกาะยึดต่าง ๆ การได้รับสารประเภทนี้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

เบนซิน (Benzene) เป็นสารทำละลายที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหมึก น้ำมันสี พลาสติก ยาง ผงซักฟอก สารย้อมสี เป็นต้น สารกัมมันตภาพรังสีจากเครื่องตรวจสอบควันไฟ และหลอดฟลูออเรสเซนต์

แร่ไยหิน (Fiber) หรือใยแก้ว (Asbestos) จากผลิตภัณฑ์ประเภทฉนวน ป้องกันความร้อนและกันไฟ วัสดุบางอย่าง เช่น กระเบื้องยาง เนื่องจากพวกใยหิน ใยแก้วนั้น เมื่อยังอยู่ในสภาพใหม่และดี มักไม่เป็นอันตรายต่อคน แต่หากผิวหน้าที่มีวัสดุอื่นปกคลุม เช่น แผ่น Aluminum Foil ฉีกขาดจนเส้นใยภายในหลุดลุ่ยออกมาแล้ว จะทำให้เกิดความระคายเคืองแก่ตา จมูก คอ และผิวหนัง

ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสารซักฟอกและกรดเข้มข้น หากสูดดมควันสีขาวที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการสำลัก ไอ เคืองตา และอาจทำให้เกิดเป็นแผลเปื่อยในระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น อาคารที่มีการทำความสะอาดในเวลาเย็น หรือวันหยุด ขณะที่ปิดระบบระบายอากาศ หรือไม่มีหน้าต่างที่สามารถเปิดออกสู่ภายนอกได้ จะมีสารเหล่านี้หลงเหลือปะปนอยู่ภายในอาคารในปริมาณสูง และทำความระคายเคืองแก่ผู้ใช้งานเมื่อเข้ามาใช้งานในวันถัดไป หรืออาจมาจากสารเคมีชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในระหว่างการก่อสร้าง เช่น น้ำยากันซึม น้ำยากัน ปลวก เป็นต้น

2.1.1.1.2 องค์ประกอบที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร

การออกกำลังกาย จะมีการปล่อยสารเคมีบางชนิดออกมาโดยผ่าน กระบวนการเผาผลาญของร่างกาย การหายใจของคนก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide: CO_2) ก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส น้ำหนักเบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย เป็นดัชนีวัดบ่งบอกถึงคุณภาพ

อากาศภายในอาคารว่า อาคารนั้นมีการระบายอากาศที่เพียงพอหรือไม่ ถ้าความเข้มข้นของก๊าซเพิ่มสูงกว่าปกติ แสดงว่าการระบายอากาศออกสู่ภายนอกและการนำอากาศจาก ภายนอกเข้ามาในอาคารไม่เพียงพอ ซึ่งเหตุนี้จะทำให้ความเข้มข้นของสารอื่น ๆ ในอากาศเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 1000 ppm (Parts per Million) ผู้ที่อยู่ในอาคารมักมีอาการที่เกี่ยวเนื่องกับสารปนเปื้อนในอากาศ ก๊าซ CO_2 ถูกจัดเป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อมนุษย์ สามารถทำให้มนุษย์หมดสติได้ หากผู้ใช้อาคารหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมากกว่า 1,500 ppm จะเกิดอาการปวดหัวรุนแรง อ่อนเพลีย และไม่มีสมาธิ เป็นต้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้อาคาร โดยเมื่อหายใจเข้าไป CO_2 จะสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบิล(Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิล (COHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ สำหรับอาการตอบสนองของมนุษย์ขึ้นอยู่กับปริมาณเปอร์เซนต์ของคาร์บอกซีฮีโมโกลบิลและความไวในการรับของแต่ละบุคคล (Individual Susceptibility) เป็นสำคัญ ทั้งนี้ความต้องการอากาศสำหรับการหายใจของมนุษย์ในด้านปริมาณในแต่ละบุคคลนั้นมีความต้องการไม่เท่ากัน เนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น อายุ เพศ น้ำหนักตัว หรือ ชนิดของกิจกรรมที่มนุษย์กำลังกระทำอยู่ โดยปกติในบรรยากาศจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 0.03% ของบรรยากาศ คอยทำหน้าที่ดูดซับพลังงาน จากดวงอาทิตย์และทำให้เกิดความรู้สึกอบอุ่น

ผลผลิตจากการเผาไหม้ (Combustion Products) เช่น กระบวนการปรุงอาหาร การจุดธูปเทียน การสูบบุหรี่ เนื่องจากควันบุหรี่จะให้ทั้งกลิ่น ไอระเหยและอนุภาคเล็ก ๆ ที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมี CO และ NO_2 ปนออกมาด้วย อนุภาคเล็ก ๆ สามารถขจัดออกได้โดยใช้แผ่นกรองเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนกลิ่นนั้นค่อนข้างอยู่ถาวร แต่ทำให้เจือจางได้ โดยการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาณ 15-30 cfm/Person หรือ โดยการใช้ Activated Charcoal Filter ประสาทขั้นรู้กลิ่นของมนุษย์สามารถปรับตัวได้ค่อนข้างเร็วมาก เช่น เมื่อเข้าไปในห้องที่มีการสูบบุหรี่ เราจะได้กลิ่นทันที แต่หลังจากนั้นอีกประมาณ 6 นาที เราจะเริ่มชินกับกลิ่นนั้น และรู้สึกว่าระดับความแรงของกลิ่นลดลง 2-3 เท่า นอกจากอาการระคายเคืองดังกล่าวแล้วยังสามารถก่อให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเป็นโรคหัวใจ โรคมะเร็งปอด ได้อีกด้วย

การที่ผู้ใช้อาคารเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ เช่น สุนัข แมว หนู แล้วไม่เก็บกวาดสิ่ง สกปรก หรือทำความสะอาดพื้นที่นั้นๆอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อรา แบคทีเรีย แมลงสาบ ก่อให้เกิดชีวสาร (Biological Agents) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคภูมิแพ้และโรคติดเชื้อ ในระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

กลิ่นอันเนื่องมาจากตัวคน จากเครื่องสำอาง โดยการลดความเข้มข้นของ กลิ่น อาจใช้วิธีการนำอากาศภายนอกที่บริสุทธิ์เข้ามาระบาย โดยที่ความรุนแรงของกลิ่นมักขึ้นอยู่กับ จำนวนคน อัตราการระบายอากาศ จึงมักกำหนดเป็น cfm/Person ซึ่งหากเราต้องการควบคุมกลิ่นจากตัวคนเพียงคนเดียว จะต้องใช้อากาศบริสุทธิ์ประมาณ 6-9 cfm/ Person

2.1.1.1.3 องค์ประกอบที่มาจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น อาคารตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สถานที่ตั้งอาคาร ที่ตั้งอาคาร อยู่ใกล้กับทางหลวง และถนนที่มีการจราจรคับคั่ง ซึ่งเป็นแหล่งของอนุภาคของแข็ง ที่ลอยอยู่ในอากศ และสารมลพิษอื่นๆ ในอาคารใกล้เคียง ที่ดินที่เคยใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม หรือที่ดินที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง อาจทำให้เกิดการชะของน้ำ หรือสารมลพิษ เข้าสู่อาคารได้

รูปแบบอาคาร เช่น ข้อผิดพลาด จากการออกแบบและก่อสร้าง รากฐานที่ไม่ดี หลังคา โครงสร้างอาคาร ประตู หน้าต่าง อาจเป็นทางเปิดนำสารมลพิษและความชื้นเข้าสู่อาคาร หรือตำแหน่งของท่อนำอากาศเข้าสู่อาคารอยู่ในตำแหน่งที่สารมลพิษถูกดึงกลับเข้าสู่อาคาร เป็นต้น

การออกแบบระบบอาคาร และการบำรุงรักษา เมื่อการำงานของระบบความร้อน เย็น และระบบระบายอากาศ (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC) ไม่เหมาะสม ความดันของอากาศในอาคารจะมีสภาพเป็นลบ ทำให้สารพิษจากภายนอกแทรกซึมผ่านเข้ามา เช่น อนุภาคแขวนลอยในอากาศ ควันจากท่อไอเสีย อากาศชื้น สารมลพิษจากอาคารจอดรถ เป็นต้น และเมื่อมีการปรับปรุงหรือออกแบบอาคารใหม่ ระบบ HVAC ไม่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ

คุณภาพของอากาศภายในอาคาร เกี่ยวข้องกับอาการต่างๆ เช่น ปวดศีรษะ วิงเวียน ผื่นคัน ปวดกล้ามเนื้อ อ่อนล้า อิดโรย ขาดสมาธิในการทำงาน ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้ จะเกิดขึ้นขณะอยู่ในอาคารและหายไปในไม่ช้า เมื่อออกจากอาคาร หรือเมื่ออยู่ห่างจากอาคารระยะเวลาหนึ่น รวมทั้งการป่วยด้วย โรคที่มีความเชื่อมโยงกับสารมลพิษในอากาศ หรือสภาพแวะล้อมภายในอาคาร ได้แก่ โรคหอบหืด โรคปอดอักเสบภูมิไวเกิน (hypersensitivity pneumonitis) ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพนั้น อาจทำให้เกิดความเจ็บป่วยในทันที ที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศภายในอาคาร หรืออาจส่งผลในเวลาหลายปีต่อมา ซึ่งผลกระทบในระยะยาวอันเนื่องมาจากมิลพิษภายในอาคาร ได้แก่ โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง ซึ่งทำให้ร่างกายทรุดโทรม หรือถึงแก่ชีวิตได้

อาการของโรคที่เกิดจากคุณภาพอากาศภายในอาคาร ไม่ดีนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด ได้แก่ ชนิดของสารมลพิษที่ได้รับสัมผัส ความเข้มข้นที่ได้รับ ความถี่ และช่วงเวลาของการสัมผัส ซึ่งบ่งบอกความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพ อายุและโรคประจำตัว เช่น หอบหืด ภูมิแพ้

อาจมีผลต่อความรุนแรงของผลกระทบด้วย นอกจากนี้ ความชื้นยังมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ ความชื้นที่เหมาะสม ทำให้เชื้อรา และแบคทีเรียในอาคาร เจริญได้ดี และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ กระทบต่อสุขภาพเช่น อาการหอบหืด หายใจลำบาก หายใจขัด คัดจมูก แน่นจมูก ไอ จาม และไซนัสอักเสบ เป็นต้น โดยค่ามาตรฐานของสารมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ สามารถอ้างอิงได้ตามนี้

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานของสารมลพิษ และผลกระทบต่อสุขภาพ

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน	ผลกระทบต่อสุขภาพ
Radon	< 150 bg/m3	เพิ่มความเสี่ยงโรคมะเร็งปอด
PM 2.5	< 50 ug/m3	เพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ ระบบทางเดินหายใจ
PM 10	< 120 ug/m3	ปอดทำงานได้น้อยลง ก่อภูมิแพ้ หอบหืด
O_3	< 100 ug/m3	เจ็บคอ ปวดตา ปอดอักเสบ เนื้อปอดถูกทำลาย
TVOCs	< 60 ug/m3	ระคายเคืองทางเดินหายใจ เพิ่มโอกาสก่อมะเร็ง
CO_2	< 1,000 ppm	มีผลต่อการตัดสินใจ ปวดหัว วิงเวียน อาเจียน
CO	< 9 ppm	ปวดหัว เจ็บบริเวณอก หายใจถี่ ถึงขั้นเสียชีวิตได้
NO2	< 0.1 ppm	ระคายเคืองบริเวณดวงตา ปัญหาระบบทางเดินหายใจ
HCHO	< 0.1 ppm	ไอ เจ็บคอ หายใจติดขัด ตาแดง ท้องร่วง เยื่อบุตาอักเสบ

อ้างอิงข้อมูลจาก กรมอนามัยและสิ่งแวดล้อม

2.1.2 คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร(Outdoor Air Quality)

อาคารจำเป็นจะต้องมีการไหลเวียนอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมในอากาศภายนอกได้ เช่น ไอเสียรถยนต์ ละอองเกสรดอกไม้ ฝุ่น สปอร์เชื้อรา หรือสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดแมลง ความเสี่ยงด้านคุณภาพอากาศจึงมีผลกระทบจากแหล่งที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของอาคารโดยรอบ หากอาคารตั้งอยู่ในพื้นที่การจราจรหนาแน่น โรงงานอุตสาหกรรม มีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสารปนเปื้อน หรือมลพิษต่างๆภายนอกเข้าสู่อาคารได้มากกว่า

2.1.3 ระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศ คือ การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก เข้ามาเติม ในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัย ในปริมาณที่พอเพียง และมีการระบายอากาศเสีย (Exhaust) ออกไปทิ้ง เพื่อรักษาคุณภาพของ

อากาศภายในอาคาร (IAQ) ไว้ในระดับที่ยอมรับได้ เมื่อมีผู้ใช้อาคารการระบายอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ต้องทำ เพื่อกำจัดกลิ่น รวมถึงการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และสารพิษที่มากับอากาศ เช่นฝุ่น ควันพิษ และสารอินทรีย์ไอระเหย โดยการระบายอากาศจะทำให้อากาศหมุนเวียน อาจมีการใช้อุปกรณ์ทำความเย็น หรือดูดความชื้นเข้ามาร่วมด้วย เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการระบายอากาศ ที่สร้างคุณภาพอากาศที่ดี เหมาะสมต่อการหายใจ เจือจางมลภาวะในอากาศในอาคาร ขจัดมลภาวะในอากาศออกจากอาคาร และก่อให้เกิดความรู้สึกสบายแก่ผู้ใช้อาคาร การระบายอากาศในอาคารประกอบด้วย 3 องค์ประกอบพื้นฐาน ดังนี้

(1) อัตราการระบายอากาศ (Ventilation rate) คือ ปริมาณอากาศภายนอก ที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ และเป็นอากาศที่มีคุณภาพ

(2) ทิศทางการไหลของอากาศ (Airflow direction) คือ การคำนึงถึงทิศทางการไหลของอากาศโดยรวมภายในอาคาร โดยอากาศควรไหลจากพื้นที่ ที่สะอาด ไปยังพื้นที่ ที่สกปรก

(3) การกระจายตัวของอากาศ (Air distribution) คือ อากาศภายนอก ควรเข้าถึงทุกพื้นที่และระบายเอามลพิษในอากาศออกไป อย่างมีประสิทธิภาพ

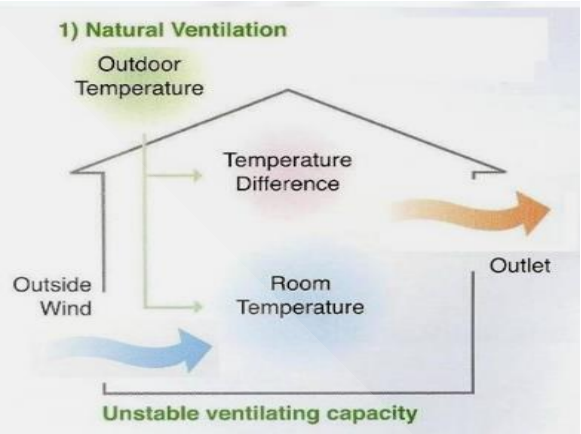
ประเภทของการระบายอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ การระบายอากาศแบบทั่วไป และการระบายอากาศเฉพาะที่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.3.1 การระบายอากาศแบบทั่วไป(General Exhuast Ventilation)

เป็นการระบายอากาศ เพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation) ควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนด การระบายอากาศประเภทนี้แบ่งได้เป็น อีก 2 ชนิด

2.1.3.1.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation)

เป็นวิธีที่อาศัยหลักการเคลื่อนไหวของอากาศแบบธรรมชาติ อาศัยความดันที่แตกต่างในแต่ละพื้นที่ ทิศทางการไหลของอากาศ แรงยกตัวของอากาศ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน เพื่อเคลื่อนย้ายถ่ายเทอากาศเข้าและออกจากบริเวณทั่วๆไปในอาคาร เช่นในห้อง ให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้ใช้อาคาร



ภาพที่ 2.1 ลักษณะระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ

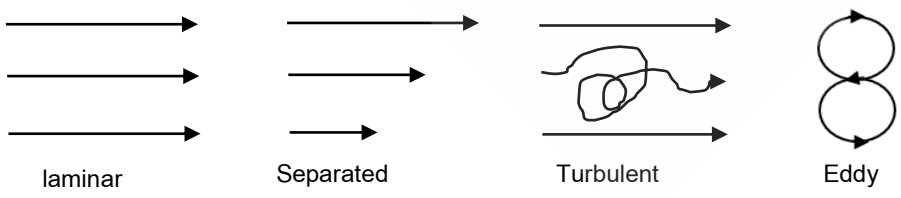
การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ สามาถเกิดขึ้นได้จากความกดอากาศที่เกิดจากแรงลมภายนอกกระทำกับอาคาร แบ่งตามลักษณะการไหลได้ดังนี้

(1) การไหลแบบตรงๆ กระแสสม่ำเสมอ (Laminar Flow) เป็นการเคลื่อนที่ของอากาศแบบอิสระ ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และไม่ผ่านสิ่งกีดขวาง

(2) การไหลแบบตรงๆ แต่ไม่สม่ำเสมอ (Separated) เกิดเมื่อลมมีการเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง เกิดแรงเสียงทานที่ผิววัตถุ ทำให้เปลี่ยนกระแสการไหล

(3) การไหลแบบกระแสอลวน (Turbulant) เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของความเร็วลมในแต่ละระดับความสูงที่เคลื่อนที่นั้น ไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อลมที่มีการเกิดแรงเสียดทานกับวัตถุ จะมีการเกิดแรงเสียดทานที่มากจนถึงขีดหนึ่ง การไหลของลมจะเป็นลักษณะกระแสอลวน

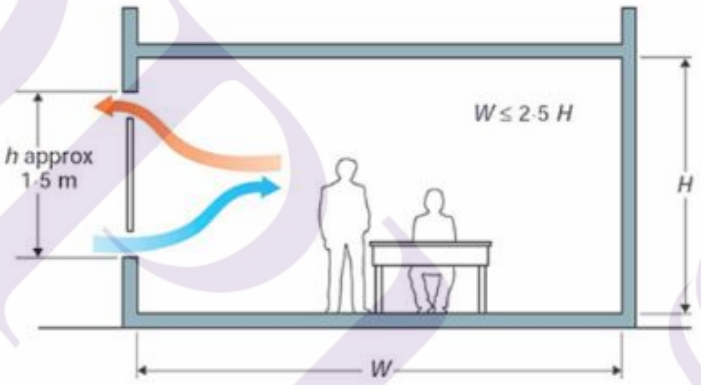
(4) การไหลแบบกระแสวน (Eddy Current) ลักษณะการไหลกระแสอลวน เมื่อมีการกระทบกับลักษณะของวัตถุที่กีดขวาง และความเร็วลมที่พัดขณะนั้น บ่อยครั้งอาจทำให้ลมเกิดการไหลแบบหมุน ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของวัตถุ รวมทั้งทิศทางการไหล



ภาพที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมและของไหล

พื้นฐานการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร เกิดตามแรงลมตามธรรมชาติ ผ่านรูปแบบของช่องเปิด ซึ่งมักมีการออกแบบดังนี้

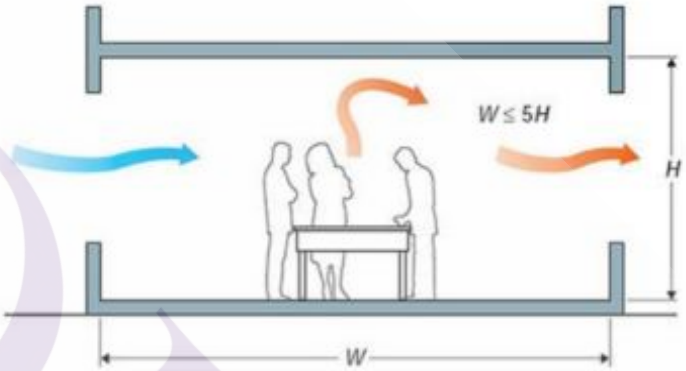
- การระบายอากาศด้านเดียว (Single-Side Ventilation) เป็นการถ่ายเทอากาศ จากช่องเปิดด้านเดียวกัน หรือช่องเปิดหลายช่องที่เปิดในผนังเดียวกัน ซึ่งการไหลของอากาศจะไม่ถูกความดันลมช่วยในการไหล หรืออาจมีส่วนช่วยน้อยมาก เพราะความดันอากาศภายนอกและภายในจะมีค่าใกล้เคียงกัน และเกิดความดันอากาศสูงทั้งสองด้าน แต่ใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในพื้นที่เป็นส่วนใหญ่ โดยอากาศที่มีความร้อนสูง จะลอยสูงขึ้นและไหลออกทางช่องด้านบนของช่องเปิด และอากาศเย็นจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่ไหลออกไป โดยความกว้างของพื้นที่ ที่ใช้งานที่มีระบบระบายอากาศแบบทางเดียว ต้องกว้างไม่เกิน 2.5 เท่าของความสูงของพื้นที่ และไม่เกิน 2 เท่าของความสูงพื้นที่หากเป็นการระบายอากาศทางเดียว ที่ใช้หลักความแตกต่างของความดันอากาศในการระบายอากาศ



ภาพที่ 2.3 รูปแบบการไหลเวียนของกระแสลม แบบการระบายอากาศด้านเดียว จาก Automatic Natural ventilation. Andrew Dyke. 2014

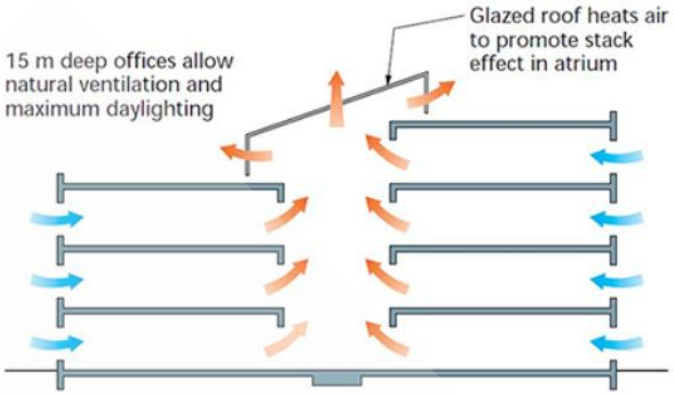
- การระบายอากาศโดยให้ลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) การถ่ายเทของอากาศจะไหลเข้าด้านหนึ่ง และออกผ่านผนังอีกด้านหนึ่ง โดยรูปแบบช่องเปิดของอาคาร ส่งผลต่อความแตกต่างของความดันอากาศ จากลักษณะตำแหน่งและขนาดของช่องเปิด ซึ่งในส่วนของช่องเปิดที่ทำให้ลมระบายเข้า จะมีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศ และขนาดของช่องเปิดที่ทำให้ลมระบายออก จะมีผลต่อความเร็วลมภายใน นอกจากนี้ ตำแหน่งของช่องเปิด มีผลต่อการเบี่ยงเบนทิศทางลม เพื่อช่วยในการระบายอากาศให้แก่อาคาร อาจจะมีการออกแบบให้อยู่ตั้งฉากกัน หรือแนวเดียวกัน

ความแตกต่างของอุณหภูมิ เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เนื่องจากอากาศที่มีความร้อนสูง จะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศเย็น ทำให้อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น และอากาศที่เย็นกว่าจะเกิดการไหลเข้ามาแทนที่ เป็นกระแสลม แลกเปลี่ยนเป็นการระบายอากาศในอาคารได้ แต่ข้อจำกัดของการไหลอากาศ คือ ลักษณะของแปลนและความซับซ้อนซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความร้อน และมลพิษที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยความกว้างของพื้นที่ต้องไม่เกิน 5 เท่าของความสูงภายในพื้นที่นั้น



ภาพที่ 2.4 การระบายอากาศโดยให้ลมพัดผ่าน (Cross ventilation) จาก Automatic Natural ventilation. Andrew Dyke. 2014

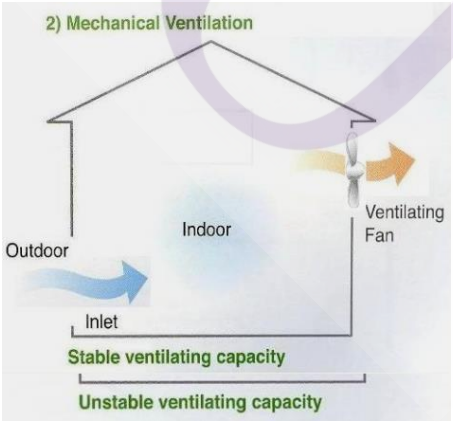
- การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (Stack Ventilation) การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน เป็นการระบายอากาศที่อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ (Buoyancy effect) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อลมภายนอก มีความเร็วต่ำ และบริเวณช่องอากาศออกจะมีความร้อนสูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น และอากาศเย็นกว่าจะเข้าไปแทนที่ทำให้เกิดการไหลของอากาศภายในอาคาร แต่การไหลของอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ไหลผ่านจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้หลักการความแตกต่างของอุณหภูมิ



ภาพที่ 2.5 การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (Stack ventilation) จาก Automatic Natural ventilation. Andrew Dyke. 2014

2.1.3.1.2 การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation)

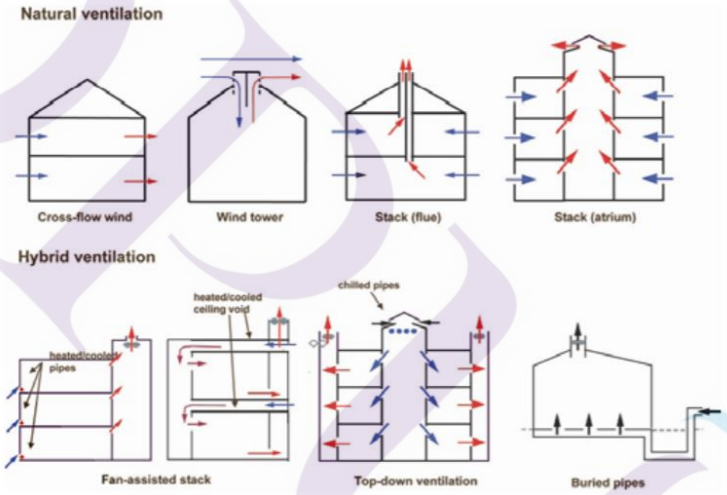
เป็นการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลม มาติดตั้งบนผนัง หรือบริเวณหน้าต่าง หรือการระบายอากาศผ่านทางระบบท่อ เพื่อให้อากาศมีการไหลเวียนภายในพื้นที่ ช่วยให้อากาศเกิดการเคลื่อนไหวหมุนเวียน รูปแบบของระบบกล ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ โดยสามารถติดตั้งระบบกรองอากาศเพื่อดักจับเศษฝุ่นละออง ที่ลอยอยู่ในอากาศ หรือติดตั้งตัวดักจับความชื้นในอากาศหากในพื้นที่มีความชื้นสูง โดยระบบระบายอากาศสามารถควบคุมทิศทางการไหลของอากาศได้ดีกว่าการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และยังสามารถควบคุมความกดอากาศภายในห้องให้เหมาะสมกับการใช้งานได้



ภาพที่ 2.6 ลักษณะการระบายอากาศโดยวิธีกล

2.1.3.1.3 การระบายอากาศแบบผสม (Hybrid Ventilation)

ด้วยข้อจำกัดของการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก เช่น ลมภายนอก ที่เบาเกินไป หรืออุณหภูมิภายนอกที่สูงเกินไป จึงทำให้ความเร็วในการใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติลดลง การใช้การระบายอากาศแบบผสม คือระหว่างธรรมชาติและระบบกล จึงเป็นวิธีอย่างง่าย ในการจัดการระบายอากาศ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานให้เหมาะสมกับหลากสภาพอากาศ โดยรูปแบบหลักในการชั้ระบบระบายอากาศ แบบผสมมี 3 รูปแบบ คือ การปรับสลับใช้ระหว่าง การระบายอากาศธรรมชาติ และระบบกล การระบายอากาศแบบผสม สามารถปรับใช้ได้กับอาคารที่มีทางเดินเดียว (Single corridor) อาคารที่มีทางเดินกลาง (Central corridor) อาคารที่มีโถงสูง (Atrium) และช่องระบายอากาศด้วยความร้อน (Chimney) ซึ่งสามารถนำระบบกลเข้าไปปรับใช้เพื่อช่วยในการระบายอากาศเพิ่มขึ้น และยังสามารถออกแบบ และควบคุมทิศทางได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.7 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการระบายอากาศธรรมชาติและการระบายอากาศแบบผสม จาก Automatic Natural ventilation for infection control in health-care setting โดย Martin Liddament 2010. World health organization.

2.1.3.2 การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust)

เป็นการระบายอากาศโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิด หรือในกระบวนการผลิต ก่อนที่สารจะฟุ้งกระจาย หรือระเหย ขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน เป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่แหล่งกำเนิดโดยตรง อาศัยหลักการดูดระบาย

มลพิษพร้อมทั้ง อากาศที่ถูกปนเปื้อนกับอากาศส่วนใหญ่ของห้องด้วย จึงเป็นระบบระบายอากาศที่มีมาตรการควบคุมสารปนเปื้อนที่มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน เนื่องจากมีอัตราการไหลออกสู่ภายนอกต่ำ จึงใช้พลังงานในการเคลื่อนที่อากาศต่ำ ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ประกอบด้วย ประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ คือ

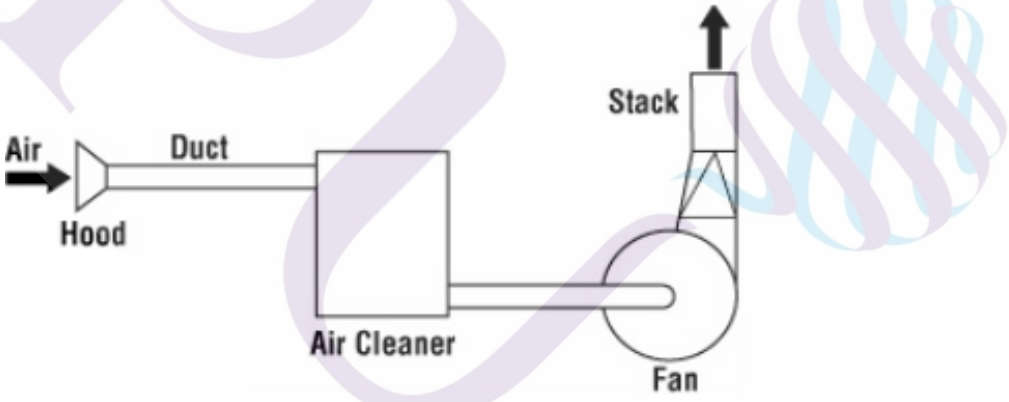
(1) ทางเข้าของอากาศหรือฮู้ดดูดรับอากาศ (Hoods หรือ Inlet) เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่รวบรวมมลพิษทางอากาศ ให้เข้าสู่ระบบระบายอากาศ การเลือกใช้หรือการออกแบบ การสร้างต้องคำนึงถึงชนิดที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพมากที่สุด

(2) ท่อนำอากาศ (Duct) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่นำอากาศ ส่งต่ออากาศที่รวบรวมโดยฮู้ดผ่านต่อไปในระบบ เพื่อเข้าสู่ระบบขจัดอากาศ หรือปล่อยออกสู่ภายนอก

(3) พัดลมดูดอากาศ (Exhaust Fan หรือ Blower) ทำหน้าที่ในการดูดอากาศ เป่าอากาศหรือขับเคลื่อนอากาศในระบบระบายอากาศ

(4) เครื่องอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ (Air cleaning Equipments) ทำหน้าที่ในการขจัดมลพิษทางอากาศ ที่รวบรวมมาได้ให้อยู่ในมาตรฐานที่ควบคุม ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก ระบบระบายอากาศบางชนิดไม่จำเป็นต้องมีระบบขจัดอากาศติดตั้งอยู่ด้วย

(5) ทางออก (Outlet หรือ Stack) ทางออกของอากาศผ่านการบำบัดแล้ว หรือปล่องระบายอากาศ เป็นส่วนสุดท้ายของระบบระบายอากาศ



ภาพที่ 2.8 ระบบะระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust)

2.1.4 ระบบปรับอากาศ

เป็นกระบวนการปรับสภาวะของอากาศ เพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด และการกระขายลม ภายในห้อง ให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยหลักการทำงานของระบบปรับอากาศแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน ตามลักษณะการออกแบบ แต่ทุกระบบส่วนใหญ่ จะใช้วัฏจักร

การทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ โดยมีสารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134a และอื่นๆ เป็นสารที่ทำหน้าที่ดูดอากาศและคายความร้อนจากสารตัวกลาง อันได้แก่ อากาศ หรือน้ำ ให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ เมื่อสารได้รับความเย็น จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นน้ำ) หรืออากาศเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศโดยตรง (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นอากาศ) ส่วนความร้อนที่เกิดขึ้น จะถูกส่งไประบายออกที่ชุดระบายความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือระบายความร้อนด้วยน้ำ ขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้งาน

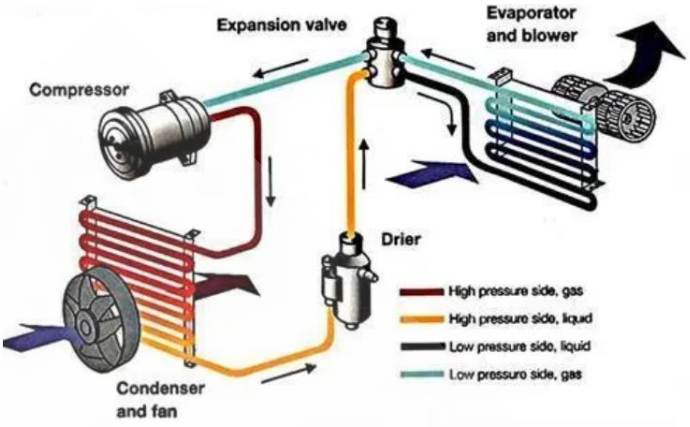
ระบบปรับอากาศมักจะถูกออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในช่วงความสบายของผู้ใช้อาคาร หรือที่เรียกว่า Comfort Zone คืออุณหภูมิระหว่าง 22-27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ระหว่าง 20-75% โดยทั่วไประบบปรับอากาศที่มีการใช้งานมีการออกแบบอยู่หลายประเภทดังนี้

2.1.4.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็ก โดยส่วนใหญ่ขนาดทำความเย็น จะไม่เกิน 40,000 บีทียูต่อชั่วโมง ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

2.1.4.1.1 หน่วยเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) หรือ หน่วยแฟนคอล์ย (Fan Coil Unit : FCU) ซึ่งจะติดตั้งไว้ภายในห้อง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยภายในห้อง เป็นส่วนที่ทำความเย็นให้แก่ห้อง

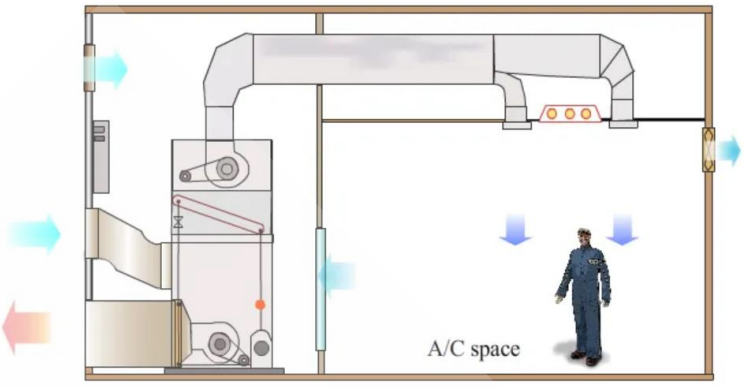
2.4.1.1.2 หน่วยคอล์ยร้อน (Condenser Unit : CDU) จะติดตั้งไว้บริเวณนอกห้องหรือนอกอาคาร เป็นส่วนที่ใช้ระบายความร้อนที่รับมาจากภายในห้องออกทิ้งสู่บรรยากาศ ประกอบด้วยคอล์ยร้อน(Condensing Unit) พัดลมระบายความร้อน และเครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor) อยู่ภายใน โดยจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร ระหว่างชุดคอล์ยเย็นจะมีสารที่ทำความเย็นทำหน้าที่เป็นถ่ายเทความร้อนออกจากห้องปรับอากาศ

เป็นเครื่องปรับอากาศที่ประกอบสำเร็จแล้วจากโรงงานผู้ผลิต โดย หน่วยคอล์ยร้อน 1 ชุด อาจใช้ร่วมกับหน่วยเครื่องส่งลมเย็นหรือหน่วยแฟนคอล์ยมากกว่า 1 ชุดก็ได้

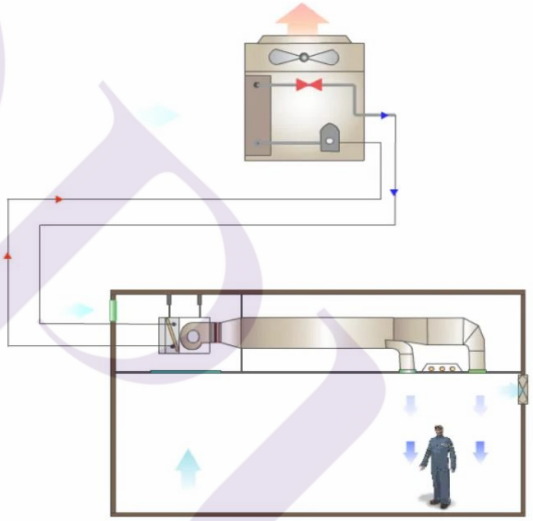


ภาพที่ 2.9 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

2.1.4.2 ระบบปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจ (Package) เป็นระบบปรับอากาศ ที่นิยมใช้ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก อาจมีจำนวนห้องที่จำเป็นที่ต้องปรับอากาศหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศประกอบด้วย แผงคอล์ยเย็น คอล์ยร้อน และเครื่องอัดสารทำความเย็น จะรวมอยู่ในชุดแพ็คเกจเดียวกัน โดยมีท่อส่งลมเย็นและท่อลมกลับ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านใน แล้วต่อผ่านทะลุออกมาตามผนังด้านนอกอาคาร แล้วต่อเชื่อมเข้ากับตัวเครื่องปรับอากาศแพ็คเกจ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านนอกอาคาร ท่อส่งลมเย็น (Supply Air Duct) ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศ และท่อลมกลับ (Return Air Duct) ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นที่ได้และเปลี่ยนความเย็นให้กับห้องปรับอากาศกลับมายังแผงทำความเย็นอีกครั้ง ซึ่งระบบปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจจะมี 2 ประเภทคือ เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package, ACP) และเครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package, WCP) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายปริมาณลมเย็น (Variable Air Volume, VAV) เพื่อควบคุมปริมาณลมเย็นเหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่ต้องการ โดยเฉพาะกรณีที่มีภาระลดลงโดยที่อุณหภูมิยังคงที่ แต่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน



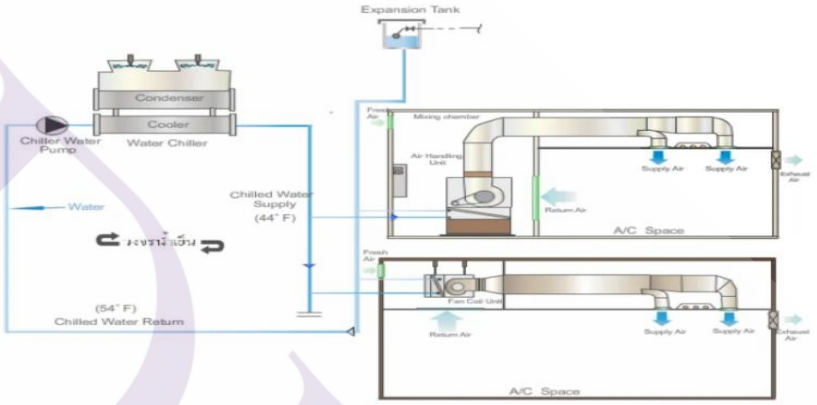
ภาพที่ 2.10 เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ



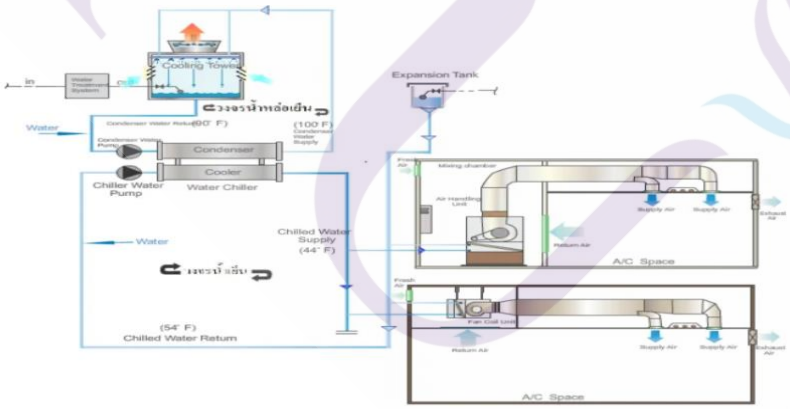
ภาพที่ 2.11 เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

2.1.4.2 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ บางครั้งเรียกว่าระบบปรับอากาศแบบศูนย์รวม เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศขนาดใหญ่ มีจำนวนห้องที่จำเป็นต้องปรับอากาศหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นสารตัวกลาง ในการถ่ายเทความร้อน หรือความเย็น โดยประกอบด้วย เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากเครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องสูบน้ำเย็น ระบบส่งจ่ายลมเย็น และคอล์ยร้อน

หากแบ่งตามการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น สามารถแบ่งระบบระบายอากาศนี้เป็น 2 ประเภท คือ ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Coolerd Water Chiller) เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง หรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ



ภาพที่ 2.12 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น แบบระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Coolerd Water Chiller) น้ำ



ภาพที่ 2.13 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น แบบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

2.1.5 ปัจจัยกำหนดความรู้สึกสบายของมนุษย์

สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) หมายถึงขอบเขตสภาวะของปัจจัยในอากาศเหมาะกับการทำให้ร่างกายของมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อน ไม่หนาวจนเกินไป ไม่มีไอน้ำในอากาศมากหรือน้อยเกินไป และมีความเร็วลมที่ไม่รบกวนจนรู้สึกได้ เป็นช่วงเวลาของสภาพอากาศที่มนุษย์พิจารณาว่า น่าสบายและยอมรับได้ โดยปราศจากความรู้สึกร้อนและเปียกชื้นที่ผิวหนัง ซึ่งความเปียกชื้นที่ผิวหนัง คือเงื่อนที่ตกค้างไม่อาจระเหยจากผิวหนังได้โดยเร็ว การระเหยของเหงื่อถือเป็นกลไกในการรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ โดยปกติร่างกายจะรักษาสมดุล ให้มีอุณหภูมิภายในที่ 37 °C ± 0.5 °C ด้วยการรักษาอัตราการผลิตความร้อนให้เท่ากับอัตราการระบายความร้อนออก ซึ่งเป็นปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกสบายในอาคาร

หากมนุษย์อยู่ในห้องปิดมิดชิดโดยไม่มีการไหลเวียนอากาศช่วงเวลาหนึ่ง จะมีความรู้สึกไม่สบาย และอึดอัด โดย ลาวอยเซียร์ (Lavoisier) นักเคมี ได้อธิบายไว้เมื่อปี ค.ศ. 1777 ว่าเกิดจากการเพิ่มความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอกไดออกไซด์ จากการหายใจของคน ในขณะที่แมกซ์ ฟรอน แพทเทนโคเฟอร์ (Max Von Pattenkofer) นักวิทยาศาสตร์มีความเห็นแตกต่างออกไป โดยได้เสนอทฤษฎีในปี ค.ศ. 1858 ว่าคนหายใจเอาสารที่เป็นพิษออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อมาในปี ค.ศ. 1905 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ ฟรักซ์ (Frugge) ได้เสนอทฤษฎีที่ยังคงใช้อยู่ถึงปัจจุบันว่า ร่างกายของคนอาจเปรียบได้กับเครื่องยนต์สันดาป ภายในต้องมีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการทางาน ถ้าความร้อนนี้ไม่สามารถระบายออกจากร่างกายได้เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบสูง จะมีต่อการทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายและอึดอัด สำหรับปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกสบาย หรือสภาวะน่าสบายของมนุษย์ เป็นตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมดังนี้

2.1.5.1 อุณหภูมิ (Air Temperature) จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ 24 องศาเซลเซียส หรือในช่วง 23 – 26 องศาเซลเซียส โดยให้เป็นที่ยอมรับร้อยละ 80 ของผู้ที่อยู่ในอาคารเดียวกัน

2.1.5.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความชื้นสัมพัทธ์ ที่สูงเกินไป ทำให้เหงื่อระเหยยาก รู้สึกร้อน และอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง จมูก จนบางครั้ง อาจทำให้เข้าใจผิดได้ว่า เกิดจากการระคายเคืองของสารเคมีในอาคาร ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 30-60 %RH (ASHRAE 55-1992) โดยประเทศไทยซึ่งอยู่ในแถบร้อนชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ปกติ จะอยู่ในช่วง 50 – 60 %RH

2.1.5.2 ความเร็วลม (Air Velocity) เกิดจากการพาความร้อน (Convection) เมื่อกระแสลมที่พัดผ่านพิวกาย มีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์จะเกิดความรู้สึกเย็นลงได้มากกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง

เนื่องจากอัตราการระบายความร้อนจากผิวกายสูงขึ้น โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิ 0.4 °C เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กม./ชม ความเร็วลมที่สูงเกินไป จำทำให้เรารู้สึกหนาว ตรงกันข้ามหากอากาศร้อนและความเร็วลมต่ำ ลมก็จะพาความร้อนออกจากร่างกายไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เกิดความรู้สึกร้อน

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย

ความเร็วลม	ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0 – 50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50 – 100 fpm	ต่ำลง 2 – 3 °F	สบาย
100 – 200 fpm	ต่ำลง 4 – 5 °F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รู้สึกได้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200 – 300 fpm	ต่ำลง 5 – 7 °F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5 – 7 °F	ควรแก้ไขให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.5.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT) เนื่องจากร่างกายมนุษย์ต้องสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบ ๆ ในลักษณะของการถ่ายเทความร้อนระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หรือ เรียกว่า การถ่ายโอนพลังงานความร้อน (Heat Transfer) แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน การแผ่รังสีความร้อนเกิดจากการที่วัสดุมีอุณหภูมิพื้นผิวสูง หรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง อุณหภูมิการแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับค่าการแผ่รังสีของวัสดุ (Emissivity) เช่น กระจกด้านที่ถูกแสงแดดส่อง ก็จะแผ่รังสีความร้อน มายังผู้อยู่อาศัย จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกร้อนกว่าปกติ แม้อุณหภูมิในห้องจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -270 °C หรือ 0 K ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่อุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้นในขณะที่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำจะแผ่รังสีคลื่นยาว เช่น การตากผ้ากลางแจ้ง การตากปลาแห้ง การรับความร้อนจากการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ โดยที่วัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับ สีของวัตถุ หากเป็นวัตถุสีดำหรือสีเข้มจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีขาวหรือสีอ่อน ผิววัตถุ หากวัตถุมีผิวขรุขระจะสามารถดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุผิวเรียบและ

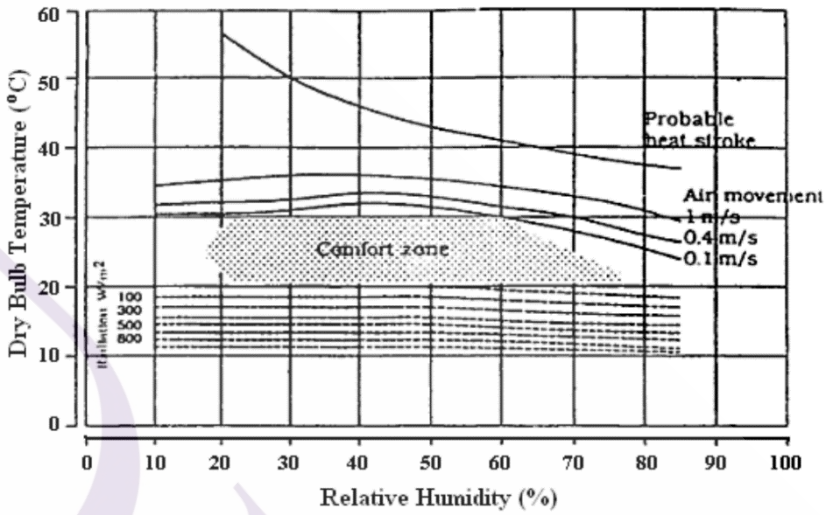
ขัดมัน เช่น สีของอาคารก็มีส่วนช่วยทำให้อาคารร้อนหรือเย็นได้ด้วย การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายโอนความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส โดยที่ของเหลวหรือแก๊สส่วนที่ได้รับความร้อนจะเคลื่อนที่พาความร้อนไปด้วย โดยหลักการแล้วกล่าวได้ว่า การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากสารใดสารหนึ่งได้รับความร้อนแล้ว ความหนาแน่นของอนุภาคน้อยลง ขยายตัวลอยตัวสูงขึ้น พร้อมทั้งพาความร้อนไปด้วย ขณะเดียวกันส่วนอื่นที่ยังไม่ได้รับความร้อนยังมีความหนาแน่นของอนุภาคมากกว่าจะเคลื่อนมาแทนที่เป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนสสารนั้นได้รับความร้อนทั่วถึงกัน เช่น การหายใจแลกเปลี่ยนความร้อนในอากาศ การระเหย(Evaporation) เช่น เหงื่อระเหยทางผิวหนัง และการนำความร้อน (Heat Conduction) เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ เช่น การถ่ายเทความร้อนกับพื้นดินหรือวัตถุต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำถ่ายเทมายังมือ ทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้นโดย

อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ต่อความรู้สึกร้อนหนาวของมนุษย์ประมาณ 1.4 เท่า เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 °C จะรู้สึกว่าอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น 0.4 °C การถ่ายเทความร้อนนั้นมีความสำคัญในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม สำหรับการถ่ายเทความร้อนในร่างกายมนุษย์นั้น สามารถนำหลักการของการถ่ายเทความร้อนในระบบวิศวกรรมมาใช้กำหนดวิธีการที่ร่างกายถ่ายโอนความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายโดยการเผาผลาญอย่างต่อเนื่องของสารอาหารที่ให้พลังงานสำหรับระบบของร่างกาย ร่างกายมนุษย์จะต้องรักษาอุณหภูมิภายในที่สอดคล้องกันในการที่จะรักษาการทำงานของร่างกาย ดังนั้นความร้อนส่วนเกินจะต้องกระจายออกจากร่างกายเพื่อให้อุณหภูมิภายในร่างกายมีความสมดุล เมื่อมีการออกกำลังกายจะยิ่งทำให้อัตราการเผาผลาญและอัตราการผลิตความร้อนในร่างกายเพิ่มขึ้น ช่วยให้ร่างกายก็จะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายเพื่อปรับสมดุล

The Bioclimatic Chart ขึ้นเป็นมาตรฐานเพื่อแสดงให้เห็นความต้องการตัวแปรเพิ่มเติมเมื่ออยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย ถูกสร้างโดย Olgyay เนื่องจากตัวแปรของปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมแต่ละตัวนั้น ถูกควบคุมได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน อ้างอิงถึงแผนภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นสัญลักษณ์ รูปภาพคนนั่งในที่ร่มในขอบเขตสภาวะสบาย อยู่ในช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 21-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 18-77% ไม่มีลมพัดผ่านและไม่ได้รับรังสีความร้อนใดๆ

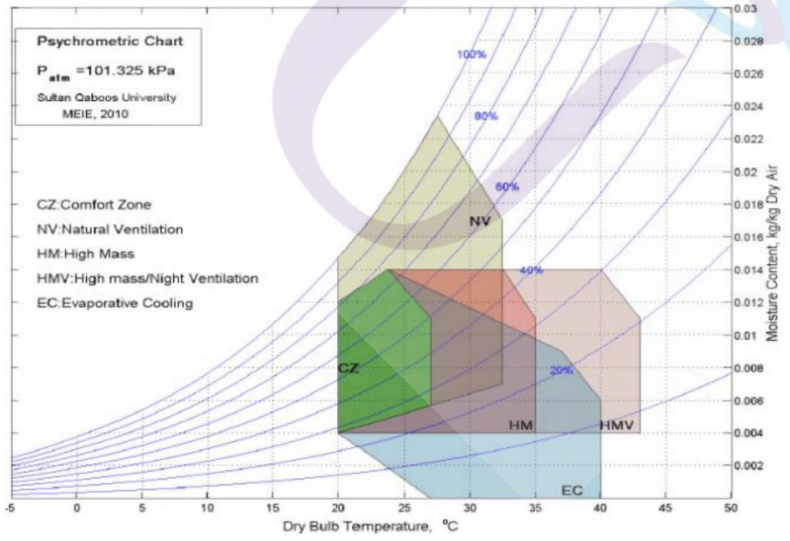
ระดับกิจกรรม (เป็นระดับกิจกรรมของมนุษย์ที่ใช้พลังงานเมื่อเทียบกับขณะนั่งพัก มีหน่วยเป็น Metabolic Equivalent: METs ที่ 1.2 met-value ซึ่งจัดเป็นกิจกรรมระดับเบา และค่า

ฉนวนของเสื้อผ้า 1.0 clo-value แผนภาพนี้ใช้อุณหภูมิ (Dry Bulb Temperature: DBT) และความชื้นสัมพัทธ์(Relative Humidity: RH) เป็นหลัก



ภาพที่ 2.14 Olgyay's Bioclimatic Chart

แผนภาพไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ซึ่งเป็นแผนภาพที่แสดงกลไกการออกแบบที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมช่ วยทำให้เราเข้าใจถึงธรรมชาติและกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสภาวะของอากาศ และสามารถเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้น ๆ



ภาพที่ 2.15 Psychrometric Chart

สภาวะน่าสบายเป็นสิ่งที่เป็นความพึงพอใจส่วนบุคคลที่แตกต่างกันแล้วแต่ความชอบช่วงสภาวะน่าสบายของแต่ละบุคคลอาจไม่เท่ากันซึ่งอาจเป็นเพราะ เสื้อผ้า เชื้อชาติ วัฒนธรรม ลักษณะทางกายภาพและจิตใจ ลักษณะการกินอาหาร อายุ เพศ ลักษณะของกิจกรรมที่ทำอยู่ ความเคยชินต่อสภาพแวดล้อม สุขภาพ โดยขีดความสบายที่ขึ้นกับความเคยชินในแต่ละภูมิประเทศจะแตกต่างกัน ประเทศไทยอากาศที่กำลังสบาย จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 23-28 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 50-70 %RH อาจกล่าวได้ว่าสภาวะสบายในร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นความสัมพันธ์ในการรักษาสภาวะร่างกายให้ปกติจะสอดคล้องตามสภาพอากาศและสภาพบุคคล หากแบ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษยส์ ามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1) ปัจจัยด้านบุคคล เช่น เชื้อชาติ ลักษณะอาหารที่กิน กิจกรรมที่เกิดขึ้นในเวลาต่าง ๆ อัตราการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) เพื่อผลิตพลังงานในการดำรงชีวิต ซึ่งอาหารที่เรารับประทานเข้าไปจะใช้พลังงานในการเผาผลาญที่แตกต่างกัน การเผาผลาญของกล้ามเนื้อ จะเกิดขึ้นเมื่อเราทำกิจกรรมต่าง ๆ การเผาผลาญนี้ทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากร่างกายมนุษย์เหมือนเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในร่างกายตลอดเวลา โดยอัตราการเผาผลาญพลังงานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับกิจกรรม การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นกิจกรรมที่แตกต่างกันของมนุษย์ มีผลทำให้ค่าของสภาวะสบายที่ต้องการแตกต่างกันด้วย มีหน่วยเป็น Met เครื่องแต่งกายหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ มีหน่วยเป็น (Clo-Value) เนื่องจากเสื้อผ้าที่สวมใส่เป็นส่วนกั้นระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม ทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อมต้องส่งความร้อนผ่านเสื้อผ้าด้วยการนำความร้อน กระบวนการนำความร้อนผ่านเสื้อผ้าประกอบด้วยสองส่วน คือ การส่งผ่านความร้อนผ่านอากาศเข้าไปตามรูพรุนของเนื้อผ้า แลการนำความร้อนผ่านเนื้อผ้า ความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของทั้งสองส่วนขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น ความเร็วลม ความเปียกของเสื้อผ้า อัตราส่วนของรูพรุนและความสามารถในการส่งผ่านอากาศของเนื้อผ้า สำหรับมนุษย์ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่มีความต้านทานความร้อน 0.6 clo และมีการทางานแบบสำนักงาน (100-200 kcal/hr) จะรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 1 °F เมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย 0.1 clo (1 clo = 0.155 m^2 K/W)

2) ปัจจัยด้านจิตวิทยา เช่น สี พื้นผิว แสง ความรู้สึกส่วนตัว ซึ่งยากแก่การตรวจสอบ

3) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม สภาพร่มเงา การไม่โดนแสงแดดโดยตรง สถาปัตยกรรมและต้นไม้รอบอาคาร อุณหภูมิอากาศ (อุณหภูมิแห้ง) ความชื้นในอากาศ ความเร็วลม การแผ่รังสี รวมถึงวัสดุที่นามาใช้ในสถาปัตยกรรม เป็นต้น

หากปัจจัยดังกล่าวมีความเหมาะสมจะทำให้เกิดภาวะสบาย (Thermal Comfort) ได้ โดย

ปกติจะมีลักษณะเป็นช่วง (ทั้งนี้เพราะกลไกที่ซับซ้อนของร่างกายมีการปรับตัวได้ในระดับหนึ่ง) ซึ่งเรียกว่า เขตความสบาย (Comfort Zone) การบ่งบอกเขตความสบายทางอุณหภูมินี้สามารถพิจารณาได้จาก “มาตรฐานวัดความสบายทางอุณหภูมิ” (Thermal Comfort Scales) หรือดัชนีวัดอุณหภูมิ (Thermal Indices) คือ ทฤษฎีหรือสมมติฐานทางด้านสภาวะความสบายทางอุณหภูมิที่นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามรวบรวมตัวแปรต่าง ๆ มาเขียนเป็นเส้นกราฟ หรือสมการ เพื่อให้ผู้นำไปใช้สามารถตรวจสอบได้ว่า สภาวะนั้น ๆ อยู่ในเกณฑ์น่าสบายหรือไม่ หากมนุษย์อยู่ภายในอาคาร ตัวอาคารจะทำหน้าที่คล้ายกับชั้นผิวหนังอีกชั้น ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิที่จะมากระทบผิวหนังเปลี่ยนไปจากอุณหภูมิภายนอก หากเข้าใจและออกแบบให้ถูกวิธีจะสามารถทำให้ผู้อยู่ภายในอาคารได้รับความสบายทางอุณหภูมิตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน อีกทั้งในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องปรับอากาศมาใช้เพื่อปรับสภาพอากาศ ก่อให้เกิดเขตความสบายยิ่งขึ้น

2.1.6 การคำนวณอัตราการระบายอากาศและมาตรฐานการประเมินระบบระบายอากาศ

ในการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศ จะต้องพิจารณา 5 ส่วนที่มีความสำคัญ ได้แก่

2.1.6.1 การนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายังบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัย เพื่อใช้ในการระบายอากาศ (Outdoor Air intake to Occupied Zone for Ventilation) เป็นตัวกำหนดชัดเจนว่าจะต้องมีการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาอย่างน้อยเท่าใด

2.1.6.2 การดูดออก (Exhaust) พื้นที่บางพื้นที่ เป็นพื้นที่ที่ต้องจัดให้มีการระบายอากาศด้วยวิธีดูดออก (Exhaust) และทิ้งอากาศที่ดูดออกนี้ ไปนอกอาคารเลย พื้นที่เหล่านี้ บางพื้นที่ก็มีข้อกำหนด ว่าจะต้องนำอากาศภายนอกมาเติมอย่างน้อยเท่าใด แต่บางพื้นที่ก็ไม่มีผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาความเหมาะสมเองว่าจะทำการ Makeup อย่างไร ด้วยอากาศ Class ไหนหรือจะต้องนำอากาศภายนอกเข้ามาเพิ่มเติมอีก

2.1.6.3 การควบคุมความดันในอาคาร (Building Pressurization) มาตรฐานมีการกำหนดภาพรวมของการระบายอากาศในอาคารไว้ว่า เมื่อพิจารณารวมทั้งอาคาร โดยปกติแล้วอากาศที่นำเข้าต้องมากกว่าอากาศเสียที่ทิ้งไป เพื่อให้การ Pressurization ของอาคารเป็นบวก และมี Exfiltration อย่างเหมาะสม

2.1.6.4 การ Makeup และ การ Bleed ทิ้ง มาตรฐานบอกว่า Zone ใดที่ต้องการนำอากาศบริสุทธิ์ เข้าไปเติมบ้าง (หรือดูดออกทิ้ง) เพื่อการระบายอากาศ แต่ไม่ได้บอกถึงรายละเอียดของการ Makeup หรือรายละเอียดของการ Bleed ออกทิ้ง หรือ Recirculate เพื่อการรักษาทั้ง Zone และ Building Pressurization ไว้ให้เหมาะสม

2.1.6.5 ชั้นคุณภาพของอากาศและการนำกลับมาใช้งาน (Air Classification and Recirculation) มาตรฐานมีการแบ่งชั้นคุณภาพอากาศภายในอาคารออกเป็น 4 ระดับ คือ 1 2 3 และ

4 และมีการกำหนด ข้อจำกัดในการ Transfer หรือ Recirculate ไว้อย่างชัดเจน วิศวกร/ผู้ออกแบบจะต้องประมวลเรื่องต่างๆทั้งหมดให้มีความสอดคล้องกัน และนำไปสู่ระบบระบายอากาศที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความต้องการ โดย Air Classifications ตามมาตรฐาน 62.1 ได้มีการกำหนดระดับคุณภาพของอากาศภายในอาคารไว้เป็น 4 ระดับ เรียกว่าระดับ ชั้นคุณภาพ Air Class 1 ถึง Air Class 4 โดย Air Class 1 คือ ระดับดีที่สุด (ใกล้เคียงกับอากาศ ภายนอก) และ Air Class 4 คือระดับแย่ที่สุด (อากาศเสียที่ต้องทิ้งออกไปนอกอาคาร) คุณภาพของอากาศทั้งสี่ Class มีดังต่อไปนี้คือ

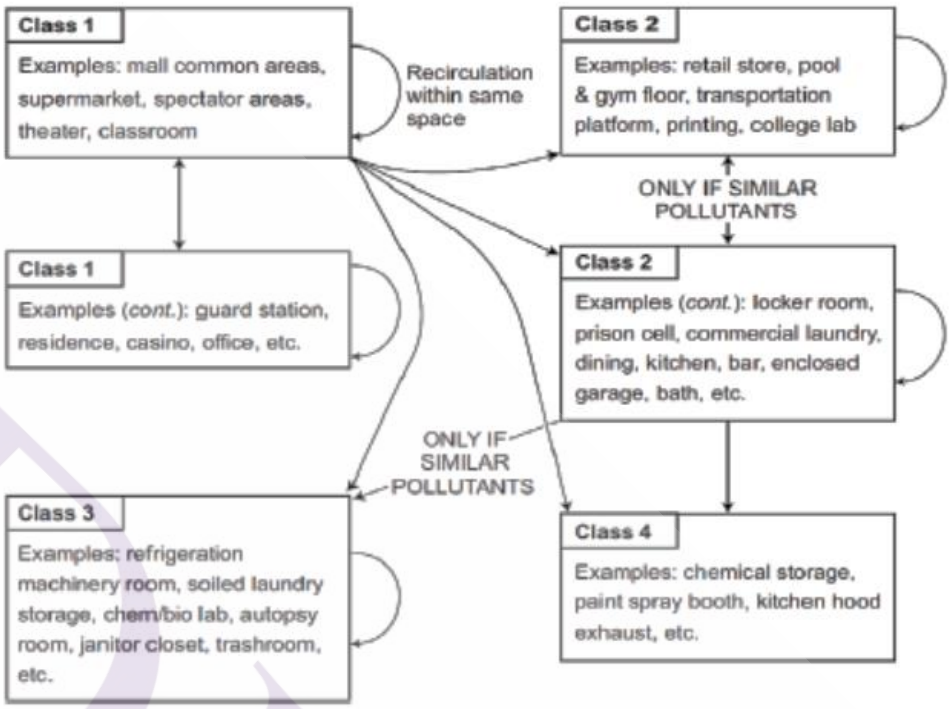
- Air Class 1 คือคุณภาพดี ใช้ Recirculate และTransfer ไปห้องที่มี Air Class ต่ำกว่าได้

- Air Class 2 คือคุณภาพพอใช้ได้ ใช้Recirculate ใน Zone เดิมได้ และใช้ Transfer ไปห้อง Toilet ได้

- Air Class 3 คือคุณภาพแย่ เช่น อากาศระบายออกจากครัว ใช้ Recirculate ใน Zone เดิมได้ แต่ใช้ Transfer ไปยัง Zone อื่นๆไม่ได้

- Air Class 4 คือคุณภาพแย่มาก เช่น อากาศระบายออกจากเครื่องพิมพ์บางประเภท อากาศระบายออกจาก Laboratory Hood ซึ่งทั้งสกปรก เหม็น และมีพิษ ต้องทิ้งอย่างเดียว ห้ามนำกลับมาใช้

มาตรฐานมีการกำหนด Air Class ไว้ก็เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนว่า อากาศจะไหลจากไหนไปไหนได้บ้าง กำหนดว่าคุณภาพอากาศควรถูกระบายออก หรือ return ออกจาก zone นั้นๆ



2.1.6.1 การคำนวณหาปริมาณอากาศภายนอก โดยวิธี VRP

การคำนวณหาปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องป้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยวิธี VRP ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบคุณภาพอากาศภายนอก ถ้าไม่สะอาดพอ ต้องทำการ clean ก่อนใช้ในการระบายอากาศ

(2) คำนวณว่า ในแต่ละพื้นที่ระบายอากาศ ต้องการอากาศภายนอกในอัตราอย่างน้อยที่สุดเท่าใด เพื่อมาจ่ายให้กับพื้นที่นั้นๆ (V_{oz})

(3) คำนวณว่าในแต่ละระบบระบายอากาศ (AHU) เราต้องเอาอากาศภายนอกมาป้อนให้ที่ AHU ในอัตราอย่างน้อยที่สุดเท่าใด (V_{ot})

2.1.6.1.1 การคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่ Zone สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a + A_z \qquad \ldots(1)$$

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

A_z = พื้นที่ห้อง (ตารางฟุต)

P_z = จำนวนผู้อยู่อาศัยภายในห้อง

R_p = Outdoor Air Flow rate ต่อคน (cfm/คน)

R_a = Outdoot Ait Flow rate ต่อพื้นที่ห้อง (cfm/ft^2)

โดย Breathing Zone หมายถึง บริเวณในห้องที่ต้องการการระบายอากาศแต่จำกัดความสูงอยู่ตั้งแต่ 75 มิลลิเมตร จนถึง 1,800 มิลลิเมตร และห่างจากกำแพงทุกด้าน 600 มิลลิเมตร เพื่อเป็นการบ่งชี้ว่า อากาศภายนอกต้องถูกนำเอามาจ่ายในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัย ไม่ใช่เอาไปจ่ายในจุดที่ไม่มีผู้อยู่อาศัย เช่นที่สูงมากๆ ในห้องเป็นต้น

เมื่อได้ปริมาณ V_{bz} จากสมการที่ 1 ต้องนำปริมาณดังกล่าว ไปหา Zone Outdoor Airflow (V_{oz}) จากสมการ

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

ค่า $_{Ez}$ เป็นค่า ประสิทธิผลในการกระจายอากาศระบาย (Zone Air Distribution Effectiveness) ซึ่งสามารถดูค่าได้จากตารางตามลักษณะการจ่ายลม ถ้า Zone ใด มีระบบการกระจายอากาศระบายที่แย่ หรือมีการ short circuit ระหว่างอากาศกับ Exhaust System ค่า E_z จะต่ำ

ตารางที่ 2.3 Minimum Ventilation Rates in Breathing Zone (ASHRAE Standard 62.1-2013)

ประเภทการใช้งาน	People Outdoor Air Rate Rp	Area Outdoor Air Rate Ra	Notes	Default Values		Air Class
				Occupant Density	Combined Outdoor Air Rate	
	cfm/p	cfm/ft^2		#/100 m^2	cfm/p	
ทัณฑสถาน (Correctional Facilities)						
ห้องคุมขังนักโทษ (Cell)	5	0.12		25	10	2
ห้องสันทนาการ (Dayroom)	5	0.06		30	7	1
ห้องผู้คุม (Guard Stations)	5	0.06		15	9	1
ห้องรอ (Booking/waiting)	7.5	0.06		50	9	2
สถานศึกษา (Educational Facilities)						
ศูนย์บริบาลเด็กเล็ก ถึง4ขวบ	10	0.18		25	17	2
ห้องเด็กป่วยในศูนย์บริการเด็กเล็ก	10	0.18		25	17	3
ห้องเรียน (อายุ 5-8 ปี)	10	0.12		25	15	1
ห้องเรียน (อายุตั้งแต่ 9 ปีขึ้นไป)	10	0.12		35	13	1
ห้องเรียนบรรยาย	7.5	0.06		65	8	1
หอประชุมบรรยายขนาดใหญ่	7.5	0.06		150	8	1
ห้องเรียนศิลปะ	10	0.18		20	19	2
ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	10	0.18		25	17	2
ห้องปฏิบัติการในมหาวิทยาลัย	10	0.18		25	17	2
ห้องปฏิบัติการงานไม้/งานโลหะ	10	0.18		20	19	2
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	10	0.12		25	15	1
ศูนย์สื่อสาร	10	0.12	A	25	15	1
ห้องดนตรี/ละคร/เต้นรำ	10	0.06		35	12	1
ห้องประชุมอเนกประสงค์	7.5	0.06		100	8	1
สถานบริการอาหารและเครื่องดื่ม (Food and Beverage Service)						
ร้านอาหารแบบภัตราคาร	7.5	0.18		70	10	2
ร้านอาหารบริการตนเอง/ร้านอาหารฟาสต์ฟู้ด	7.5	0.18		100	9	2
บาร์ ค็อกเทล เลานจ์	7.5	0.18		100	9	2
ห้องครัว (ส่วนปรุงอาหาร)	7.5	0.12		20	14	2
สถานที่ทั่วไป (General)						
ห้องพักเบรค	5	0.06		25	7	1
มุมกาแฟ	5	0.06		20	8	1
ห้องสัมนา/ห้องประชุม	5	0.06		50	6	1
โถงทางเดิน	-	0.06		-		1
ห้องเก็บของเหลวหรือเจลที่มีคนอยู่	5	0.12	B	2	65	2

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ประเภทการใช้งาน	People Outdoor Air Rate Rp	Area Outdoor Air Rate Ra	Notes	Default Values		Air Class
				Occupant Density	Combined Outdoor Air Rate	
	cfm/p	cfm/ft^2		#/100 m^2	cfm/p	
โรงแรม โมเต็ล รีสอร์ท หอพัก (Hotel, Motels. Resorts, Dormitories)						
ห้องนอน/ห้องนั่งเล่น	5	0.06		10	11	1
โรงนอน (นอนรวมๆกัน)	5	0.06		20	8	1
ห้องซักรีดส่วนกลาง	5	0.12		10	17	2
ห้องซักรีดภายในบ้านที่อยู่อาศัย	5	0.12		10	17	1
ห้องโถงพักคอย/ห้องรอการแสดง	7.5	0.06		30	10	1
ห้องประชุมอเนกประสงค์	5	0.06		120	6	1
อาคารสำนักงาน (Office Buildings)						
ห้องพักเบรค	5	0.12		50	7	1
ห้องโถงทางเข้าหลัก	5	0.06		10	11	1
ห้องเก็บของแห้งที่มีคนอยู่	5	0.06		2	35	1
พื้นที่ส่วนสำนักงาน	5	0.06		5	17	1
พื้นที่บริเวณต้อนรับ	5	0.06		30	7	1
พื้นที่ส่วนรับโทรศัพท์ป้อนข้อมูล	5	0.06		60	6	1
พื้นที่ใช้สอยเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Spaces)						
ตู้นิรภัยของธนาคาร	5	0.06		5	17	2
พื้นที่ส่วนห้องโถงรับรองของธนาคาร	7.5	0.06		15	12	1
ห้องคอมพิวเตอร์(ไม่มีการพิมพ์)	5	0.06		4	20	1
พื้นที่ส่วนที่มีการทำความเย็น(<10 °C)	10	0	E	0	0	2
พื้นที่ส่วนการผลิตทั่วไป (ไม่รวมอุตสาหกรรมหนักและส่วนกระบวนการผลิตที่ใช้สารเคมี	10	0.18		7	36	3
เภสัชกรรม(พื้นที่ส่วนเตรียมยา)	5	0.18		10	23	2
สตูดิโอถ่ายภาพ	5	0.12		10	17	1
พื้นที่รับส่งสินค้า	10	0.12	B	2	70	2
พื้นที่คัดแยก บรรจุ ประกอบ(เบา)	7.5	0.12		7	25	2
ตู้โทรศัพท์	-	0		-		1
พื้นที่เพื่อรอการขนส่ง	7.5	0.06		100	8	1
โกดัง	10	0..06	B	-		2

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ประเภทการใช้งาน	People Outdoor Air Rate Rp	Area Outdoor Air Rate Ra	Notes	Default Values		Air Class
				Occupant Density	Combined Outdoor Air Rate	
	cfm/p	cfm/ft^2		#/100 m^2	cfm/p	
พื้นที่สาธารณะ (ที่คนมารวมตัวกัน)						
หอประชุม บริเวณพื้นที่สำหรับผู้ฟัง	5	0.06		150	5	1
สถานที่ประกอบพิธีกรรมทางศาสนา	5	0.06		120	6	1
ห้องพิจารณคดี	5	0.06		70	6	1
ห้องประชุมสภานิติบัญญัติ	5	0.06		50	6	1
ห้องสมุด	5	0.12		10	17	1
ห้องโถงพักคอย	5	0.06		150	5	1
พิพิธภัณฑ์(สำหรับเด็ก)	7.5	0.12		40	11	1
พิพิธภัณฑ์/หอศิลป์	7.5	0.06		40	9	1
ที่อยู่อาศัย						
พื้นที่ส่วนที่อยู่อาศัย(Dwelling unit)	5	0.06	F,G	F		1
โถงทางเดินร่วม(Common corridors)	-	0.06				1
ร้านค้า (Retail)						
พื้นที่ขายของ(ยกเว้นพื้นที่ส่วนที่ระบุด้านล่างนี้)	7.5	0.12		15	16	2
พื้นที่ใช้ร่วมทั่วไปในห้างสรรพสินค้า	7.5	0.06		40	9	1
ร้านคตัดผม	7.5	0.06		25	10	2
ร้านเสริมสวยและทำเล็บ	20	0.12		25	25	2
ร้านขายสัตว์เลี้ยง	7.5	0.18		10	26	2
ซูเปอร์มาร์เก็ต	7.5	0.06		8	15	1
ร้านซักรีดแบบหยอดเหรียญ	7.5	0.12		20	14	2
กีฬาและกิจกรรมบันเทิง (Sports and Entertainment)						
ห้องออกกำลังกาย, สนามกีฬา(พื้นที่เล่นกีฬา)	20	0.18	E	7	45	2
พื้นที่สำหรับผู้ชม	7.5	0.06		150	8	1
สระว่ายน้ำ (ตัวสระและระเบียง)	-	0.48	C	-		2
พื้นที่ดิสโก้/เต้นรำ	20	0.06		100	21	2
เฮลท์คลับ ห้องแอโรบิก	20	0.06		40	22	2
เฮลท์คลับ ห้องยกน้ำหนัก	20	0.06		10	26	2
โบว์ลิ่ง (ส่วนที่นั่ง)	10	0.12		40	13	1
คาสิโน	7.5	0.18		120	9	1
ร้านเกม	7.5	0.18		20	17	1
เวทีต่างๆ สตูดิโอ	10	0.06	D	70	11	1

หมายเหตุทั่วไป :

1. อัตราในตารางนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อข้อกำหนดอื่นๆทั้งหมดในมาตรฐาน 62.1 ได้รับการปฏิบัติตาม

2. ตารางนี้ใช้กับพื้นที่ปลอดการสูบบุหรี่

3. อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ระบุเป็นที่ Standard Conditions อัตรานี้อาจมีการปรับเปลี่ยนตามความหนาแน่นของอากาศที่เกิดขึ้นจริงได้ แต่มาตรฐานไม่ได้บังคับว่าต้องทำ

4. ให้ใช้ค่า Default Occupancy Density ก็ต่อเมื่อไม่ทราบค่าความหนาแน่นจริงของผู้ใช้พื้นที่

5. ค่า Default Combined Outdoor Air Rate ถูกคำนวณมาจากค่า Default Occupant Density

6. ในกรณีที่ประเภทการใช้งานที่ต้องการไม่มีระบุอยู่ในตารางนี้ ให้ใช้อัตราการระบายเดียวกันกับประเภทการใช้งานที่มีความคล้ายคลึงกันแท

หมายเหตุเฉพาะรายการ :

A. สำหรับห้องสมุดในโรงเรียนมัธยมและห้องสมุดในมหาวิทยาลัย ให้ใช้ค่าของห้องสมุดในหมวดพื้นที่สาธารณะ

B. อัตรานี้อาจจะไม่เพียงพอถ้าวัสดุที่จัดเก็ยมีการปล่อยก๊าซที่อาจเป็นอันตราย

C. อัตราการระบายนี้ไม่มีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมความชื้น อาจต้องมีการเพิ่มการระบายหรือใช้เครื่องลดความชื้น เพื่อเอาความชื้นออกทิ้งไป นอกจากนั้นแล้วพื้นที่ระเบียงบริเวณรอบสระที่จะคาดว่าจะเปียกในระหว่างการใช้สระปกติ อาจจะแห้ง เช่น เมื่อมีผู้เล่นน้ำลงไปอยู่ในสระแล้ว ในกรณีนี้อาจถือได้ว่าระเบียงดังกล่าวไม่ได้เปียก และอาจถือเป็นพื้นที่ประเภทอื่นได้ เช่น พื้นที่ผู้ชม เป็นต้น

D. อัตราดังกล่าวไม่รวมกรณีที่มีการปล่อยไอ หรือหมอกควันสำหรับเทคนิคพิเศษบนเวที เช่น ไอระเหย น้ำแข็งแห้ง หรือควันเทียม เป็นต้น

E. ถ้าจะมีการใช้อุปกรณ์ที่มีการเผาไหม้ในสนามหรือใรบริเวณสนามต้องจัดให้มีการระบายอากาศ หรือการควบคุมมลภาวะที่จุดกำเนิดเพิ่มเติม

F. ค่า Default Occupancy ของที่พักอาศัยจะเป็นสองคน สำหรับ Studio และ One bedroom Unit และเพิ่มอีกหนึ่งคนต่อหนึ่งห้องนอนที่เพิ่มขึ้น

G. อากาศจากที่พักอาศัยแห้งหนึ่งไม่หมุนเวียนหรือถูกส่งผ่านไปยังพื้นที่อื่นนอกที่พักอาศัยนั้น

ตารางที่ 2.4 Zone Air distribution Effectiveness(ASHRAE Standard 62.1-2013)

ลักษณะการจ่ายลม	E_z
จ่ายลมเย็นจากเพดาน	1.0
จ่ายลมร้อนจากเพดานและให้ลมกลับที่พื้น	1.0
จ่ายลมที่อุ่นกว่าอุณหภูมิห้อง 8 °C หรือมากกว่า จากเพดานและให้ลมกลับที่เพดาน	0.8
จ่ายลมที่อุ่นกว่าอุณหภูมิห้องไม่เกิน 8 °C จากเพดาน และให้ลมกลับที่เพดาน แต่จัดการให้กระแสลมจ่ายที่มีความเร็ว 0.8 m/s วิ่งลงมาถึงระดับ 1.4 เมตร เหนือพื้นหรือต่ำกว่าได้ หมายเหตุ : ถ้ากระแสลมจ่ายมีความเร็วต่ำกว่านั้น $E_z = 0.8$	1.0
จ่ายลมเย็นจากพื้น และให้ลมกลับที่เพดาน โดยที่ Vertical Throw มีค่าสูงเกินกว่า 0.25 m/s ที่ระยะสูงกว่า 1.4 เมตร	1.0
จ่ายลมเย็นจากพื้นและให้ลมกลับที่เพดาน ด้วยระบบ Low-Velocity Displacement Ventilation ที่ทำให้เกิด Unidirectional Flow และ Thermal Stratification หรือระบบ Underfloor Air Distribution ที่ Vertical Throw มีค่าน้อยกว่า 0.25 m/s ที่ระยะเหนือพื้น 1.4 เมตร	1.2
จ่ายลมร้อนจากพื้น และให้ลมกลับที่พื้น	1.0
จ่ายลมร้อนจากเพดานและให้ลมกลับเพดาน	0.7
อากาศเติมถูกดูดเข้าห้องด้านตรงข้ามกับช่องดูดอากาศเสีย หรือช่องลมกลับ	0.8
อากาศเติมถูกดูดเข้าห้องใกล้กับช่องดูดอากาศเสีย หรือช่องลมกลับ	0.5

หมายเหตุ : 1. ลมเย็น หมายถึง ลมจ่ายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

2. ลมร้อน หมายถึง ลมจ่ายที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง

3. การจ่ายลมจากเพดาน หมายถึง มีช่องจ่ายลมอยู่สูงกว่า Breathing Zone

4. การจ่ายลมจากพื้น หมายถึง มีช่องลมจ่ายอยู่ต่ำกว่า Breathing Zone

5. ทางเลือกทางหนึ่งนอกเหนือไปจากการใช้ค่าข้างต้น E_z อาจเปรียบได้กับค่า Air-Change Effectiveness ซึ่งสามารถหาได้จากวิธีการตามที่ระบุไว้ ในมาตรฐาน ASHRAE129 สำหรับการจ่ายลมทุกแบบ ยกเว้น Unidirectional Flow

2.1.6.1.2 ในกรณี Single-Zone system ถ้าระบบระบายอากาศจ่ายอากศบริสุทธิ์ไปยังโซนเดี่ยว อากาศภายนอกต้องดูดเข้ามา (Outdoor Air Intake Flow : V_{ot}) ก็จะมีค่าเท่ากับ Zone Outdoor Airflow : $V_{ot} = V_{oz}$ …(3)

2.1.6.1.3 ในกรณี 100% Outdoor Air Systems เนื่องจากเป็นอากาศบริสุทธิ์ทั้งหมด ดังนั้น $V_{ot} = \sum_{all\ zones} V_{oz}$ …(4)

2.1.6.1.4 ในกรณี Multiple-Zone Recirculating Systems ถ้าระบบระบายอากาศ จ่ายอากาศบริสุทธิ์ไปยังโซนหลายๆ โซน พร้อมๆ กันค่า Outdoor Air Intake (V_{ot}) จะต้องมีการคำนวณเพิ่มเติมดังนี้

$$V_{ot} = V_{ou} / E_v \qquad \ldots(5)$$

$$V_{ou} = D \sum_{all\ zones} (R_p \times P_z) + \sum_{all\ zones} (R_a \times A_z) \qquad \ldots(6)$$

$$D = Ps / \Sigma_{all\ zones} P_z \qquad \ldots(7)$$

เมื่อ V_{ou} คือ Uncorrected Outdoor Ait Intake

D คือ Occupant Diversity Ratio

P_z คือ จำนวนผู้อยู่อาศัยสูงสุดจริงในวันทำการปกติ ส่วน E_v คือ System Ventilation Efficiency หาค่าได้จากตาราง

ตารางที่ 2.5 System Ventilation Efficiency (ASHRAE Standard 62.1-2013)

Max (Z_{pz})	$\mathbf{E_v}$
≤ 0.15	1.0
≤ 0.25	0.9
≤ 0.35	0.8
≤ 0.45	0.7
≤ 0.55	0.6
> 0.55	ตาม Appendix A ในมาตรฐาน 62.1

หมายเหตุ : 1. Max(Z_{pz}) หมายถึงค่าสูงสุดของ Z_{pz} ซึ่งคำนวณโดยสมการที่ (8) สำหรับทุกพื้นที่ระบายอากาศ ของระบบระบายอากาศหนึ่งๆ (ของ AHU หนึ่งๆ)

2. สำหรับค่าของ Maz(Z_{pz}) ที่อยู่ระหว่าง 015 กับ 0.55 ค่าของ $\mathbf{E_v}$ สามารถหาได้โดยการ Interpolation ค่าในตาราง

3. ค่าของ $\mathbf{E_v}$ในตารางนี้ มาจากการใช้ค่าสัดส่วนอากาศภายนอกต่ออากาศจ่ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 สำหรับระบบที่มีค่าสัดส่วนสูงกว่านี้ ค่า $\mathbf{E_v}$ในตารางนี้อาจให้ค่าที่ต่ำมากเกินไป ในกรณีนี้ การใช้วิธีการใน Normative Appendix A จะให้ค่าที่สมเหตุสมผลกว่า

ค่า Max (Z_p) ในตารางที่ 2.44 คือค่าของ Z_{pz} ที่มีค่าสูงที่สุดใน Zone ต่างๆ จากสูตร

$$Z_{pz} = V_{oz} / V_{pz} \qquad \ldots(8)$$

เมื่อ V_{pz} คือ Supply Air CFM ในแต่ละ Zone

2.1.6.2 การคำนวณ Exhaust Ventilation หรือการระบายอากาศแบบดูดออก คือ อากาศที่ต้องดูดออกจากพื้นที่และทิ้งออกไปนอกอาคาร โดยที่ Exhaust Makeup Air อาจเป็นองค์ประกอบใดๆของอากาศภายนอก (Outdoor Air) อากาศหมุนเวียน(Recirculated Air) และ Transfer Air แสดงชนิดของพื้นที่ และปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกขั้นต่ำจากแต่ละพื้นที่ ในบางพื้นที่ต้องการทั้งการเติม Fresh Air(อากาศภายนอกที่สะอาด) และต้องมีการ Exhaust ออก หรือบางพื้นที่อาจต้องการแค่อย่างใดอย่างหนึ่ง จึงต้องพิจารณาต้องการในการจัดหาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ซึ่ง Zone Pressurization ที่เหมาะสม ในกรณี Exhaust Air มีปริมาณมากกว่า การเพิ่มปริมาณอากาศภายนอกหรือ Make up โดยใช้อากาศจาก Zone อื่นที่มี Air Class ที่เหมาะสม ส่วนในกรณีที่พื้นที่พิจารณา มีข้อกำหนดให้เติม Fresh Air แต่ไม่มีข้อกำหนดให้ Exhaust Air แสดงว่าพื้นที่มีความสะอาดสูง และมักมีความต้องการความดันเป็นบวก มักจะจัดให้มีการ Exhaust ออก ร่วมกับ Return Air General Exhaust ประมาณ 90% ของปริมาณ Fresh Air ที่เติมเข้าสู่พื้นที่ หากในพื้นที่มีการกำหนดให้เติม Exhaust Air อย่างเดียว แสดงถึงพื้นที่มีความสะอาดต่ำ มักจะต้องการความดันเป็นลบ และมักมีการเติมอากาศ เข้าไปชดเชยประมาณ 90% ของ Exhaust Air ที่ดูดออกจากพื้นที่ อากาศที่เติมเข้าไปชดเชย อาจเป็นอากาศที่สะอาด หรืออากาศจาก Zone อื่นที่มี Air Class ที่เหมาะสมก็ได้

ตารางที่ 2.6 Minimum Exhaust Rate (ASHRAE Standard 62.1-2013)

ประเภทการใช้งาน	Exhaust Rate cfm/unit	Exhaust Rate cfm/ft2	หมายเหตุ	Air Class
สนามกีฬา	-	0.5	B	1
ห้องเรียนศิลปะ	-	0.7		2
อู่ซ่อมรถยนต์	-	1.5	A	2
ร้านตัดผม	-	0.5		2
ร้านเสริมสวยและทำเล็บ	-	0.6		2
ห้องคุมขังนักโทษพร้อมห้องน้ำ	-	1		2
ห้องพิมพ์เอกสารและถ่ายสำเนา	-	0.5		2
ห้องล้างฟิล์ม	-	1		2
ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	-	1		2
ห้องเก็บอุปกรณ์ทำความสะอาด ห้องขยะ ห้องรีไซเคิล	-	1		3
ห้องครัวเล็กๆ	-	0.3		2
ห้องครัวเชิงพาณิชย์	-	0.7		2
ห้องแต่งตัว/เก็บของ	-	0.25		2
ห้องตู้ล็อกเกอร์	-	0.5		2
บูธสเปรย์สี	-	-	F	4
โรงจอดรถ	-	0.75	C	2
ร้านขายสัตว์เลี้ยง	-	0.9		2
ห้องเครื่องทำความเย็น	-	-	F	3
ห้องครัวในที่พักอาศัย	50/100	-	G	2
ห้องเก็บผ้าสกปรก	-	1	F	3
ห้องเก็บสารเคมี	-	1.5	F	4
ห้องน้ำส่วนตัว	25/50	-	E,H	2
ห้องน้ำสาธารณะ	50/70	-	ED,H	2
ห้องช่าง/ห้องเรียน-งานไม้	-	0.5		2

หมายเหตุ : A: ตรงตำแหน่งที่เครื่องยนต์ การเดินเครื่องต้องมีระบบดูดไอเสียที่เชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับท่อไอเสียและมีการป้องกันการเล็ดลอดของควันไอเสีย

B: ถ้า มีการใชอุ้ปกรณ์ที่มีการเผาไหมในสนามตอ้งจัดด ให้มีการระบายอากาศหรือการควบคุมมลภาวะที่จุดกำเนิดเพิ่มเติม

C: ไม่จำเป็นต้องดูดอากาศออกทิ้งถ้ามีผนังอย่างน้อยสองด้านหรือมากกว่าที่มีช่องเปิดโล่งเกิน 50 % ของพื้นที่ผนังแต่ละด้าน

D: อัตรานี้เป็นอัตราต่อห้องน้ำหนึ่ง ใช้อัตราสูงในสภาวะที่คาดว่าจะมีการใช้งานหนัก เช่น ห้องสุขาในโรงภาพยนตร์ โรงเรียน และสถานที่เล่นกีฬา นอกนั้นแล้ว ใช้อัตราต่ำได้

E: อัตรานี้เป็นอัตราสำหรับห้องน้ำส่วนตัวที่เข้าใช้ทีละคน สำหรับระบบที่ทำงานอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาการใช้งานปกติ ให้ใช้อัตราที่ต่ำกว่าระบุได้ มิฉะนั้นให้ใช้อัตราที่สูงขึ้น

F: ดูมาตรฐานบังคับอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

G: สำหรับระบบที่มีการทำงานต่อเนื่องให้ใช้อัตราอันต่ำ มิฉะนั้นแล้วให้ใช้อัตราอันสูง

H: อากาศเสียที่ผ่านกระบวนการความสะอาดจนได้ตามเกณฑ์ของ Air Class 1 แล้ว สามารถนำไปใช้หมุนเวียนได้ (Return กลับไป AHU ได้)

2.1.6.3 การออกแบบเพื่อรองรับ Variable Load ConditionsVariable Load Conditions หมายถึงการที่ภาระความร้อน หรือความเย็น เปลี่ยนไป หรือจำนวนคนมีการเปลี่ยนแปลงไป ระบบระบายอากาศจะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถส่ง Fresh Air เข้าไปยัง Breathing Zone ได้ในปริมาณอย่างน้อยตามที่คำนวณได้ ไม่ว่า Load Conditions จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม VAV ซึ่งมีการหรี่ลมที่จ่ายเข้าสู่ Breathing Zone ตาม Load ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป มาตรฐานจึงกำหนดไว้ว่า ในการคำนวณจะต้องศึกษาว่า Outdoor Air ที่ส่งเข้าสู่ Breathing Zone มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ภายใต้สภาวะ Load ต่าง ๆ และผู้ออกแบบจะต้องทำให้ระบบมีความสามารถที่จะส่ง Outdoor Air เข้าสู่ Breathing Zone ได้เสมอ ตามมาตรฐานนี้ ในทุกสภาวะ Load

นอกจากนี้มาตรฐาน 62.1 ยังมีรายละเอียดอื่นๆ ที่สำคัญอีก เช่นเรื่องของ System และ Equipment ที่เหมาะสมสำหรับระบบระบายอากาศที่ดี การคำนวณปริมาณอากาศระบายด้วยวิธีอื่นๆ เช่นวิธี Indoor Air Quality และ Natural Ventilation Procedure การก่อสร้างระบบที่ดี และการ Start-up การใช้งานและการบำรุงรักษาระบบที่ดี เป็นต้น

2.1.6.4 การคำนวณอัตราการไหลเวียนอากาศต่อพื้นที่ใช้งาน อ้างอิงอัตราการระบายอากาศตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 และ 39

ตารางที่ 2.7 อัตราการระบายอากาศตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 และ 39

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศ (ลบ.ม./ช.ม./ตร.ม.)
1	ห้างสรรพสินค้า(ทางเดินชมสินค้า)	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2
4	สถานอาบอบนวด	2
5	ชั้นติดต่อธุระกับธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานโบว์ลิ่ง	4
10	โรงมหรสพ(บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
16	สถานที่จำหน่าย อาหารและเครื่องดื่ม	10
17	ไนต์คลับ บาร์ หรือสถานลีลาศ	10
18	ห้องครัว	30
19	โรงพยาบาล-ห้องคนไข้	2
20	ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	8
21	ห้องไอ.ซี.ยู	5

พื้นที่ใช้งานกรณีศึกษา 14 ตร.ม. ปริมาตรห้องกรณีศึกษา 42 ตร.ม.

จาก 1 ACH/hr เทียบเท่า 42 ลบ.ม./ชั่วโมง

ค่ามาตรฐาน 2 ACH/hr เทียบเท่า 84 ลบ.ม./ชั่วโมง

เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งาน เท่ากับ 84/14 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตร.ม.

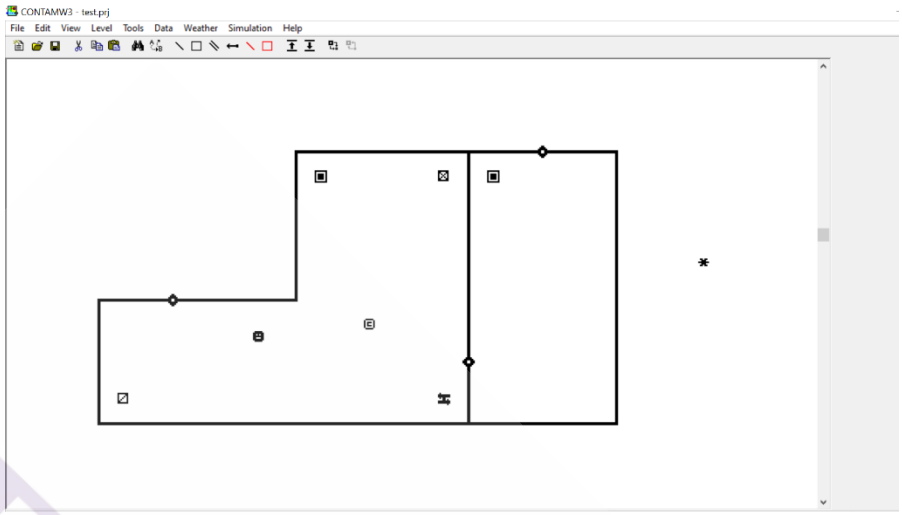
ดังนั้น อัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม เท่ากับ 6 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตร.ม.

2.2 โปรแกรมสำหรับจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศ CONTAMW

การจำลองและวิเคราะห์ระบายอากาศด้วยโปรแกรมจำลอง(Computer simulation programs) เป็นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในส่วนของ analytical และ empirical models ที่เกี่ยวข้องมาพัฒนาเป็นโปรแกรมจำลอง เพื่อคาดการณ์ประสิทธิภาพของ natural ventilation ทางด้านต่างๆ รวมถึง Comfort Ventilation ซึ่งสามารถแบ่งโปรแกรมที่นิยมใช้ในการศึกษาออกเป็น กลุ่มของ Multizone network models กลุ่มของ Zonal models และกลุ่ม Computational Fluid Dynamics (CFD) models

โปรแกรมการจำลองในกลุ่มของ Multizone network models เป็นโปรแกรมการจำลองที่มีการสมมุติฐานว่าอากาศภายในห้องหนึ่งๆ เป็นโซนที่มีอุณหภูมิอากาศสม่ำเสมอเท่ากันทั้งห้อง (Uniform หรือ Fully-mixed zone) และส่วนต่างๆของอาคารเชื่อมโยงกันในลักษณะเครือข่ายของจุดเชื่อมต่อ และสิ่งกีดขวาง (nodes และ resistanced) โดยใช้หลักการคงมวล(mass balance) ในการวิเคราะห์ โปรแกรมจึงสามารถคาดการณ์อัตราการถ่ายเทปริมาตรอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มี node จำนวนมากในระยะเวลาสั้นได้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบที่มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ เพื่อสร้างคุณภาพอากาศที่ดีสำหรับผู้ใช้งาน

โดยโปรแกรมจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศ CONTAMW จัดอยู่ในกลุ่มของ Multizone network models สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศ การเลือกใช้เทคโนโลยีในการควบคุม เพื่อใช้สำหรับการออกแบบอาคารก่อนการสร้าง การออกแบบการใช้งานอาคาร หรือการตรวจสอบประสิทธิภาพของคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับอาคารมีการใช้งานแล้ว และสามารถทำนายความเข้มข้นของ Contaminants ที่ผู้ใช้งานจะได้รับ ตามพื้นฐานลักษณะของที่พักอาศัย



ภาพที่ 2.17 โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศและวิเคราะห์คุณภาพอากาศ ContamW graphical simulation model

2.3 ผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Katarzyna Gadyszewska-Fiedoruk และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศภายในอาคารเรียน 3 ชั้น ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW และอ้างอิงมาตรฐานคุณภาพอาคารตาม PN-EN 13779:2008 และกำหนดค่าความเข้มข้นของ CO_2 ไม่เกิน 1000 ppm เพื่อให้เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายของนักเรียนและผู้ใช้อาคาร ในการวิเคราะห์ได้ทำการศึกษาเงื่อนไขการระบายอากาศ ทั้งหมด 6 เงื่อนไข ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านของ Insolation และแบบของ multizone ในช่วงฤดูร้อน ในเมือง Wroclaw ผลการศึกษาพบว่า หน้าต่างที่มีการรอยรั่วของอากาศสูง ส่งผลให้คุณภาพอากาศภายในอาคารต่ำ ความเข้มข้นของ CO_2 มากกว่า 3000 ppm และการ seal เพื่อลดรอยรั่วบริเวณหน้าต่าง เพื่อลดCO_2 นั้น ทำให้การระบายอากาศมีลักษณะผิดปกติ การแก้ไขด้วยวิธีการติดพัดลมระบายอากาศ ช่วยให้มีการระบายอากาศได้ดีขึ้น แต่ส่งผลกระทบด้านพลังงานความร้อน อุณหภูมิภายในอาคารลดลงอย่างมาก จากการวิเคราะห์จึงพบว่า การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ไม่สามารถให้การระบายอากาศที่เหมาะสมได้ เนื่องจากการละค่าของ CO_2 ภายในอาคารที่เกินเงื่อนไขที่ควบคุม ละอุณหภูมิที่ไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกสบาย หากทำการควบคุมคุณภาพอากาศโดยเพิ่มการแลกเปลี่ยนอากาศควรทำไปควบคู่กับการเพิ่มเครื่องทำความร้อน และควรพิจารณาความเหมาะสมสำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

Nikolaos Temenos และคณะ (2015) ทำการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคาร Greek Apartments โดยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW ทำการวิเคราะห์โดยตรวจสอบ ความเข้มข้น CO_2, NO_2, PM 2.5, Radon, Formaldehyde ที่ผู้อาศัยได้รับในรูปแบบการ

ระบายอากาศแบบ multizone จากการศึกษาผลว่า ความเข้มข้นของ Contaminants ในอาคารที่ผู้ใช้อาคารได้รับ ขึ้นอยู่กับ 6 ปัจจัยได้แก่ 1) ระยะเวลาที่ผู้ใช้อาคารอาศัยในแหล่งมลพิษ 2) ระยะเวลาการทำอาหารในห้องทำอาหารและการใช้เครื่องทำความร้อน 3)สภาพอากาศ 4)การออกแบบโซนภายในของอาคาร 5)ที่ ตั้งของแหล่งมลพิษ และ 6) ขนาดที่เปิดสู่ภายนอกของที่อยู่อาศัย

พิมลศิริ ประจงสาร (2559) ได้ทำการศึกษาวิธีการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเพื่อเพิ่มความสบาย จากเอกสารทางวิชาการในระดับนานาชาติช่วง 30 ปี เพื่อศึกษาหลักการ ความสามารถ และข้อจำกัด โดยพบว่า การศึกษาเกี่ยวกับ Comfort Ventilation มีอยู่สองลักษณะประกอบด้วยการสำรวจประสิทธิภาพของ Comfort Ventilation ต่อสภาวะสบายของผู้ใช้อาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะสบายแบบปรับตัว (adaptive thermal comfort) ซึ่งจะใช้วิธีการจำลองเป็นวิธีการศึกษาหลัก ทั้งในการใช้หุ่นจำลองย่อขนาดและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังพบว่าพัฒนาการของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรแกรมในกลุ่มของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ส่งผลดีต่อการศึกษาที่เพิ่มอย่างรวดเร็ว ความถูกต้องของ inputs และการตั้งค่าต่างๆของโปรแกรม มีความสำคัญอย่างสูงต่อผลการศึกษา ควรให้ความสำคัญ ตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของโปรแกรม

วรสันต์ ชื่นชีพ (2548) ศึกษาการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติของอาคารใต้ดิน โดยศึกษาปัจจัยด้านการออกแบบขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มอัตราการระบายอากาศในอาคารใต้ดิน ให้ได้ปริมาณการไหลเวียนอากาศที่เพียงพอ และทั่วถึงทุกตำแหน่งในเกณฑ์ที่กำหนด 4 ACH/hr พบว่า ปัจจัยคืออัตราส่วนระหว่างช่องเปิดให้ลมเข้า ต่อช่องเปิดให้ลมออก และอีกปัจจัยที่ส่งผลคือ ขนาดของช่องเปิด สำหรับการศึกษาได้ออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ทำการศึกษาด้วยการจำลองโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computataional Fluid Dynamics : CFD) และวิเคราะห์อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านช่องเปิดในการเจือจางและดูดอากาศเสีย เป็นแนวทางในการปรับปรุงขนาดและออกแบบช่องเปิดให้เพียงพอ ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนช่องเปิดที่ทำให้ได้ปริมาณการไหลของอากาศสูงสุดคือ ช่องเปิดเข้าออกที่มีขนาดเท่ากัน และขนาดช่องเปิดที่พอเหมาะกับอาคารเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละของช่องเปิดต่อผนังในส่วนระบายอากาศธรรมชาติ ได้ร้อยละ 5 ของพื้นที่ผนัง แต่ทำให้เกิดจุดอับลมและทำให้มลภาวะไม่เหมาะสม จึงมีการปรับปรุงตำแหน่งและขนาดช่องเปิดใหม่ที่ระยะต่างๆ และขนาดช่องเปิดร้อยละ 10 สามารถตอบสนองการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติให้ได้ประโยชน์สูงสุดตลอดปี

สาริณี ชมพู (2561) ศึกษาการจำลองระบบอัดอากาศและปรับปรุงระบบอัดอากาศในบันไดหนีไฟของอาคารสูง 19 ชั้น ด้วยโปรแกรมจำลอง CONTAMW เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของควันในช่องบันไดหนีไฟ จากอัตราการไหลของอากาศและพิจารณาความแตกต่างของความดัน

ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถทราบค่าของอัตราการไหลของกาศที่ต้องจ่ายให้กับช่องบันไดหนีไฟ และปล่องลิฟต์ดับเพลิง รวมทั้งพบว่า การเปิดบานประตูค้างไว้ จะทำให้ความแตกต่างภายในลดลง ทำให้ต้องทำการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศที่ต้องจ่ายให้ระบบ

อัญชิษฐา จ้างประเสริฐ (2558) ศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติของผู้บริโภคบ้านเดี่ยวระดับกลาง จากการสำรวจตามแบบสอบถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติและวิธีกล แต่ไม่สามารถอธิบายข้อดีหรือจุดเด่นของบ้านที่ประกอบด้วยระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้ และให้ความสำคัญของการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติประกอบการเลือก อยู่ในระดับปานกลาง

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเพื่อเป็นตัวเลือกการตัดสินใจของผู้บริโภคบ้าน ยังได้รับความสำคัญ ในระดับ ปานกลางและเกิดการเข้าใจในขั้นต้น ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการไหลของอากาศและระบบระบายอากาศ ในสถานศึกษา โรงพยาบาลหรืออาคารสำนักงานเป็นหลัก ระบบการไหลของอากาศภายในบ้านพักอาศัยจึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในรูปแบบของบ้านประหยัดพลังงานซึ่งเริ่มมีการให้ความสำคัญและปลูกสร้างกันอย่างแพร่หลาย เพื่อพิจารณาการออกแบบบ้านพักอาศัยให้เกิดประสิทธิภาพ ในด้านพลังงานและสร้างคุณภาพภาพอากาศภายในที่ดีส่งผลดีต่อผู้อยู่อาศัยได้อย่างสูงสุด ผู้วิจัยทำการศึกษาการไหลของอากาศด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรมการจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศและคุณภาพอากาศภายในได้อย่างครอบคลุม และมีความสะดวกต่อการพิจารณาประสิทธิภาพของการออกแบบ รวมทั้งสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการระบายอากาศให้เป็นไปตามเป้าหมายด้านมาตรฐานคุณภาพระบบระบายอากาศได้อย่างรวดเร็ว

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การวิจัยเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัย ศึกษาลักษณะการไหลของอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกับภายนอก และทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ เพื่อให้ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้พักอาศัย สร้างความรู้สึกสบาย และเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยการใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยดังนี้

3.1.1 เลือกกรณีศึกษาบ้านตัวอย่าง

3.1.2 เก็บข้อมูลและทดลองจำลองรูปแบบการระบายอากาศของบ้านกรณีศึกษา โดยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ

3.1.3 วิเคราะห์รูปแบบระบบระบายอากาศ และแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ

3.1.4 สร้างสมมติฐานเป็นแนวทางการปรับปรุง หากไม่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับ

3.1.5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ

3.2 ตัวแปรงานวิจัย

ตัวแปรต้น	รูปแบบระบบการระบายอากาศของแบบบ้านกรณีศึกษา
ตัวแปรควบคุม	ทิศทางและความเร็วลมธรรมชาติ
ตัวแปรตาม	ลักษณะการไหลของอากาศ,อัตราการไหลของอากาศ, อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

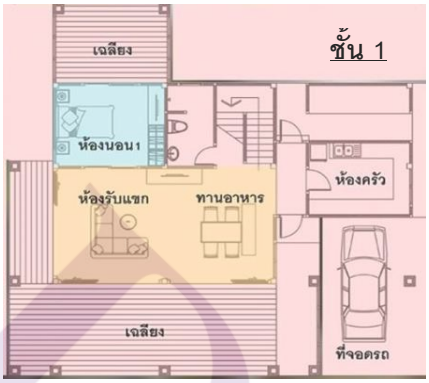
3.3.1 โปรแกรมวิเคราะห์ระบบระบายอากาศ ได้แก่ CONTAM

3.3.2 ข้อมูลแบบแปลนบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

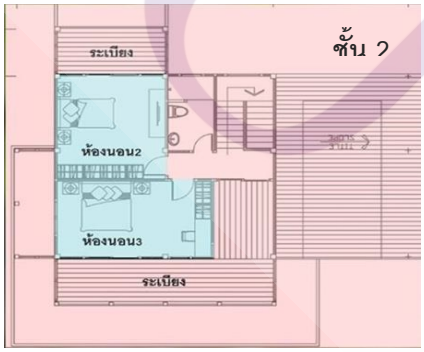
3.4.1 การศึกษางานวิจัยนี้ ทำการศึกษาแบบบ้านพักอาศัยขนาดกลาง พื้นที่ใช้สอยประมาณ 130 ตารางเมตร ในลักษณะบ้านเดี่ยวสองชั้น

(1) แบบบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาชั้นที่ 1



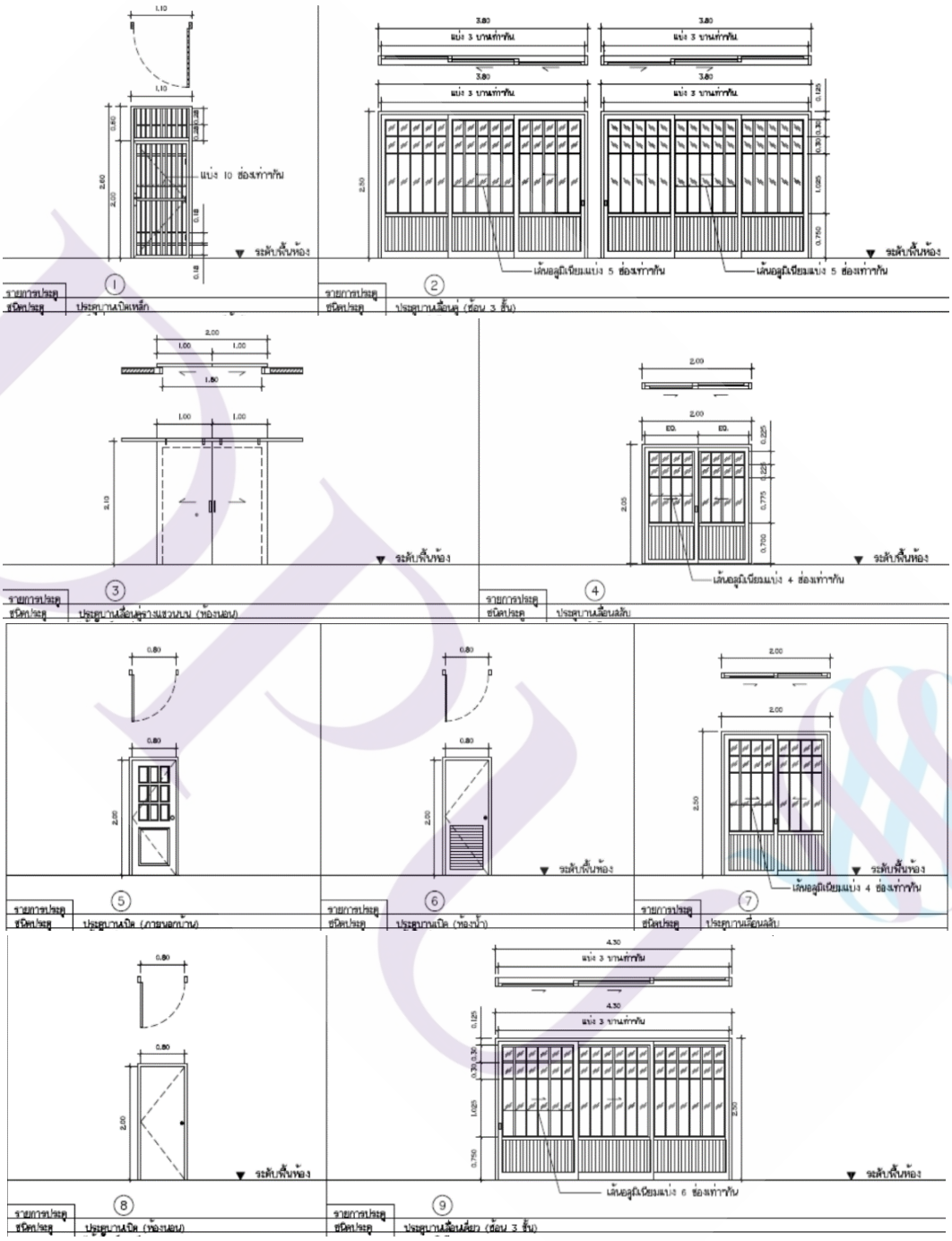
ภาพที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างระบบระบายอากาศแบบบ้านสองชั้น ชั้นที่1 จาก แบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017

(2) แบบบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาชั้นที่ 2

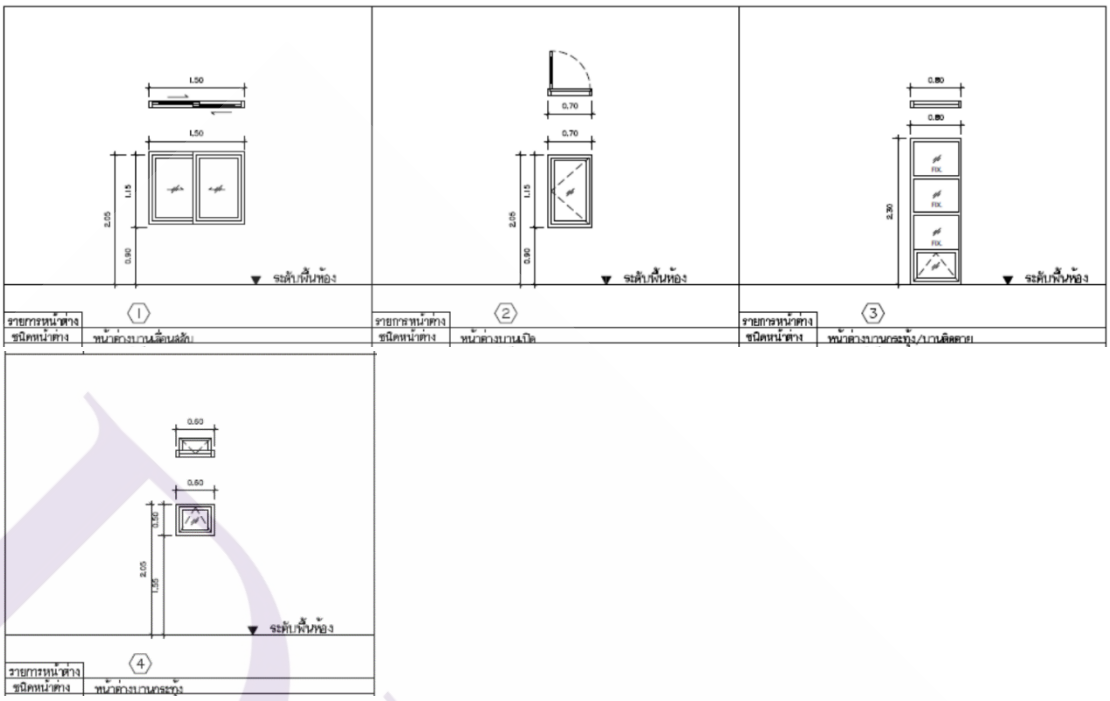


ภาพที่ 3.2 แผนผังโครงสร้างระบบระบายอากาศแบบบ้านสองชั้น ชั้นที่2 จาก แบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017

3.4.2 รูปแบบช่องเปิดการระบายอากาศที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง



ภาพที่ 3.3 รูปแบบช่องเปิดการระบายอากาศแบบประตูของแบบบ้านประหยัดพลังงานกรณีศึกษาจากแบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017



ภาพที่ 3.4 รูปแบบช่องเปิดการระบายอากาศแบบหน้าต่างของแบบบ้านประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา จากแบบบ้านประหยัดพลังงาน. DEDE HOME. 2017

3.4.3 ความเร็วลมเฉลี่ยที่ใช้ในการจำลองระบบระบายอากาศ

ศึกษาข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย แต่ละเดือนของจังหวัดกรุงเทพมหานคร ใน 1 ปี เพื่อเป็นตัวแปรควบคุมในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศสำหรับแบบบ้านตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละเดือนของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

เดือน	ความเร็วลมเฉลี่ย(เมตร/วินาที)
มกราคม	0.62
กุมภาพันธ์	1.18
มีนาคม	1.08
เมษายน	1.18
พฤษภาคม	1.03
มิถุนายน	0.87
กรกฎาคม	0.77

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

เดือน	ความเร็วลมเฉลี่ย(เมตร/วินาที)
สิงหาคม	0.62
กันยายน	0.51
ตุลาคม	0.57
พฤศจิกายน	0.51
ธันวาคม	0.67

อ้างอิงข้อมูล จากกรมอุตุนิยมวิทยา

ความเร็วลมที่ใช้การจำลองสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศสำหรับแบบบ้านตัวอย่าง กำหนดโดยเลือกความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปีของจังหวัดกรุงเทพมหานคร คือ 0.8 m/s

3.5 การดำเนินการวิจัย

3.5.1 รวบรวมข้อมูลแผนผังโครงสร้างของบ้านกรณีศึกษา

3.5.2 ศึกษาลักษณะการระบายอากาศของแบบจำลองบ้านกรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM สร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการไหลของอากาศ อัตราการไหลของอากาศ และอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศ ในแต่ละพื้นที่ ตามรายละเอียดดังนี้

3.5.2.1 วาดแผนผังโครงสร้างของแบบจำลองระบบระบายอากาศ กำหนดพื้นที่ผังโครงสร้างตามการกั้นแยกด้วยผนัง โดยกำหนดความสูงระหว่างชั้นของรูปแบบจำลองเป็น 3 เมตร

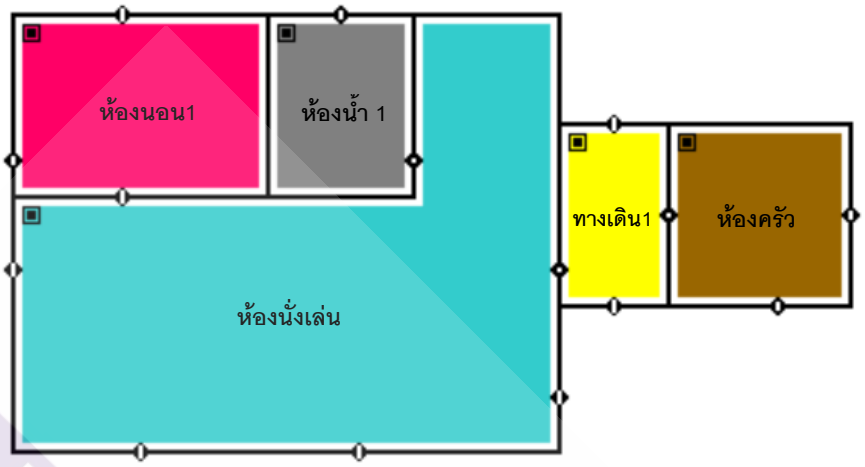
3.5.2.2 กำหนด Zone ของแต่ละพื้นที่ของผังโครงสร้างตามการกั้นแยกด้วยผนัง พร้อมระบุตำแหน่งและข้อมูลของช่องเปิดการระบายอากาศ (Flow Path) ในแต่ละพื้นที่ โดยแผนผังโครงสร้างของบ้านกรณีศึกษา พื้นที่ใช้สอย 139 ตารางเมตร ชั้น 1 ประกอบด้วย 4 พื้นที่ใช้สอยภายใน1 และ 1 พื้นที่เชื่อมต่อ ชั้นที่ 2 ประกอบด้วย 3 พื้นที่ใช้สอยภายใน และ1 พื้นที่เชื่อมต่อ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลผังโครงสร้างระบบระบายอากาศแบบบ้านกรณีศึกษา

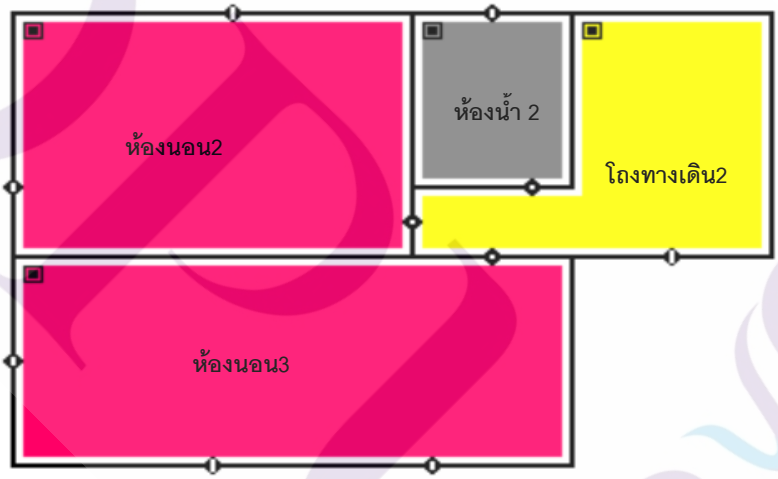
พื้นที่ระบายอากาศ	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม.)	ช่องเปิดการระบายอากาศ
<u>รูปแบบการระบายอากาศของชั้นที่ 1</u>		
1. ห้องนอน 1	13	- ประตูบานเลื่อนคู่แบบรางแขวน ขนาด 2 x 2.1 ตร.ม. - ประตูบานเลื่อนสลับ ขนาด 2 x 2.05 ตร.ม. - หน้าต่างบานเปิดขนาด 1.15 x 0.7 ตร.ม. ความสูงจากระดับพื้นห้อง 0.9 เมตร
2. ห้องนั่งเล่น	36	- ประตูบานเลื่อนเดี่ยว ซ้อน 3 ชั้น ขนาด 3.8 x 2.5 ตร.ม. จำนวน 2 บาน - ประตูบานเลื่อนเดี่ยว ซ้อน 3 ชั้น ขนาด 4.30 x 2.50 ตร.ม. - ประตูบานเลื่อนคู่แบบรางแขวนขนาด 2 x 2.1 ตร.ม. - ประตูบานเลื่อนสลับ ขนาด 2 x 2.5 ตร.ม. - ประตูบานเปิดเชื่อมต่อภายนอกบ้าน ขนาด 0.8 x 2.0 ตร.ม.
3. ห้องครัว	11	- หน้าต่างบานเลื่อนสลับ ขนาด 1.50 x 1.15 ตร.ม. ความสูงจากระดับพื้นห้อง 0.9 เมตร 2 บาน - ประตูบานเปิดเชื่อมต่อภายนอกบ้าน ขนาด 0.8 x 2.0 ตร.ม.
4. ห้องน้ำ 1	6	- หน้าต่างบานกระทุ้ง ขนาด 0.60 x 0.50 ตร.ม. ความสูงจากระดับพื้นห้อง 1.55 เมตร - ประตูบานเปิดห้องน้ำ ขนาด 0.80 x 2.00 ตร.ม.

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

พื้นที่ระบายอากาศ	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม.)	ช่องเปิดการระบายอากาศ
<u>รูปแบบการระบายอากาศของชั้นที่ 1</u>		
5. โถงทางเดินชั้น1	13	- ประตูบานเปิดเหล็ก ขนาด 2.6 x 1.1 ตร.ม. 2 บาน
<u>รูปแบบการระบายอากาศของชั้นที่ 2</u>		
6. ห้องนอน 2	17	- ประตูบานเลื่อนสลับ ขนาด 2 x 2.05 ตร.ม. - ประตูบานเปิดห้องนอน ขนาด 0.80 x 2.00 ตร.ม. - หน้าต่างบานเปิด ขนาด 0.70 x 1.15 ตร.ม. ความสูงจากระดับพื้นห้อง 0.90 เมตร
7. ห้องนอน 3	19	- ประตูบานเลื่อนสลับ ขนาด 2 x 2.05 ตร.ม. - ประตูบานเปิดห้องนอน ขนาด 0.80 x 2.00 ตร.ม. - หน้าต่างบานเลื่อนสลับ ขนาด 1.50 x 1.15 ตร.ม. ความสูงจากระดับพื้นห้อง 0.90 เมตร 2 บาน
8. ห้องน้ำ 2	6	- หน้าต่างบานกระทุ้ง ขนาด 0.60 x 0.50 ตร.ม. ความสูงจากระดับพื้นห้อง 1.55 เมตร - ประตูบานเปิดห้องน้ำ ขนาด 0.80 x 2.00 ตร.ม.
9. โถงทางเดินชั้น 2	11	- ประตูบานเลื่อนสลับ ขนาด 2 x 2.05 ตร.ม.



ภาพที่ 3.5 แบบจำลองระบบระบายอากาศแบบบ้านกรณีศึกษา ชั้นที่ 1 ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM



ภาพที่ 3.6 แบบจำลองระบบระบายอากาศแบบบ้านกรศึกษา ชั้นที่ 2 ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM

3.5.2.3 กำหนดรูปแบบการไหลของอากาศ ที่เหมาะสมกับลักษณะของช่องเปิดระบายอากาศแต่ละช่อง โดยกำหนดการจำลองระบบระบายอากาศตามรูปแบบกรณีศึกษาดังนี้

3.5.2.3.1 กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ศึกษาการอัตราการไหลและการแลกเปลี่ยนอากาศในรูปแบบปิดช่องเปิดการระบายอากาศทั้งหมด

3.5.2.3.2 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ศึกษาการอัตราการไหลและการแลกเปลี่ยนอากาศในรูปแบบเปิดช่องเปิดส่วนของหน้าต่าง จำลองสภาวะการอยู่อาศัยในบ้านพักอาศัยปกติ

3.5.2.3.3 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ศึกษาการอัตราการไหลและการแลกเปลี่ยนอากาศในรูปแบบเปิดช่องเปิดอากาศทั้งหมดภายในบ้าน เพื่อศึกษาสภาวะการระบายอากาศสูงสุดของรูปแบบการจำลอง

3.5.2.4 กำหนดสภาพภูมิอากาศและสภาวะแวดล้อมของแบบจำลอง สำหรับการศึกษานี้กำหนดอุณหภูมิภายนอกเป็น 33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเป็น 28 องศาเซลเซียส อ้างอิงค่าอุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของประเทศไทย ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร อ้างอิงข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกำหนดให้ค่าความดันแปรผันตามปัจจัยของสภาพแวดล้อม

3.5.2.5 ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์รูปแบบระบายอากาศ

3.5.3 นำผลการจำลองทำการวิเคราะห์ตัวแปร และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ที่ส่งผลต่อค่าลักษณะการไหลของอากาศ, อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ในพื้นที่

3.5.4 สร้างสมมติฐานเป็นแนวทางการปรับปรุง หากไม่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับ

3.5.5 สรุปผลการศึกษา

3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลระบบระบายอากาศของแบบบ้านกรณีศึกษา จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศได้แก่การออกแบบพื้นที่ตำแหน่งช่องเปิด และขนาดช่องเปิดของระบบระบายอากาศ ซึ่งส่งผลต่อลักษณะการไหลของอากาศ,อัตราการไหลของอากาศ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ในแต่ละพื้นที่ แสดงให้เห็นผลของคุณภาพอากาศภายใน โดยการศึกษานี้ทำการพิจารณาค่าคุณภาพอากาศ ประสิทธิภาพการและเปลี่ยนอากาศที่ยอมรับได้ อ้างอิงเกณฑ์การยอมรับดังนี้

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลระบบระบายอากาศ

ข้อมูลที่วิเคราะห์	เกณฑ์การยอมรับ
อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับห้องนอน	2 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตร.ม.
อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับห้องครัว	30 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตร.ม.
อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับห้องน้ำ	10 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตร.ม.

อ้างอิงมาตรฐานกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 และ 39

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศของแบบบ้านกรณีศึกษา

4.1.1 อัตราการไหลเวียนอากาศ(Air Flow rate) และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Change rate per hour) ตามเกณฑ์มาตรฐานกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 และ 39 อ้างอิงตารางที่ 2.7 เมื่อคำนวณอัตราการไหลเวียนอากาศขั้นต่ำเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศตามมาตรฐานเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 อัตราการไหลเวียนอากาศและอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำตามเกณฑ์มาตรฐานของแบบบ้านกรณีศึกษา

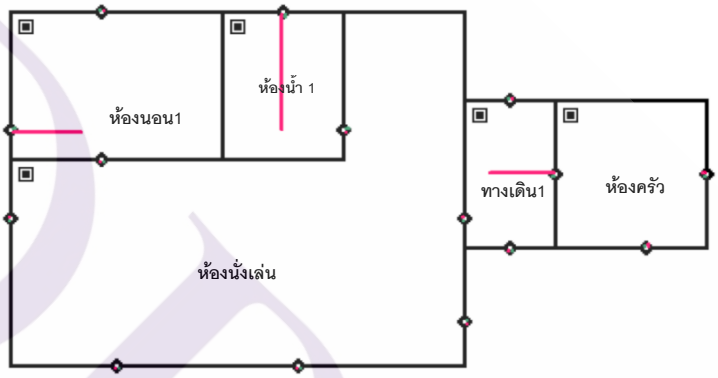
พื้นที่ระบายอากาศ (ตร.ม)	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม.)	ปริมาตรพื้นที่ (ลบ.ม.)	มาตรฐานการแลกเปลี่ยนอากาศ (ลบ.ม/ชม./ตร.ม.)	ขั้นต่ำอัตราการไหลเวียนอากาศ (ตร.ม./วินาที)	ขั้นต่ำอัตราการระบายอากาศ (ลบ.ม./วินาที/ตร.ม.)
<u>รูปแบบระบายอากาศของชั้นที่ 1</u>					
ห้องนอน1	13	38	2	0.021	0.002
ห้องนั่งเล่น	36	108	2	0.060	0.002
ห้องครัว	11	34	30	0.285	0.025
ห้องน้ำ1	6	18	10	0.050	0.008
โถงทางเดินชั้น1	3	10	-	0.006	0.002
<u>รูปแบบระบายอากาศของชั้นที่ 2</u>					
ห้องนอน2	17	51	2	0.028	0.002
ห้องนอน3	19	57	2	0.032	0.002
ห้องน้ำ2	6	18	10	0.050	0.008
โถงทางเดินชั้น2	11	33	-	0.018	0.002

4.2 ผลการศึกษารูปแบบจำลองการไหลของอากาศ

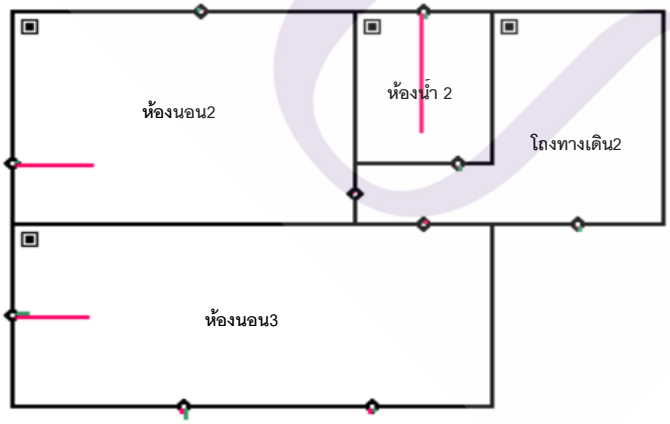
4.2.1 แบบจำลองระบบการไหลของอากาศ

จากการสร้างแบบจำลองระบบระบายอากาศเพื่อวิเคราะห์ระบบระบายอากาศของแบบบ้านกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW สามารถแสดงผลการจำลองในส่วนของความแตกต่างของความดัน ดังเส้นสีชมพู และ อัตราการไหลเวียนของอากาศ ดังเส้นสีเขียว ในภาพที่ 4.1-4.6

4.2.1.1 กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ



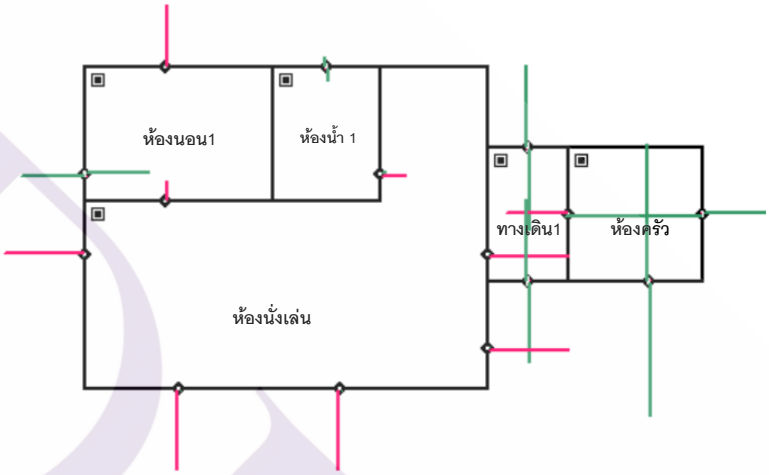
ภาพที่ 4.1 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาระบบปิด พื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 1



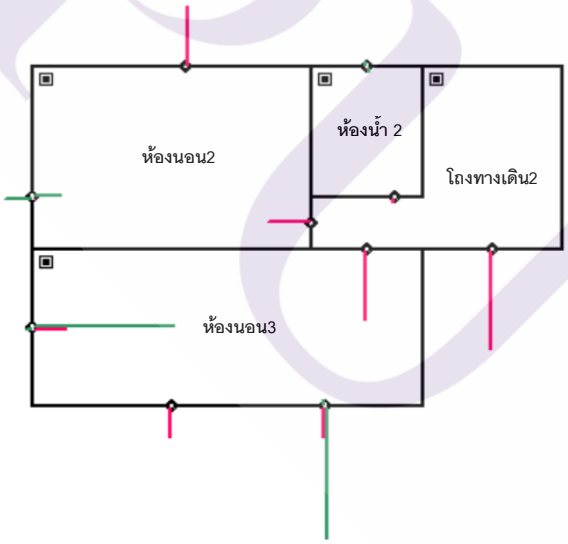
ภาพที่ 4.2 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาระบบปิด พื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 2

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าผลจากการจำลองรูปแบบการไหลของอากาศเมื่อทำการปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศทั้งหมด มีลักษณะความแตกต่างของความดันเกิดขึ้น และมีอัตราการไหลเวียนอากาศในปริมาณที่ต่ำมาก

4.2.1.2 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง



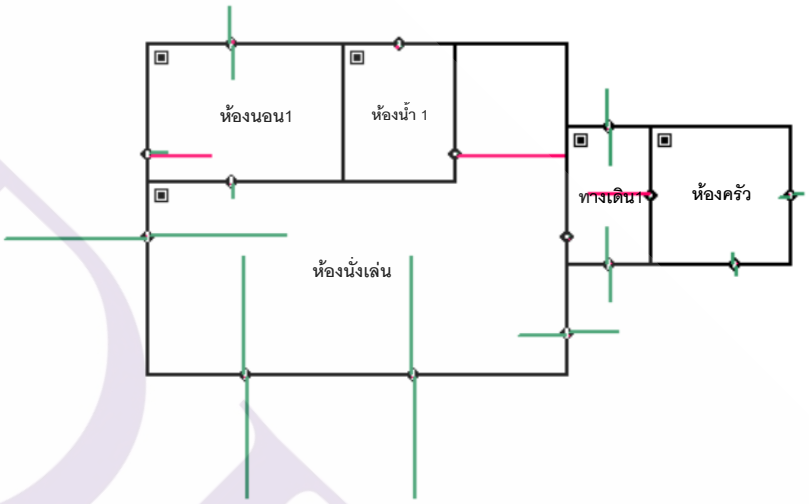
ภาพที่ 4.3 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 1



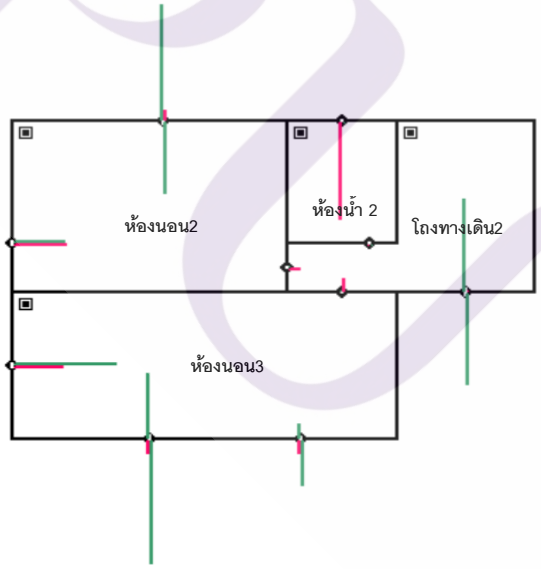
ภาพที่ 4.4 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 2

จากภาพที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าผลจากการจำลองรูปแบบการไหลของอากาศเมื่อทำการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง มีความแตกต่างของความดัน และอัตราการไหลเวียนของอากาศเพิ่มมากขึ้น โดยบริเวณห้องนอน3 ที่ชั้น2 เกิดอัตราการไหลเวียนอากาศสูงสุด

4.2.1.3 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด



ภาพที่ 4.5 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ชั้นที่ 1

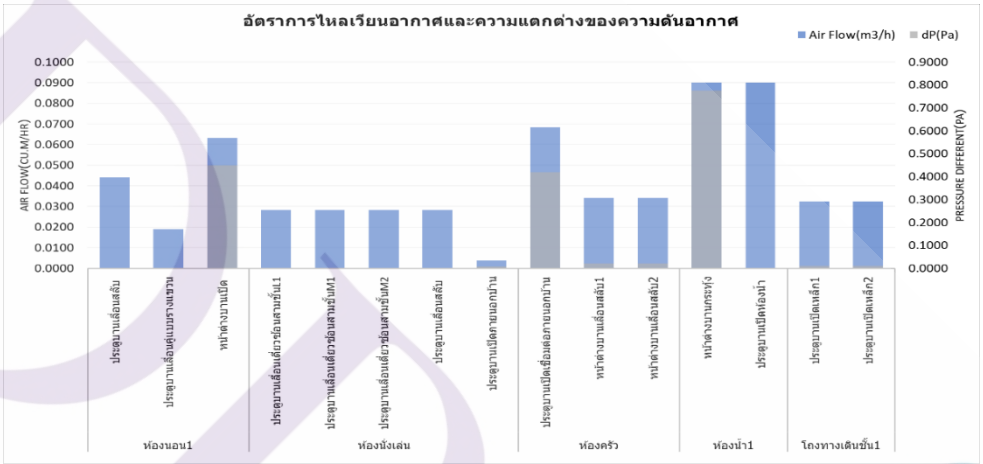


ภาพที่ 4.6 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองการไหลของอากาศกรณีศึกษาการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ชั้นที่ 2

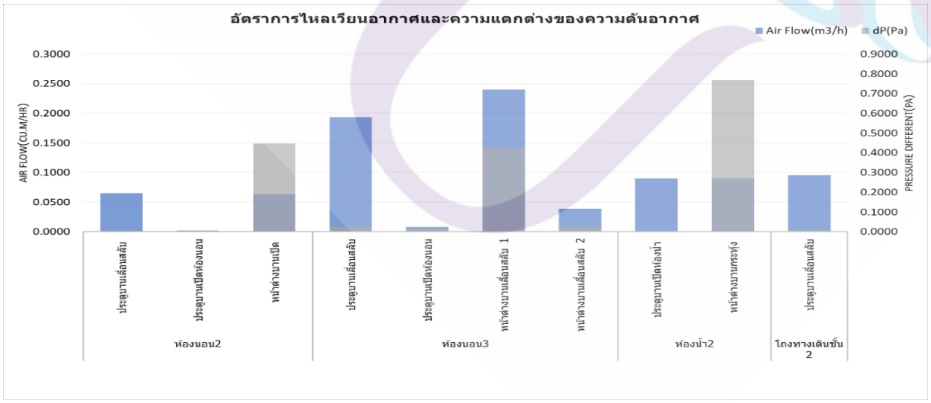
จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าผลจากการจำลองรูปแบบการไหลของอากาศเมื่อทำการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด มีความแตกต่างของความดัน และอัตราการไหลเวียนของอากาศสูง เกือบทุกพื้นที่ของแบบจำลอง ยกเว้นส่วนของห้องน้ำ และห้องครัว ที่มีรูปแบบการไหลของอากาศที่ต่ำใกล้เคียงศูนย์

4.2.2 อัตราการไหลเวียนอากาศ(Air Flow rate)และความแตกต่างของความดันอากาศ ผ่านช่องเปิดการระบายอากาศแต่ละประเภท

4.2.2.1 กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ



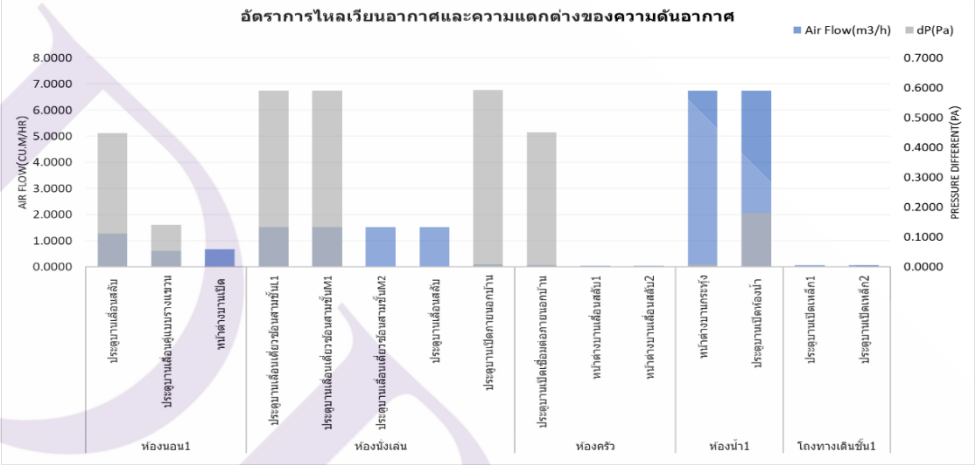
ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 1



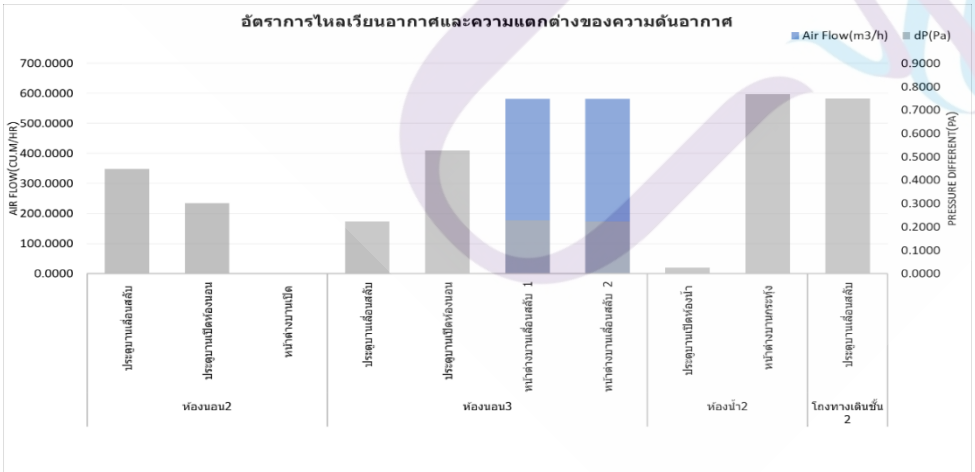
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ ชั้นที่ 2

จากภาพที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ ผ่านช่องเปิดการระบายอากาศแต่ละประเภทเมื่อทำการปิดพื้นที่เปิดการระบายอากาศ เกิดความแตกต่างความดันช่วง 0-0.8 Pa และหน้าต่างบานกระทุ้งในบริเวณห้องน้ำเกิดความต่างแรงดันสูงสุด ส่วนของอัตราการไหลเวียนอากาศมีปริมาณต่ำมากใกล้เคียงศูนย์ในทุกช่องเปิดการระบายอากาศ

4.2.2.2 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง



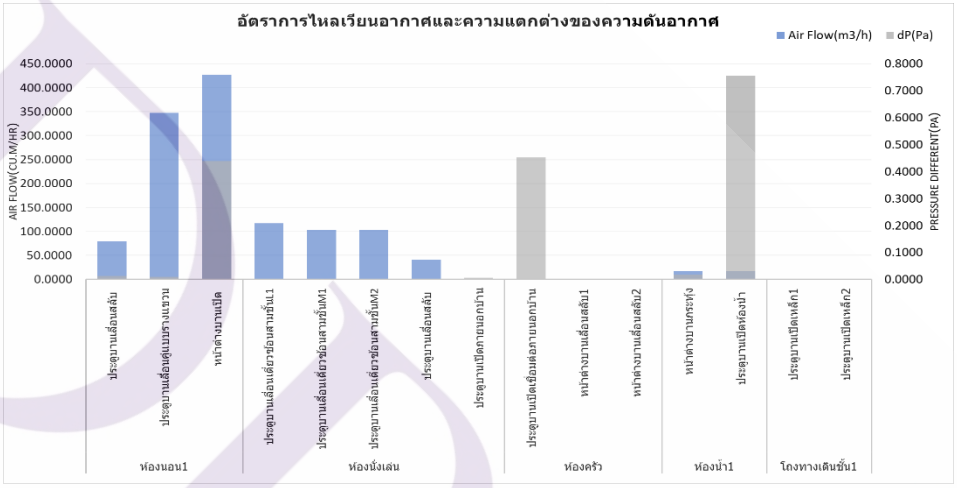
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 1



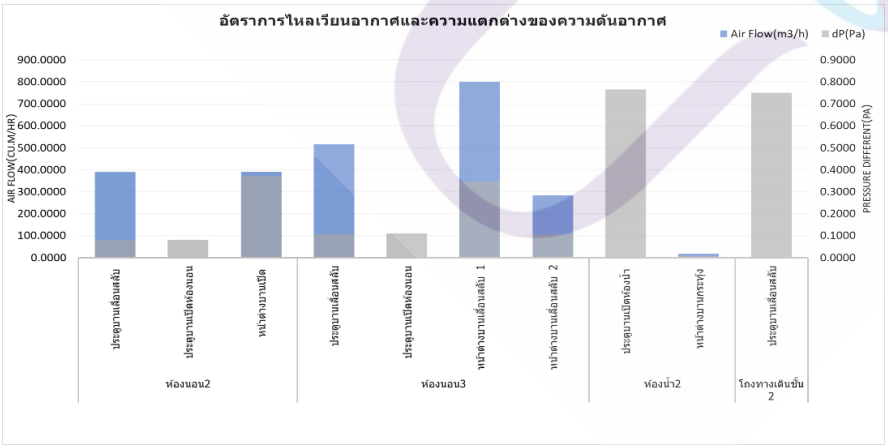
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง ชั้นที่ 2

จากภาพที่ 4.9 และ 4.10 อัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ เมื่อทำการเปิดช่องเปิดหน้าต่างๆ พบว่าความแตกต่างของความดันในช่องเปิดระบายอากาศต่างๆเพิ่มสูงขึ้น และพบอัตราการไหลเวียนอากาศในแต่ละพื้นที่ช่องเปิด โดยอัตราการไหลเวียนอากาศ สูงสุดเกิดในห้องนอน3 ชั้นที่2 ของแบบบ้านกรณีศึกษา ที่ช่องเปิดการระบายอากาศแบบหน้าต่างบานเลื่อนสลับ เป็น 582 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

4.2.2.3 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ชั้นที่ 1



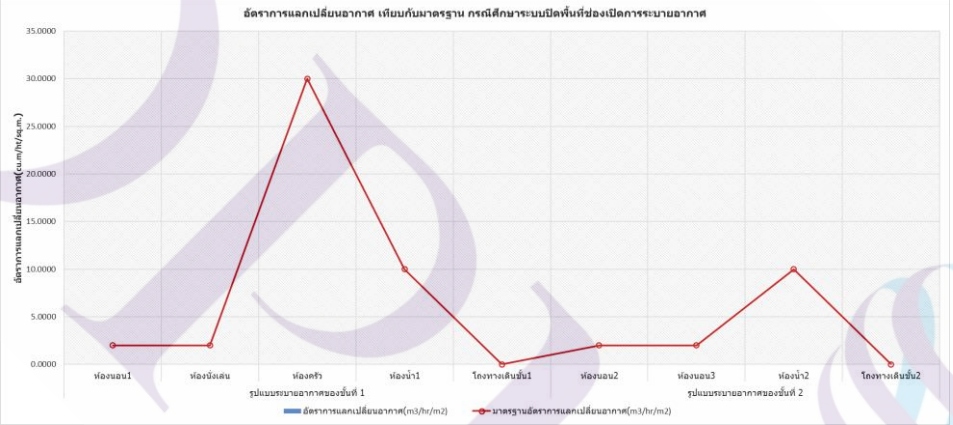
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลเวียนอากาศและความแตกต่างของความดันอากาศ กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ชั้นที่ 2

จากภาพที่ 4.11 และ 4.12 เมื่อทำการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด พบว่าช่องเปิดการระบายอากาศมีความแตกต่างของความดันลดต่ำลง และเกิดความแตกต่างของความดันสูงสุดในบริเวณห้องน้ำและห้องครัว ในทางตรงข้ามบริเวณห้องน้ำและห้องครัวมีอัตราการไหลของกาศในปริมาณที่ต่ำใกล้เคียงศูนย์ สำหรับพื้นที่อื่นๆ มีอัตราการไหลของอากาศในปริมาณที่สูง โดยห้องนอน3 บริเวณชั้น2 มีอัตราการไหลของอากาศของหน้าต่างบานเลื่อนสลับสูงสุดที่ 800 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

4.2.3 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Change Rate per hours)

จากการวิเคราะห์อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศโดยรวมของห้องในแต่ละพื้นที่การระบายอากาศ เทียบกับมาตรฐานอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำได้ผลดังนี้

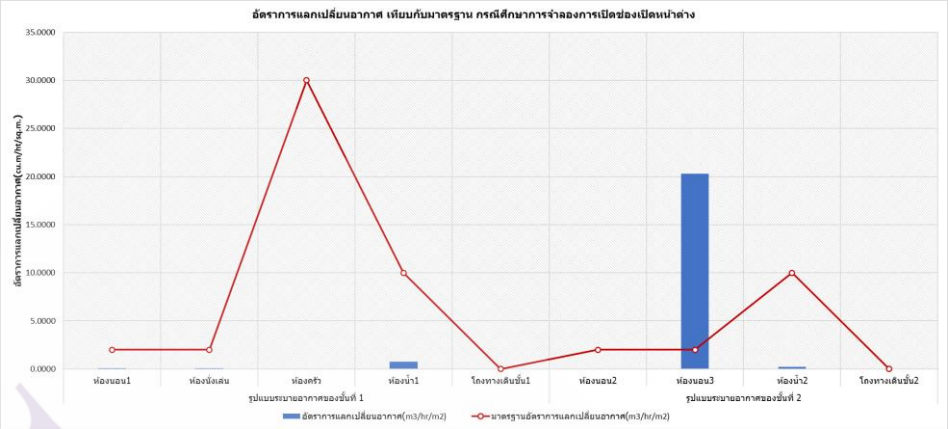
4.2.3.1 กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเทียบกับมาตรฐาน กรณีศึกษาการไหลของอากาศจำลองระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ

เมื่อทำการปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศทั้งหมด ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่ำมากใกล้เคียงศูนย์ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ

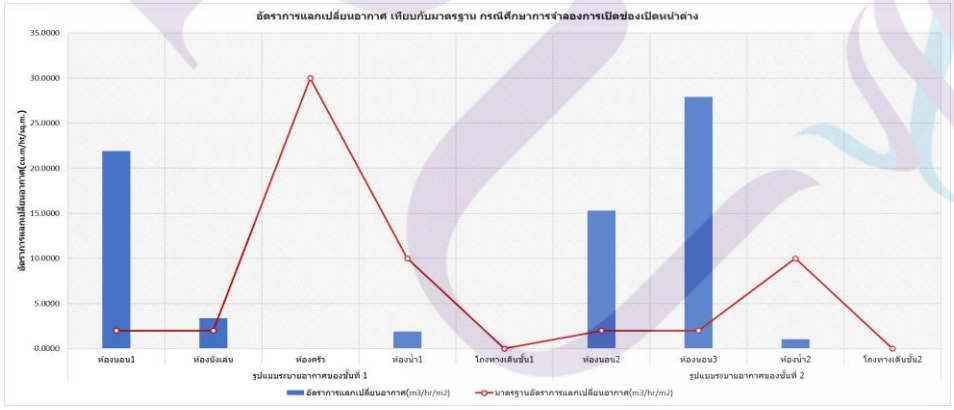
4.2.3.2 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง



ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเทียบกับมาตรฐาน กรณีศึกษาการไหลของอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง

เมื่อทำการปิดพื้นที่ช่องเปิดหน้าต่าง จากผลการวิเคราะห์พบว่าเริ่มเกิดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ และในพื้นที่ห้องนอน3 ที่ชั้น2 มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศถึง 20.27 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานการยอมรับ

4.2.3.3 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด

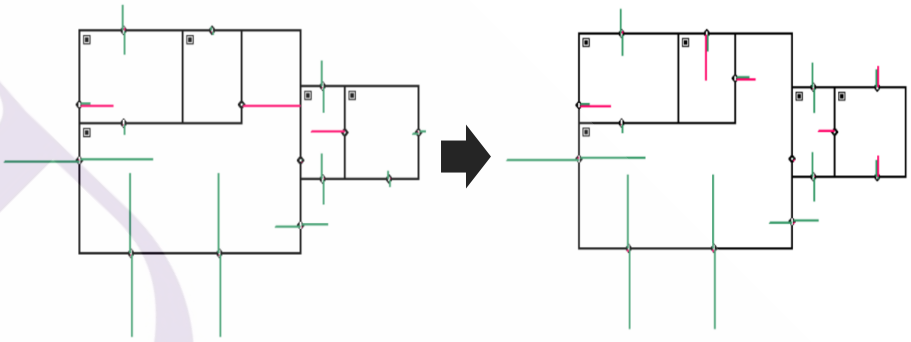


ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเทียบกับมาตรฐาน กรณีศึกษาการไหลของอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด

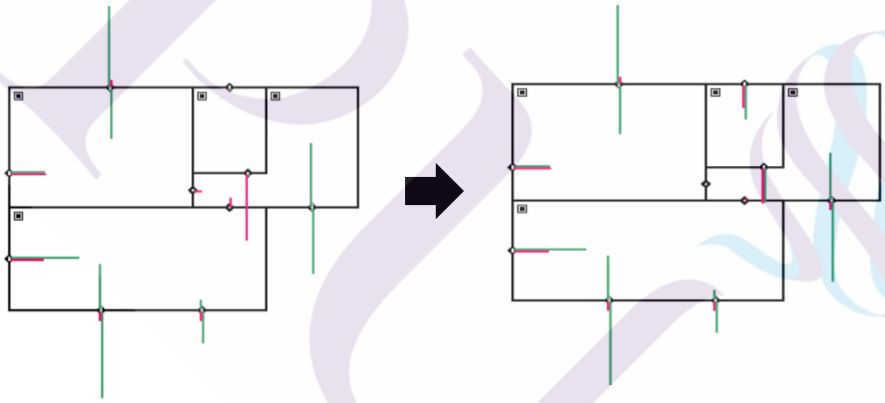
จากผลกรณีศึกษาระบบการไหลของอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 4.15 ซึ่งเป็นรูปแบบการจำลองอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดในแต่ละพื้นที่

พบว่าพื้นที่ต่างๆของบ้านกรณีศึกษาเกิดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูง สามารถเป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์มาตรฐานได้ ยกเว้นบริเวณห้องครัว ห้องน้ำ1 และ ห้องน้ำ2 ของบ้านต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงควรพิจารณาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการไหลของอากาศ

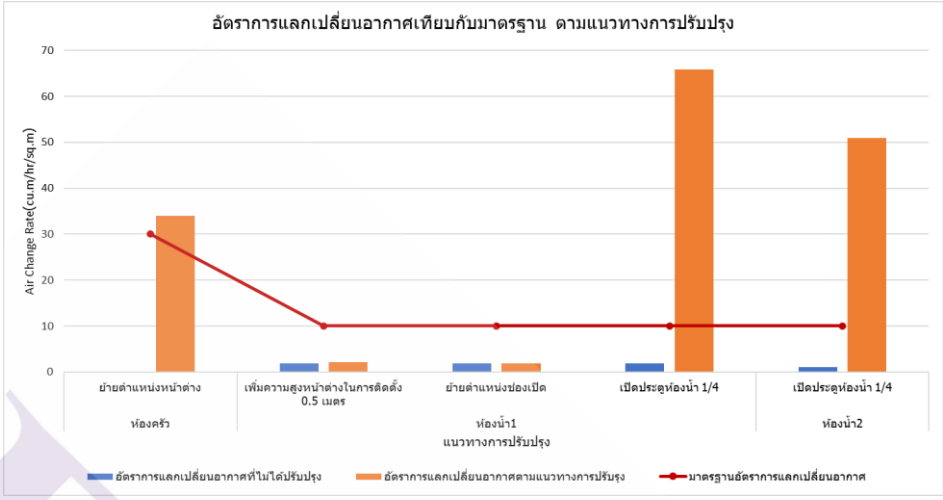
4.1.3.4 กรณีศึกษาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการไหลของอากาศตามเกณฑ์การยอมรับ



ภาพที่ 4.16 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศ ชั้นที่ 1



ภาพที่ 4.17 ลักษณะความแตกต่างของความดันและการไหลของอากาศ จากการจำลองแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศ ชั้นที่ 2



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศตามแนวทางการปรับปรุงเทียบกับมาตรฐานการแลกเปลี่ยนอากาศ

จากผลกรณีศึกษาการไหลของอากาศตามแนวทางการปรับปรุง ดังแสดงในภาพที่ 4.16 – 4.18 พบว่า บริเวณห้องน้ำทั้งในส่วนของชั้น1และ2 สามารถเกิดการไหลของอากาศมากขึ้นเมื่อทำการเปิดประตูห้องน้ำ 1/4 ของความกว้าง และห้องครัวเกิดการไหลของกาศสูงขึ้นเมื่อทำการย้ายตำแหน่งของหน้าต่างไปในทิศทางตรงข้ามของผนังในพื้นที่ โดยแนวทางการปรับปรุงของแต่ละพื้นที่ข้างต้น สามารถทำให้เกิดอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศในพื้นที่สูงกว่ามาตรฐานการแลกเปลี่ยนอากาศที่ยอมรับได้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัย ด้วยโปรแกรมการจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW สร้างแบบจำลองและวิเคราะห์รูปแบบการระบายอากาศของแบบบ้านกรณีศึกษารูปแบบการไหลของอากาศ อัตราการไหลของอากาศและพิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของช่องเปิดการระบายอากาศ ในรูปแบบกรณีศึกษา 3 กรณี ให้ผลการศึกษาดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 กรณีศึกษาระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการระบายอากาศ จำลองรูปแบบการระบายอากาศต่ำสุดของบ้านพักอาศัย พบว่า มีลักษณะความแตกต่างของความดันเกิดขึ้นในแต่ละห้องของแบบจำลองในปริมาณที่สูง และช่องว่างระหว่างช่องเปิดการระบายอากาศ(Air leakage area) ส่งผลให้มีอัตราไหลเวียนอากาศในปริมาณต่ำมาก ในช่วง 0 – 0.9 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และไม่สามารถให้มีอากาศสะสมหรือแลกเปลี่ยนภายใน เพื่อเป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับได้

กรณีศึกษาที่ 2 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง จำลองรูปแบบการพักอาศัยปกติ พบว่ามีอัตราการไหลเวียนอากาศตามช่องเปิดหน้าต่าง และมีความแตกต่างของความดันภายในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ในบริเวณห้องนอน ชั้น2 ของบ้านพักอาศัยมีพื้นที่เปิดหน้าต่างภายในห้องมากกว่า 1 จุด ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนอากาศสามารถแลกเปลี่ยนผ่านช่องเปิดได้มาก จนสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับได้ อัตราการไหลเวียนอากาศสูงสุดถึง 581 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง แต่ผลการศึกษาภาพรวมระบบระบายอากาศของบ้านพักอาศัยยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับได้

กรณีศึกษาที่ 3 กรณีศึกษาระบบระบายอากาศจำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด จำลองรูปแบบการระบายอากาศสูงสุด เมื่อพักอาศัย พบว่ามีอัตราการไหลเวียนอากาศตามช่องเปิดการระบายอากาศ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงเกินมาตรฐานการยอมรับเกือบทั้งหมดของพื้นที่ใช้สอยภายในบ้าน ในพื้นที่ห้องครัวและห้องน้ำมีช่องเปิดการระบายอากาศในหลายจุดแต่ผลการศึกษาพบว่าอัตราการไหลเวียนอากาศมีปริมาณต่ำใกล้เคียง0 และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

ต่ำมาก ซึ่งทั้งสองพื้นที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่ำกว่ามาตรฐานการยอมรับได้และควรปรับปรุงรูปแบบการระบายอากาศของพื้นที่

<u>กรณีศึกษาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการระบายอากาศ</u>

- แนวทางการปรับปรุงรูปแบบการระบายอากาศของห้องครัว ผลการศึกษาแบบจำลองพบว่าการเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งหน้าต่างระบายอากาศในห้องในพื้นที่ตรงข้ามกัน ซึ่งส่งผลให้มีความแตกต่างความดันอากาศระหว่างช่องเปิดสูงขึ้นและส่งผลให้อัตราการไหลเวียนอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มสูงขึ้น จนเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับได้

- แนวทางการปรับปรุงรูปแบบการระบายอากาศของห้องน้ำ ผลการศึกษาแบบจำลองพบว่าการเพิ่มความสูงในการติดตั้งหน้าต่างในห้องน้ำ ส่งผลให้อัตราการไหลเวียนอากาศและการแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ และการขยับพื้นที่ติดตั้งตำแหน่งช่องเปิดของประตูและหน้าต่างตามความเหมาะสมของพื้นที่ ไม่ส่งผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ การเปิดประตูห้องน้ำ ¼ ของพื้นที่ช่องเปิดของประตู สามารถช่วยให้อัตราการไหลเวียนอากาศเพิ่มขึ้น และปรับปรุงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศให้ของพื้นที่ให้เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับได้

จากกรณีศึกษารูปแบบจำลองการระบายอากาศทั้งหมด พบว่าขนาดของช่องเปิดการระบายอากาศ ตำแหน่งของช่องเปิด และลักษณะการเปิดช่องเปิดในพื้นที่ ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนอากาศภายในแบบจำลองมีค่าแตกต่างกัน อย่างชัดเจน โดยตำแหน่งของช่องเปิดที่อยู่ในพื้นที่ตรงข้ามจะส่งผลให้เกิดความแตกต่างทางความดันของอากาศสูงและสามารถแลกเปลี่ยนอากาศได้สูงกว่าตำแหน่งช่องเปิดในฝั่งเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการศึกษาการจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัย ด้วยโปรแกรมการจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW สามารถทำการวิเคราะห์รูปแบบการระบายอากาศในด้านอัตราการไหลเวียนและการแลกเปลี่ยนอากาศได้ ในเบื้องต้น และไม่ซับซ้อน แต่หากจะเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ อาจใช้การวิเคราะห์รูปแบบการระบายอากาศร่วมกับโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศอื่น เช่นด้านการวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศจะช่วยให้สามารถออกแบบ และเห็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบายอากาศได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเป็นส่วนหนึ่งของคุณภาพอากาศภายใน หากทำการพิจารณาส่วนของคุณภาพอากาศร่วมด้วย เช่น ความเข้มข้นของมลภาวะภายในบ้านพักอาศัยจะทำให้การศึกษาสมบูรณ์มากขึ้น

5.2.3 การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในสภาวะคงที่ในด้านความเร็วลม ทิศทาง และช่วงการใช้อาคาร หากมีการศึกษาตามสภาวะที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา จะทำให้ผลการศึกษามีความครอบคลุมยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. (2547). *เทคโนโลยีพลังงานลม*. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์และ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

กองนวัตกรรมและวิจัย(กนว.) กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2562). *แผนงานวิจัยด้านการป้องกัน ควบคุมโรคและภัยสุขภาพ พ.ศ.2562-2564*. กรมควบคุมโรค

สมหญิง งามพรประเสริฐ. (2554).*วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา อาการเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงานในอาคาร : สาเหตุและวิธีบรรเทาอาการ*.กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ชลธิชา เป็งนวล. (2554). *สภาวะน่าสบายของสถาปัตยกรรมประเภทคุ้ม : กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดแพร่*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2560). *มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายใน อาคารที่ยอมรับได้*. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล. (2557). *การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณ*. กรุงเทพฯ : ศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการออกแบบภายใน มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

พิมลศิริ ประจงสาร. (2559). *วิธีการศึกษาการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ เพื่อเพิ่มความสบาย*. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศิริพร ใจชื่น. (2551). *การออกแบบภายในบ้านพักอาศัยที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการอยู่อาศัยด้วยแนวคิดการออกแบบ เพื่อความยั่งยืน กรณีศึกษา หมู่บ้านชัยพฤกษ์ บางบัวทอง*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

อัญชิษฐา ช้างประเสริฐ. (2558). *การรับรู้เกี่ยวกับระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติของผู้บริโภคบ้านเดี่ยว ระดับกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล*.ปทุมธานี : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตุลย์ มณีวัฒนา. (2556). *การคำนวณปริมาณการรระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1*. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลกรณ์มหาวิทยาลัย

สมชาย สุพิสาร และ สาทินี วัฒนกิจ. (2556). *ศึกษาการระบายอากาศโดยธรรมชาติที่สัมพันธ์กับช่องเปิดเพื่อลดภาระความร้อน ในบ้านพักอาศัยในช่วงเวลากลางคืน*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

สาริณี ชมภู, พลกฤต กฤชไมตรี, ณัฐศักดิ์ บุญมี, เอกไท วิโรจน์สกุลชัย. (2561). *การจำลองระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟด้วยโปรแกรม CONTAM*. นครราชสีมา : วิทยาลัยนครราชสีมา

อาจารย์ ดร.กิจชัย จิตขจรวานิช. (2544). *แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะสบาย*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร

วรสันต์ ชื่นชีพ. (2548). *การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติของอาคารใต้ดิน*.กรุงเทพฯ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการร่างมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (2559). *มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ :* วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์.

ภาษาต่างประเทศ

Temenos et al. (2015). *Modelling of Indoor Air Quality of Greek Apartments Using CONTAM(W) Software*. Aigaleo, Greece(Research report). Department of Electronic computer system Engenieer

Steve Emmerich, David Heinzerling, Jung-il Choi, Andrew Persily. (2013*). Multizone Modeling of Strategies to Reduce the Spread of Airborne Infectious Agents in Healthcare Facilities* . U.S. Department of Commerce : National Institute of Standards and Technology

James Atkinson, Yves Chartier, Carmen Lúcia Pessoa-Silva, Paul Jensen, Yuguo Li and Wing-Hong Seto. (2009). *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Setting.*World Health Organization

Katarzyna Gladyszewska-Fiedoruk, Vasyl Zhelykh and Andrii Pushchinskyi. (2019). *Simulation and Analysis of Various Ventilation Systems Given in an Example in the Same School of Indoor Air Quality*. Energies(MDPI)

Cynthia Howard-Reed Brian Polidoro. (2006). *Database Tools for Modeling Emissions and Control of Air Pollutants from Consumer Products, Cooking, and Combustion*. U.S. Depertment of commerce, National Institute of Standard and Technology

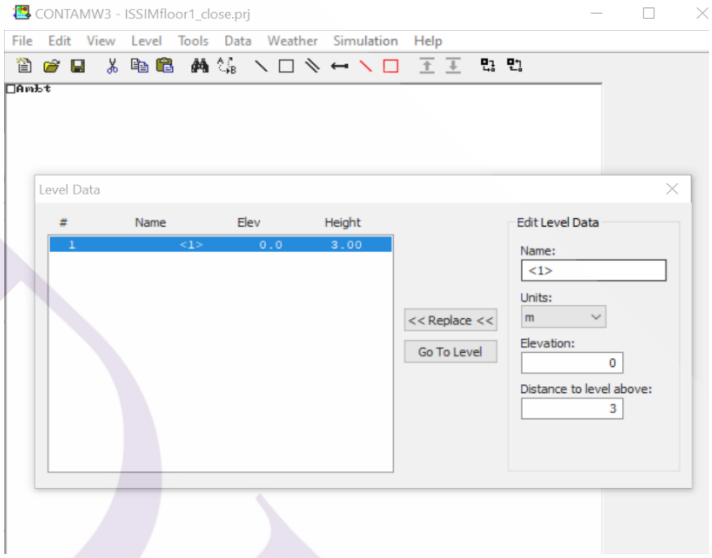
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การกำหนดข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองระบบระบายอากาศ

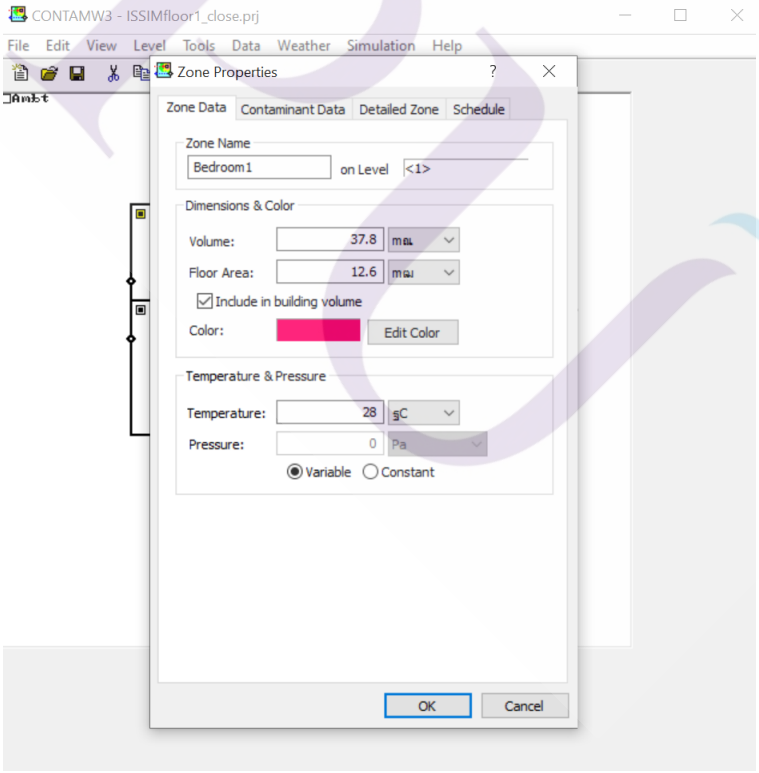
1. การกำหนดหน่วย และรายละเอียดหน้าต่างการของแบบจำลอง

กำหนดหน่วยการจำลองแบบ IS และความสูงแต่ละชั้นของการจำลองเป็น 3 เมตร



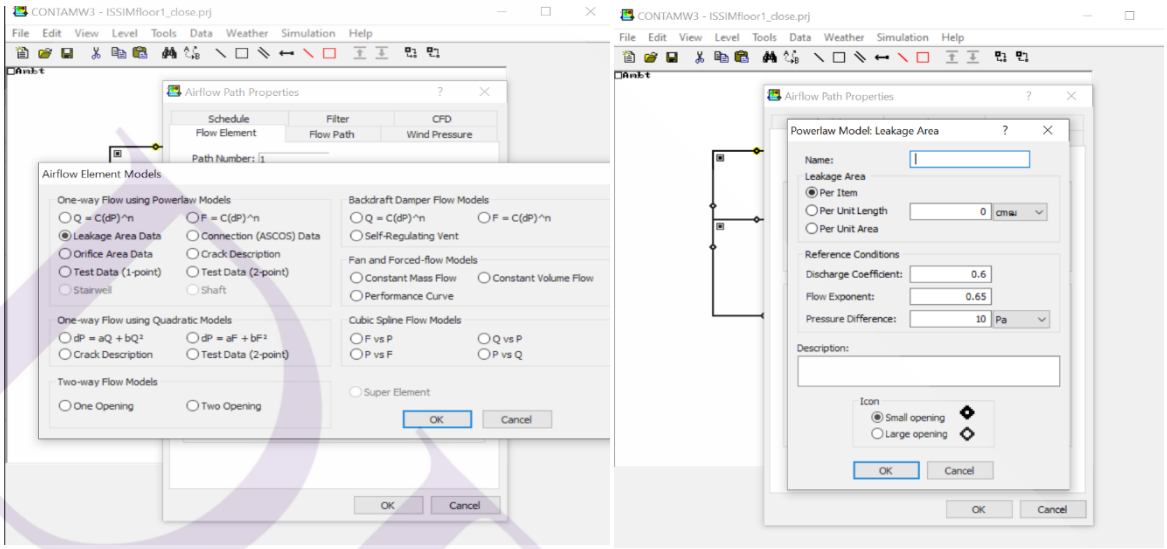
2. วาดรูปแบบจำลองระบบระบายอากาศ

กำหนดรายละเอียดโซน ชื่อ ขนาดของพื้นที่

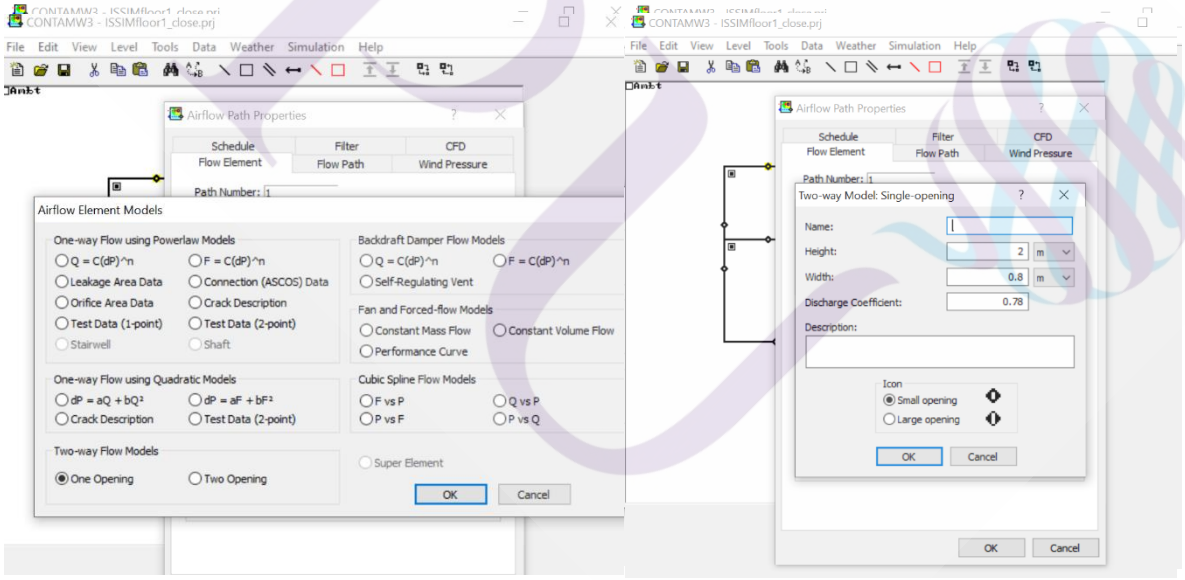


3. กำหนดช่องเปิดการระบายอากาศ

เลือกรูปแบบการไหลของอากาศที่เหมาะสม โดยจากการศึกษาเลือกรูปแบบการไหลของกรณีช่องการระบายอากาศปิดเป็นแบบ air leakage area และ รูปแบบการไหลของอากาศแบบ Two-way flow สำหรับการไหลอากาศกรณีช่องเปิดระบายอากาศเปิด

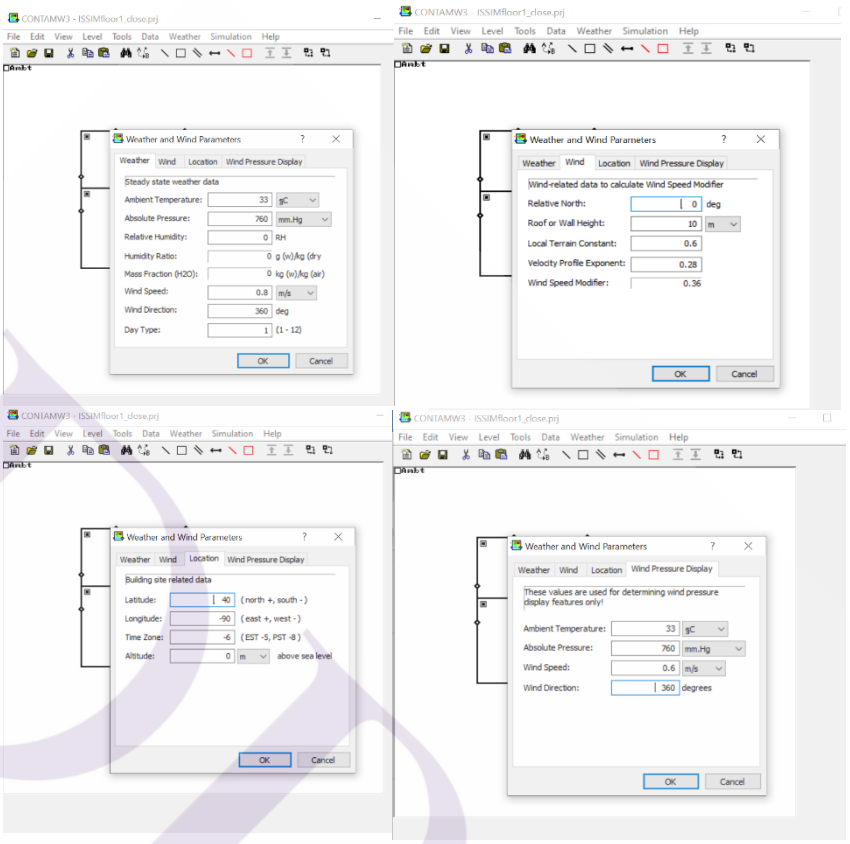


รูปแบบการไหลระหว่างช่องว่างอากาศ(ปิดช่องเปิดการระบายอากาศ)



รูปแบบการไหลผ่านช่องเปิดการระบายอากาศ โดยกำหนดขนาดช่องเปิดตามรูปแบบของหน้าต่างและประตู

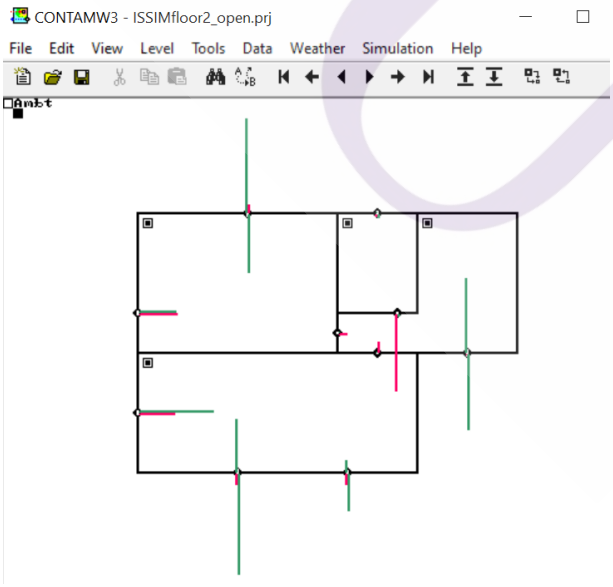
4. กำหนดค่าสภาวะอากาศ ความเร็วลมและสถานที่ตั้ง



5. ทำการทดลองแบบจำลอง

ตัวอย่างผลการจำลอง เส้นสีเขียว แสดงอัตราการไหลเวียนอากาศ

เส้นสีแดง แสดงอัตราความต่างความดันอากาศ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	มานิตา พรหมประสิทธิ์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรกระบวนการ บริษัท ฟูจิคูระ อิเล็กทรอนิกส์(ประเทศไทย) จำกัด