

การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบอัดอากาศบนไดโหนดไฟ
ในอาคารสำนักงานโดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน

ร้อยเอกหญิง นลิน ไทยกลาง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2564

**Simulation and Analysis of Airflows and Stairwell Pressurization
in an Office Building Using a Multi-zone Airflow Network Model**

Captain Nalin Thaiklang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2021





ใบรับรองวิทยานิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบอัดอากาศบนไดโหนดไฟ
ในอาคารสำนักงานโดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน
เสนอโดย ร.อ.หญิง นลิน ไทยกลาง
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
วิชาเอก การจัดการทรัพยากรอาคาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล นาวงษ์)


.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)


.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรณันท์)


.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ชุมลักษ์ณ์)

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว


.....

(ดร.ชัยพร เขมะภตะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

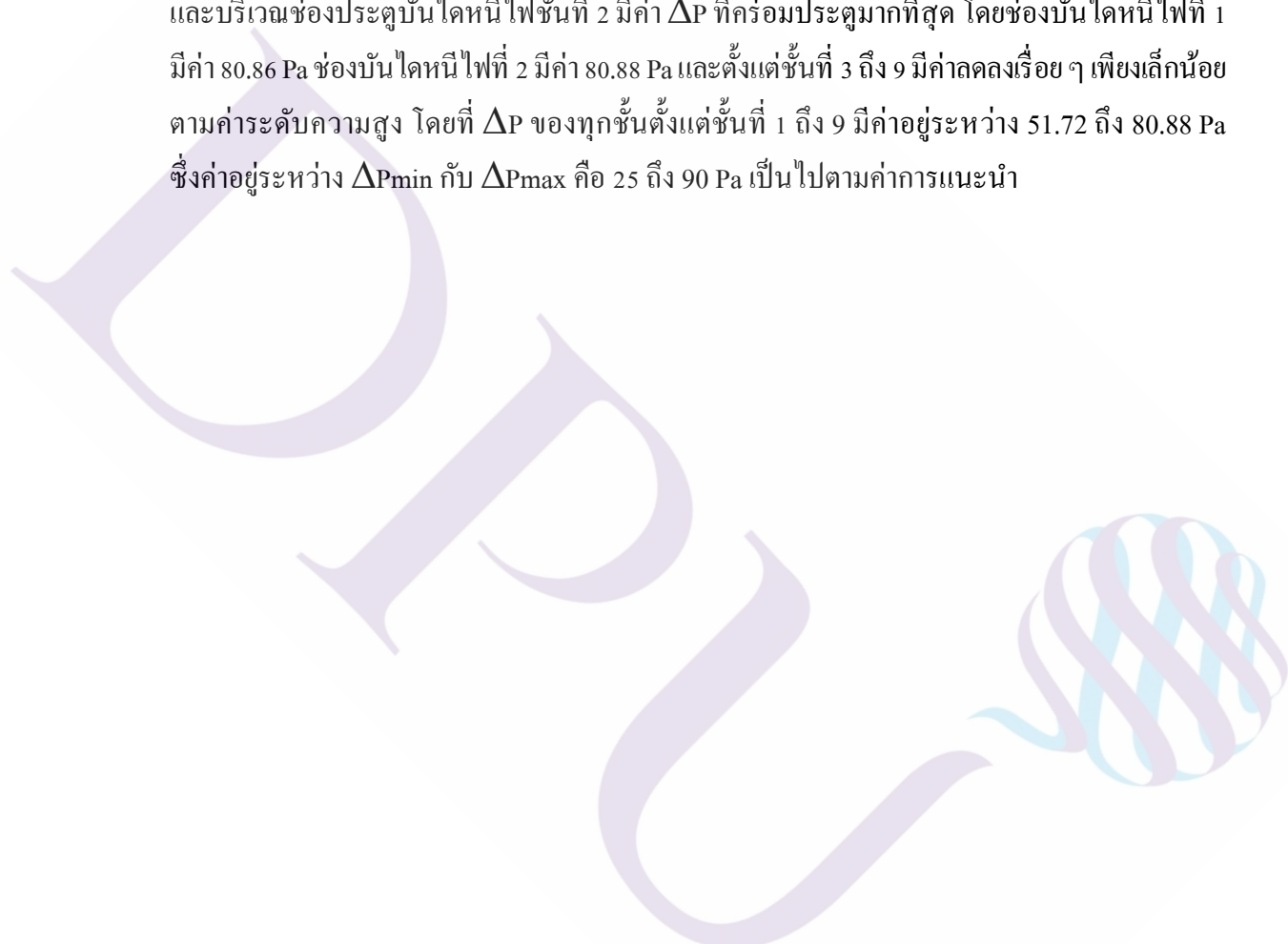
วันที่ 16 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ
ชื่อผู้เขียน	นลิน ไทยกลาง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงาน โดยใช้แบบจำลอง CONTAM เพื่อประเมินความเพียงพอของอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศและค่าความแตกต่างของแรงดันที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฉบับที่ 33 และ 39 ที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ในการศึกษาที่ใช้อาคารสำนักงานกรณีศึกษาอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นอาคาร 9 ชั้น ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ในส่วนที่หนึ่งการศึกษาแบบจำลองการไหลของอากาศภายในอาคารแบบหลายโซน โดยแบ่งอาคารเป็น 2 กลุ่มตัวอย่างตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่ อาคารชั้นที่ 2 ถึง 6 และอาคารชั้นที่ 7 ถึง 9 ผลการจำลองระบบระบายอากาศภายในอาคารสำนักงาน ชั้น 2 ถึง 6 จำนวน 12 ห้อง แบ่งออกเป็นสำนักงานจำนวน 11 ห้องและห้องประชุมจำนวน 1 ห้อง จากการวิเคราะห์พบว่าห้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือห้องทำงานที่ 3 ซึ่งมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 1.59 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ซึ่งมาตรฐานขั้นต่ำสุดได้กำหนดไว้ที่ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศตามมาตรฐานASHRAE Standard 62.1 จากเดิม 679.61 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 1,019.41 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 2.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร และผลการจำลองระบบระบายอากาศภายในอาคารสำนักงานชั้น 7 ถึง 9 จำนวน 7 ห้อง แบ่งออกเป็นสำนักงาน จำนวน 6 ห้อง และห้องประชุมจำนวน 1 ห้อง จากการวิเคราะห์พบว่าห้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องประชุม ซึ่งมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 5.52 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร โดยมาตรฐานขั้นต่ำสุดกำหนดไว้ที่ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศเป็น 1,274.26 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และปริมาณการนำเข้าอากาศจากเดิม 305.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 1,444.16 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 6.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร และในส่วนที่สอง ทำการศึกษาแบบจำลองการไหลของอากาศเพื่อสร้าง

ความแตกต่างของแรงดันบันไดหนีไฟในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร โดยจำลองระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟภายในอาคาร จำนวน 2 ช่องทาง โดยที่มีการเปิดประตูชั้น 1 ไว้ตามแผนอพยพหนีไฟ เพื่อเตรียมการเคลื่อนย้ายคนออกสู่ภายนอกอาคาร ผลการจำลองค่าแรงดันตกรวมประตูหนีไฟภายในอาคารชั้นที่ 1 ถึง 9 พบว่า ในขณะที่ระบบอัดอากาศทำงาน ΔP ที่คร่อมประตูแต่ละบานมีค่าไม่เท่ากัน ΔP แปรผันไปตามความสูงของอาคาร ค่าแรงดันของอากาศจะน้อยที่สุดในบริเวณชั้น 1 โดยช่องประตูบันไดหนีไฟที่ 1 มีค่าแรงดันเท่ากับ 51.72 Pa และช่องบันไดหนีไฟที่ 2 เท่ากับ 51.74 Pa และบริเวณช่องประตูบันไดหนีไฟชั้นที่ 2 มีค่า ΔP ที่คร่อมประตูมากที่สุด โดยช่องบันไดหนีไฟที่ 1 มีค่า 80.86 Pa ช่องบันไดหนีไฟที่ 2 มีค่า 80.88 Pa และตั้งแต่ชั้นที่ 3 ถึง 9 มีค่าลดลงเรื่อย ๆ เพียงเล็กน้อยตามค่าระดับความสูง โดยที่ ΔP ของทุกชั้นตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึง 9 มีค่าอยู่ระหว่าง 51.72 ถึง 80.88 Pa ซึ่งค่าอยู่ระหว่าง ΔP_{min} กับ ΔP_{max} คือ 25 ถึง 90 Pa เป็นไปตามค่าการแนะนำ



Thesis Title	Simulation and Analysis of Airflow and stairwell pressurization in an Office Building Using a Multi-zone Airflow Network Model
Author	Nalin Thaiklang
Thesis Advisor	Asst.Prof. Aumnad Phudungsilp, Ph.D.,Tekn.Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2020

ABSTRACT

The objectives of this study are simulation and analysis of airflows and Stairwell Pressurization in an office building using a multi-zone airflow network model by using CONTAM program, which is a multi-zone airflow network model in order to study the airflow for assessing the sufficient air exchange rate and the difference in air pressure according to Ministerial Regulation No. 33 and 39 issued under the Building Control Act B.E. 2522. This study used a nine-story office building located in Bangkok which the researcher had divided into 2 issues. The first issue study about the airflow in an Office Building Using a Multi-zone and classified according to the use pattern into two samples, including floor 2-6 and floor 7-9. The simulation results showed the ventilation system in the floor 2-6 with 12 rooms, consists of 11 office rooms and one meeting room. The analysis found that there is one room not pass the standard that is office number 3 with the air exchange rate of $1.59 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, which is below the standard of $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. In this case, the ventilation rate has modified from $679.61 \text{ m}^3/\text{h}$ to $1,019.41 \text{ m}^3/\text{h}$, consequently the air exchange rate to $2.37 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. The simulated results showed ventilation system in the floor 7-9 with seven rooms, consists of six offices and one meeting room. The analysis found that there is one room not pass the standard that is the meeting room with the air exchange rate of $5.52 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, Improving ASHRAE Standard 62.1. The ventilation rate and air intake rate has modified to $1,274.06 \text{ m}^3/\text{h}$ and $305.82 \text{ m}^3/\text{h}$ to $1,444.16 \text{ m}^3/\text{h}$, respectively, which affected the air exchange rate to $6.37 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. Furthermore, second study is about simulation of airflow that made the different in the Stairwell Pressurization system in case of fire in the building by classified it into 2 shafts by leaving the stairwell doors opened on the first floor according to the fire evacuation plan to prepare to move people from the building. The simulation results of stairwell doors pressure drop in the floor 1 - 9

showed that while pressurization system was operating, some ΔP had different value depends on the hight of building and also found that air pressure on the first floor is at minimum value. Stairwell shafts no.1 had the air pressure rate of 51.72 Pa while Stairwell shafts no.2 had 51.74 Pa and maximum value of air pressure. However, Stairwell shafts no.1 had the air pressure rate of 80.88. Pa in the floor 3 – 9 which the pressure slightly decrease according to the hight, ΔP from floor 1 – 9 has the air pressure rate of 51.72 through 80.88 Pa between ΔP_{min} and ΔP_{max} which was 25 to 90 Pa as the suggested value.



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ ที่ให้คำปรึกษา เสนอแนะแนวทางในการเขียนงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ด้วยความใส่ใจเป็นอย่างยิ่ง พร้อมทั้งส่งเสริมให้ผู้วิจัยมีความกล้า เชื่อมั่นในการนำเสนองานวิจัยออกสู่ภายนอก จนงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ น.อ.นิภัทร ชिरอำพน และ พ.อ.อนุวัฒน์ เพียรเป็นนิตย์ ผู้ให้การสนับสนุน และให้คำปรึกษาด้านแบบอาคารและงานระบบปรับอากาศ คุณประชา กิ่งมณี ที่ให้คำแนะนำด้านการใช้แบบจำลอง CONTAM คุณจรรยา ติสาชวล มหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ร.อ.หญิง มาลินี ลีดี และ ร.ท.หญิง รัตนธร ขวัญวงศ์ ร.น. ที่ให้การช่วยเหลือในการจัดเรียงวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา ประเภททุนสำหรับข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ เจ้าหน้าที่ของรัฐและธุรกิจเอกชนแก่ผู้วิจัย คุณค่าและประโยชน์ต่อส่วนรวมที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดาที่ให้กำเนิดเลี้ยงดูและให้การศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวางรากฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย

นลิน ไทยกลาง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 กฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศ.....	6
2.2 กฎหมายและมาตรฐานระบบระบายอากาศ.....	11
2.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality).....	30
2.4 คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor Air Quality).....	35
2.5 กฎหมาย มาตรฐาน และข้อกำหนดระบบอัดอากาศ.....	37
2.6 กลไกและข้อคำนึงในการออกแบบ การตรวจสอบ และทดสอบระบบอัด อากาศ.....	46
2.7 หลักการและทฤษฎีการไหลของอากาศ.....	67
2.8 แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน.....	70
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	74
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	80
3.1 แบบแผนการวิจัย.....	80
3.2 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย.....	81
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	81

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	82
3.5 การดำเนินการ Simulation Model.....	85
4. ผลการวิจัย.....	98
4.1 การศึกษาวิเคราะห์ และประเมินระบบการไหลของอากาศในสภาวะปกติ และขณะระบบอัดอากาศทำงานขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร.....	98
4.2 การเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศ บันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานและค่าการแนะนำ....	127
4.3 การอภิปรายผล.....	129
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	132
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	132
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	135
บรรณานุกรม.....	136
ประวัติผู้เขียน.....	141

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กฎกระทรวงที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522.....	8
2.2 การระบายอากาศ.....	12
2.3 อัตราการระบายอากาศที่มีระบบการปรับภาวะอากาศ.....	13
2.4 อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล.....	15
2.5 อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับภาวะอากาศ.....	16
2.6 อากาศภายนอกอาคารต่ำสุดที่ต้องการในพื้นที่เพื่อการหายใจ.....	20
2.7 ค่าประสิทธิผลของโซนการกระจายลม.....	24
2.8 ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ.....	25
2.9 ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกขั้นต่ำสุด.....	26
2.10 ค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร.....	34
2.11 มาตรฐานคุณภาพอากาศแนะนำ.....	35
2.12 ความดันแตกต่างสูงสุดคกรวมประตู.....	39
2.13 ค่า ΔP ต่ำสุดเพื่อป้องกันควันในขณะที่ประตูปิด (ΔP_{min})	53
2.14 Critical Air Velocity เพื่อป้องกัน Smoke Back Flow (V_k)	57
3.1 พื้นที่และค่าการระบายอากาศที่ได้จากการออกแบบ.....	83
3.2 ค่าความเร็วลมที่หัวจ่ายลม.....	84
3.3 ความเร็วลมของพัดลมอัดอากาศ.....	85
3.4 พื้นที่การรั่วไหลของผนังและพื้นอาคารโดยกำหนดให้ค่า $C = 0.65$	90
3.5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของการรั่วไหลของอากาศ.....	92
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลจำลองระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศบนไดหนีไฟของอาคาร.....	96
3.7 ประเมินและปรับปรุงระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศบนไดหนีไฟของอาคาร.....	97
4.1 ค่าแรงดัน และค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากแบบจำลอง ชั้น 2 – 6.....	99
4.2 ค่าแรงดัน และค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากแบบจำลอง ชั้น 7-9.....	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศ ตะวันออก รูปแบบอาคารชั้นที่ 2 – 6.....	104
4.4 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศ ตะวันออกรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9.....	107
4.5 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศ ตะวันตกรูปแบบอาคารชั้นที่ 2 – 6.....	109
4.6 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศ ตะวันตกรูปแบบอาคารชั้นที่ 7 – 9.....	111
4.7 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายทั้งหมดภายใน อาคารรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6.....	113
4.8 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายทั้งหมดภายใน อาคารรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9.....	115
4.9 ค่าแรงดันตกคร่อมประตูหนีไฟ.....	117
4.10 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 1.....	118
4.11 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 2.....	118
4.12 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 3.....	119
4.13 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 4.....	119
4.14 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 5.....	120
4.15 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 6.....	121
4.16 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 7.....	121
4.17 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 8.....	122
4.18 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 9.....	122
4.19 ผลกระทบความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการใช้อาคารสำนักงาน.....	125
4.20 คำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องนำเข้าสู่โซน.....	127

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 การใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศภายในอาคาร.....	2
2.1 ระบบระบายอากาศ.....	17
2.2 การกำหนดวิธีการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้า.....	28
2.3 การกำหนดวิธีการใช้พัดลมส่งอากาศภายนอก.....	29
2.4 ระบบอัดอากาศแบบจุดเดียว.....	40
2.5 ระบบอัดอากาศแบบหลายจุด.....	41
2.6 Stack Effect.....	46
2.7 ความกดดันบนเพดานห้องอันเกิดจากการลอยตัวของก๊าซ.....	47
2.8 การถ่ายเทของควันในอาคารสูงจากบั้งจัยลมภายนอก.....	48
2.9 ห้องต้นเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางต้นลมมีแรงผลักดันของลมที่เป็นบวก.....	48
2.10 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารขนาดเล็ก.....	50
2.11 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านล่าง.....	51
2.12 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านบน.....	51
2.13 ตัวอย่างบันไดหนีไฟภายในอาคารที่มีระบบอัดอากาศภายในบันได.....	52
2.14 ΔP โถงอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารที่มีค่าการรั่วซึมต่างกัน.....	54
2.15 การแบ่งโถงอัดอากาศออกเป็นส่วน ๆ (Compartments).....	54
2.16 กรณีประตูปิด และ ΔP สูงพอ.....	55
2.17 กรณีประตูเปิดแต่ความเร็วลมต่ำกว่า V_k	56
2.18 กรณีประตูเปิด ความเร็วลมสูงกว่า V_k	56
2.19 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูงแบบมี Vents.....	58
2.20 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูงแบบ Fan Bypass.....	59
2.21 Leak path ภายในอาคาร.....	59
2.22 ลักษณะของอากาศที่ไหลผ่านอาคารรูปแบบต่าง ๆ.....	69
2.23 หน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม CONTAM.....	71
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.2 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 2-6 ในโปรแกรม CONTAM.....	86
3.3 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 7 ในโปรแกรม CONTAM.....	87
3.4 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 8-9 ในโปรแกรม CONTAM.....	87
3.5 หน้าต่างการกำหนด Level Data.....	88
3.6 หน้าต่างการกำหนด Zone Properties.....	89
3.7 หน้าต่างการกำหนด Airflow Element Models.....	89
3.8 หน้าต่างการกำหนดค่าแปรต่าง ๆ สำหรับ Flow Path.....	92
3.9 หน้าต่างการกำหนดค่าระบบปรับอากาศและระบายอากาศ.....	93
3.10 หน้าต่างแบบจำลองก่อนการ Simulation.....	94
3.11 หน้าต่างการกำหนดค่าช่วงเวลาในการ Simulation.....	94
3.12 หน้าต่างการ Simulation.....	95
3.13 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆสำหรับอัดอากาศ.....	95
3.14 ลักษณะของผลการ Simulation ด้วยโปรแกรม CONTAM.....	96
4.1 การแบ่งโซนในแบบจำลองอาคารสำนักงานชั้น 2-6.....	99
4.2 การแบ่งโซนในแบบจำลองอาคารสำนักงานชั้น 7-8.....	101
4.3 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออก ของรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6.....	103
4.4 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออก ของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9.....	103
4.5 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตก ของรูปแบบอาคารชั้นที่ 2 - 6.....	108
4.6 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตก ของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7 - 9.....	108
4.7 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมด แบบอาคาร ชั้นที่ 2-6.....	112

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมด แบบอาคาร ชั้นที่ 7-9.....	113
4.9 ลักษณะการไหลของอากาศจากบันไดหนีไฟเข้าสู่โซนในแบบอาคารชั้นที่ 1.....	123
4.10 ลักษณะการไหลของอากาศจากบันไดหนีไฟเข้าสู่โซนในแบบอาคารชั้นที่ 2-6..	123
4.11 ลักษณะการไหลของอากาศจากบันไดหนีไฟเข้าสู่โซนในแบบอาคารชั้นที่ 7-9..	124
4.12 ความแตกต่างของแรงดันและการไหลของอากาศจากการเติมอากาศภายนอก เข้าสู่โซนและเพิ่มการระบายอากาศ ภายในห้องประชุม ชั้นที่ 7-9.....	128



บทที่ 1

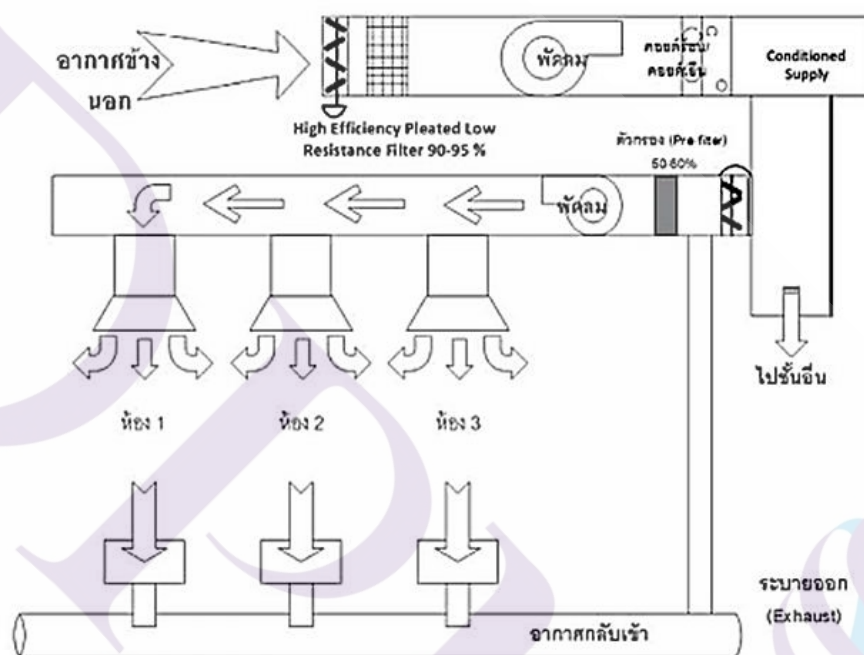
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

คุณภาพอากาศภายในอาคารมีบทบาทสำคัญไม่เฉพาะต่อความสบายของผู้ใช้อาคารเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยด้วย โดยเฉพาะพนักงานส่วนใหญ่ทั้งภาครัฐและเอกชนใช้เวลาอยู่ในสำนักงานประมาณ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ หรือมากกว่านั้น ซึ่งงานส่วนใหญ่ ได้แก่ การพิมพ์ การจัดเรียงเอกสาร งานติดต่อสื่อสาร และการประสานงานต่าง ๆ ที่ความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สำนักงาน หลากหลายชนิดร่วมกับการทำงานร่วมกันของคนจำนวนมากในห้อง ก่อให้เกิดการสะสมมลพิษ จากอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมในการทำงานในสำนักงาน การใช้เวลาอยู่ภายในอาคารที่ปิดสนิท มีอากาศในระบบหมุนเวียนอากาศเบาบาง ทำให้ผู้ที่อยู่ในสำนักงานมีอาการเจ็บป่วยด้วยโรคที่มีสาเหตุ มาจากการใช้อาคาร (Sick Building Syndrome) นอกจากนี้อาคารส่วนใหญ่มักใช้ระบบปรับอากาศ เพื่อสร้างสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ซึ่งพบว่าเวลาช่วงที่ระบบปรับอากาศ ทำงานจนถึงระดับที่ปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ของอาคารมีระดับอุณหภูมิอากาศ เป็นไปตามค่าสภาวะแวดล้อมตามที่กำหนดแล้วระบบปรับอากาศจะลดระดับการจ่ายปริมาณลมเย็นลง เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในอาคารให้คงที่ตามค่าที่กำหนดไว้ เป็นสาเหตุให้มีการนำอากาศบริสุทธิ์ จากภายนอกเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ อันเกิดจากการพยายามที่จะลดปริมาณอากาศบริสุทธิ์ภายนอกอาคาร ที่ผ่านเครื่องปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงาน ทำให้ปริมาณการถ่ายเทอากาศและการระบายอากาศ ที่จะหมุนเวียนภายในอาคารมีปริมาณน้อยลง และบางกรณีอาจเกิดจากความตั้งใจของผู้ดูแลอาคาร ที่ต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบปรับอากาศจึงทำการปิด Fresh Air Damper ทำให้เกิด การสะสมของมลพิษและสิ่งระคายเคืองต่าง ๆ ในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคารจนเป็นอันตราย ต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคาร

ระบบปรับอากาศและการระบายอากาศเป็นระบบที่ใช้สำหรับควบคุมคุณภาพอากาศ ภายในอาคารสำนักงานและอาคารประเภทอื่นๆ โดยระบบระบายอากาศที่ไม่ดีเป็นเรื่องอันตราย ที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน นอกจากนี้การปนเปื้อนของไอเสียจากรถยนต์ที่ถูกลด เข้าไปในอาคารทางช่องนำอากาศบริสุทธิ์เข้า (Fresh Air Intake) อาจก่อให้เกิดมลพิษเพิ่มขึ้นได้อีก การปรับอากาศและการระบายอากาศ คือ การทำให้อากาศเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทภายในอาคาร

โดยการออกแบบตัวอาคารให้มีช่องระบายอากาศเข้า - ออก หรือการเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในอาคารโดยตรง โดยผ่านระบบท่อลม (Air Duct Distributions System) หรือการเติมโดยพัดลมติดผนัง (Wall Fan) และขณะเดียวกันจะต้องระบายอากาศออกยังภายนอก จากวิธีธรรมชาติหรือวิธีทางกล การเติมและการระบายอากาศจะต้องมีปริมาณที่เหมาะสม สามารถระบายและถ่ายเทอากาศได้อย่างเพียงพอ ระบบระบายอากาศทั่ว ๆ ไปมักจะใช้วิธีทางกล เนื่องจากสามารถกำหนดปริมาณลม อัตราการถ่ายเทต่าง ๆ ได้ค่อนข้างแน่นอน ตามภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 การใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศภายในอาคาร

ที่มา: นิตยสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2558 หน้า 16

จากภาพที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศมักจะมาคู่กับระบบปรับอากาศ ในส่วนของระบบปรับอากาศเองก็มีความจำเป็นที่จะต้องเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าภายในอาคาร โดยปกติจะอยู่ประมาณ 2-3 Air Change หรือประมาณ 5% ของปริมาณอากาศที่ไหลเวียนอยู่ในระบบ ซึ่งระบบดังกล่าวต้องประกอบไปด้วยระบบปรับอุณหภูมิ ความชื้น อุปกรณ์การกรองชั้นต้น และวัสดุกรองประสิทธิภาพปานกลางหรือสูงกว่า ที่สามารถกรองฝุ่น แบคทีเรีย เชื้อราและควันได้ จำเป็นต้องทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลชีพอันเป็นสาเหตุ

ของอาการเจ็บป่วยของผู้ใช้อาคาร ซึ่งมักคิดว่าภายในอาคารนั้นมีความปลอดภัย เพราะมีการควบคุมอากาศด้วยระบบปรับอากาศที่มีการทำความสะอาดอยู่เสมอ โดยไม่ได้คำนึงถึงระดับคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) ในด้านของสารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้งานภายในอาคาร และจากภายนอกอาคารที่เข้าสู่อาคารตามช่องทางต่าง ๆ ซึ่งค่าดังกล่าวต้องอาศัยการตรวจวัดและประเมินตามมาตรฐานที่กำหนดไว้โดยองค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น NIOSH, OSHA, U.S.EPA, ACGIH, WHO หรือ ASHRAE จากการศึกษา จากกรมอนามัยโลก หรือ WHO ค้นพบว่า ร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกประสบปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งมีมลพิษสูงกว่าภายนอกอาคารถึง 100 เท่า โดยเฉพาะอาคารประเภทโรงแรม ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล และอาคารสำนักงาน ที่ยังคงประสบกับปัญหาคุณภาพอากาศจากภายนอกอาคารที่มีค่าเกินกว่ามาตรฐานเข้ามาเพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 10 และ PM 2.5 ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญในเรื่องของคุณภาพอากาศดังกล่าว เพื่อหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงระบบระบบระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ เพื่อลดปริมาณการสะสมสารปนเปื้อนภายในอาคาร ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร

นอกจากปัญหาของสารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้อาคาร และปัญหาคุณภาพอากาศภายนอกที่เกินมาตรฐานเข้ามาปะปนภายในอาคารแล้วนั้น หากเกิดกรณีมีเหตุเพลิงไหม้จากส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร แน่แน่นอนว่าสิ่งที่ตามมานั้นก็คือ สารพิษ ที่อาจทำให้ผู้ใช้อาคารหมดสติจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสาเหตุของการเสียชีวิตในขณะที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ในส่วนใหญ่มักเกิดจากการสำลักควัน เพราะควันสามารถกระจายตัวได้อย่างรวดเร็วภายในเวลาเพียง 1 วินาทีสามารถลอยตัวสูงได้ถึง 3 เมตร นั่นหมายความว่าใน 1 นาที ควันสามารถลอยตัวสูงได้ถึง 180 เมตร เทียบเท่ากับตึกสูงประมาณ 60 ชั้น หากเกิดเหตุเพลิงไหม้ควันไฟจะลอยเข้ามาปกคลุมรอบ ๆ ตัวอย่างรวดเร็วและไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ระบบควบคุมควันไฟจึงมีบทบาทสำคัญไม่น้อยไปกว่าระบบระบายอากาศในอาคาร ซึ่งผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ตลอดจนความปลอดภัยของผู้เข้าระงับเหตุเพลิงไหม้ การออกแบบระบบควบคุมควันไฟที่สมบูรณ์ จะทำให้ควันไฟไม่สามารถเล็ดลอดจากชั้นอาคารที่กำลังเกิดเหตุเพลิงไหม้ไปยังส่วนอื่น ๆ ของอาคารได้ ช่วยให้ผู้ใช้อาคารปลอดภัยจากการสำลักควันและการสูดดมสารพิษที่เป็นอันตรายเข้าสู่ร่างกายอีกด้วย ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ เป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุมควันในอาคารที่มุ่งเน้นสมรรถนะในการลำเลียงคนจำนวนมากออกจากอาคารได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย งานวิจัยนี้มีได้กล่าวถึงระบบควบคุมควันทั้งหมดของอาคาร เน้นเฉพาะการออกแบบสมรรถนะระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ และโถงหน้าบันไดหนีไฟเท่านั้น ซึ่งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมควันที่สมบูรณ์ในอนาคตต่อไปได้

ในการศึกษานี้มุ่งเน้นการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์วิเคราะห์การไหลของอากาศภายในอาคารกรณีศึกษา โดยการพิจารณาการไหลเวียนของอากาศในห้องต่อห้องในระบบที่ขับเคลื่อนแรงดันลม ด้วยระบบปรับอาคารภายในอาคาร เพื่อวิเคราะห์ ประเมิน และปรับปรุงให้อยู่ในค่ามาตรฐานการระบายอากาศที่ยอมรับได้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ระบบควบคุมควันไฟในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ในส่วนของระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ เพื่อการออกแบบปรับปรุงระบบให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร ซึ่งระบบอัดอากาศ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมค่าความแตกต่างของแรงดันในห้องบันไดหนีไฟอย่างเหมาะสม เพื่อประสิทธิภาพในการควบคุมควันไฟให้เป็นไปตามมาตรฐาน ได้แก่ ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ฉบับที่ 33 และ ฉบับที่ 39 ว่าเรื่อง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบสุขาภิบาล ระบบการจัดการแสงสว่าง และระบบ ระบายอากาศสำหรับอาคารทั่วไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และประเมินระบบการไหลของอากาศในอาคารสำนักงานเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
2. เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศ และระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ยอมรับได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาระบบระบายอากาศในอาคารสำนักงาน 9 ชั้น ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร กรณีที่ระบบระบายอากาศทำงานปกติ และกรณีระบบอัดอากาศทางหนีไฟทำงาน
2. จำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในอาคารสำนักงาน โดยใช้โปรแกรม CONTAM จำลองค่าจากการออกแบบ
3. วิเคราะห์ ประเมิน และปรับปรุงอัตราการระบายอากาศ และระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงฉบับที่ 33 และ 39 ที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบอัตราการระบายอากาศในสำนักงาน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และทราบถึงขีดจำกัดของสมรรถนะการออกแบบระบบพัดลมอัดอากาศในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้จากการออกแบบ

2. สามารถเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศในอาคารสำนักงาน เพื่อลดการสะสมมลพิษควบคุมสิ่งปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน และเพิ่มสมรรถนะของระบบพัดลมอัดอากาศบนโคหนีไฟในกรณีเกิดเพลิงไหม้จากการออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบปรับอากาศบนไดโตนไฟ ในอาคารสำนักงาน โดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 2.1 กฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศ
- 2.2 กฎหมายและมาตรฐานระบบระบายอากาศ
- 2.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)
- 2.4 คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor Air Quality)
- 2.5 กฎหมาย มาตรฐาน และข้อกำหนดระบบปรับอากาศ
- 2.6 กลไกและข้อคำนึงในการออกแบบ การตรวจสอบ และทดสอบระบบปรับอากาศ
- 2.7 หลักการและทฤษฎีการไหลของอากาศ
- 2.8 แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศ

2.1.1 กฎหมายควบคุมอาคาร

อาคาร เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ความเจริญก่อให้เกิด การขยายตัวของเขตเมืองมากขึ้น ทำให้มีอาคารมากมายหลายประเภท ได้แก่ บ้านเรือน ร้านค้า ตลาด โรงเรียน สำนักงาน และอื่น ๆ อีกมากมาย เมื่อเมืองขยายตัวมากขึ้นเป็นเมืองใหญ่หรือเป็นมหานคร สิ่งก็ตามมาคือ อาคารสูง อาคารใหญ่พิเศษ โรงแรม ศูนย์การค้า ฯลฯ อาคารดังกล่าวเหล่านี้ เป็นอาคารที่มีผู้คนเข้าไปใช้งานเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน ดังนั้น ความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร จึงเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง กฎหมายควบคุมอาคารจึงมีบทบาท ในการควบคุมสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น

กฎหมายควบคุมอาคาร คือ กฎหมายที่ใช้เพื่อควบคุมการก่อสร้างให้มีความมั่นคง แข็งแรง และมีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคาร ทั้งในด้านของสิ่งก่อสร้าง ระบบอัติโนมัติ ระบบ

ปรับอากาศและระบายอากาศ การจัดการด้านการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความสวยงาม และความเป็นระเบียบเรียบร้อย กฎหมายควบคุมอาคาร ประกอบด้วย

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

กฎกระทรวง เป็นกฎหมายที่กำหนดรายละเอียดต่างๆ เช่น รายละเอียดวิธีปฏิบัติ ที่เกี่ยวข้องกับการขออนุญาต รายละเอียดข้อกำหนดด้านงานวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม เป็นต้น

ข้อบัญญัติท้องถิ่น เป็นกฎหมายที่กำหนดรายละเอียดเฉพาะท้องถิ่น เช่น ข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร ในเขตกรุงเทพมหานคร เทศบัญญัติ ในเขตเทศบาลต่างๆ ข้อบัญญัติองค์การบริหารตำบล ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล เป็นต้น เน้นเฉพาะส่วนข้อกำหนดในงานทางด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม โดยแต่ละท้องถิ่นเป็นผู้พิจารณาดำเนินการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นดังกล่าวนี้เอง

กฎหมายควบคุมอาคาร มิได้เป็นกฎหมายที่ใช้ครอบคลุมบังคับใช้ทั่วประเทศ โดยเป็นกฎหมายที่ใช้บังคับในท้องที่ที่มีความเจริญ เป็นเขตการก่อสร้างที่ค่อนข้างมีความหนาแน่น หากท้องที่ใดต้องการควบคุมการก่อสร้างให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย สวยงาม มีความมั่นคง แข็งแรง ตลอดจนคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร จะต้องมีการประกาศพระราชกฤษฎีกา ให้เป็นพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ในท้องที่นั้นๆ หรือประกาศเป็นเขตผังเมืองรวม เสียก่อน กฎหมายควบคุมอาคารถึงจะมีผลบังคับใช้ และเมื่อมีการประกาศพระราชกฤษฎีกา ให้เป็นพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ในท้องที่ดังกล่าวแล้วจะเรียกท้องที่นั้นว่า เขตควบคุมอาคาร แต่หากเป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตผังเมืองตามกฎหมายผังเมืองอยู่แล้ว การก่อสร้าง คัดแปลง รื้อถอน ต่อเติม เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนแปลงการใช้อาคาร ต้องมีการขออนุญาตจาก เจ้าพนักงานท้องถิ่น และได้รับอนุญาตเสียก่อนจึงจะกระทำการดังกล่าวได้ แต่ในกรณีอาคารสูง อาคารใหญ่พิเศษ อาคารชุมนุมคน และโรงแรมหรู ไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้าง คัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนแปลงการใช้ ในเขตควบคุมอาคาร หรือนอกเขตการควบคุมอาคาร จะต้อง ขออนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นทุกกรณี โดยไม่มีข้อยกเว้น ซึ่งอาคารบางประเภทเมื่อการก่อสร้าง แล้วเสร็จ ก่อนการเข้าใช้อาคารต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นเสียก่อน หรือหากมีการ เปลี่ยนการใช้อาคารมาเป็นประเภทตามที่กฎหมายกำหนด ก็ต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงาน ท้องถิ่นเช่นกัน เรียกอาคารที่ควบคุมเหล่านี้ว่า อาคารควบคุมการใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ไม่กำหนดขนาดพื้นที่ ได้แก่

- (1) คลังสินค้า
- (2) โรงแรม

(3) อาคารชุด

(4) สถานพยาบาล

ประเภทที่ 2 กำหนดพื้นที่ ได้แก่

(1) อาคารที่ใช้สำหรับการค้าขายหรือประกอบธุรกิจ พื้นที่ตั้งแต่ 80 ตารางเมตรขึ้นไป

(2) แรงงานที่มีการใช้เครื่องจักรตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป

(3) สถานศึกษามีพื้นที่ 80 ตารางเมตรขึ้นไป

(4) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมหรือประชุมพื้นที่ตั้งแต่ 300 ตารางเมตรขึ้นไป

(5) สำนักงานมีพื้นที่ตั้งแต่ 300 ตารางเมตรขึ้นไป

2.1.2 กฎกระทรวง

กฎกระทรวง เป็นกฎหมายที่กำหนดรายละเอียดในเรื่องต่าง ๆ ตามที่พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ได้ให้อำนาจไว้ ซึ่งเจ้าพนักงานท้องถิ่นจะต้องนำไปปฏิบัติ โดยครอบคลุมเนื้อหาเป็นหมวดหมู่ดังสรุปได้ ดังนี้

2.1.2.1 กฎกระทรวงกำหนดในเรื่องขั้นตอน รายละเอียดต่าง ๆ ในการปฏิบัติตามกฎหมาย เช่น การขอรับใบอนุญาต ค่าธรรมเนียมในการตรวจพิจารณาอนุญาต แบบฟอร์มหนังสือคำสั่ง ใบอนุญาต ฯลฯ ที่ใช้ปฏิบัติ

2.1.2.2 กฎกระทรวงกำหนดในเรื่องวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม เช่น กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของวัสดุที่ใช้ ลักษณะรูปทรง แนวของอาคาร และสิ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยผู้ใช้อาคาร เป็นต้น

2.1.2.3 กฎกระทรวงกำหนดบริเวณห้ามก่อสร้างอาคารบางชนิดหรือบางประเภทในท้องที่ต่าง ๆ เช่น กฎกระทรวงบริเวณห้ามก่อสร้าง บริเวณรอบพุทธมณฑล เป็นต้น ซึ่งกฎกระทรวง แต่ละฉบับจะว่าด้วยเรื่องต่าง ๆ ตามประเภทการใช้งานดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กฎกระทรวงที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

กฎกระทรวง	เรื่อง	หมายเหตุ
กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2526)	ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการก่อสร้าง คัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนแปลงการใช้อาคาร	แก้ไขเพิ่มเติมด้วยกฎกระทรวง ฉบับที่ 18 (พ.ศ. 2530)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

กฎกระทรวง	เรื่อง	หมายเหตุ
กฎกระทรวง ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2527)	ว่าด้วยอาคารประเภทประเภทควบคุมการใช้สำหรับอาคารเพื่อการพาณิชย์กรรม การศึกษา การสาธารณสุข	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527)	ว่าด้วยการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของวัสดุที่ใช้ และพื้นดินที่รองรับอาคาร	แก้ไขเพิ่มเติมด้วยกฎกระทรวง ฉบับที่ 48 (พ.ศ. 2540) และกฎกระทรวง ฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549)
กฎกระทรวง ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2528)	ว่าด้วยค่าธรรมเนียมการออกใบอนุญาต การต่อใบอนุญาต การตรวจสอบแบบแปลน การยกเว้นค่าธรรมเนียม	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2528)	ว่าด้วยการขอรับใบอนุญาตก่อสร้าง คัดแปลง รื้อถอน และเคลื่อนย้ายอาคาร	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2528)	ว่าด้วยหลักเกณฑ์การกระทำที่ไม่เข้าข่ายการคัดแปลง หรือรื้อถอนอาคาร	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2528)	ว่าด้วยหลักเกณฑ์การก่อสร้าง คัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร ให้ผิดไปจากแผนผังบริเวณ และรายการประกอบแบบแปลนที่ได้รับอนุญาตได้	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 18 (พ.ศ. 2530)	ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการก่อสร้างอาคารในกรณีที่มีการติดตั้งลูกกรงเหล็กค้ำ	

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

กฎกระทรวง	เรื่อง	หมายเหตุ
กฎกระทรวง ฉบับที่ 23 (พ.ศ. 2533)	กำหนดลักษณะของป้ายหรือ สิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือ ตั้งป้ายที่ติดหรือตั้งไว้ใกล้ ที่สาธารณะให้เป็นอาคาร	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535)	ว่าด้วยอาคารสูง และอาคาร ขนาดใหญ่พิเศษ	แก้ไขเพิ่มเติมด้วยกฎกระทรวง ฉบับที่ 42 (พ.ศ. 2537) และ กฎกระทรวง ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540)
กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537)	กำหนดเรื่อง ระบบป้องกัน อัคคีภัย ระบบสุขาภิบาล ระบบ การจัดการแสงสว่าง และระบบ ระบายอากาศสำหรับอาคาร ทั่วไป	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538)	กำหนดคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร	แก้ไขเพิ่มเติมด้วยกฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541)
กฎกระทรวง ฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540)	ยกเลิกกฎกระทรวง ฉบับที่ 38 (พ.ศ. 2536) และกำหนด หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ในการปรับปรุงแก้ไขอาคาร ที่อาจก่อให้เกิดภัยอันตราย ตามมาตรา 46 แห่งพระราชบัญญัติ ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ขึ้นใหม่	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 48 (พ.ศ. 2540)	เพิ่มเติมกฎหมาย ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) เรื่องการกำหนด อัตรากรณไฟของวัสดุ และ การสะท้อนแสงของกระจก	

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

กฎกระทรวง	เรื่อง	หมายเหตุ
กฎกระทรวง ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540)	แก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) เรื่อง อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ พิเศษ	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541)	แก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำทิ้งจาก อาคาร	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2542)	เรื่อง กำหนดลักษณะ แบบ รูปทรง สัดส่วน เนื้อที่ ที่ตั้ง ของอาคาร เนื้อที่ว่างภายนอก อาคารหรือแนวอาคาร และ ระยะหรือระดับระหว่างอาคาร กับอาคาร หรือเขตที่ดินของ ผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับ ถนน ทางเท้าหรือที่สาธารณะ	
กฎกระทรวง ฉบับที่ 56 (พ.ศ. 2542)	เรื่อง การผ่อนผันเกี่ยวกับ การยื่นเอกสารในการขอรับ ใบอนุญาตการก่อสร้างอาคาร ในเขต อบต. หรือ อบจ.	

อ้างอิงตามกฎกระทรวงที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

2.2 กฎหมายและมาตรฐานระบบระบายอากาศ

การระบายอากาศ เป็นกระบวนการสลับสับเปลี่ยนอากาศระหว่างอากาศภายในและภายนอก ทำให้อากาศภายในอาคารที่อาจมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หรือการนำออกสู่ภายนอก จากสาเหตุของอาคารที่เป็นระบบปิดสามารถถ่ายเทอากาศได้ยาก ก่อให้เกิดการรวมเวียนและเพิ่มขึ้นของ

สารปนเปื้อนต่าง ๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยภายในอาคารโดยตรง การหมุนเวียนอากาศ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากเพื่อทำให้มลพิษต่างๆ เบบางลงและถ่ายเทออกสู่ภายนอกอาคาร ซึ่งค่าการระบายอากาศจะต้องเป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานที่กำหนด

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

2.2.1 กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) และ ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540)

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และ ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ได้กำหนดการระบายอากาศออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีธรรมชาติ ที่ใช้เฉพาะกับโซนในอาคารที่มีผนังด้านนอกอาคารอย่างน้อยหนึ่งด้าน มีการจัดช่องเปิดสู่ภายนอกโซนได้ด้วย ประตู หน้าต่าง หรือบานเกล็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้การ และพื้นที่ของช่องเปิดนี้จะต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่า 10% ของพื้นที่โซนนั้น ๆ และวิธีกล ซึ่งใช้กับโซนภายในอาคารลักษณะใดก็ได้ โดยจัดให้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศที่ทำงานตลอดเวลาระหว่างการใช้สอยพื้นที่ภายในโซนนั้น ๆ เพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาตามอัตราอัตราการระบายอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การระบายอากาศ

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่า จำนวนเท่าของปริมาตรของห้อง ใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัยหรือสำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	4
4	โรงงาน	4
5	โรงแรมหรสพ	4
6	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
7	สำนักงาน	7

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่า จำนวนเท่าของปริมาตรของห้อง ใน 1 ชั่วโมง
8	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
9	ห้องครัวของที่พักรักษา	12
10	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24
11	ลิฟต์โดยสารและลิฟต์ดับเพลิง	30

อ้างอิงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) หมวด 2 ข้อ 9

โดยตำแหน่งของช่องนำอากาศภายนอกเข้าโดยวิธีกลนั้น ต้องห่างจากแหล่งที่เกิด
อากาศเสียและช่องระบายอากาศซึ่งไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร และสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
เพื่อป้องกันไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง ส่วนการระบายอากาศใน
อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีการปรับภาวะอากาศด้วยระบบการปรับภาวะอากาศ ต้องมี
การนำอากาศจากภายนอกเข้ามาในโซนปรับภาวะอากาศหรือดูดอากาศจากภายในโซนที่ปรับภาวะ
อากาศออกไปไม่น้อยกว่าอัตรา ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราการระบายอากาศที่มีระบบการปรับภาวะอากาศ

ลำดับ	สถานที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
1	ห้างสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2
4	สถานอาบ อบ นวด	2
5	ชั้นติดต่อธุรกิจกับธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานโบว์ลิ่ง	4
10	โรงแรมสห (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
16	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (ห้องรับประทานอาหาร)	10
17	ไนต์คลับ บาร์ หรือสถานลีลาศ	10
18	ห้องครัว	30
19	โรงพยาบาล	
	- ห้องคนไข้	2
	- ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	8
	- ห้อง ไอ.ซี.ยู	5

อ้างอิงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าและระบบป้องกันเพลิงไหม้

2.2.2 กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537)

กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับอัตราการระบายอากาศด้วยวิธีกล และการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศสำหรับอาคารอื่นที่มีให้อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ในส่วนของวิธีธรรมชาตินั้น ภายในอาคารทุกชนิดทุกประเภทต้องมีประตู หน้าต่างหรือช่องระบายอากาศด้านติดกับอากาศภายนอกเป็นพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่า 10% ของพื้นที่โซนนั้น ๆ โดยไม่นับรวมพื้นที่ประตู หน้าต่าง และช่องระบายอากาศที่ติดต่อกับโซนอื่นๆ หรือช่องทางเดินภายในอาคาร และ

หากโซนใดไม่สามารถทำการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติได้ก็ให้ใช้วิธีทางกลขับเคลื่อนอากาศ และการระบายอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัยหรือสำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	3
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	3
4	โรงงาน	3
5	โรงแรมหรุสพ	3
6	อาคารพาณิชย์	3
7	ห้างสรรพสินค้า	3
8	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
9	สำนักงาน	7
10	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
11	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
12	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24

อ้างอิงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ.2535) หมวด 3 ระบบการจัดแสงสว่างและการระบายอากาศ

ส่วนสถานที่อื่น ๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้ในตาราง ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอัตราที่กำหนดไว้ในตาราง 2.4 โดยกำหนดตำแหน่งของช่องนำอากาศภายนอกเข้าภายในโซนโดยวิธีกล จะต้องห่างจากแหล่งที่เกิดอากาศเสียและช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร และสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร เพื่อป้องกันการก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง ส่วนการระบายอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีการปรับ

ภาวะอากาศด้วยระบบการปรับภาวะอากาศ ต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในโซนปรับภาวะอากาศ หรือดูดอากาศจากภายในโซนปรับภาวะอากาศออกไปไม่น้อยกว่าอัตราดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับภาวะอากาศ

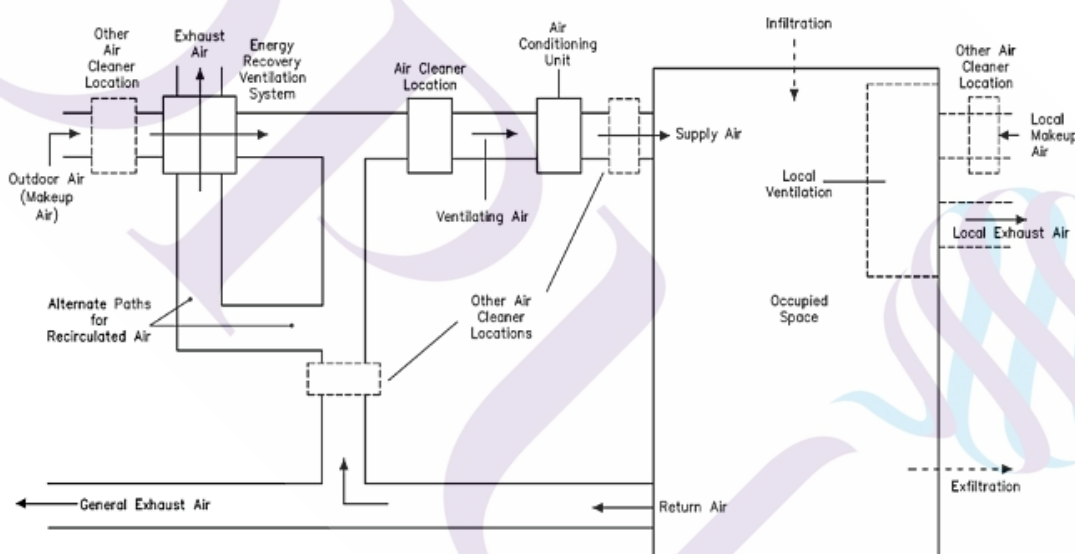
ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
1	ห้างสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2
4	สถานอาบ อบ นวด	2
5	สถานที่สำหรับติดต่อธุรกิจในธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานกีฬาในร่ม	4
10	โรงแรมหรู (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
16	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (ห้องรับประทานอาหาร)	10
17	ไนต์คลับ บาร์ หรือสถานลีลาศ	10
18	ห้องครัว	30
19	สถานพยาบาล	
	- ห้องคนไข้	2
	- ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	8
	- ห้องช่วยชีวิตฉุกเฉิน	5
	- ห้อง ไอ.ซี.ยู. และห้อง ซี.ซี.ยู.	5

อ้างอิงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ.2535) หมวด 3 ระบบการจัดแสงสว่างและการระบายอากาศ

2.2.3 ASHRAE Standard 62.1 - 2019

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

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



ภาพที่ 2.1 ระบบระบายอากาศ

ที่มา: ASHRAE Standard 62.1-2019

จากภาพที่ 2.1 หากมีการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ เนื่องจากการใช้อาคารอย่างรุนแรงเกินกว่าที่ระบบระบายอากาศทั่วไปจะสามารถจัดการได้ จะต้องมีการติดตั้งระบบ Local Ventilation ซึ่งประกอบด้วย Local Exhaust Hood และ Local Makeup Air เสริมขึ้นมา ดังปรากฏให้เห็นในระบบ

ระบายอากาศในอุตสาหกรรม ซึ่งระบบระบายอากาศในการวิจัยนี้จะเป็นส่วนของการระบายอากาศทั่วไปเท่านั้น

การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายังโซนที่มีผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร เพื่อเป็นการระบายอากาศ ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับมาตรฐานนี้ มีการกำหนดมาตรฐานการนำเข้าอากาศขั้นต่ำสุดไว้อย่างชัดเจนโดยวิธีการคำนวณ การวิจัยนี้เลือกใช้วิธี Ventilation Rate Procedure (VRP) เนื่องจากสามารถหาค่าได้อย่างตรงไปตรงมา ซึ่งวิศวกรมักใช้วิธีการนี้ในการออกแบบก่อนการก่อสร้าง โดยที่ยังไม่มีรายละเอียดของข้อมูลเพียงพอที่จะสามารถทำรายการคำนวณตามวิธี AQI Procedure ได้

ในการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร จะต้องพิจารณาส่วนที่มีความสำคัญ 5 เรื่อง คือ

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

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

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

Air Class 2 คือ คุณภาพอากาศระดับปานกลาง สามารถใช้ Recirculate ในโซนเดิมได้ และ Transfer ไปห้องน้ำได้

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

Air Class 4 คือ คุณภาพอากาศระดับแย่มาก ซึ่งมีการปนเปื้อนไปด้วยสิ่งที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคาร จะต้องทำการระบายทิ้งออกนอกอาคารอย่างเดียว ห้ามมีการนำกลับมาใช้

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

(4) การ Makeup และ การ Bleed ที่ มาตรฐานระบุถึงการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าไปเติม และดูดออกเพื่อการระบาย แต่ไม่ได้กำหนดรายละเอียดการ Makeup การ Bleed หรือการ Recirculate ไว้ ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาตามความและความสมดุลของการระบายอากาศ เพื่อการรักษาโซน และ Building Pressurization ไว้ได้อย่างเหมาะสม

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

การคำนวณหาปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องนำเข้าสู่โซนภายในอาคารโดยวิธี VRP ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ตรวจสอบความสะอาดของอากาศภายนอกว่าเหมาะสมต่อการนำมาใช้หรือไม่ หากมีสารปนเปื้อน จำเป็นจะต้องทำการ Clean ก่อนนำเข้าสู่ระบบระบายอากาศ

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

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

การคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่ Zone สามารถคำนวณได้ ตามสมการ ดังต่อไปนี้

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

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

A_z = พื้นที่ในโซนที่ต้องการระบายอากาศ (ตารางเมตร)

P_z = จำนวนผู้อาศัยในโซนพื้นที่ระบายอากาศในระหว่างการใช้งานทั่วไป

R_p = อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อคน

R_a = อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อพื้นที่

ค่า R_p และ R_a จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้สอยของพื้นที่ โดยในส่วนของ การคำนวณจำนวนคนในโซน (Design Zone Population) ในพื้นที่ใช้สอย P_z ต้องใช้จำนวนที่มากที่สุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ระหว่างการใช้งานทั่วไป แต่หากจำนวนคนไม่แน่นอนอนุญาตให้ใช้ค่าเฉลี่ย ตาม

สภาวะที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น (Short Term Population) และหากไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนของจำนวนผู้คนสูงสุด หรือค่าเฉลี่ยได้ อนุญาตให้ใช้ค่าประมาณจากคนในโซนพื้นที่ระบายอากาศได้ ผลของการระบายนี้จะเป็นค่าการระบายอากาศของพื้นที่สุทธิที่ใช้สอย และค่าความหนาแน่นของคนที่กำหนดให้ (Default Values) ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 อากาศภายนอกอาคารต่ำสุดที่ต้องการในพื้นที่เพื่อการหายใจ

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Default Values	Air Class	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/ person	L/s/ person	cfm/ft ²	L/s·m ²	Occupant Density #/1000 ft ² or #/100 m ²		
Animal Facilities							
Animal exam room (veterinary office)	10	5	0.12	0.6	20	2	
Animal imaging (MRI/CT/PET)	10	5	0.18	0.9	20	3	
Animal operating rooms	10	5	0.18	0.9	20	3	
Animal postoperative recovery room	10	5	0.18	0.9	20	3	
Animal preparation rooms	10	5	0.18	0.9	20	3	
Animal procedure room	10	5	0.18	0.9	20	3	
Animal surgery scrub	10	5	0.18	0.9	20	3	
Large-animal holding room	10	5	0.18	0.9	20	3	
Necropsy	10	5	0.18	0.9	20	3	
Small-animal-cage room (static cages)	10	5	0.18	0.9	20	3	
Small-animal-cage room (ventilated cages)	10	5	0.18	0.9	20	3	
Correctional Facilities							
Booking/waiting	7.5	3.8	0.06	0.3	50	2	
Cell	5	2.5	0.12	0.6	25	2	
Dayroom	5	2.5	0.06	0.3	30	1	
Guard stations	5	2.5	0.06	0.3	15	1	
Educational Facilities							
Art classroom	10	5	0.18	0.9	20	2	
Classrooms (ages 5 to 8)	10	5	0.12	0.6	25	1	
Classrooms (age 9 plus)	10	5	0.12	0.6	35	1	
Computer lab	10	5	0.12	0.6	25	1	
Daycare sickroom	10	5	0.18	0.9	25	3	
Daycare (through age 4)	10	5	0.18	0.9	25	2	
Lecture classroom	7.5	3.8	0.06	0.3	65	1	✓
Lecture hall (fixed seats)	7.5	3.8	0.06	0.3	150	1	✓
Libraries	5	2.5	0.12	0.6	10		
Media center	10	5	0.12	0.6	25	1	
Multiuse assembly	7.5	3.8	0.06	0.3	100	1	✓
Music/theater/dance	10	5	0.06	0.3	35	1	✓
Science laboratories	10	5	0.18	0.9	25	2	

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Occupancy Category	People Outdoor		Area Outdoor		Default Values		Air Class	OS (6.2.6.1.4)
	Air Rate R_p		Air Rate R_a		Occupant Density			
	cfm/ person	L/s· person	cfm/ft ²	L/s·m ²	#/1000 ft ² or #/100 m ²			
Educational Facilities (continued)								
University/college laboratories	10	5	0.18	0.9	25	2		
Wood/metal shop	10	5	0.18	0.9	20	2		
Food and Beverage Service								
Bars, cocktail lounges	7.5	3.8	0.18	0.9	100	2		
Cafeteria/fast-food dining	7.5	3.8	0.18	0.9	100	2		
Kitchen (cooking)	7.5	3.8	0.12	0.6	20	2		
Restaurant dining rooms	7.5	3.8	0.18	0.9	70	2		
Food and Beverage Service, General								
Break rooms	5	2.5	0.06	0.3	25	1		✓
Coffee stations	5	2.5	0.06	0.3	20	1		✓
Conference/meeting	5	2.5	0.06	0.3	50	1		✓
Corridors	—	—	0.06	0.3	—	1		✓
Occupiable storage rooms for liquids or gels	5	2.5	0.12	0.6	2	2		
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories								
Barracks sleeping areas	5	2.5	0.06	0.3	20	1		✓
Bedroom/living room	5	2.5	0.06	0.3	10	1		✓
Laundry rooms, central	5	2.5	0.12	0.6	10	2		
Laundry rooms within dwelling units	5	2.5	0.12	0.6	10	1		
Lobbies/prefunction	7.5	3.8	0.06	0.3	30	1		✓
Multipurpose assembly	5	2.5	0.06	0.3	120	1		✓

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Default Values		Air Class	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/ person	L/s· person	cfm/ft ²	L/s·m ²	Occupant Density			
					#/1000 ft ² or #/100 m ²			
Miscellaneous Spaces (continued)								
Sorting, packing, light assembly	7.5	3.8	0.12	0.6	7		2	
Telephone closets	—	—	0.00	0.0	—		1	
Transportation waiting	7.5	3.8	0.06	0.3	100		1	✓
Warehouses	10	5	0.06	0.3	—		2	
Office Buildings								
Breakrooms	5	2.5	0.12	0.6	50		1	
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3	10		1	✓
Occupiable storage rooms for dry materials	5	2.5	0.06	0.3	2		1	
Office space	5	2.5	0.06	0.3	5		1	✓
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3	30		1	✓
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3	60		1	✓
Outpatient Health Care Facilities^{a,b}								
Birthing room	10	5	0.18	0.9	15		2	
Class 1 imaging rooms	5	2.5	0.12	0.6	5		1	
Dental operator	10	5	0.18	0.9	20		1	
General examination room	7.5	3.8	0.12	0.6	20		1	
Other dental treatment areas	5	2.5	0.06	0.3	5		1	
Physical therapy exercise area	20	10	0.18	0.9	7		2	
Physical therapy individual room	10	5	0.06	0.3	20		1	
Physical therapeutic pool area	—	—	0.48	2.4	—		2	
Prosthetics and orthotics room	10	5	0.18	0.9	20		1	
Psychiatric consultation room	5	2.5	0.06	0.3	20		1	
Psychiatric examination room	5	2.5	0.06	0.3	20		1	
Psychiatric group room	5	2.5	0.06	0.3	50		1	
Psychiatric seclusion room	10	5	0.06	0.3	5		1	
Speech therapy room	5	2.5	0.06	0.3	20		1	
Urgent care examination room	7.5	3.8	0.12	0.6	20		1	
Urgent care observation room	5	2.5	0.06	0.3	20		1	
Urgent care treatment room	7.5	3.8	0.18	0.9	20		1	
Urgent care triage room	10	5	0.18	0.9	20		1	

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Default Values		Air Class	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/ person	L/s· person	cfm/ft ²	L/s·m ²	Occupant Density			
					#/1000 ft ² or #/100 m ²			
Public Assembly Spaces								
Auditorium seating area	5	2.5	0.06	0.3	150		1	✓
Courtrooms	5	2.5	0.06	0.3	70		1	✓
Legislative chambers	5	2.5	0.06	0.3	50		1	✓
Libraries	5	2.5	0.12	0.6	10		1	
Lobbies	5	2.5	0.06	0.3	150		1	✓
Museums (children's)	7.5	3.8	0.12	0.6	40		1	
Museums/galleries	7.5	3.8	0.06	0.3	40		1	✓
Places of religious worship	5	2.5	0.06	0.3	120		1	✓
Retail								
Sales (except as below)	7.5	3.8	0.12	0.6	15		2	
Barbershop	7.5	3.8	0.06	0.3	25		2	✓
Beauty and nail salons	20	10	0.12	0.6	25		2	
Coin-operated laundries	7.5	3.8	0.12	0.6	20		2	
Mall common areas	7.5	3.8	0.06	0.3	40		1	✓
Pet shops (animal areas)	7.5	3.8	0.18	0.9	10		2	
Supermarket	7.5	3.8	0.06	0.3	8		1	✓
Sports and Entertainment								
Bowling alley (seating)	10	5	0.12	0.6	40		1	
Disco/dance floors	20	10	0.06	0.3	100		2	✓
Gambling casinos	7.5	3.8	0.18	0.9	120		1	
Game arcades	7.5	3.8	0.18	0.9	20		1	
Gym, sports arena (play area)	20	10	0.18	0.9	7		2	
Health club/aerobics room	20	10	0.06	0.3	40		2	
Health club/weight rooms	20	10	0.06	0.3	10		2	
Spectator areas	7.5	3.8	0.06	0.3	150		1	✓
Stages, studios	10	5	0.06	0.3	70		1	✓
Swimming (pool and deck)	—	—	0.48	2.4	—		2	
Transient Residential								
Common corridors	—	—	0.06	0.3			1	✓
Dwelling unit	5	2.5	0.06	0.3	F		1	✓

อ้างอิงจาก ASHRAE Standard 62.1-2019

Breathing Zone หมายถึง บริเวณในห้องที่ต้องการการระบายอากาศ โดยจำกัดความสูง ตั้งแต่ 75 มิลลิเมตร จนถึง 1,800 มิลลิเมตร และห่างจากกำแพงทุกด้าน 600 มิลลิเมตร เพื่อบ่งชี้ว่า อากาศภายนอกต้องถูกนำมาจ่ายในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยจริง ไม่ได้จ่ายไปยังจุดที่ไม่มีผู้อยู่อาศัย หรือ อาจกล่าวได้ว่าจ่ายในระดับที่สูงจากพื้นมากเกินนั่นเอง

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

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

โดยที่ E_z เป็นค่าประสิทธิภาพในการกระจายอากาศระบาย (Zone Air Distribution Effectiveness) หากโซนใดมีระบบการกระจายอากาศระบายที่แย่มากหรือมีการ short circuit ระหว่างอากาศ กับ Exhaust System ค่า E_z จะต่ำ ซึ่งสามารถดูค่าได้ตามลักษณะการจ่ายลมจาก ตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่าประสิทธิภาพของโซนการกระจายลม

Air Distribution Configuration	E_z
Well-Mixed Air Distribution Systems	
Ceiling supply of cool air	1.0
Ceiling supply of warm air and floor return	1.0
Ceiling supply of warm air 15°F (8°C) or more above space temperature and ceiling return	0.8
Ceiling supply of warm air less than 15°F (8°C) above average space temperature where the supply air-jet velocity is less than 150 fpm (0.8 m/s) within 4.5 ft (1.4 m) of the floor and ceiling return	0.8
Ceiling supply of warm air less than 15°F (8°C) above average space temperature where the supply air-jet velocity is equal to or greater than 150 fpm (0.8 m/s) within 4.5 ft (1.4 m) of the floor and ceiling return	1.0
Floor supply of warm air and floor return	1.0
Floor supply of warm air and ceiling return	0.7
Makeup supply outlet located more than half the length of the space from the exhaust, return, or both	0.8
Makeup supply outlet located less than half the length of the space from the exhaust, return, or both	0.5
Stratified Air Distribution Systems (Section 6.2.1.2.1)	
Floor supply of cool air where the vertical throw is greater than or equal to 60 fpm (0.25 m/s) at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor and ceiling return at a height less than or equal to 18 ft (5.5 m) above the floor	1.05
Floor supply of cool air where the vertical throw is less than or equal to 60 fpm (0.25 m/s) at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor and ceiling return at a height less than or equal to 18 ft (5.5 m) above the floor	1.2
Floor supply of cool air where the vertical throw is less than or equal to 60 fpm (0.25 m/s) at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor and ceiling return at a height greater than 18 ft (5.5 m) above the floor	1.5
Personalized Ventilation Systems (Section 6.2.1.2.2)	
Personalized air at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor combined with ceiling supply of cool air and ceiling return	1.40
Personalized air at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor combined with ceiling supply of warm air and ceiling return	1.40
Personalized air at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor combined with a stratified air distribution system with nonaspirating floor supply devices and ceiling return	1.20
Personalized air at a height of 4.5 ft (1.4 m) above the floor combined with a stratified air distribution system with aspirating floor supply devices and ceiling return	1.50

อ้างอิงจาก ASHRAE Standard 62.1-2019

ในกรณี Single-zone System หากระบบระบายอากาศจ่ายอากาศบริสุทธิ์ไปยังโซนเดียว อากาศภายนอกต้องดูดเข้ามา (Outdoor Air Intake Flow, V_{ot}) จะมีค่าเท่ากับ Zone Outdoor Airflow

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

กรณีที่เป็นอากาศบริสุทธิ์ทั้งหมด (100% Outdoor Air Systems) จะได้

$$V_{ot} = \sum_{\text{all zones}} V_{oz} \quad \dots (4)$$

ส่วนกรณี Multiple-Zone Recirculating Systems ถ้าระบบระบายอากาศจ่ายอากาศบริสุทธิ์ไปยังโซนหลาย ๆ โซนพร้อมกัน ค่า Outdoor Air Intake (V_{ot}) จะต้องมีการคำนวณเพิ่มเติม ดังนี้

$$V_{ot} = V_{ou}/E_v \quad \dots (5)$$

โดยที่ V_{ou} คือ Uncorrected Outdoor Air Intake ซึ่งหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

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

โดยที่ D คือ Occupant Diversity Ratio ซึ่งหาได้จากสูตร

$$D = P_s / \sum_{\text{all zones}} P_z \quad \dots (7)$$

โดยที่ P_s คือ จำนวนผู้อยู่อาศัยสูงสุดจริงในวันทำการปกติ ส่วน E_v คือ System Ventilation Efficiency หาค่าได้จากตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ

Max (Z_{pz})	E_v
≤ 0.15	1.0
≤ 0.25	0.9
≤ 0.35	0.8
≤ 0.45	0.7
≤ 0.55	0.6
≥ 0.55	Use Appendix A ในตัวมาตรฐาน 62.1

อ้างอิงจาก ASHRAE Standard 62.1-2013

ค่า Max (Z_p) ในตารางที่ 2.8 คือค่าของ Z_p ที่มีค่าสูงที่สุดใน Zone ต่างๆ จำนวนได้จากสูตร

$$Z_{pz} = V_{oz} / V_{pz} \quad \dots (8)$$

เมื่อ V_{pz} คือ Supply Air CFM ในแต่ละ Zone

ตารางที่ 2.9 ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกขั้นต่ำสุด

Occupancy Category	Exhaust Rate, cfm/unit	Exhaust Rate, cfm/ft ²	Notes	Exhaust Rate, L/s·unit	Exhaust Rate, L/s·m ²	Air Class
Animal Facilities						
Animal imaging (MRI/CT/PET)	—	0.90		—	4.5	3
Animal operating rooms	—	3.00		—	15	3
Animal postoperative recovery room	—	1.50		—	7.5	3
Animal preparation rooms	—	1.50		—	7.5	3
Animal procedure room	—	2.25		—	11.3	3
Animal surgery scrub	—	1.50		—	7.5	3
Large-animal holding room	—	2.25		—	11.3	3
Necropsy	—	2.25		—	11.3	3
Small-animal-cage room (static cages)	—	2.25		—	11.3	3
Small-animal-cage room (ventilated cages)	—	1.50		—	7.5	3
Arenas	—	0.50	B	—	—	1
Art classrooms	—	0.70		—	3.5	2
Auto repair rooms	—	1.50	A	—	7.5	2
Barber shops	—	0.50		—	2.5	2
Beauty and nail salons	—	0.60		—	3.0	2
Cells with toilet	—	1.00		—	5.0	2
Copy, printing rooms	—	0.50		—	2.5	2
Darkrooms	—	1.00		—	5.0	2
Educational science laboratories	—	1.00		—	5.0	2
Janitor closets, trash rooms, recycling	—	1.00		—	5.0	3
Kitchenettes	—	0.30		—	1.5	2
Kitchens—commercial	—	0.70		—	3.5	2
Locker rooms for athletic, industrial, and health care facilities	—	0.50		—	2.5	2
All other locker rooms	—	0.25	—	—	1.25	2
Shower rooms	20/50	—	G,I	10/25	—	2
Paint spray booths	—	—	F	—	—	4
Parking garages	—	0.75	C	—	3.7	2
Pet shops (animal areas)	—	0.90	—	—	4.5	2
Refrigerating machinery rooms	—	—	F	—	—	3
Residential kitchens	50/100	—	G	25/50	—	2
Soiled laundry storage rooms	—	1.00	F	—	5.0	3
Storage rooms, chemical	—	1.50	F	—	7.5	4
Toilets—private	25/50	—	E, H	12.5/25	—	2
Toilets—public	50/70	—	D, H	25/35	—	2
Woodwork shop/classrooms	—	0.50	—	—	2.5	2

อ้างอิงจาก ASHRAE Standard 62.1-2019

จากตารางที่ 2.9 แสดงปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกจกั้นต่ำจากแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้ ในการออกแบบอัตราการไหลของอากาศเสียในบางพื้นที่ที่กำหนดให้ต้องมีการระบายอากาศแบบ ดูด ออก (Exhaust Ventilation) โดยที่ Exhaust Makeup Air อาจเป็นองค์ประกอบใด ๆ ของอากาศ ภายนอก (Outdoor Air) อากาศหมุนเวียน (Recirculated Air) และ Transfer Air แตกต่างกันไปตามชนิด ของพื้นที่ ซึ่งในบางพื้นที่ที่ต้องการทั้งการเติม Fresh Air (อากาศภายนอกที่สะอาด) และต้องมีการ Exhaust ออก หรือบางพื้นที่อาจต้องการแค่อย่างใดอย่างหนึ่ง จึงต้องพิจารณาต้องการในการจัดหา เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ซึ่ง Zone Pressurization ที่เหมาะสม ในกรณี Exhaust Air มีปริมาณมากกว่า การเพิ่มปริมาณอากาศภายนอกหรือ Make up โดยใช้อากาศจาก Zone อื่นที่มี Air Class ที่เหมาะสม ส่วนในกรณีที่พื้นที่พิจารณา มีข้อกำหนดให้เติม Fresh Air แต่ไม่มีข้อกำหนดให้ Exhaust Air แสดงว่าเป็นพื้นที่ที่มี ปริมาณสารปนเปื้อนต่ำ คุณภาพอากาศค่อนข้างดี มักมีความต้องการความดัน เป็นบวก จัดให้มีการ Exhaust ออก ร่วมกับ Return Air General Exhaust ประมาณ 90% ของปริมาณ Fresh Air ที่เติมเข้าสู่พื้นที่ หากในพื้นที่มีการกำหนดให้เติม Exhaust Air อย่างเดียว แสดงถึงพื้นที่ มีความสะอาดต่ำ มักจะต้องการความดันเป็นลบ และมักมีการเติมอากาศ เข้าไปชดเชยประมาณ 90% ของ Exhaust Air ที่ดูดออกจากพื้นที่ ซึ่งอากาศที่เติมเข้าไปชดเชย อาจเป็นอากาศที่สะอาดหรือ อากาศจาก Zone อื่นที่มี Air Class ที่เหมาะสม

2.2.4 มาตรฐาน วสท. 031010-60 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ที่ยอมรับได้

มาตรฐาน วสท. 031010-60 ใช้แนวทางจากมาตรฐาน ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013 มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ ยอมรับได้ เพื่อให้วิศวกร และผู้เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง และเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน รวมถึงการออกแบบการติดตั้ง ใช้งาน การปรับปรุง การทดสอบระบบ การซ่อมบำรุงรักษาระบบ ระบายอากาศ และระบบทำความสะอาดอากาศภายในอาคาร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและ ความถูกต้องตามหลักวิชาการ

การออกแบบระบบระบายอากาศ ให้พิจารณาการออกแบบตามความต้องการของ มาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) ออกแบบให้ระบบระบายอากาศเกิดการสมดุล (Design for Air Balancing) โดย การควบคุมอากาศที่จ่ายเข้ามาแทนที่อากาศที่ต้องการระบายออก ให้มีการกระจายที่ครอบคลุมพื้นที่ ที่มีผู้อยู่อาศัย และสามารถปรับระบบระบายอากาศไม่ให้ต่ำกว่าปริมาณการไหลของอากาศระบาย

ออกตามความต้องการการระบายตามมาตรฐาน ASHRAE ที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.2.3 เพื่อให้โซนพื้นที่ที่มีผู้อาศัยมีแรงดันสูงกว่าภายนอกเสมอ เว้นแต่มีข้อกำหนดในเรื่องการ Exhaust Ventilation

(2) ระบบกล่องลม (Plenum System) ทั้งในกรณีกล่องลมที่เพดาน หรือเป็นเครื่องส่งลมตั้งพื้น จะต้องออกแบบและกำหนดขนาดให้เพียงพอต่ออัตราการไหลขั้นต่ำที่ต้องการในการระบายอากาศ

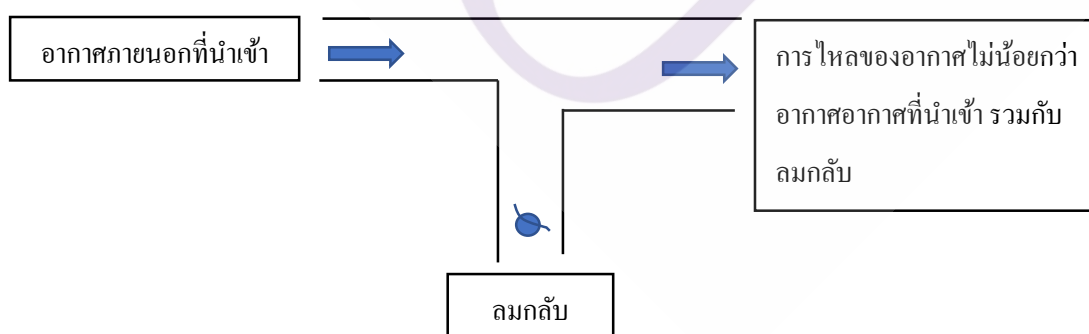
(3) เอกสารประกอบการออกแบบ (Documentation) จะต้องระบุความเพียงพอ ในการทดสอบการปรับสมดุลของอากาศ และเกณฑ์การออกแบบ รายการคำนวณอัตราการระบายอากาศและการกระจายลมด้วย เพื่อใช้ในการตรวจวัดและปรับดุลการระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานตามหลักวิศวกรรม

การควบคุมระบบระบายอากาศ (Ventilation System Control) ด้วยวิธีกลจะต้องควบคุมให้เป็นไปตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) การออกแบบทั้งหมดต้องสามารถควบคุมได้ทั้งด้วยระบบมือและระบบอัตโนมัติ เพื่อรักษาการไหลของอากาศไม่น้อยกว่าความต้องการระบายอากาศ หรือค่า V_{ot} ตามที่กำหนดตามสมการ (3), (4) และ (5) ในหัวข้อ 2.2.3

(2) ระบบที่ใช้พัดลมส่งลมปฐมภูมิแบบแปรเปลี่ยนได้ (Variable, Vps) การจ่ายลมบริเวณเดียวที่แปรเปลี่ยนปริมาณได้ (Single Zone VAV) และการจ่ายลมหลายโซนแบบหมุนเวียนที่แปรเปลี่ยนปริมาณได้ (Multizone Recirculating VAV) จะต้องประกอบด้วยระบบ ดังนี้

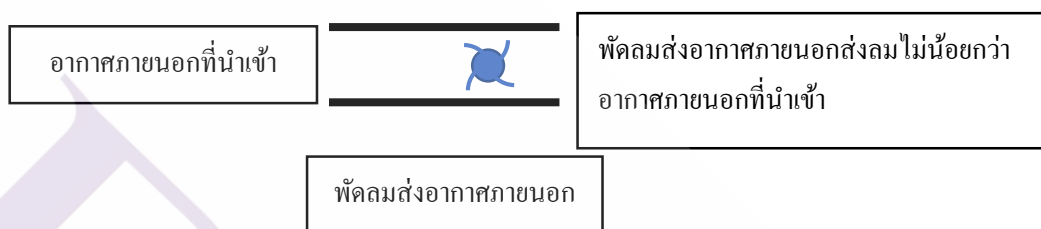
(2.1) อากาศภายนอกที่นำเข้ามา (Outdoor Air Intake) ชุดแผ่นปรับลมกลับ (Return Air Damper) ซึ่งต้องปรับแต่งค่าไม่ให้การไหลของอากาศน้อยกว่าการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้ามา (V_{to}) ดังแสดงตามภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การกำหนดวิธีการไหลของอากาศภายนอกที่นำเข้า

ที่มา: ปรับปรุงจาก มาตรฐาน ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 301001-59

(2.2) พัดลมส่งอากาศภายนอก (Outdoor Injection Fan) ต้องปรับให้การไหลของอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในโซน (Outdoor Air Intake Flow, V_{ot}) ดังแสดงตาม ภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การกำหนดวิธีการใช้พัดลมส่งอากาศภายนอก

ที่มา: ปรับปรุงจาก มาตรฐาน ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. 301001-59

ผิวการสัมผัสของกระแสลม (Airstream Surfaces) ในภาพที่ 2.2 และ 2.3 จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีความต้านทานต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ตามมาตรฐานการทดสอบ UL 181 และ ASTM C 1338 หรือที่คล้ายกัน แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ผิววัสดุสัมผัสกระแสลมจะมีคุณสมบัติต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่หากผิววัสดุสัมผัสกระแสลมเปื่อยขึ้นตลอดเวลาที่มีโอกาสทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ นอกตานั้นยังต้องมีความต้านทานต่อการกัดกร่อน ไม่แตกหัก หลุดล่อน หรือเป็นรอยร้าว ตามการทดสอบในมาตรฐาน UL 1813

การปล่อยอากาศที่งอกนอกอาคารโดยใช้ท่อส่งลม จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ตรวจสอบสารปนเปื้อน เพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศไม่ให้ก่อความเดือดร้อนต่อชุมชนรอบข้าง ส่วนอากาศที่จ่ายหมุนเวียนในโซนพื้นที่ใช้สอย กำหนดให้มีแผงกรองอากาศ หรือระบบทำความสะอาดอากาศที่มีประสิทธิภาพการกรอง (Minimum Efficiency Report: MERV) ไม่น้อยกว่าระดับ 8 ตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE 52.2 โดยให้ติดตั้งที่ทางลมเข้าชุดทำความเย็นหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีผิวเปียกทั้งหมด เพื่อกรองอนุภาคที่ไม่พึงประสงค์ และนอกจากนี้ ยังมีระบบควบคุมความชื้นระบบระบายน้ำทิ้ง ที่ต้องออกแบบ ควบคุมดูแล ตรวจสอบ ทำความสะอาดและซ่อมบำรุง ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร

2.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นสภาวะการณ์ที่อากาศภายในอาคารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ตั้งแต่การออกแบบอาคาร ออกแบบงานระบบระบายอากาศ ลักษณะการใช้อาคาร การควบคุมและบำรุงรักษา ตลอดจนสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารสามารถบ่งบอกได้โดยการประเมินและควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมของการระบายอากาศ และปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลต่อการรับรู้ ความพึงพอใจ และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร

อากาศอาจจะไม่มีหรือมีสารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมถึงทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง หากปริมาณสารปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่มาตรฐานกำหนด ถือว่าระดับคุณภาพอากาศอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะแก่การทำงานหรืออยู่อาศัย แต่หากระดับสารปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าคุณภาพอากาศไม่ดีไม่เหมาะแก่การอยู่อาศัยแต่อย่างใด สิ่งปนเปื้อนภายในอาคารเกิดจากแหล่งปนเปื้อนหลักที่สำคัญ 2 แหล่ง คือ

(1) สารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร (External Environment) มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากท่อไอเสียบนท้องถนน จากอุตสาหกรรม ฟันละออง เชื้อรา สารฆ่าแมลงจากการเกษตร และกลิ่นอื่น ๆ ที่ถูกดูดเข้าไปในอาคารทางช่องนำอากาศบริสุทธิ์เข้า ประตู หน้าต่าง และผนังที่แตกร้าว

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

สภาวะการปรับอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมทั้งด้าน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และ Radiant Temperature เป็นสิ่งจำเป็นต่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารพร้อมกับการกำหนดที่ตั้งที่เหมาะสม และควบคุมการกระจายตัวจากแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนทั้งภายนอกและภายในอาคาร ที่สามารถทำได้โดยการซีลรอยรั่วของกรอบอาคาร การทำให้อาคารมีความดันสัมพัทธ์สูงกว่าความดันภายนอก และการกรองอากาศก่อนการนำเข้าสู่โซนในอาคารซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบไปด้วย

(1) ปัจจัยด้านกายภาพ

อุณหภูมิ (Temperature) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งร่างกายปกติจะมีอุณหภูมิ 37 ± 0.5 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) โดยอุณหภูมิในอาคารที่สูงขึ้นจะสัมพันธ์ กับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่แย่ลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไป ทำให้เส้นเลือดในร่างกายขยายตัวมีการ

ระบายความร้อนออกทางเหงื่อ ส่งผลให้เกิดอาการปวดหัว เมื่อยล้า และอึดอัด แต่หากอุณหภูมิต่ำเกินไป จะทำให้เส้นเลือดหดตัวเพื่อลดการระบายความร้อนออกจากร่างกายจนทำให้หนาวสั่น อุณหภูมิภายในอาคารที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและการทำงานกำหนดไว้ที่ 20 - 26 °C อ้างอิงตาม สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไป ทำให้เหงื่อมีการระเหยที่ยากขึ้นจนรู้ร้อนและอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง จมูกจนบางครั้ง อาจทำให้เข้าใจผิดได้ว่า เกิดจากการระคายเคืองของสารเคมีในอาคารความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม จึงควรอยู่ในช่วงร้อยละ 30-60

ความเร็วลม เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์เช่นกัน ความเร็วลมที่สูงเกินไปทำให้รู้สึกหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากอุณหภูมิต่ำด้วย ในทางตรงกันข้าม หากอากาศร้อนและความเร็วลมต่ำ ลมก็จะพาความร้อนออกจากร่างกายไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เกิดความรู้สึกร้อนอบอ้าว อึดอัด

การแผ่รังสีความร้อน (Radiant Temperature) เกิดจากการที่วัสดุที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง เช่น ฝ้าเพดานที่เย็นจัด จากการกำหนดให้เป็นทางลมกลับของเครื่องปรับอากาศ ร่างกายมนุษย์ก็จะแผ่รังสีความร้อนไปยังวัสดุที่เย็น ในทางกลับกันหากเป็นกระจกด้านที่ถูกแสงแดดส่อง ร่างกายก็จะรับความร้อนจากวัสดุที่ร้อน อาศัยจึงทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกหนาว หรือร้อนกว่าปกติแม้ว่าอุณหภูมิในห้องจะอยู่ในเกณฑ์ปกติก็ตาม

(2) ปัจจัยทางด้านเคมี

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO₂) เป็นสารที่ไม่มีกลิ่น สี และรส มีน้ำหนักเบากว่าอากาศเล็กน้อย ดัชนีบ่งบอกคุณภาพอากาศภายในอาคาร คือ ปริมาณความเข้มข้นของ CO₂ ต้องไม่สูงเกินกว่า 1,000 ppm (Parts per Million) อ้างอิงตาม ASHRAE standard 62-1989 แต่ในบางองค์กรเสนอแนะให้ควบคุม CO₂ ให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินกว่า 800 ppm หากมีปริมาณ สูงกว่าค่าดังกล่าว พบว่าผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้อาคารมักมีอาการที่เป็นผลจากการสัมผัสสารปนเปื้อนนี้ เนื่องจาก CO₂ จัดเป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อมนุษย์ทำให้เกิดอาการปวดหัวรุนแรง อ่อนเพลีย ไม่มีสมาธิ เกิดการสะสมสารพิษในร่างกาย และหาก CO₂ มีการปนเปื้อนในอากาศที่ใช้หายใจมากกว่า 1,200 ppm สามารถทำให้มนุษย์หมดสติจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ สำหรับการสัมผัสนี้ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง เนื่องจาก CO₂ เกิดรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดง ได้มากกว่าออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhemoglobin, HbCO) ลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ความไวในการรับรู้ของแต่ละบุคคลนั้น

มีไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางร่างกาย เช่น อายุ เพศ น้ำหนักตัว หรือชนิดของกิจกรรมที่กำลังกระทำอยู่ เป็นต้น โดยปกติในบรรยากาศจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 0.03% ของบรรยากาศ เพื่อทำหน้าที่ดูดซับพลังงาน จากดวงอาทิตย์และทำให้เกิดความรู้สึกอบอุ่น

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO_2) เป็นก๊าซที่พบมากในบรรยากาศ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง อุตสาหกรรม คริวเรือน และจากธรรมชาติ จัดเป็นก๊าซพิษที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และค่อนข้างมีกลิ่นเหม็นในระดับการปนเปื้อนที่สูง ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบเดินหายใจ ที่ระดับความเข้มข้น 3-5 ppm จะทำให้มนุษย์เริ่มได้กลิ่น หากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อร่างกาย เช่น ระคายเคืองตา เยื่อจมูก คอ อวัยวะภายในระบบทางเดินหายใจ และอัตราการเต้นของชีพจร

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Oxide: NO_2) เกิดจากการเผาไหม้ของอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในอาคาร และการจราจรที่หนาแน่นภายนอกอาคาร ความเข้มข้นของ NO_2 ที่ 0.09 - 0.28 ppm ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ เกิดเป็นโรคปอดเรื้อรัง และหากความเข้มข้นของสารปนเปื้อนนี้เกิน 0.28 ppm อาจทำให้มนุษย์สามารถเสียชีวิตได้

สารฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde: CH_2O) เป็นก๊าซไม่มีสี จัดเป็นพิษที่ปนเปื้อนในอากาศที่เป็นปัญหาสุขภาพของมนุษย์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยทั่วไปไอระเหยของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่แฝงอยู่ในวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ตกแต่ง ซ่อมแซมอาคาร เช่น สี กาว และสารเคลือบเฟอร์นิเจอร์ ไม้อัด ไม้แปรรูปอื่น ๆ และผ้าปูม่าน เป็นต้น ถ้าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ร่างกายได้รับสูงเกิน 0.1 ppm ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อตา จมูกและทางเดินหายใจ แต่ถ้าได้รับปริมาณเข้มข้นสูงเกิน 100 ppm อาจทำให้หมดสติ และอาจถึงแก่ชีวิตในที่สุด เนื่องจากการเปลี่ยนรูปเป็นกรดฟอร์มิก (Formic Acid) ซึ่งมีฤทธิ์ทำลายระบบการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย

โอโซน (O_3) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติบนพื้นผิวโลกและในชั้นบรรยากาศสูงขึ้นไป ที่เรียกว่า Lower Stratosphere ในระดับความสูง 14.4-30.4 กิโลเมตร จากพื้นผิวโลก มีทั้งประโยชน์และมีโทษ โอโซนจัดเป็นตัวออกซิไดส์ (Oxidizing Agent) ที่แรงที่สุดที่อนุญาตให้นำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน โดยมีฤทธิ์สูงกว่าก๊าซคลอรีนถึง 51% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้เร็วกว่า 3.125 เท่าตัว การปนเปื้อนของก๊าซโอโซนที่ปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยเฉลี่ยไม่เกิน 0.1 ppm ในช่วงระยะเวลาของการทำงานนาน 8 ชั่วโมง ส่งผลต่อปริมาณของเหลวในปอด โดยเฉพาะในวัยเด็กที่ปอดกำลังพัฒนา อาจก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบสืบพันธุ์และพันธุกรรม อาจจะเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ ทำให้เกิดโรคปอดกำเริบ ตลอดจนเป็นปัญหาสุขภาพเรื้อรัง

ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เป็นสารเกิดตามธรรมชาติพบในน้ำมันดิบ ในขณะที่ไฮโดรคาร์บอนในสถานะก๊าซจะถูกเรียกว่าก๊าซธรรมชาติ เป็นแหล่งที่สำคัญของเชื้อเพลิงและเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ในอินทรีย์เคมีภัณฑ์ โดยที่ในอาคารพบสารปนเปื้อนนี้ จากเครื่องถ่ายเอกสาร กระดาษอัดสำเนา สารเคมี ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง เป็นต้น ส่งผลให้เกิดอาการแพ้ผิวหนัง อักเสบ เยื่อจมูกอักเสบ หายใจติดขัด เป็นต้น และโลหะหนักประเภทตะกั่ว ปรอท โครเมียม แคดเมียม สารหนูและตัวทำละลายที่เป็นสารระเหยจากสีทาอาคาร อาจส่งผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา หากได้รับในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้

ก๊าซเรดอน (Radon) เกิดจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในดิน หินแกรนิต อัญมณี คอนกรีต ยิปซัมบอร์ด เช่น Uranium และ Thorium มีลักษณะเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับวัตถุอื่น เข้าสู่อาคารผ่านทางพื้นชั้นล่าง หรือฐานราก โดยการลอยขึ้นมาจากดินหรือปนกับน้ำที่ซึมเข้าสู่ตู้ตัวอาคารแล้วฟุ้งกระจายไปในอากาศในระดับไม่เกิน 2 ชั้น จากฐานรากของตัวอาคาร

ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene: TCE) เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในงานภาคอุตสาหกรรม โดยสารชนิดนี้จะประกอบอยู่ในผลิตภัณฑ์หลายประเภทที่ใช้ในสำหรับอาคารและการปฏิบัติงานในอาคาร เช่น หมึกสำหรับเครื่องพิมพ์เลเซอร์ สี แล็กเกอร์ วัสดุเคลือบเงา และสารเคาะยึดต่าง ๆ การได้รับสารประเภทนี้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ในระยะยาว

เบนซีน (Benzene: C₆H₆) จัดเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย ถูกนำมาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นตัวทำละลายในการผลิตทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ อุตสาหกรรมผงซักฟอก พลาสติก ยางแม่แมลง สี สีย้อมผ้า และหมึกพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง จัดเป็นสารวัตถุอันตรายประเภทที่ 3 ตาม พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

แร่ใยหิน หรือ Asbestos เป็นแร่ธรรมชาติที่ปนอยู่ในเนื้อหิน ประกอบด้วย ธาตุแมกนีเซียม เหล็ก ซิลิเกต และธาตุอื่นๆ มีลักษณะเป็นเส้นใยละเอียดฟุ้งกระจายในอากาศได้ง่ายเป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ เกิดการสะสมและคงอยู่ตลอดไปในเนื้อเยื่อปอด พัฒนาให้เกิดโรคอย่างช้าๆ เป็นระยะเวลานานับ 10 ปี และหลังจากการตรวจพบอาการ ของโรคก็จะไม่สามารถรักษาให้หายได้ ดังนั้นผู้ป่วยจะต้องทุกข์ทรมานจากอาการของโรคปอดจนกว่าจะเสียชีวิต ตามกฎหมายความปลอดภัยในการทำงานของกระทรวงแรงงาน จึงได้กำหนดให้ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติของลูกจ้าง ห้ามลูกจ้างทำงานที่มีปริมาณฝุ่นแร่ ใยหินในบรรยากาศเกินกว่า 5 เส้นใยต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนค่ามาตรฐานความปลอดภัยตามมาตรฐานสากล (ACGIH - TLV) ปี ค.ศ 2006 กำหนดให้ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติของลูกจ้างห้ามมีฝุ่นแร่ ใยหิน (คริสโซไทล์) ในบรรยากาศการทำงานมีปริมาณเกินกว่า 0.1 เส้นใยต่อปริมาตรอากาศ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสารฟอก และกรด สำหรับการกัดกร่อนที่เข้มข้น ซึ่งในอาคารส่วนใหญ่ที่มีการทำความสะอาดในเวลาเย็น หรือวันหยุด ขณะที่ปีกระบบระบายอากาศ และไม่มีหน้าต่างที่สามารถเปิดออกสู่ภายนอกได้ ทำให้เกิดการหลงเหลือของสารปนเปื้อนภายในอาคารปริมาณสูง ส่งผลเสียต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้เข้ามาใช้อาคาร ซึ่งหากสูดดมสารจากปฏิกิริยาเคมีมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองเยื่อเมือกต่าง ๆ ของร่างกาย อาจถึงขั้นทำให้เกิดเป็นแผลเปื่อยในระบบทางเดินหายใจได้

(3) ปัจจัยด้านชีวภาพ

จุลชีวะทางอากาศ คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น ไรฝุ่น เชื้อโรคชนิดต่าง ๆ รา มีขนาด ระหว่าง 10 -30 ไมครอน แบคทีเรียมีขนาดระหว่าง 0.4 ถึง 5 ไมครอน โดยทั่วไปมักเกาะตัวอยู่กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าลอยปะปนในอากาศ ก่อให้เกิดภาวะโรคฉวยโอกาส สามารถติดต่อจากคนสู่คนได้ทางระบบทางเดินหายใจสำหรับผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอและมีภูมิคุ้มกันต่ำ

การประเมินระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมที่สุด คือ การตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษ และประเมินผลตามมาตรฐานที่กำหนดไว้โดยองค์การที่เกี่ยวข้อง เช่น NIOSH, OSHA, U.S.EPA, ACGIH, WHO หรือ ASHRAE ซึ่งค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีความสบาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับสารเคมี และปัจจัยด้านชีวภาพ รายละเอียดดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ASHRAE	ACGIH	WHO	NIOSH
อุณหภูมิ	20 - 26 °C	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์	30 - 60 %	-	-	-
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1,000 ppm	5,000 ppm	5,000 ppm	5,000 ppm
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	9 ppm	25 ppm	10 ppm	35 ppm
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	-	0.25 ppm*	5 ppm	2 ppm
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์	< 0.1 ppm	3 ppm	0.1 ppm***	1 ppm*
โอโซน	-	0.05 ppm	0.48 ppm	0.1 ppm
ฟอร์มัลดีไฮด์	< 0.4 ppm	0.3 ppm*	0.081 ppm**	0.016 ppm
แบคทีเรีย	-	-	500 UFC/m ³	1,000 UFC/m ³
รา	-	-	500 UFC/m ³	1,000 UFC/m ³

โดยที่ *ระยะเวลา 15 นาที **ระยะเวลา 30 นาที ***ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ ****
ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

อ้างอิงค่าจากมาตรฐาน ASHRAE, ACGIH, WHO และ NIOSH

2.4 คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor Air Quality)

มลภาวะจากแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร (Outdoor Air Pollutions) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนกับอากาศภายในอาคาร ผ่านช่องว่างของกรอบอาคาร รอยแตกร้าวหรือจากการนำอากาศจากภายนอกเข้าสู่โซน โดยมลภาวะภายนอกอาคารที่สำคัญจำแนกตามแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

2.4.1 มลภาวะจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบอาคาร (Outdoor Pollutions) เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จากแหล่งกำเนิดที่หลากหลายปัจจัย เช่น ความหนาแน่นของชุมชน อาคาร การจราจร ธุรกิจภาคอุตสาหกรรม และการเกษตร ทำให้เกิดก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่างๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสมในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด รวมถึงมลพิษฝุ่นละอองอนุภาคเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เป็นมลพิษปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศได้นาน เป็นฝุ่นอันตรายไม่ว่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีใด ๆ ก็ตาม เช่น ปรอท แคดเมียม สารหนู และโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2556 องค์การอนามัยโลก (WHO) จึงกำหนดอย่างเป็นทางการให้ PM2.5 จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ของสารก่อมะเร็งจนถึงปัจจุบัน มีค่ามาตรฐานตามตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 มาตรฐานคุณภาพอากาศแนะนำ

มาตรฐาน คุณภาพอากาศ	ค่าเฉลี่ย	PM2.5 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	PM10 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
ไทย	รายปี	25	50
	24 ชั่วโมง	50	120
WHO	รายปี	10	20
	24 ชั่วโมง	25	50

อ้างอิงข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ และองค์การอนามัยโลก

จากตารางที่ 2.11 เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานที่แนะนำโดยองค์การอนามัยโลกจะเห็นว่าค่า PM2.5 เฉลี่ยรายปีสูงเกินค่ามาตรฐาน รวมถึงค่ามาตรฐานที่ประเทศไทยกำหนดขึ้นด้วย หรืออีกนัยหนึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดทางกฎหมายที่มีอยู่ นั้นเปิดช่องให้กับผู้ปล่อยมลพิษมากกว่าที่จะคุ้มครองสิทธิของประชาชนในการเข้าถึงอากาศสะอาด

2.4.2 จุลชีพ (Microorganism) มีการเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นในอากาศ หรือแหล่งที่มีน้ำ เช่น ผนังอาคารด้านนอก หลังคา ในอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ และในอาคารที่ตั้งอยู่บริเวณที่มีกระแสลมพัดพาเอาความชื้นเข้าสู่ภายในอาคาร จุลชีพที่ก่อให้เกิดโรคในผู้ใช้อาคาร ได้แก่ ลีเจียนเนลล่า (Legionella Disease) โรคนซาร์ส (Severe Acute Respiratory Syndrome) และ โรคเมอร์ส (Middle East Respiratory Syndrome)

2.4.3 การปนเปื้อนนอกอาคาร (Outdoor Contamination) เกิดขึ้นทั้งจากธรรมชาติเช่น ฝุ่นละออง เกสรดอกไม้ สปอร์ของเห็ดรา สปอร์พืช และจากการกระทำของมนุษย์ เช่น มลภาวะภาคอุตสาหกรรม เหม่า และไอเสียจากยานพาหนะ

2.4.4 มลภาวะอื่น ๆ เช่น ฝุ่น คิววัน ก๊าซต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการจากการปนเปื้อนในดินจากการใช้ที่ดินบริเวณนั้นมาก่อน เช่น การฝังกลบขยะมูลฝอย หรือการใช้สารเคมีภาคการเกษตร ก๊าซเหล่านี้สามารถแทรกซึมเข้าสู่อาคารได้จากฐานรากของอาคาร

ดังนั้นคุณภาพอากาศภายนอกจึงมีการกำหนดมาตรฐาน การตรวจสอบ ตรวจวัด และการประเมินให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ เพื่อใช้พิจารณาประกอบ การออกแบบระบบระบายอากาศภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยงานภาครัฐในประเทศไทยที่มีอำนาจในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ คือ กรมควบคุมมลพิษ ภายใต้สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันประกาศให้มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศในประเทศไทย ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2535 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป (Thailand Ambient Air Quality Standards) ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาใช้มาตรฐานคุณภาพอากาศแห่งชาติ NAAQS

2.5 กฎหมาย มาตรฐาน และข้อกำหนดระบบอัคคีภัย

2.5.1 กฎหมาย มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดให้บันไดหนีไฟที่อยู่ในอาคาร และไม่มีช่องระบายอากาศเปิดสู่ภายนอกอาคาร ต้องมีระบบอัคคีภัยภายในช่องบันไดที่มีแรงดันอากาศขณะมีการใช้งานไม่น้อยกว่า 3.86 พาสคัลเมตร

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4407 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 6 ระบบอัคคีภัยเพื่อควบคุมควันไฟ ซึ่งมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถึงข้อกำหนดในการการออกแบบ ติดตั้ง บำรุงรักษาและการทดสอบ การทำงานของระบบอัคคีภัย เพื่อควบคุมควันไฟสำหรับบันไดหนีไฟและ โถงลิฟต์ดับเพลิง เรียกว่า มาตรฐานระบบอัคคีภัย ซึ่งใช้กับระบบอัคคีภัยที่เป็นระบบควบคุมควันไฟระบบเดียวกัน กับภายในอาคาร ไม่ใช้ร่วมกับระบบควบคุมควันไฟรูปแบบอื่น ๆ เช่น ระบบอัคคีภัยสำหรับบันไดหนีไฟ ที่ใช้งานร่วมกับระบบควบคุมควันไฟชนิดแบ่งเขตพื้นที่ความดันอากาศ (Zone Smoke Control System) ซึ่งต้องทดสอบตามวิธีการเฉพาะตามการออกแบบ

NFPA: National Fire Protection Association เป็นองค์กรชั้นนำของโลกที่สนับสนุน กิจกรรมด้านการป้องกันอัคคีภัย มีภารกิจหลักในการจัดทำและสนับสนุนการกำหนดมาตรฐาน ที่พัฒนามาจากสถิติและข้อมูลความเสียหายจริงของชีวิตและทรัพย์สิน อันเนื่องมาจากอัคคีภัยและ อุบัติภัยต่าง ๆ ด้วยวิธีประชามติ การวิจัย การฝึกอบรม และการให้ความรู้ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะลดปัญหา และความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากอัคคีภัยและอุบัติเหตุต่าง ๆ เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชากรโลก ซึ่งมาตรฐานความปลอดภัยของ NFPA กว่า 300 ประเภท เป็นแหล่งรวมข้อมูลที่สำคัญด้านความ ปลอดภัยของสาธารณชน ที่ได้รับการยอมรับจากนานาประเทศ และนำมาใช้ในกระบวนการ ก่อสร้างและบริหารจัดการอาคารให้มีความปลอดภัย ครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบ ติดตั้ง ตรวจสอบ จนถึงระดับเพลิงเมื่อเกิดอัคคีภัย ซึ่งมาตรฐานที่สำคัญ คือ Life Safety Code (NFPA-101) ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อความมั่นใจในการลดความสูญเสียจากเหตุเพลิงไหม้ และเหตุอุกเหินในอาคารได้ รวมถึงวิธีการคำนวณค่าการออกแบบระบบอัคคีภัยบันไดหนีไฟ ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการไหลกลับของควันสู่อาคารในบริเวณอื่น ๆ โดยมีข้อกำหนดต่าง ๆ ดังนี้

2.5.2 ข้อกำหนดทั่วไป

2.5.2.1 สำหรับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตร ขึ้นไป กำหนดให้บันไดหนีไฟที่สร้าง ด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ติดตั้งประตูและอุปกรณ์ประกอบต้องเป็นไปตาม มอก. 2541 เล่ม 2

2.5.2.2 กำหนดให้บันไดหนีไฟที่อยู่ภายในอาคารสามารถป้องกันควันไฟด้วยวิธีธรรมชาติ โดยออกแบบให้มีช่องระบายอากาศที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 1.4 ตารางเมตรต่อหนึ่งชั้น เปิดสู่ภายนอกอาคารโดยตรง หรือด้วยวิธีทางกล โดยการติดตั้งระบบอัดอากาศเข้าไปในบันไดหนีไฟที่ทำงานอัตโนมัติเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ เพื่อให้ความดันอากาศภายในบันไดหนีไฟสูงกว่าภายในอาคารในระดับเดียวกัน ซึ่งโถงลิฟต์ดับเพลิงก็ต้องป้องกันควันไฟได้เช่นเดียวกับบันไดหนีไฟ จึงให้ยึดปฏิบัติเช่นเดียวกัน

2.5.2.3 อาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่พื้นอาคารต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคาร ตั้งแต่ชั้นที่ 3 ลงไป หรือต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคารตั้งแต่ 7 เมตร ลงไป ต้องจัดให้มีบันไดหนีไฟที่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟและมีระบบอัดอากาศเพื่อป้องกันควันไฟ

2.5.2.4 กรณีที่บันไดหนีไฟเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไม่ตรงกันตลอดความสูงของอาคาร กำหนดให้มีทางปลอดควันเชื่อมระหว่างบันได ซึ่งต้องมีข้อกำหนดและการปฏิบัติเช่นเดียวกับบันไดหนีไฟ

2.5.2.5 ประตูบันไดหนีไฟ และประตูโถงลิฟต์ดับเพลิงต้องมีอุปกรณ์ดึงประตูปิดกลับด้วยตัวเอง (Door-Closer) ต้องติดตั้งอุปกรณ์บาร์ผลักเปิดประตูฉุกเฉินและมีสลักยึดประตู (Self Latching) ให้ปิดสนิท โดยแรงที่ใช้ในการปลดสลักต้องไม่เกิน 67 นิวตัน และแรงที่ใช้ในการผลักเปิดประตูต้องไม่เกิน 133 นิวตัน และในกรณีที่ต้องการเปิดประตูค้างไว้ ต้องมีอุปกรณ์ดึงเปิดด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าและปิดอัตโนมัติเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงาน

2.5.2.6 สำหรับระบบอัดอากาศที่ใช้เพื่อควบคุมควันไฟสำหรับบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิงต้องทำงานได้โดยอัตโนมัติ และจำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินจ่ายให้ระบบอัดอากาศทำงานได้ทันทีในระยะเวลาไม่เกิน 10 วินาที เมื่อไฟฟ้าหลักของอาคารดับ

2.5.3 ข้อกำหนดระบบอัดอากาศและอุปกรณ์

2.5.3.1 การออกแบบและติดตั้งระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ

ความดันแตกต่างของอากาศภายในบันไดหนีไฟกับความดันอากาศของพื้นที่เกิดควันภายในอาคารเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ออกแบบควรคำนึง โดยกำหนดค่าความดันแตกต่างสูงสุดตลอดประตู ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ความดันแตกต่างสูงสุดคกร้อมประตู่

แรงจากอุปกรณ์ดึงประตู่ ปิดกลับด้วยตัวเอง (N)	ความดันแตกต่างสูงสุดคกร้อมประตู่ที่ความกว้างของประตู่ (Pa)				
	0.8 m	0.9 m	1.0 m	1.1 m	1.2 m
26.4	112	112	112	112	112
35.2	102	02	02	02	02
44.0	92	92	92	92	92
52.8	85	85	85	85	85
61.1	75	75	75	75	75

อ้างอิงข้อมูล: จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 6 ระบบ
อัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟ

จากตารางที่ 2.12 แสดงค่าความดันแตกต่างสูงสุดคกร้อมประตู่ จากการทดสอบแรง
ที่ใช้ในการเปิดประตู่ทำโดยให้แรง 133 นิวตัน กระทำที่ตำแหน่งห่างจากขอบประตู่ด้านตรงข้าม
บานพับ 7.5 เซนติเมตร และคำนวณ โดยใช้ความสูงของประตู่ 2.0 เมตร ข้อกำหนดของความดัน
แตกต่างสูงสุดคกร้อมประตู่ แบ่งออกเป็น 2 กรณี

- กรณีประตู่บันไดหนีไฟปิดหมดทุกบาน ความดันแตกต่างต้องไม่เกินค่าตามตารางที่
2.12 โดยทำให้แรงที่ใช้เปิดประตู่ไม่เกิน 133 นิวตัน ซึ่งรวมผลของแรงที่เกิดจากอุปกรณ์ดึงประตู่
ปิดกลับด้วยตัวเอง ความดันแตกต่างของอากาศภายในบันไดหนีไฟกับความดันอากาศของพื้นที่เกิด
ควันภายในอาคารในระดับเดียวกัน ในทุกกรณีต้องไม่ต่ำกว่า 38 ปาสคัล

- กรณีประตู่บันไดหนีไฟเปิดค้าง ชั้นบนและชั้นล่างที่ติดกับชั้นที่ประตู่เปิดค้าง ต้องมี
ความดันแตกต่างไม่ต่ำกว่า 12.5 ปาสคัล ส่วนชั้นอื่นต้องมีความดันแตกต่างเหมือนที่ระบุในกรณี
ประตู่บันไดหนีไฟปิดทุกบานเช่นกัน

ซึ่งผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟได้ จากสมการ

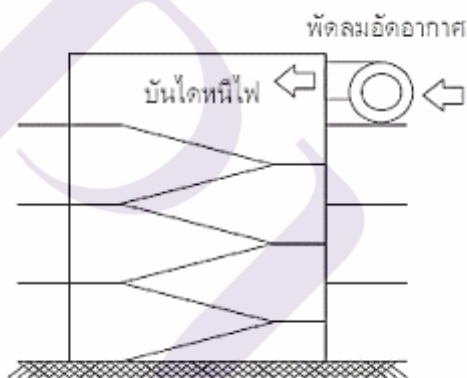
$$Q = ac + bN$$

เมื่อ; Q = ปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

- a = อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก 7.08 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อหนึ่งประตู
- c = จำนวนประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก
- b = อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วของผนังและประตูของบันไดหนีไฟ 0.094 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อชั้น
- N = จำนวนชั้นของอาคาร

วิธีการอัดอากาศเข้าบันไดหนีไฟ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

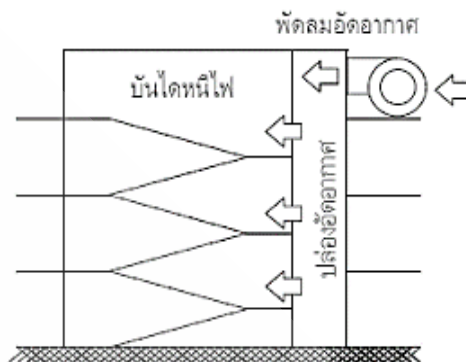
- ระบบอัดอากาศแบบจุดเดียว ใช้ได้กับอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 23 เมตร เท่านั้น ซึ่งตำแหน่งช่องอัดอากาศ สามารถอยู่ในตำแหน่งใด ๆ ก็ได้ในบันไดหนีไฟ โดยตำแหน่งพัดลมต้องห่างจากประตูบานที่ออกแบบให้เปิดค้างไม่น้อยกว่า 11 เมตร หรือไม่น้อยกว่า 3 ชั้น เช่น ประตูชั้นล่างที่เปิดสู่ภายนอกอาคาร โดยทั่วไปตำแหน่งช่องอัดอากาศอยู่ที่ตำแหน่งด้านบนสุดของบันไดหนีไฟ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ระบบอัดอากาศแบบจุดเดียว

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 44407 (2555)

- ระบบอัดอากาศแบบหลายจุด ใช้ได้กับอาคารไม่จำกัดความสูง โดยกำหนดตำแหน่งช่องอัดอากาศเข้าแต่ละจุด ต้องห่างกันไม่เกิน 3 ชั้น ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ระบบอัดอากาศแบบหลายจุด

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 44407 (2555)

ตำแหน่งลมเข้าของระบบอัดอากาศ ซึ่งต้องจำกัดไม่ให้ควันเข้าสู่บันไดหนีไฟและโรงลิฟต์ดับเพลิง โดยใช้พัดลมอัดอากาศนำลมเข้าจากภายนอกอาคาร สำหรับตำแหน่งลมเข้าของระบบอัดอากาศ ต้องแยกห่างออกจากช่องระบายอากาศทั่วไปที่ทิ้งออกจากอาคาร ช่องระบายควันไฟของระบบระบายควันไฟ ช่องเปิดระบายควันไฟ และความร้อนที่หลังคา ช่องเปิดระบายอากาศของปล่องลิฟต์ และช่องเปิดใด ๆ ของอาคารที่มีโอกาสปล่อยควันไฟในระหว่างเกิดเหตุเพลิงไหม้

2.5.3.2 การออกแบบและติดตั้งระบบอัดอากาศสำหรับ โถงลิฟต์ดับเพลิง

ระบบอัดอากาศสำหรับ โถงลิฟต์ดับเพลิง ต้องแยกจากระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ ซึ่ง โถงลิฟต์ดับเพลิงทุกชั้นของอาคาร จะต้องจัดให้มีระบบอัดอากาศที่ทำงานได้โดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ความดันแตกต่างของอากาศภายในโถงลิฟต์ดับเพลิงกับความดันอากาศของพื้นที่เกิดควันภายในอาคารในระดับเดียวกันให้เป็นไปตามข้อกำหนดค่าการออกแบบตามข้อ 2.5.3 และระบบจ่ายลมสำหรับ โถงลิฟต์ดับเพลิง ต้องใช้พัดลมความดันสูงที่อัดอากาศเข้าช่องท่อหรือท่อลม เพื่อส่งลมเข้าไปในโถงลิฟต์ดับเพลิงทุกชั้น โดยปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่โถงลิฟต์ดับเพลิงสามารถคำนวณได้จากสมการในหัวข้อ 2.5.3 เช่นเดียวกัน แต่ให้กำหนดอัตราการใช้ของอากาศผ่านรอยรั่วของผนังและประตูของโถงลิฟต์ $b = 0.14$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อชั้น ปริมาณอากาศที่คำนวณได้ตามสมการข้างต้น เป็นค่าโดยประมาณ ซึ่งปริมาณอากาศที่อัดเข้าบันไดหนีไฟจริงอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามข้อกำหนดการทดสอบ

2.5.4 ข้อกำหนดเกี่ยวกับอุปกรณ์ การติดตั้งระบบควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ

อุปกรณ์ประกอบสำหรับระบบอัดอากาศ และคุณลักษณะที่ต้องการมี ดังนี้

2.5.4.1 พัดลมและมอเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.5.4.1.1 พัดลมแบบใบพัด (Propeller Fan) ติดตั้งที่หลังคาหรือผนังด้านนอกอาคาร ให้ใช้กับระบบอัดอากาศแบบจุดเดียว ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันลมที่ทางเข้าของพัดลมเพื่อป้องกันไม่ให้ลมภายนอกที่พัดปะทะอาคารส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานของพัดลม

2.5.4.1.2 พัดลมหอยโข่งหรือแบบใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) หรือพัดลมแบบตามแนวแกน (In-Line Axial Fan) หรือแบบอื่น ๆ ที่มีความดันสถิตพอเพียงให้ใช้กับระบบอัดอากาศแบบจุดเดียวหรือหลายจุด

คุณลักษณะที่ต้องการในการออกแบบพัดลมและมอเตอร์ คือ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ โดยห้ามมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันภาระเกิน (Overload Protection) เด็ดขาด พัดลมพร้อมมอเตอร์รวมทั้งมอเตอร์ทั้งหมดยุติและหยุดนิ่งและหมุนต้องมีการถ่วงและตั้งศูนย์ โดยมอเตอร์ต้องเป็นแบบมิดชิดหรือแบบมิดชิดมีพัดลมในตัว (Totally Enclosed/Totally Enclosed Fan Cooled) ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกินความถี่ที่กำหนด 50 Hz ในกรณีชุดขับเคลื่อนเป็นแบบขับเคลื่อน ต้องปรับแต่งปริมาณลมและความดันได้ โดยมีชุดปรับรอบของมอเตอร์ (Variable Speed Drive) หรือถ้าเป็นพัดลมแบบไหลตามแนวแกน หรือพัดลมไหลแบบผสมต้องเลือกชนิดของใบพัดเป็นแบบปรับมุมได้ (Adjustable Pitch) โดยเพิ่มหรือลดมุมใบพัดได้ และกรณีชุดขับเคลื่อนเป็นแบบขับเคลื่อนโดยใช้สายพานต้องใช้สายพานชนิดทนน้ำมัน (Oil Resistance) มอเตอร์ต้องเป็นแบบปรับช่อง (Pitch) ได้ ซึ่งอัตราการอัดอากาศที่ความดันสถิตนั้น ๆ ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน AMCA Publication 212-07

2.5.4.2 ท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศ

ข้อกำหนดทั่วไปของท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศนั้น กำหนดให้ความเร็วของอากาศภายในช่องท่อหรือท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศต้องไม่เกิน 12.5 เมตรต่อวินาที ความเร็วของอากาศที่จ่ายออกจากช่องท่อหรือท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศต้องไม่เกิน 7.5 เมตรต่อวินาที และความเร็วของลมที่ผ่านออกทางประตูหนีไฟชั้นที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ขณะประตูเปิด ต้องไม่น้อยกว่า 0.8 เมตรต่อวินาที เพื่อป้องกันควันย้อนกลับ แต่ความเร็วของลมไม่ควรเกิน 2 เมตรต่อวินาที เพื่อไม่ให้เป็นการเติมออกซิเจนเข้าไปในอาคารมากเกินไป และจะต้องไม่มีระบบอื่นภายในช่องท่อลมสำหรับอัดอากาศของบันไดหนีไฟ ที่รบกวนการทำงานของระบบอัดอากาศ ช่องจ่ายลมเข้าสู่บันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง จากช่องท่อหรือท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศต้องไม่มีการติดตั้งลิ้นกันไฟ หรือลิ้นกันควัน ปากทางด้านดูดอากาศเข้า ต้องติดตั้งตะแกรงป้องกัน (Inlet Screen) ที่มีขนาดเหมาะสมเพื่อป้องกันอันตรายกับผู้ใช้งาน และป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในระบบอัดอากาศ

คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการออกแบบ ช่องเปิดหรือท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศเข้าสู่บันไดหนีไฟ ถ้าติดตั้งภายนอกบันไดหนีไฟต้องสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหรือวัสดุ

อื่นที่มีอัตราการทนไฟได้ ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ผิวด้านในท่อต้องเรียบอย่างน้อยสามด้าน วัสดุที่ใช้รวมถึงอุปกรณ์ประกอบต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง หรืออาจติดตั้งซ่อนในช่องเปิดที่ทนไฟได้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง หรือใช้ช่องเปิดที่ทนไฟอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เป็นท่อลม

ข้อกำหนดการติดตั้งท่อลมต้องเป็นไปตามมาตรฐานท่อส่งลมในระบบปรับอากาศ ของสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย หรือมาตรฐาน SMACNA Second Edition-1995 และช่องดูดลมภายนอกสำหรับระบบอัดอากาศทุกชนิด ต้องห่างจากตำแหน่งระบายควันออกอย่างน้อย 15 เมตร หรือช่องดูดลมต้องมีระดับต่ำกว่าตำแหน่งท่อระบายควัน ไม่น้อยกว่า 3 เมตร และปลายท่อต้องหันไปคนละด้าน การต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันบริเวณทางดูดของพัดลม เพื่อหยุดการทำงานของพัดลม และป้องกันการดูดควันเข้ามาในบันไดหนีไฟ

2.5.4.3 ลื่นกันไฟ (Fire Damper)

ข้อกำหนดทั่วไปของลื่นกันไฟ จะต้องติดตั้งสำหรับช่องเปิดที่ผ่านผนังทนไฟ เช่น ช่องเปิดระบายแรงดันของระบบอัดอากาศที่มีการระบายแรงดันเข้าภายในอาคาร ต้องติดตั้งลื่นกันไฟที่ช่องเปิดนั้นด้วย เพื่อป้องกันไฟลามเข้าในบันไดหนีไฟหรือในโถงลิฟต์ดับเพลิงในชั้นที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ลื่นกันไฟต้องผ่านการทดสอบจากหน่วยงานหรือสถาบันที่เชื่อถือได้ และต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่าอัตราการทนไฟของพื้นผนังที่ลื่นกันไฟติดตั้งอยู่ การติดตั้งทั่วไปจะติดตั้งในช่องเปิดระบายแรงดัน ที่ทำงานแบบใช้แรงจากสปริง (Spring Loaded) โดยผลของการหลอมละลายของฟิวส์ โดยฟิวส์ที่ใช้ควบคุมลื่นกันไฟ ควรมีจุดหลอมเหลวที่ อุณหภูมิประมาณ 74°C และท่อลมอัดอากาศบันไดหนีไฟและปล่องลิฟต์หรือโถงลิฟต์ ไม่ต้องติดตั้งชุดลื่นกันไฟหรือควันลาม สำหรับลื่นกันไฟที่ไม่ได้ติดตั้งในท่อ ต้องไม่ให้ใกล้วัสดุที่ติดไฟง่าย หรือต้องป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากลื่นกันไฟ โดยคุณลักษณะที่ต้องการและการติดตั้งลื่นกันไฟ ลื่นกันควัน และลื่นกันไฟและกันควันสำหรับช่องเปิดให้เป็นไปตาม มอก. 2541 เล่ม 2

2.5.4.4 ระบบควบคุมต่าง ๆ และอุปกรณ์ประกอบ

ข้อกำหนดทั่วไปของระบบควบคุมต่าง ๆ และอุปกรณ์ประกอบ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดันในบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง เพื่อควบคุมความดันแตกต่างระหว่างภายในบันไดหนีไฟหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับภายในอาคารต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เพื่อป้องกันควันไฟ ขณะเดียวกันต้องควบคุมไม่ให้ความดันสูงเกินค่าที่กำหนดด้วย เพื่อไม่ให้แรงในการผลักเปิดประตูสูงเกินกว่า 133 นิวตัน

คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ประกอบต้องเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานหรือสถาบันที่เชื่อถือได้ ในส่วนของระบบอัดอากาศ ต้องทำงานได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เช่น อุปกรณ์

ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับการไหลของน้ำ อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ และระบบควบคุมระบบอัตโนมัติ ต้องรับสัญญาณเพื่อเริ่มขั้นตอนสั่งการทำงานภายใน 10 วินาที นับหลังจากรับสัญญาณจากระบบตรวจจับอัตโนมัติ หรือระบบสั่งการด้วยมือ รวมไปถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบอัตโนมัติต้องทำงานตามขั้นตอนเพื่อ ไม่ให้เกิดความเสียหายต่อพัดลมแผ่นปรับลม ท่อลม อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ในส่วนของพัดลมต้องทำงานภายในเวลาไม่เกิน 60 วินาที หลังจากรับคำสั่งจากตู้ควบคุมระบบควบคุมควันไฟ และจำเป็นต้องมีแผงควบคุมการทำงานจากระบบสั่งการด้วยมือ โดยติดตั้งในห้องควบคุมสั่งการดับเพลิงของอาคาร แผงควบคุมการทำงานจากระบบสั่งการด้วยมือต้องแสดงสถานะการทำงานสถานะผิดปกติของระบบให้เห็นได้อย่างชัดเจน ระบบอัตโนมัติแต่ละชุดก็เช่นกันจะต้องมีระบบควบคุมไฟแสดงสถานะการทำงาน ไฟแสดงสถานะการทำงานผิดปกติแยกจากกัน การแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ สถานะการทำงาน (เปิด) เมื่อพัดลมทำงานต้องมาจากการตรวจวัดการไหลของลม การแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ สถานะตำแหน่งเปิดปิดของแผ่นปรับลม ต้องแสดงสถานะตำแหน่งเมื่อเปิดเต็มที่ และปิดเต็มที่ เมื่อมีการควบคุมจากแผงควบคุมสั่งการด้วยมือ และต้องมีปุ่มทดสอบหลอดไฟ (Lamp Test) บนแผงควบคุม ซึ่งแผงควบคุมต้องมีแผนผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์ในระบบและหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้น ติดตั้งภายในห้องศูนย์สั่งการเหตุฉุกเฉินของอาคาร ระบบควบคุมต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์และสายควบคุม ต้องทนไฟได้อย่างน้อย 1.5 ชั่วโมง และต้องใช้ไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าฉุกเฉินได้ด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่นอกส่วนที่มีการปิดล้อมทนไฟ หรือมีโอกาสถูกเพลิงไหม้ต้องเป็นแบบทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง ส่วนของสายไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งในช่องเปิดที่ทนไฟได้ ต้องเป็นแบบทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่มีโอกาสถูกน้ำจากระบบกระจายน้ำดับเพลิงต้องใช้นชนิดกันน้ำได้ อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าทุกชนิดของระบบอัตโนมัติต้องรับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินของอาคารเสมอ และระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินของอาคารต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ภายในเวลาไม่เกิน 10 วินาที หลังจากไฟฟ้าหลักของอาคารดับ

2.5.4.5 การติดตั้งระบบควบคุมและระบบสั่งการทำงาน

ระบบควบคุมความดันในบันไดหนีไฟและ โถงลิฟต์ดับเพลิง แบ่งออกเป็น

- ระบบที่ไม่มีอุปกรณ์ช่วย เป็นระบบที่อากาศถูกอัดเข้ามาในช่องบันไดหนีไฟ ด้วยพัดลมอัตโนมัติที่ความเร็วรอบคงที่ทำให้ความดันในช่องบันไดหนีไฟอยู่ที่ค่า ๆ หนึ่งเมื่อประตูปิดอยู่ทั้งหมด และเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ ตามจำนวนประตูที่เปิดเพิ่มมากขึ้น การออกแบบต้องคำนึงถึงการรักษาความดันในช่องบันไดหนีไฟไว้ให้ได้ เมื่อมีจำนวนประตูที่เปิดออกมากที่สุดตามการออกแบบซึ่งทางปฏิบัติค่อนข้างยาก วิธีที่อาจทำได้ คือ ต้องกำหนดประตูที่อนุญาตให้เปิดค้างได้ไม่เกิน 1 ประตู หรือ 2 ประตู หากเกิน 2 ประตู ควรใช้ระบบที่มีอุปกรณ์ช่วย

- ระบบที่มีอุปกรณ์ช่วย เป็นระบบที่รักษาความดันภายในช่องบันไดให้คงที่ได้แม้ประตูปิดทุกบาน หรือเมื่อมีการเปิดประตู โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนประตูที่เปิดออก หลักการคือ ระบายอากาศส่วนเกินออกจากช่องบันไดหนีไฟโดยอัตโนมัติหรือการปรับปริมาณลมอัดเข้าบันไดหนีไฟ การควบคุมความดันในช่องบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิงทำได้หลายวิธี ได้แก่ การติดตั้งชุดแผ่นปรับลมโดยใช้น้ำหนักถ่วง (Barometric Damper) เพื่อควบคุมความดันแตกต่างระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร การติดตั้งชุดแผ่นปรับลมระบายความดัน (Relief Damper) แบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเปิด-ปิด-หรี โดยใช้สัญญาณจากอุปกรณ์รับสัญญาณความดันแตกต่าง (Differential Pressure Sensor) ระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคารแล้วนำมาตั้งควบคุมชุดแผ่นปรับลม เพื่อควบคุมความดันแตกต่างระหว่างในช่องบันได หรือ โถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร การติดตั้งชุดแผ่นลมเฉียง (Bypass Damper) ที่ท่อประธานของท่อลมอัดอากาศ แบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเปิด-ปิด-หรี โดยใช้สัญญาณจากอุปกรณ์รับสัญญาณความดันแตกต่าง แล้วนำมาควบคุมชุดแผ่นปรับลม เพื่อควบคุมความดันแตกต่างระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร และการติดตั้งชุดปรับรอบการทำงานของพัดลมอัด โนมัติ โดยอาศัยอินเวอร์เตอร์หรืออุปกรณ์ปรับรอบโดยอัตโนมัติอื่น โดยใช้สัญญาณจากอุปกรณ์รับสัญญาณความดันแตกต่าง แล้วนำมาควบคุมชุดปรับความเร็วรอบพัดลม เพื่อควบคุมความดันแตกต่างระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร โดยค่าการออกแบบทั้งหมดต้องกำหนดไม่ให้เกินค่าที่ระบุในตารางที่ 2.12

ระบบสั่งการทำงานของระบบอัดอากาศ แบ่งออกเป็น

- ระบบทำงานอัตโนมัติ (Automatic Activation) สัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติในโซนใด ๆ ของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ต้องสั่งให้ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟทำงานทันทีโดยไม่ผ่านการหน่วงเวลา ยกเว้นกรณีที่ได้ออกแบบและกำหนดให้พัดลมของระบบอัดอากาศชุดใดทำงานก่อนหลัง

- ระบบทำงานด้วยมือ (Manual Activation) การสั่งการและการยกเลิกการทำงานของระบบอัดอากาศ ให้ติดตั้งที่แผงควบคุมสั่งการด้วยมือในศูนย์ควบคุมส่วนกลางของอาคารหรือศูนย์สั่งการเหตุฉุกเฉินของอาคาร

โดยกำหนดให้มีสวิตช์ที่แผงควบคุมสั่งการพิเศษด้วยมือ (Manual Override) ที่สั่งให้ระบบอัดอากาศทำงานขึ้นมาใหม่ หลังจากที่ระบบการสั่งการทุกอย่างหยุดทำงาน และจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน (Duct Smoke Detector) ที่ท่อลมในตำแหน่งด้านดูดของพัดลมที่อัดเข้าในบันไดหนีไฟ ในกรณีที่มีควันเข้ามาในระบบอัดอากาศ พัดลมต้องหยุดทำงานอัตโนมัติ เพื่อป้องกันควันไฟไหลเข้าสู่ภายในบันไดหนีไฟหรือในโถงลิฟต์ดับเพลิง ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคารและทีมผจญเพลิง

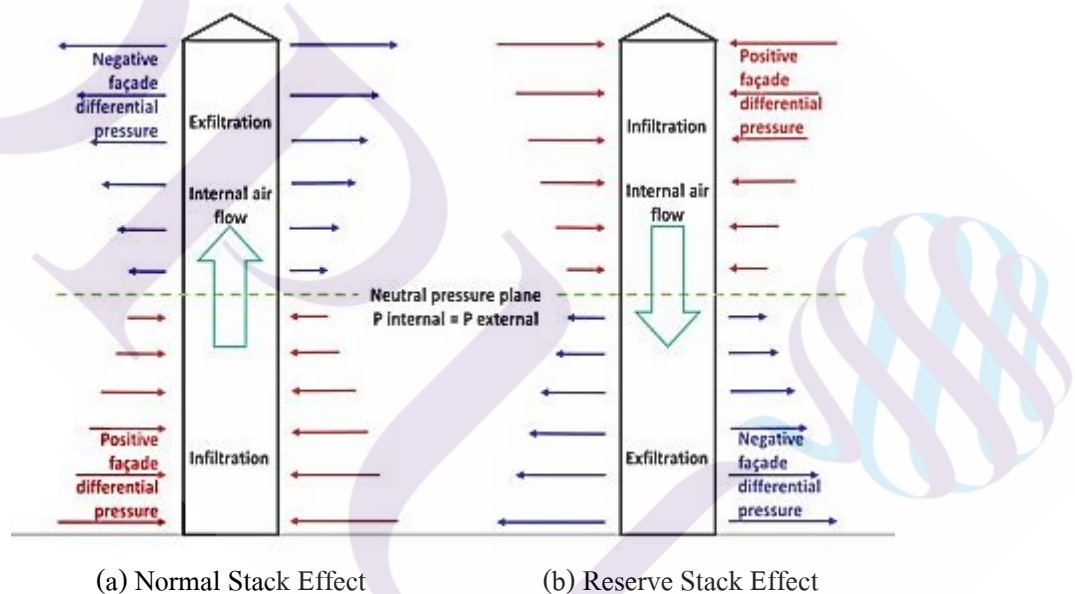
2.6 กลไกและข้อคำนึงในการออกแบบ การตรวจสอบ และทดสอบระบบอัดอากาศ

ระบบกลไกของระบบอัดอากาศ ตัวกำหนดทิศทางและอัตราการแพร่กระจายของควัน และการควบคุมควัน ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงเพื่อใช้ประกอบการการออกแบบ โถงอัดอากาศบันไดหนีไฟได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

2.6.1 ควันไฟ และการเคลื่อนที่ของควันไฟ

ขณะเกิดเพลิงไหม้ในอาคาร เพลิงจะลุกลามไปอย่างรวดเร็ว เกิดกลุ่มควันแผ่กระจายไปจากบริเวณต้นเพลิงไปสู่ส่วนอื่น ๆ อย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่นี้เกิดจากกลไก 5 ประการ คือ Stack Effect, Buoyancy, Expansions, ลม, ระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคาร ซึ่งในการควบคุมควันนั้น จำเป็นจะต้องออกแบบเพื่อเอาชนะแรงธรรมชาติทั้ง 5 ประการข้างต้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- Stack Effect เป็นแรงธรรมชาติที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น - ลง ของควัน ในบริเวณปล่องลิฟท์ โถงบันได และท่อต่าง ๆ ดังแสดงตามภาพที่ 2.6



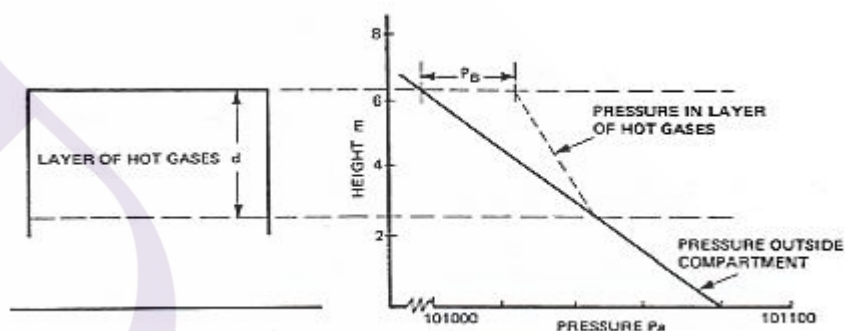
ภาพที่ 2.6 Stack Effect

ที่มา: Sergey Mijorski (2016)

จากภาพที่ 2.6 (a) แสดง Stack Effect ในพื้นที่ที่มีอากาศหนาว เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคารชั้นต่าง ๆ Stack Effect จะนำพาควันขึ้นไปตามช่อง Shaft กระจายเข้าสู่บริเวณด้านบนของอาคาร

อย่างรวดเร็ว ในทางกลับกันในเมืองร้อนตามภาพที่ 2.6 (b) Stack Effect จะนำพาควันจากชั้นบนลงมาสู่ชั้นล่าง

- Buoyancy คือ การที่ควันลอยตัวขึ้นเมื่อค่าอุณหภูมิสูงขึ้น และค่าความหนาแน่นลดลง Buoyancy ส่งผลให้เกิดแรงดันควันในทิศทางไหลขึ้น ทำให้ควันวิ่งขึ้นสู่ชั้นเหนือจุดที่เกิดเพลิงไหม้ อิทธิพลจาก Buoyancy จะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ควันลอยห่างออกไปจากต้นเพลิง เนื่องจากค่าอุณหภูมิของควันไหลลดลง



ภาพที่ 2.7 ความกดดันบนเพดานห้องอันเกิดจากการลอยตัวของก๊าซ

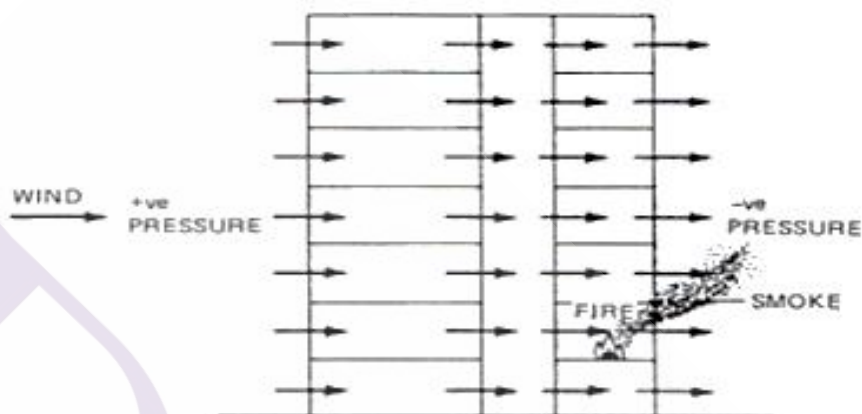
ที่มา: Hinkley (1995)

จากภาพที่ 2.7 แสดงให้เห็นว่าความกดดันภายในชั้นของก๊าซร้อนใต้เพดานจะลดลงอย่างช้า ๆ จากอิทธิพลของแรงลอยตัว (Buoyancy) โดยความกดดันมาตรฐานของบรรยากาศ (Standard Pressure of The Atmosphere) ที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 101300 ปาสคาล และจะลดลงประมาณ 12 ปาสคาลต่อความสูงหนึ่งเมตรเมื่อชั้นของความร้อนมีความสูงมากขึ้น

- Expansions คือ การขยายตัวของอากาศในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นและขยายตัวหลายเท่าตัว อากาศที่เย็นกว่าจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นควันจำนวนมาก ซึ่งทั่วไปแล้วควันจะไหลออกจากแหล่งกำเนิด โดยมีปริมาตรกว่า 3 เท่า ของปริมาตรอากาศเย็นที่เข้าไปแทนที่

- ลม เป็นสิ่งที่ทำให้เกิด Infiltration ทางด้านที่ลมปะทะอาคาร และทำให้เกิด Exfiltration ทางด้านหลบลม ซึ่ง Infiltration และ Exfiltration มีผลต่อการเคลื่อนที่ของควันในอาคาร เมื่อมีเพลิงไหม้เกิดขึ้นในอาคาร การเคลื่อนตัวของควันและก๊าซพิษสู่ส่วนอื่น ๆ ภายในอาคารก็จะเกิดขึ้นจากลมภายนอกพัดพาไป และลักษณะช่องเปิดของอาคารเป็นเงื่อนไขสำคัญของการถ่ายเทดังกล่าว ถ้าหากเกิดเพลิงไหม้

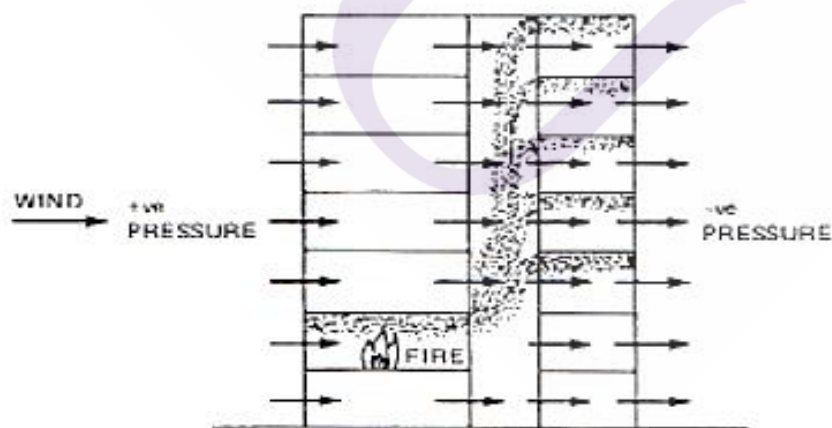
ขึ้นภายในห้องที่มีหน้าต่างบนผนังที่อยู่ทางด้านความกดดันอันเกิดจากลมเป็นลบ คิว้นส่วนมากจะถ่ายเทออกจากตัวอาคาร ดังแสดงตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การถ่ายเทของควันในอาคารสูงจากปัจจัยลมภายนอก

ที่มา: Kandola (1978)

อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่ห้องชั้นเพดานเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางเหนือลมแรงผลักดันของลมที่เป็นบวกจะทำให้ควันเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวอาคารและแพร่กระจายไปยังส่วนอื่น ๆ ของอาคารแสดงตามภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ห้องชั้นเพดานมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางต้นลมมีแรงผลักดันของลมที่เป็นบวก

ที่มา: Kandola (1978)

สำหรับอาคารที่มีกรอบอาคารแบบหนาแน่น อิทธิพลจากลมอาจจะไม่มีผลมากนัก โดยทั่วไปแล้วเวลาเกิดเหตุเพลิงไหม้ กระจกของอาคารในชั้นนั้น ๆ จะแตกออกด้วยสาเหตุที่แตกต่างกัน หากกระจกแตกทางด้านหลังลมจะส่งผลดีต่อการระบายควันออกจากอาคาร

- ระบบระบายอากาศของอาคารเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้ควันกระจาย ในขณะที่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ โดยปกติในอาคารขนาดใหญ่จะมีระบบส่งสัญญาณเพื่อทำการปิดระบบปรับอากาศ แต่ในบางระบบอาจมีการใช้เครื่องปรับอากาศให้เป็นประโยชน์สำหรับควบคุมควันก็ได้

2.6.2 หลักการเบื้องต้นของการควบคุมควัน

หลักการควบคุมควันในเบื้องต้น คือการใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความดันแตกต่าง หรือสร้างความเร็วลมให้เกิดขึ้นในระบบ เพื่อเอาชนะแรงธรรมชาติทั้ง 5 ปัจจัยดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.6.1 ซึ่งแรงลมจากพัดลมจะต้องแรงพอที่จะสร้างเกราะป้องกันควัน หรือพอที่จะบังคับทิศทางควันไฟให้ไหลไปในทิศทางที่กำหนดจากการออกแบบ โดยผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงปัจจัยขององค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

(1) แรงธรรมชาติที่ส่งผลต่อกลไก 5 ประการ คือ Stack Effect, Buoyancy, Expansions, ลม, ระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคาร

(2) รอยรั่วของกรอบอาคาร และลักษณะการเปิด - ปิด ในบริเวณต่าง ๆ ของอาคาร ที่ส่งผลต่อการไหลของอากาศ

(3) ลักษณะการใช้งานของอาคารแต่ละประเภท

(4) แผนผังการหนีไฟ และบริเวณที่จัดให้เป็นพื้นที่ปลอดควันไฟสำหรับการหลบภัย

(5) ความหนาแน่นและการกระจายตัวของผู้อาศัย หรือผู้ใช้อาคาร

(6) รูปแบบการตรวจจับ และส่งสัญญาณเตือนเมื่อเกิดอัคคีภัย

(7) ลักษณะการทำงานของพนักงานดับเพลิง และความต้องการเครื่องช่วยชีวิตเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

(8) ลักษณะการจัดการอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับดับเพลิงในแต่ละส่วนของอาคาร

(9) ลักษณะการใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศภายในอาคาร

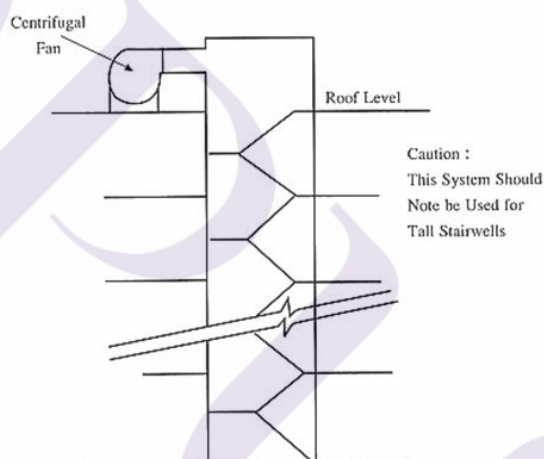
(10) ลักษณะทางสถาปัตยกรรม และการจัดบริเวณของอาคาร

(11) ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบควบคุมการใช้พลังงาน และระบบควบคุมอื่น ๆ

ปัจจัยขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดและอุปสรรคสำหรับการออกแบบ จนสามารถประมวลเป็นเกณฑ์ หรือ Criteria ในการออกแบบระบบควบคุมควันและไอระเหยจากอัคคีภัยที่ไหม้ไฟที่เหมาะสม

2.6.3 หลักการเบื้องต้นของระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

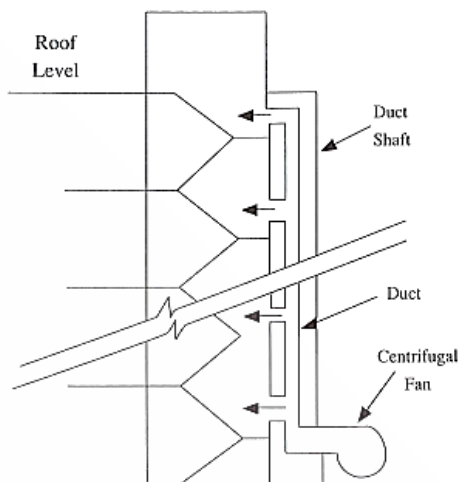
ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ ประกอบไปด้วย โถงบันได พัดลมอัดอากาศ ช่องอัดอากาศ และประตูกันไฟที่ต่อเชื่อมโถงบันไดเข้ากับชั้นของอาคารทุกชั้น โดยปกติประตูจะเปิดได้ด้านเดียว คือเปิดเข้าสู่โถงบันไดเท่านั้น ยกเว้นชั้นบนและชั้นล่าง หรือชั้นที่กำหนดจากการออกแบบ โดยที่ประตูชั้นล่างของโถงบันไดควรต่อเชื่อมกับทางออกจากตัวอาคารที่สะดวก เพื่อการอพยพหนีไฟได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย หรือเพื่อการเข้าถึงของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง ซึ่งการออกแบบอาคารส่วนใหญ่เน้นเฉพาะ โถงบันได โดยไม่ได้คำนึงถึงทางเข้า-ออก และสำหรับการอัดอากาศสามารถกระทำได้ด้วยการอัดเข้าทางโถงบันไดโดยตรง อัดผ่านช่องลม หรือท่อลมก็ได้ ซึ่งในอาคารขนาดเล็กที่มีความสูงไม่เกิน 8 ชั้น การจ่ายลมจะกระทำแบบจุดเดียว (Single Injection) ตามภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารขนาดเล็ก

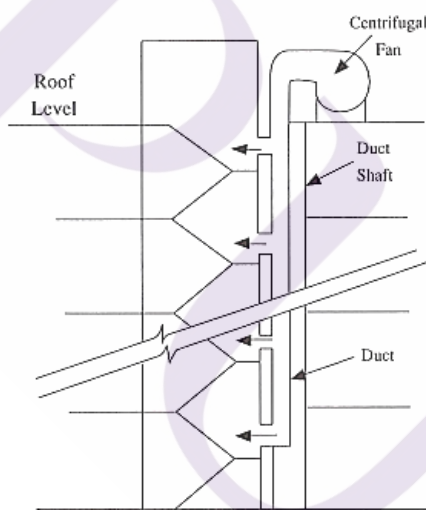
ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

จากภาพที่ 2.10 อากาศจะถูกอัดเข้ามาสู่ภายใน โถงบันได โดยตรง ไม่ผ่านท่อลม ระบบการทำงานเช่นนี้อาจส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานที่ไม่ดีหากประตูชั้นบน ๆ ใกล้เคียงจ่ายลมถูกเปิดออก สำหรับอาคารสูงจึงควรจัดให้มีระบบการจ่ายลมแบบหลายจุด (Multiple Injection) จะกระทำโดยการอัดผ่านช่องลม หรือท่อลมก็ได้ ดังแสดงตามภาพที่ 2.11 และ 2.12



ภาพที่ 2.11 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านล่าง

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

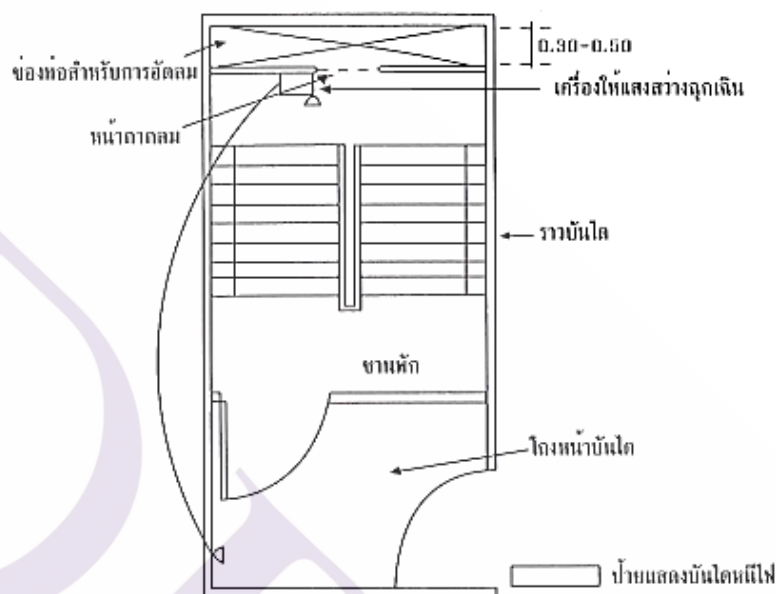


ภาพที่ 2.12 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านบน

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

จากภาพที่ 2.11 และ 2.12 แสดงระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบ Multiple Injection ที่ผู้ออกแบบนิยมให้มีหัวจ่ายลม 1 หัว ที่ทุก ๆ ชั้น ในขณะที่ผู้ออกแบบหลายคนคิดว่าเกินความจำเป็น

ใช้หัวจ่ายเดี่ยวต่อ 3 ชั้น หรือมากกว่าขนาดของช่องอัดลมนั้นก็ได้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ความกว้างเท่ากับความกว้างของ โลงบันได และมีความหนาประมาณ 50 เซนติเมตร ซึ่งในความเป็นจริงขนาดของช่องอัดลมจะมีขนาดเท่าใดก็ได้ ไม่มีมาตรฐานใดเป็นตัวกำหนด ดังแสดงตามภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างบันไดหนีไฟภายในอาคารที่มีระบบอัดอากาศภายในบันได

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

ช่องอัดลมจากภาพ 2.13 เป็นท่อลมธรรมดาที่ใช้สำหรับส่งลมมาจ่ายให้แก่หัวจ่ายตามชั้นต่างๆ ของโลงบันได ไม่ควรออกแบบช่องลมให้เล็กเกินไป ควรมีขนาดท่อใกล้เคียงกับขนาดของท่อลมส่งของท่อลมความดันต่ำทั่วไปหรืออาจใหญ่กว่าก็ได้ ซึ่งมีข้อควรระวัง คือ เรื่องความเสียดทานของท่อลมที่มักจะสูงเนื่องจากผนังเป็นผิว ค.ส.ล. (คอนกรีตเสริมเหล็ก) หรืออิฐที่ไม่ได้ฉาบผิวภายใน ปริมาณลมที่ดันทางซึ่งมีค่าสูงมาก ทำให้ความดันตกสูงมากเกินไปบริเวณส่วนต้นท่อที่มักมีการหักเหจากจากท่อลมจ่ายของพัดลมตอนอัดเข้าช่องท่อ ทำให้เกิดแรงดันตกสูงมาก และบ่อยครั้งที่ผู้ติดตั้งทำการเจาะท่อลมเข้าสู่ปล่องอัดลมผ่านกำแพง ค.ส.ล. ของ CORE ของอาคาร โดยไม่ได้ใส่ปลอกเหล็กเว้นช่องให้ท่อผ่านเอาไว้ ทำให้ลมต้องไหลผ่านตะแกรงของเหล็ก โครงสร้างเป็นสาเหตุให้เกิดความดันตกที่สูงมากเช่นกัน

การติดตั้งพัดลมจะออกแบบไว้บริเวณชั้นใดก็ได้ แต่ควรคำนึงถึงช่องลมดูดของพัดลมที่ไม่ควรอยู่ใกล้บริเวณที่อาจมีควันเวลาเกิดเหตุเพลิงไหม้ แนะนำให้ติดตั้งไว้ชั้นล่างเนื่องจากลักษณะของควันมีแนวโน้มที่จะลอยขึ้น แต่หากมีความจำเป็นต้องติดตั้งพัดลมที่ชั้นคาฝ้า ให้ระมัดระวังไม่ให้ช่องดูดลมอยู่ใกล้ช่อง Exhaust, ช่องเปิดจาก Smoke Shaft, Roof Smoke, Heat Vent, ช่องเปิดของปล่องลิฟท์ หรือช่องทางอื่น ๆ ที่อาจมีควันไฟรั่วไหลออกมาในขณะที่เกิดเพลิงไหม้

หลักการการทำงานของระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ จะเริ่มเมื่อสัญญาณเตือนอัคคีภัยทำงาน พัดลมจะอัดอากาศผ่านช่องท่อลมเข้ามาในโถงบันได ส่งผลให้ความดันภายในบันไดมีค่าสูงขึ้น และจะต้องสูงกว่าความดันของอากาศภายนอกโถงบันได

$$\Delta P = \text{ความดันในโถงบันได} - \text{ความดันนอกโถงบันได}$$

ΔP เกิดขึ้นจากการอัดอากาศเข้าไปในโถงบันไดหนีไฟ ซึ่งจะเป็นตัวป้องกันมิให้ควันจากภายนอกไหลเข้าสู่โถงบันไดได้ ยิ่ง ΔP สูงขึ้นก็ยิ่งป้องกันควันได้ดีขึ้นเท่านั้น แต่หาก ΔP สูงเกินไปก็จะส่งผลต่อผู้ใช้อาคารที่กำลังอพยพหนีไฟ ทำให้เปิดประตูได้ยากจากแรงดันที่สูงเกินไป จึงมีการกำหนดค่า ΔP ต่ำสุดที่สามารถป้องกันควัน และคนยังสามารถเปิดประตูได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.13

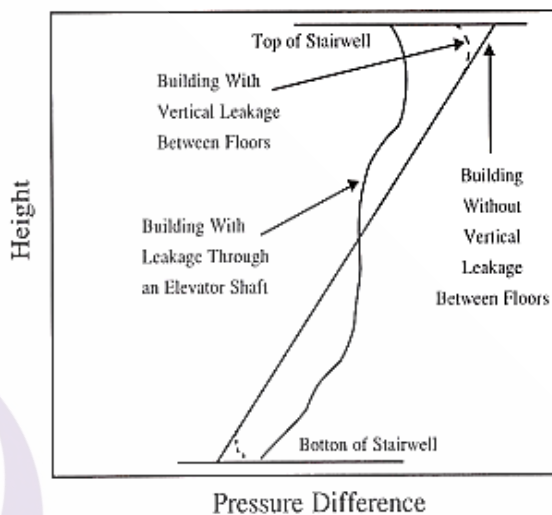
ตารางที่ 2.13 ค่า ΔP ต่ำสุดเพื่อป้องกันควันในขณะที่ประตูปิด (ΔP_{min})

ชนิดของระบบดับเพลิง ในบริเวณโถงหน้าบันไดหนีไฟ	ความสูงของเพดาน (m)	ΔP ต่ำสุด (Pa)
มี Sprinkler	เท่าใดก็ได้	12.4
ไม่มี Sprinkler	2.7	24.9
ไม่มี Sprinkler	4.6	34.8
ไม่มี Sprinkler	6.6	44.8

อ้างอิงข้อมูลจาก Joseph B. Olivieri (1989)

จากตารางที่ 2.13 สามารถบอกได้ว่าผู้ออกแบบควรใช้ค่า ΔP สำหรับโถงบันไดทุกชั้นอยู่ในช่วงใดในขณะที่ประตูปิดหมดทุกบาน และในขณะที่ระบบอัดอากาศทำงาน ค่า ΔP ตกร่วมประตูแต่ละชั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งค่าจะแปรเปลี่ยนไปตามความสูงของอาคาร สำหรับอาคารที่มีความสูงมาก ๆ จะพบปัญหาจากการออกแบบ เนื่องจากผู้ออกแบบพยายามทำให้ชั้นล่างมี ΔP สูงเพียงพอ

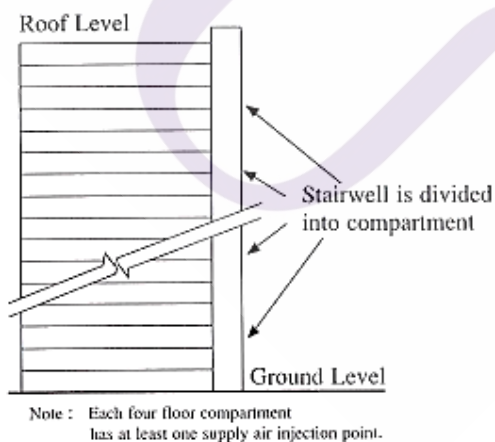
ส่งผลให้ชั้นบนอาจมีค่ามากเกินไปจนไม่สามารถสามารถเปิดประตูได้ ค่า ΔP มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ΔP โถงอ้ออากาศบันไดหนีไฟในอาคารที่มีค่าการรั่วซึมต่างกัน

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอ้ออากาศของบันไดหนีไฟ

จากปัญหา ΔP ที่ชั้นบนของอาคารมีค่ามากเกินไปจนไม่สามารถเปิดประตูได้ จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีการแบ่งโถงบันไดตามความสูงออกเป็น ส่วน ๆ (Compartments) ดังแสดงตามภาพที่ 2.15



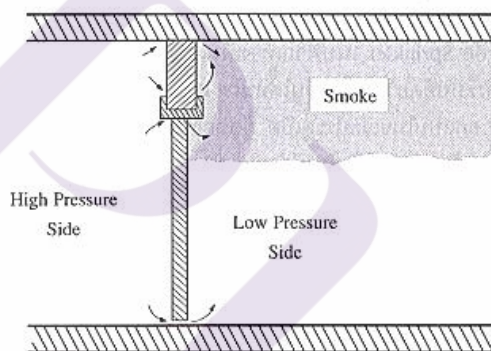
ภาพที่ 2.15 การแบ่งโถงอ้ออากาศออกเป็น ส่วน ๆ (Compartments)

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศห้องบันไดหนีไฟ

การออกแบบโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟในกรณีที่ประตูปิด คือการเลือกพัดลมอัดอากาศเมื่อพัดลมทำงาน จะส่งผลให้ค่า ΔP ที่ชั้นต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วงการออกแบบตามที่กำหนด ระหว่าง ΔP_{min} กับ ΔP_{max} ซึ่งการกำหนด CFM ของพัดลม ต้องมีการคำนวณปริมาณอากาศรั่วซึมผ่านประตูทุกบาน การกำหนด Static Pressure ของพัดลมที่ CFM ตามค่าที่ต้องการ สามารถทำได้โดยการคำนวณความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบท่อลมทั้งหมด แล้วนำค่าไปรวมกับ Static Head ที่โถงบันได

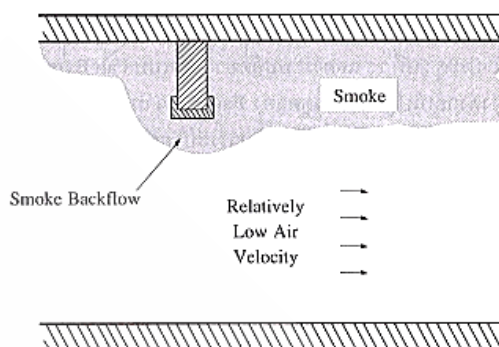
2.6.4 การอัดอากาศในขณะที่ประตูเปิด

ΔP สำหรับภายในโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟที่กำหนด เป็นค่าที่ถูกรอกออกมาขณะที่ประตูปิดนั้น ไม่สามารถป้องกันควันไฟให้ไหลสวนลมเข้าไปในโถงบันไดในขณะที่ประตูเปิดได้ เพราะมีปริมาณลมไม่เพียงพอ ซึ่งตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ทั้งเดิมและแก้ไขเพิ่มเติม ไม่ได้ระบุให้มีการออกแบบโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟในขณะที่ประตูเปิด การป้องกันควันไม่ให้ไหลเข้าสู่โถงบันไดหนีไฟ ด้วย ΔP และความเร็วลม เป็นไปตามภาพที่ 2.16, 2.17 และ 2.18



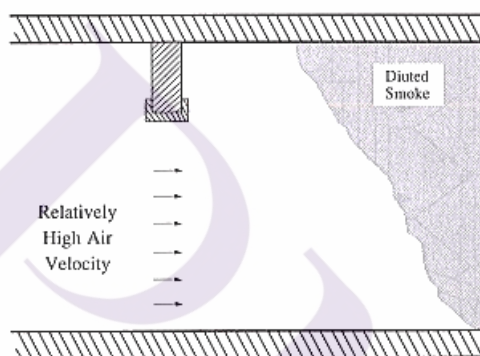
ภาพที่ 2.16 กรณีประตูปิด และ ΔP สูงพอ

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศห้องบันไดหนีไฟ



ภาพที่ 2.17 กรณีประตูเปิดแต่ความเร็วลมต่ำกว่า V_k

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบปรับอากาศของบันไดหนีไฟ



ภาพที่ 2.18 กรณีประตูเปิด ความเร็วลมสูงกว่า V_k

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบปรับอากาศของบันไดหนีไฟ

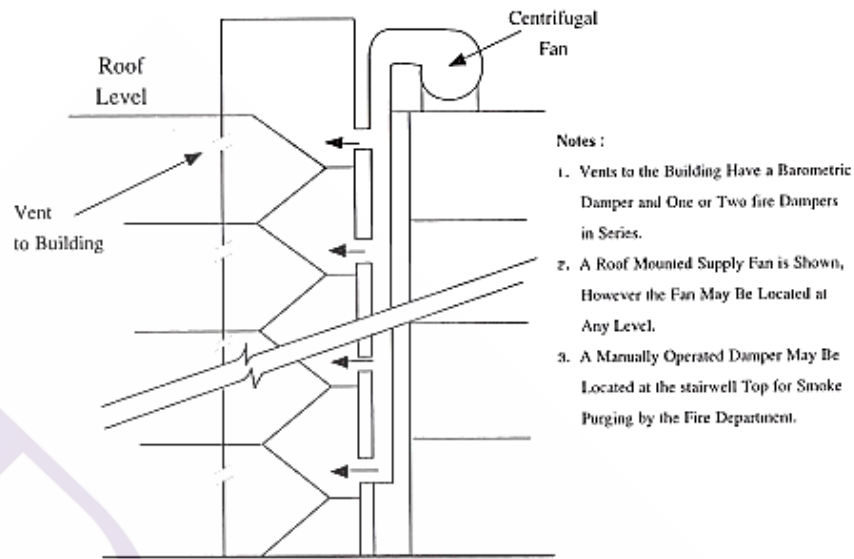
ตามภาพที่ 2.16 ในขณะที่ประตูปิด ถ้า ΔP มีค่าเกินกำหนดดังแสดงในตารางที่ 2.13 คิว้นจะไม่สามารถไหลผ่านเข้ามาได้ ภาพที่ 2.17 แสดงให้เห็นว่าในขณะที่ประตูเปิดนั้น หากความเร็วลมมีค่าไม่สูงพอจะทำให้คิว้นสามารถไหลสวนลม (Smoke Back Flow) เข้ามาในงบบันไดได้ และภาพที่ 2.18 ในขณะที่ประตูเปิดและมีค่าความเร็วลมมากพอ คิว้นจะไม่สามารถวิ่งสวนเข้ามาได้ ซึ่งความเร็วลมต่ำสุดที่คิว้นจะไม่วิ่งสวนลมเข้ามาได้นี้เรียกว่า Critical Air Velocity (V_k) ซึ่งค่าโดยประมาณจะเป็นไปตามตาราง ที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 Critical Air Velocity เพื่อป้องกัน Smoke Back Flow (Vk)

กรณีที	Vk (fpm)
มี Sprinkler บริเวณหน้าประตู	50 - 250
ไม่มี Sprinkler และมีความร้อนปล่อยออกมา ในบริเวณหน้าประตูไม่มากนัก	300
ไม่มี Sprinkler และมีความร้อนปล่อยออกมา ในบริเวณหน้าประตูมาก	800

อ้างอิงข้อมูลจาก Design of Smoke Control Systems for Buildings, ISBN 0-910110-03-4

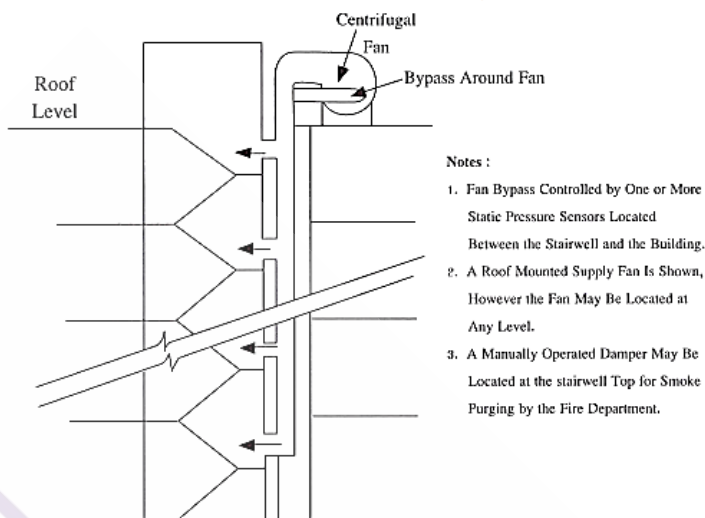
การออกแบบระบบอัดอากาศในโถงบันไดหนีไฟขณะที่ประตูปิดกับในขณะที่ประตูเปิด จะมีความแตกต่างกัน ในกรณีประตูเปิด ผู้ออกแบบจะต้องตรวจสอบค่าความเร็วลมที่ประตูทุกบาน จะเปิดพร้อมกันได้ ซึ่งต้องมีค่าเกิน V_k ทุกบาน และในขณะเดียวกัน ΔP คร่อมประตูบานอื่น ๆ ต้องไม่น้อยกว่า ΔP_{min} และไม่สูงไปกว่า ΔP_{max} ซึ่งค่านี้ไม่สามารถคำนวณได้ด้วยมือ ต้องอาศัย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ค่าดังกล่าว ในการออกแบบระบบอัดอากาศในโถงบันไดหนีไฟ ขณะที่ประตูเปิดให้สามารถป้องกันควันได้ จะต้องใช้พัดลมที่มีขนาดใหญ่กว่ากรณีประตูปิดมาก และหากผู้ออกแบบเลือกใช้พัดลมขนาดใหญ่เหมือนกรณีประตูเปิด ในขณะที่ประตูปิด ΔP_{max} จะสูงมาก การจัดการกับความดันส่วนเกินนี้สามารถทำได้โดยการติดตั้ง Overpressure Relief Damper เพื่อนำอากาศส่วนเกินนี้ออกไปทั้งในอาคารหรือนอกอาคาร ซึ่งจะใช้ Damper เป็นแบบกลไก หรือไฟฟ้าก็ได้ ดังแสดงตามภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูงแบบมี Vents

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ

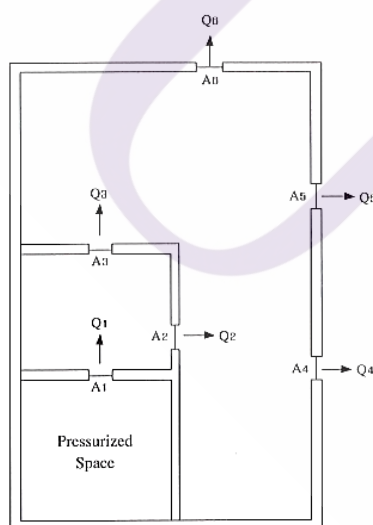
จากภาพที่ 2.19 แสดงระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูงแบบมี Relief Damper (Vents) เพื่อการระบายอากาศส่วนเกินนั้น ควรติดตั้งควบคู่กับ Fire Damper เพื่อการป้องกันไฟในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ลุกลามมาจนถึงหน้าประตู และระบบอัดอากาศแบบ Fan Bypass อากาศจะถูก Bypass จากทางส่งกลับไปยังทางด้านดูดของ Fan หากความดันใน โถงบันไดมีค่าสูงเกินไป ซึ่งมีกลไกการทำงานตามภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูงแบบ Fan Bypass

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ

การออกแบบระบบอัดอากาศที่โถงบันไดหนีไฟที่ดี ควรมีการระบายควัน (Smoke Vent) จากชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ควบคู่กับการอัดอากาศบันไดหนีไฟ ซึ่งวิธีการระบายควันที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ การระบายควันออกทางผนังด้านนอกของชั้นที่เกิดเพลิงไหม้โดยไม่ใช้พัดลม การระบายผ่าน Smoke Shaft และการระบายควันออกทางผนังด้านนอกของชั้นที่เกิดเพลิงไหม้โดยใช้พัดลมที่สามารถทนความร้อนได้



ภาพที่ 2.21 Leak path ภายในอาคาร

ที่มา: บทความวิชาการ ชุดที่ 4 พ.ศ. 2541 การออกแบบระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

จากภาพที่ 2.21 สามารถอธิบายได้ถึงสาเหตุที่ควรมีระบบระบายควันควบคู่กับระบบอัดอากาศ หาก A1 เป็นรอยรั่วบริเวณขอบประตูของโถงบันได A2 และ A3 เป็นรอยรั่วจากโซนตู้โชน และ A4 ถึง A6 เป็นรอยรั่วออกสู่ภายนอกอาคาร หากไม่มีระบบระบายควัน และ A2 ถึง A6 ไม่มีเลย หรืออาจมีขนาดเล็กมาก ไม่ว่าจะกระทำการอัดอากาศเท่าใดก็ไม่เป็นผล การติดตั้งระบบระบายควัน (Smoke Vent) จะทำให้มั่นใจได้ว่ามีช่องทางการไหลของอากาศ

2.6.5 การตรวจสอบ และทดสอบระบบอัดอากาศ

ผู้รับผิดชอบระบบอัดอากาศของอาคาร ต้องดำเนินการตรวจสอบ ทดสอบการทำงานของระบบอัดอากาศ และบันทึกข้อมูลเพื่อการบำรุงรักษาให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ทำและผู้ติดตั้งระบบ โดยมีการตรวจสอบ และทดสอบที่สำคัญ ดังนี้

2.6.5.1 การตรวจสอบส่วนประกอบอาคารเบื้องต้น (Preliminary Building Inspection) ต้องทำการตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของการติดตั้งก่อนทดสอบระบบเพื่อตรวจรับรองและเปิดใช้งานระบบอัดอากาศ และต้องตรวจสอบสภาพความมั่นคงแข็งแรงของส่วนประกอบทางวิศวกรรมและทางสถาปัตยกรรมของระบบอัดอากาศ ได้แก่ ปล่องจ่ายอากาศ ช่องเปิดทะลุต่าง ๆ ประตูและอุปกรณ์ดึงประตูปิดกลับด้วยตัวเอง ช่องกระจก และฝ้าเพดานและฉากกั้นที่เป็นส่วนของระบบอัดอากาศ

2.6.5.2 การทดสอบการทำงานของระบบ (Operation Test) โดยจะต้องทดสอบการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ และระบบต่าง ๆ ในระบบอัดอากาศดังต่อไปนี้ให้แล้วเสร็จก่อนทำการทดสอบเพื่อตรวจรับรองระบบอัดอากาศ ได้แก่ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบการจัดการพลังงานของอาคาร ระบบการจัดการและควบคุมอาคาร อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบไฟฟ้าหลัก ระบบไฟฟ้าสำรอง ระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ระบบคุมการเปิดปิดประตูและช่องเปิดอัตโนมัติ ระบบอัดอากาศสำหรับการใช้ควบคุมควันไฟโดยเฉพาะ ระบบระบายอากาศที่อาจใช้ควบคุมควันไฟได้ (Nondedicated Smoke-Control System) และระบบการทำงานของลิฟต์ในสถานะฉุกเฉิน ซึ่งการทดสอบต้องดำเนินการตามขั้นตอน เริ่มจากการทดสอบการทำงานของระบบสั่งการทำงานที่ตู้ควบคุมที่อยู่ในห้องเครื่องหรือบริเวณติดตั้งพัดลม ทดสอบการทำงานของระบบสั่งการทำงานที่แผงควบคุมสั่งการด้วยมือที่อยู่ในศูนย์สั่งการเหตุฉุกเฉินของอาคาร ทดสอบการทำงานอัตโนมัติร่วมกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของอาคาร มีการบันทึกผลการตรวจสอบ และการทดสอบไว้เป็นข้อมูลในการซ่อมบำรุงต่อไป

2.6.5.3 การตรวจสอบ และทดสอบระบบอัดอากาศ ซึ่งโดยทั่วไประบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟต้องเป็นระบบที่ทำงานได้เองโดยอัตโนมัติเมื่อเกิดเพลิงไหม้โดยต้องมีระบบควบคุมความดันภายในช่องบันไดหนีไฟ เพื่อควบคุมความดันแตกต่างระหว่างภายในช่องบันไดหนีไฟกับภายในอาคาร เช่นเดียวกันกับระบบอัดอากาศภายในโถงลิฟต์ดับเพลิงที่ต้องทำงานได้เองโดยอัตโนมัติเมื่อเกิดเพลิงไหม้ โดยควบคุมค่าความดันแตกต่างของอากาศภายในโถงลิฟต์ดับเพลิงกับความดันอากาศของพื้นที่เกิดควันภายในอาคารในระดับเดียวกัน ผู้ตรวจสอบต้องยืนยันได้ว่าระบบที่ติดตั้งเป็นไปตามวัตถุประสงค์จำเพาะของการออกแบบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานได้โดยสมบูรณ์ มีการจัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบอย่างเหมาะสม และดำเนินการตามลำดับขั้นตอนการทดสอบเพื่อตรวจรับรอง ในกรณีที่ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สั่งการให้ระบบอัดอากาศทำงานโดยอัตโนมัติ สัญญาณสั่งการที่ส่งมาจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ต้องทำให้ระบบควบคุมควันทันไฟทั้งหมดทำงานโดยสมบูรณ์ ในกรณีที่อาคารมีระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบอัดอากาศ ต้องทดสอบการทำงานของระบบอัดอากาศขณะรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งปกติ และทดสอบโดยรับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองด้วย และกรณีที่ทดสอบการทำงานภายใต้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรอง ให้ตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักที่แผงไฟฟ้าหลักของอาคารเพื่อจำลองสภาวะขณะไฟฟ้าดับ โดยมีการตรวจสอบ และทดสอบ ตามลำดับขั้นตอนหลัก ดังนี้

2.6.5.3.1 ตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของลม วัดความเร็วลมและอุณหภูมิภายนอกอาคาร หลังจากนั้นเริ่มต้นการทดสอบในสภาวะปกติ สภาพอุปกรณ์พร้อมทำงาน

2.6.5.3.2 ทดสอบการทำงานโดยอัตโนมัติของระบบอัดอากาศเมื่อระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สั่งการ

2.6.5.3.3 ทดสอบการทำงานของระบบอัดอากาศเมื่อได้รับการควบคุมด้วยมือจากเจ้าหน้าที่ภายใต้สภาวะปกติพร้อมทำงาน และภายใต้สภาวะการทำงานโดยอัตโนมัติ

2.6.5.3.4 ทดสอบการหยุดทำงานของระบบอัดอากาศโดยอัตโนมัติเมื่อมีควันเข้าไปในท่อลมด้านดูดอากาศและทดสอบการกลับทำงานอีกครั้ง

การตรวจสอบ และทดสอบระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ (Stairwell Pressurization System Test) ให้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

(1) ตรวจสอบและทดสอบเริ่มต้นในสภาวะปกติ สภาพอุปกรณ์พร้อมทำงาน

(2) ตรวจสอบและปรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของอาคารเข้าสู่สภาวะปกติ ซึ่งรวมถึงระบบอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมควันทันไฟ เช่น ระบบระบายควันทันไฟจากเตาประกอบอาหาร ระบบระบายอากาศจากห้องสุขา ช่องระบายอากาศภายในปล่องลิฟต์ พัดลมระบายอากาศภายในห้องเครื่องลิฟต์ และระบบอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน

(3) ตรวจสอบสภาพของพัดลมขณะไม่ทำงาน

(4) ตรวจสอบระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับพัดลมว่าเป็นระบบไฟฟ้าที่มาจากระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเมื่อตัดไฟฟ้าหลักของอาคารแล้ว พัดลมจะต้องสามารถทำงานได้

(5) ตรวจสอบระบบสายไฟฟ้าที่ใช้งานต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง

(6) ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อกับระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และทดสอบการทำงานของพัดลม โดยกระตุ้นให้ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงาน หรือทำให้เกิดควันที่ชั้นใดชั้นหนึ่ง

(7) ตรวจสอบการถ่วงสมดุลขณะที่พัดลมทำงาน และทิศทางการหมุนของพัดลม

(8) วัดความเร็วรอบของพัดลม

การทดสอบการทำงานของระบบอัดอากาศให้ทดสอบ 2 ขั้นตอน คือ เมื่อปิดประตูหนีไฟทุกบาน และเมื่อเปิดประตูหนีไฟตามจำนวนที่ออกแบบไว้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

(1) การทำงานโดยอัตโนมัติจากสภาวะปกติ ให้ผู้ทดสอบกระตุ้นการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งอยู่ในอาคาร โดยการปล่อยควันเข้าที่อุปกรณ์ตรวจจับควัน เมื่อระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ส่งสัญญาณให้ระบบพัดลมอัดอากาศทำงาน ระบบพัดลมอัดอากาศทั้งหมดต้องทำงานโดยอัตโนมัติ และต้องหยุดทำงานด้วยการสั่งการด้วยมือเท่านั้น

(2) การหยุดทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อตรวจพบควันไฟขณะที่พัดลมอัดอากาศทำงาน ให้ทดสอบระบบการหยุดทำงานอัตโนมัติเมื่อตรวจพบควันไฟ โดยการใช้ควันทดสอบกับอุปกรณ์ตรวจจับควันไฟทางด้านสุดของพัดลมอัดอากาศทีละชุด พัดลมชุดที่ทดสอบต้องหยุดทำงานทันที ทั้งนี้ พัดลมชุดอื่นต้องทำงานเป็นปกติ (กรณีระบบอัดอากาศมีพัดลมหลายชุด) และเมื่อควันทดสอบเจือจางลงพัดลมชุดนั้นต้องเริ่มกลับมาทำงานได้เองอีกครั้ง โดยต้องทดสอบระบบหยุดการทำงานประจำพัดลมให้ครบทุกชุดที่ติดตั้งในอาคาร

(3) การสั่งการด้วยมือปรับระบบทั้งหมดให้เข้าสู่สภาวะปกติ และให้ทดสอบการสั่งการด้วยมือจากเจ้าหน้าที่ผ่านทางแผงควบคุมที่ติดตั้งภายในห้องควบคุม และในบริเวณห้องเครื่องพัดลม ระบบพัดลมต้องทำงาน และหยุดทำงานถูกต้องทุกชุด

(4) การสั่งการด้วยมือขณะระบบพัดลมอัดอากาศทำงาน โดยอัตโนมัติปรับระบบเข้าสู่สภาวะปกติ และให้ผู้ทดสอบกระตุ้นการทำงานของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เพื่อให้ระบบพัดลมอัดอากาศทำงานโดยคำสั่งจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ หลังจากระบบพัดลมอัดอากาศทำงาน ให้ทดสอบการสั่งการหยุดทำงานด้วยมือจากเจ้าหน้าที่ผ่านทางแผงควบคุมที่ติดตั้งภายในห้องควบคุม และบริเวณ

ห้องเครื่องพัฒนา ระบบพัฒนาต้องหยุดทำงาน หลังจากนั้นให้สั่งเริ่มการทำงานด้วยมือ ระบบพัฒนาจะต้องทำงาน เมื่อทดสอบเรียบร้อยแล้วให้ปรับระบบเข้าสู่สภาวะปกติ

จากสภาวะปกติ ให้ผู้ทดสอบกระตุกการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้ง อยู่ในอาคาร โดยการปล่อยควันเข้าที่อุปกรณ์ตรวจจับควัน เมื่อระบบพัฒนาอัตโนมัติทำงาน ได้อย่างสมบูรณ์แล้วให้ทดสอบความดันและความเร็วลม ดังนี้

(1) วัดและบันทึกความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องบันไดหนีไฟกับภายในอาคารในขณะที่ประตูหนีไฟทุกบานปิดสนิทผ่านทางช่องร้อยสายวัดที่จัดเตรียมไว้หรือผ่านช่องว่างระหว่างบานประตูกับวงกบ โดยต้องแน่ใจว่าสายวัดไม่ถูกบีบจนแรงดันผ่านไม่ได้ วางตำแหน่งปลายสายวัดแรงดันภายในห้องบันไดหนีไฟ และปลายสายวัดด้านนอกห้องบันไดหนีไฟ ให้อยู่ที่ตำแหน่งห่างจากประตูหนีไฟไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร

(2) เปิดประตูหนีไฟทุกบานที่ออกแบบให้ต้องเปิดสู่ภายนอกอาคารและภายในสภาวะอพยพ โดยใช้อุปกรณ์กักันบานประตูให้ประตูเปิดสุด

(3) ปิดระบบปรับอากาศของอาคาร ยกเว้นกรณีที่ระบบปรับอากาศนั้นออกแบบให้ทำงานขณะระบบควบคุมควันไฟทำงาน

(4) วัดและบันทึกความดันแตกต่างระหว่างภายในกับภายนอกห้องบันไดหนีไฟที่ประตูหนีไฟทุกบานที่ปิดอยู่ด้วยวิธีการวัดเดียวกับข้อ (1) โดยชั้นที่ติดกับชั้นประตูเปิด ต้องไม่น้อยกว่า 12.5 ปาสคาล ส่วนชั้นอื่น ๆ ต้องไม่น้อยกว่า 38 ปาสคาล

(5) ความดันแตกต่างระหว่างภายในกับภายนอกห้องบันไดหนีไฟที่วัดได้ ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2.12 หรือไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในเอกสารการออกแบบ

กรณีที่ความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องบันไดหนีไฟกับภายในอาคารมากกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 2.12 ต้องตรวจสอบหรือปรับแต่งชุดแผ่นปรับลมทางกลหรือชุดแผ่นปรับลมระบายความดันที่ปลายท่อลม หรือเปลี่ยนขนาดของรอก และสายพานเพื่อลดรอบพัดลมจนได้ความดันที่เหมาะสม

(6) วัดและบันทึกความเร็วลมผ่านประตูหนีไฟทุกบานที่ออกแบบให้ต้องเปิดสู่ภายนอกอาคารในสภาวะอพยพ โดยความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องประตู ควรอยู่ในช่วง 0.8 เมตรต่อวินาที ถึง 2.0 เมตรต่อวินาที หลังจากนั้นให้ปรับระบบทั้งหมดเข้าสู่สภาวะปกติ

จากสภาวะปกติ ให้ผู้ทดสอบกระตุกการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งอยู่ในอาคาร โดยการปล่อยควันเข้าที่อุปกรณ์ตรวจจับควัน เมื่อระบบพัฒนาอัตโนมัติทำงานสมบูรณ์แล้วให้ทำการทดสอบแรงผลักประตู ดังนี้

(1) ขณะประตุนีไฟทุกบานปิดสนิท ให้ผลักประตุนีไฟแต่ละบานที่ปิดอยู่ให้เปิดจนสุด โดยให้แรงกระทำที่ตำแหน่งห่างจากขอบประตูด้านตรงข้ามกับบานพับ 7.5 เซนติเมตร วัดและบันทึกแรงกระทำเพื่อผลักประตูทุกบานด้วยมาตรแบบสปริงในขณะระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟทำงาน

(2) แรงกระทำเพื่อปลดสลักประตุนีไฟต้องไม่เกิน 67 และแรงผลักเพื่อเปิดประตูจนสุดต้องไม่เกิน 133 นิวตัน

(3) เปิดประตุนีไฟทุกบานที่ออกแบบให้ต้องเปิดสู่ภายนอกและภายในอาคารขณะอพยพ โดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันบานประตูให้ประตูเปิดสุด ให้ผลักประตุนีไฟแต่ละบานที่ปิดอยู่ให้เปิดจนสุด โดยให้แรงกระทำที่ตำแหน่งห่างจากขอบประตูด้านตรงข้ามกับบานพับ 7.5 เซนติเมตร วัดและบันทึกแรงกระทำเพื่อผลักประตูทุกบานด้วยมาตรแบบสปริงในขณะระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟทำงาน

(4) แรงกระทำเพื่อปลดสลักประตุนีไฟต้องไม่เกิน 67 นิวตัน และแรงผลักเพื่อเปิดประตูจนสุดต้องไม่เกิน 133 นิวตัน

สำหรับการตรวจสอบ และทดสอบระบบอัดอากาศสำหรับโรงลิฟต์ดับเพลิง (Firefighting Lift - Lobby Pressurization System Test) ต้องสอดคล้องกับที่ออกแบบไว้แบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

(1) กรณีประตูผลักเข้าในโรงลิฟต์ดับเพลิง (เหมือนบันไดหนีไฟ) ให้ผู้ตรวจสอบดำเนินการ ดังนี้

(1.1) ตรวจสอบค่าและบันทึกสภาพทางกายภาพของพัคลมอัดอากาศและอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง

(1.2) ตรวจสอบการเปิดและปิดประตูโรงลิฟต์ทุกชั้นขณะที่ระบบอัดอากาศยังไม่ทำงาน อุปกรณ์ดึงประตูปิดด้วยตัวเองทำงานได้โดยประตูต้องไม่เปิดค้าง วัดแรงที่ใช้เปิดประตูต้องไม่เกิน 67 นิวตัน ควรปรับแต่งอุปกรณ์ดึงประตูปิดด้วยตัวเองให้ใช้แรงใกล้เคียงกัน ตรวจสอบการติดขัดของสลักยึดบานผลักประตู และตรวจสอบว่าบุคคลอยู่ภายในอาคารสามารถผลักประตูโรงลิฟต์ให้เปิดเพื่อเข้าไปในโรงลิฟต์ได้

(1.3) ทดสอบการทำงานอัตโนมัติของพัคลมอัดอากาศกระตุ้นการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคาร โดยปล่อยควันเข้าที่อุปกรณ์ตรวจจับควัน แล้ว ทำการตรวจสอบพร้อมบันทึกผล การถ่วงสมดุลขณะที่พัคลมทำงาน ทิศทางการหมุนของพัคลม และวัดความเร็วรอบของพัคลม

(1.4) ปล่อยให้พัดลมทำงานต่อไปโดยปิดประตูโรงลิฟต์หมดทุกบาน วัดลมที่ไหลผ่านประตู ซึ่งเกิดจากประตูแยก เนื่องจากความดันที่มาก วัดความดันแตกต่างระหว่างภายในโรงลิฟต์กับเพลิงกับภายในอาคารทุกชั้น ซึ่งไม่ควรเกิน 90 ปาสคาล หรือไม่มากกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 2.12 และวัดแรงที่ใช้ในการผลักประตูโรงลิฟต์ ซึ่งต้องไม่เกิน 133 นิวตัน

กรณีที่มีความดันแตกต่างระหว่างภายในโรงลิฟต์กับเพลิงกับภายในอาคารมากกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 2.12 ต้องตรวจสอบ หรือปรับแต่งชุดแผ่นปรับลมทางกล หรือแผ่นปรับลมระบายความดันที่ปลายท่อลม หรือเปลี่ยนขนาดของรอกและสายพานเพื่อลดรอบพัดลมจนได้ความดันที่เหมาะสม

(1.5) เปิดประตูโรงลิฟต์ทุกบานที่ออกแบบให้ต้องเปิดค้างไว้โดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันช่วยเพื่อจำลองสถานการณ์ชั้นที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ หรือชั้นที่จะเข้าระงับเหตุ ให้ดำเนินการ วัดความดันแตกต่างระหว่างภายในโรงลิฟต์กับภายในอาคาร ทุกชั้นที่ประตูโรงลิฟต์ปิด ซึ่งจะต้องไม่น้อยกว่า 38 ปาสคาล และวัดความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องประตูโรงลิฟต์ที่เปิดค้างไว้ ควรอยู่ในช่วง 0.8 - 2.0 เมตรต่อวินาที กรณีความเร็วลมเฉลี่ยต่างจากที่กำหนด ให้ปรับแต่งชุดแผ่นปรับลมที่หัวจ่ายลมภายในโรงลิฟต์ดับเพลิงตามความเหมาะสม

(1.6) ตรวจสอบช่องระบายของชุดแผ่นปรับลมทั้งหมด โดยเมื่อความดันลดลง ชุดแผ่นปรับลมที่ปลายท่อต้องปิดสนิท

(1.7) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งที่ทางคูดของพัดลม โดยใช้ควันพ่นที่ทางคูดของพัดลม พัดลมต้องหยุดทำงาน และต้องทำงานเองโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีควัน

(1.8) ปรับระบบทั้งหมดเข้าสู่สภาวะปกติ

(2) กรณีประตูผลักออกจากโรงลิฟต์ดับเพลิง (ตรงข้ามกับบันไดหนีไฟ) ให้ดำเนินการดังนี้

(2.1) ตรวจสอบค่าและบันทึกสภาพทางกายภาพของพัดลมอัดอากาศและอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง

(2.2) ตรวจสอบการเปิดและปิดประตูโรงลิฟต์ทุกชั้นขณะที่ระบบอัดอากาศยังไม่ทำงาน อุปกรณ์ดึงประตูปิดด้วยตัวเองทำงานได้โดยประตูต้องไม่เปิดค้าง วัดแรงที่ใช้เปิดประตู ซึ่งต้องไม่เกิน 67 N ควรปรับแต่งอุปกรณ์ดึงประตูปิดด้วยตัวเองให้ใช้แรงใกล้เคียงกัน ตรวจสอบการติดขัดของสลักยึดบานผลักประตู และตรวจสอบว่าบุคคลอยู่ภายในอาคาร สามารถดึงประตูโรงลิฟต์ให้เปิดเพื่อเข้าไปโรงลิฟต์ได้

(2.3) ทดสอบการทำงานของอัตโนมัติของพัดลมอัดอากาศกระตุ้นการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคาร โดยปล่อยควัน เข้าที่อุปกรณ์ตรวจจับควัน แล้วตรวจสอบ

พร้อมบันทึกผล การถ่วงสมดุลขณะที่พัฒมทำงานทิศทางการหมุนของพัฒม และวัดความเร็วรอบของพัฒม

(2.4) ปล่อยให้พัฒมทำงานต่อไปโดยปิดประตูหมคทุกบาน วัดลมที่ไหลผ่านประตูซึ่งเกิดจากประตูเผลอเนื่องจากความดันมาก วัดความดันแตกต่างระหว่างภายใน โถงลิฟต์ดับเพลิง และในอาคารทุกชั้น ซึ่งไม่ควรเกิน 250 ปาสคาล ถ้าเกินต้องตรวจสอบ หรือปรับแต่งชุดแผ่นปรับลมทางกล หรือชุดแผ่นปรับลมระบายความดันที่ปลายท่อลม หรือเปลี่ยนขนาดของรอกและสายพานเพื่อลดรอบพัฒมจนได้ความดันที่เหมาะสม

(2.5) เปิดประตูโถงลิฟต์ทุกบานที่ออกแบบให้ต้องเปิดค้างไว้อย่างน้อย 3 ชั้น คือ ชั้นบนสุดที่เปิดออกหลังคาชั้นล่างสุดที่เปิดออกภายนอกอาคาร และที่โถงชั้นกลางเปิดเข้าสู่ภายในอาคารโดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันช่วย และให้ดำเนินการ วัดความดันแตกต่างระหว่างภายในโถงลิฟต์กับภายในอาคาร ทุกชั้นที่ประตูโถงลิฟต์ปิด ซึ่งต้องไม่น้อยกว่า 38 ปาสคาล และวัดความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องประตูโถงลิฟต์ที่เปิดค้างไว้ ควรอยู่ในช่วง 0.8 - 2.0 เมตรต่อวินาที กรณีความเร็วลมเฉลี่ยต่างจากที่กำหนด ให้ปรับแต่งชุดแผ่นปรับลมที่หัวจ่ายลมภายในโถงลิฟต์ดับเพลิงตามความเหมาะสม

(2.6) ตรวจสอบช่องทำงานของชุดแผ่นปรับลมทั้งหมด โดยเมื่อความดันลดลง ชุดแผ่นปรับลมที่ปลายท่อต้องปิดสนิท

(2.7) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งที่ทางคูดของพัฒม โดยใช้ควันพ่นที่ทางคูดของพัฒม พัฒมต้องหยุดทำงาน และต้องทำงานเองโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีควัน

(2.8) ปรับระบบทั้งหมดเข้าสู่สภาวะปกติ

2.6.5.4 การทดสอบตามคาบ (Periodic Testing)

ผู้รับผิดชอบหรือเจ้าของอาคารต้องจัดให้มีการทดสอบระบบอัตโนมัติเพื่อยืนยัน ว่าระบบที่ติดตั้งแล้วนั้นอยู่ในสภาพสมบูรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

(1) ระบบอัตโนมัติสำหรับบันไดหนีไฟและ โถงลิฟต์ดับเพลิง ต้องได้รับการตรวจสอบโดยผู้ทดสอบที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องการทำงาน การทดสอบ และการบำรุงรักษา ระบบควบคุมควันไฟ อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(2) บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดเป็นลายลักษณ์อักษร และเก็บรักษาเพื่อให้ตรวจสอบได้ตลอดเวลา

(3) ในกรณีที่มีระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบควบคุมควันไฟ ต้องทดสอบระบบภายใต้ภาวะการจ่ายไฟฟ้าสำรองด้วย

(4) การทดสอบสมรรถนะทั้งระบบให้เป็นไปตามข้อ 2.6.5.3

2.7 หลักการและทฤษฎีการไหลของอากาศ

2.7.1 ทฤษฎีการไหลของอากาศ

การศึกษาทฤษฎีการไหลของอากาศมีความสำคัญ เนื่องจากการทำให้ทราบถึงพื้นฐานเกี่ยวกับสาเหตุและแนวโน้มของการเคลื่อนที่ของอากาศที่ถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบอาคาร งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ตลอดจนในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน สามารถกระทำได้โดยการใช้เครื่องมือตรวจวัด (Anemometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่วัดความเร็วการไหลของอากาศ การใช้โต๊ะจำลองการไหล (Fluid Mapping Table) หรือโต๊ะน้ำ ที่สามารถสร้างความเข้าใจในเรื่องทิศทางของกระแสลมและการระบายอากาศได้เป็นอย่างดี การใช้อุโมงค์ลม (Wind Tunnel) ในศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่ออาคาร ตลอดจนการใช้แบบจำลองและใช้โปรแกรมในการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics: CFD)

อากาศเป็นของไหล (Fluid) ชนิดหนึ่งที่อยู่ในสถานะของก๊าซ อากาศจะไหลจากจุดที่มีแรงดันของอากาศสูงกว่าไปยังจุดที่มีแรงดันต่ำกว่าเสมอ ซึ่งแรงดันของอากาศมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นมาจากสาเหตุหลักคือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ ในกรณีที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรจะแปรผกผันกับความดันสัมบูรณ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎของบอยล์ (Robert Boyles) สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

โดยที่ ρ_1 คือ ความดันของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 ρ_2 คือ ความดันของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 V_1 คือ ปริมาตรของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 V_2 คือ ปริมาตรของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ตามกฎข้อที่ 1 ของบอยล์ ซึ่งกล่าวไว้ว่า ขณะที่ก๊าซมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ โดยที่ความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

โดยที่ V_1 คือ ปริมาตรของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 V_2 คือ ปริมาตรของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 T_1 คือ อุณหภูมิของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 T_2 คือ อุณหภูมิของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

กฎข้อที่ 2 ของบอยล์ กล่าวว่า ขณะที่ก๊าซจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ หาก ปริมาตรของก๊าซนั้นคงที่ ความดันของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ซึ่งสามารถเขียน เป็นสมการได้ว่า

$$\frac{\rho_1}{T_1} = \frac{\rho_2}{T_2} \quad \text{..... (3)}$$

โดยที่ ρ_1 คือ ความดันของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ρ_2 คือ ความดันของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

T_1 คือ อุณหภูมิของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

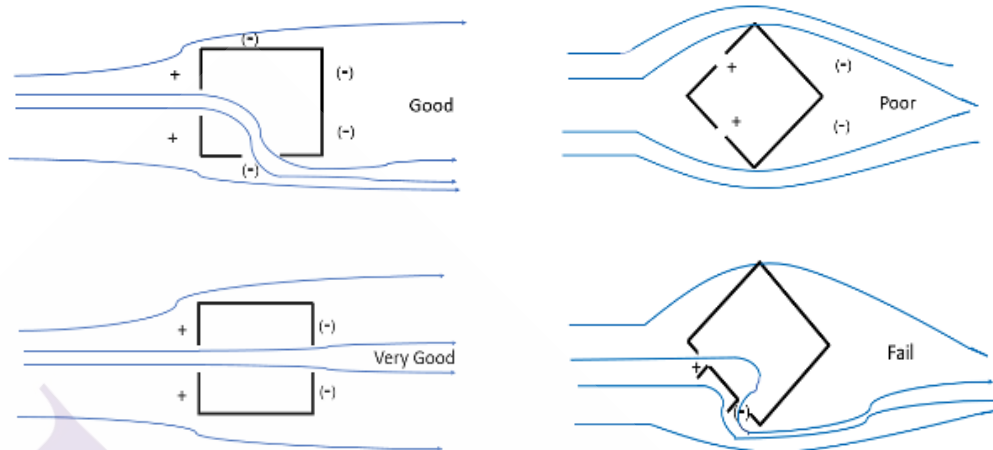
T_2 คือ อุณหภูมิของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

จากสมการ (1), (2) และ (3) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของทั้ง 3 สมการ ในเรื่อง ของการเกิดกระแสลมในลักษณะและในกรณีต่าง ๆ เรียกว่า สมการสถานะก๊าซในอุดมคติ (Equation of State of an Ideal Gas) คือ

$$\frac{\rho_1 V_1}{T_1} = \frac{\rho_2 V_2}{T_2} \quad \text{..... (4)}$$

2.7.2 การไหลของอากาศที่มีผลต่ออาคาร

การระบายอากาศในแนวนอน เป็นการไหลของอากาศอันเนื่องมาจากความกดอากาศที่แตกต่าง กัน โดยจะไหลจากพื้นที่ที่มีความกดอากาศสูงไปหาพื้นที่ความกดอากาศต่ำ โดยความเร็วที่เกิดขึ้น นั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกดอากาศสองตำแหน่ง ซึ่งการเคลื่อนที่ของลมนี้ทำให้เกิดการ ลดลงการลดอุณหภูมิด้วยการพัดผ่าน ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการพัดผ่านอาคารของกระแสลม โดยทั่วไปมี 2 ประการ คือ การเคลื่อนที่ของลมเนื่องจากความแตกต่างกันของความกดอากาศ และ การเคลื่อนที่ของลมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ แรงทั้งสองแรงนี้แรงใดแรงหนึ่งก็สามารถ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศได้ หรืออาจช่วยกันเกิดการพัดผ่านหรืออาจขัดแย้งกันก็ได้ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นและการออกแบบอาคาร ดังแสดงตามภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 ลักษณะของอากาศที่ไหลผ่านอาคารรูปแบบต่าง ๆ

อากาศที่ไหลผ่านอาคารจะมีความเร็วลดลง ทำให้การปะทะกันของผนังทางด้านที่ปะทะกับกระแสอากาศ ทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงและทำให้เกิดบริเวณความดันอากาศต่ำขึ้นทางด้านประชิดของด้านปะทะกระแสอากาศ ในขณะที่เดียวกันทางด้านตรงกันข้ามจะเกิดบริเวณความกดอากาศต่ำ ตามภาพที่ 2.22 เนื่องจากการไหลข้ามของอากาศ ซึ่งบริเวณความกดอากาศต่ำจะมีเนื้อที่ค่อย ๆ น้อยลงตามระยะห่างอันเกิดจากเข้ามาแทนที่ของอากาศตามลำดับ ความดันอากาศที่แตกต่างกันทำให้เกิดการไหลของอากาศภายใน ซึ่งอัตราการไหลนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันและช่องเปิดที่อากาศสามารถไหลเข้า - ออก ได้

2.7.3 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate)

อัตราการไหล (Flow Rate) คือ ปริมาตรของของไหลที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งปริมาณการไหลที่กำลังเคลื่อนที่อาจจะแสดงใน 3 รูปแบบ ได้แก่ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume Flow Rate) อัตราการไหลเชิงน้ำหนัก (Weight Flow Rate) และอัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการไหลของอากาศซึ่งใช้ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา (m^3/s) และอัตราการไหลเชิงมวล (M) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/s) เท่านั้น

การวัดอัตราการไหลของอากาศ โดยใช้อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate) หมายถึง การวัดค่ามวลของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่ตัดขวางหนึ่งในของ Flow Tube ในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้โดยคูณด้วยความหนาแน่นของของไหล ดังนี้

$$\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dv}{dt} = \rho Av$$

หรือ

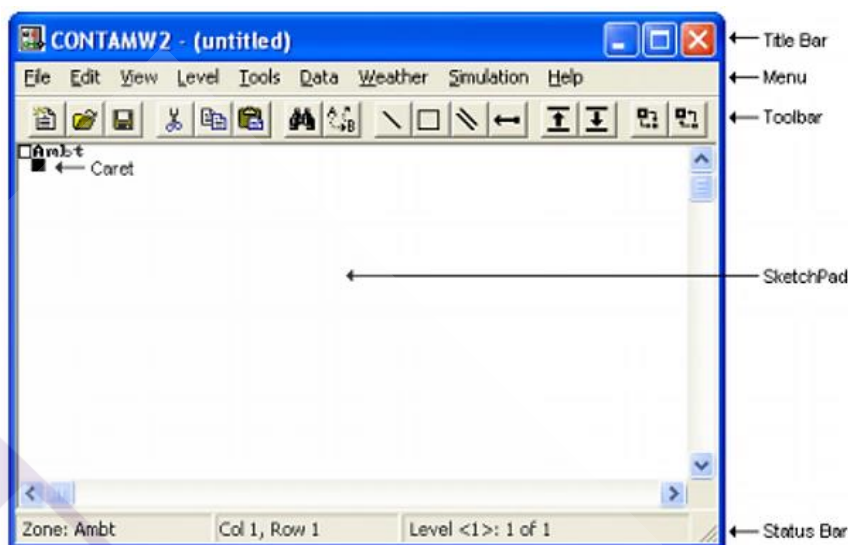
$$M = \rho Q$$

โดยที่ M คือ อัตราการไหลโดยมวล (kg/s)
 ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³)
 Q คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (m³/s)

การไหลของอากาศ เป็นการเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งอนุภาคจะไหลจากบริเวณที่มีความดันสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำกว่าโดยธรรมชาติ ความกดอากาศในบรรยากาศเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับความสูง อุณหภูมิ และองค์ประกอบอื่น ๆ ทางด้านกายภาพ ในทางวิศวกรรมการไหลเวียนของอากาศ มักเกี่ยวข้องกับการตรวจวัดปริมาณอากาศต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ไหลผ่านอุปกรณ์เฉพาะเป็นวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในงานด้านวิศวกรรม เช่นเดียวกับการศึกษานี้ที่ใช้โปรแกรม CONTAM ในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในอาคาร

2.8 แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน

CONTAM โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งพัฒนาโดย NIST เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีความสามารถหลากหลาย ใช้ในคำนวณอัตราการไหลของอากาศในอาคาร แรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนในอาคาร เพื่อประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศ และวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยโปรแกรมทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในการทำการศึกษานี้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้แก่ Multizone Network Models, Zonal Models และ Computational Fluid Dynamics (CFD) Models โดยมีหน้าตาการใช้งานของโปรแกรมดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 หน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม CONTAM

ที่มา: W. Stuart Dols and Brian J. Polidoro (2015)

แบบจำลองและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศ CONTAM จัดอยู่ในกลุ่มของ Multizone Network Models ที่มีการตั้งสมมุติฐานว่า อากาศภายในห้องหรือภายในโซนนั้น ๆ มีอุณหภูมิอากาศที่เท่ากัน (Uniform หรือ Fully-mixed Zone) และส่วนต่างๆของอาคารเชื่อมโยงกัน ในลักษณะเครือข่ายของจุดเชื่อมต่อกัน โดยใช้หลักการคงมวล (Mass Balance) การทำงานของโปรแกรมสามารถคาดการณ์อัตราการระบายอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มี node จำนวนมากได้ ในระยะเวลาอันสั้น เพื่อนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการออกแบบที่มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) ที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร ตลอดจนคำนวณค่าความแตกต่างของความดัน และการไหลของอากาศ เพื่อนำไปวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอากาศ ตลอดจนสามารถใช้ประกอบการพิจารณาการปรับปรุงระบบระบายอากาศและประยุกต์ใช้กับระบบอัดอากาศในโรงงานไคหนีไฟในอาคารที่มีการใช้งานแล้ว หรือใช้สำหรับการออกแบบอาคารก่อนการก่อสร้างและติดตั้งงานระบบระบายอากาศ

โดยผู้ใช้งานสามารถสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม CONTAM ได้ตาม 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) Building Idealization การกำหนดลักษณะอาคารที่ต้องการ โดยการประเมินในเบื้องต้น เพื่อนำมาใช้สำหรับโปรแกรม ซึ่งขั้นตอนนี้อาจต้องใช้ทักษะความรู้ทางวิศวกรรม

หลักการ และรายละเอียดทางทฤษฎีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพอากาศ ค่าความแตกต่างของความดัน และการไหลของอากาศ เพื่อนำไปวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอากาศภายในอาคาร

(2) SketchPad Representation เป็นการสร้างแบบจำลององค์ประกอบภายในอาคาร ลงบนหน้าต่างโปรแกรมตามแบบจริงในรูปแบบอย่างง่าย โดยการกำหนด ระดับชั้น (Level) โซน (Zone) ที่กั้นแยกด้วยผนัง (Wall) และระบุตำแหน่งช่องทางการไหล (Flow Path)

(3) Data Entry เป็นการป้อนข้อมูลในส่วนของคุณค่าตัวเลขของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในแต่่องค์ประกอบของอาคารทั้งหมด ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ความสูง อุณหภูมิ ค่าการรั่วไหลของอากาศผ่านช่องหน้าต่าง ประตู และรอยแตก องค์ประกอบของระบบระบายอากาศ ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ และค่าสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้สามารถหาได้ด้วยการศึกษาคู่มือทางวิศวกรรมมาตรฐานข้อกำหนดต่าง ๆ และเอกสารประกอบแบบ ในการพิจารณาร่วมกัน

(4) Simulation โดยที่โปรแกรมทำการแก้สมการ ในรูปแบบการคาดการณ์ค่าอัตราการไหลของอากาศ เป็นการประมวลผลตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเพื่อการวิเคราะห์เฉพาะสิ่งที่จำเป็น

(5) Review & Record Results เป็นการตรวจสอบค่าและบันทึกผลลัพธ์จากแบบจำลอง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ประเมิน ออกแบบ และปรับปรุงระบบภายในอาคารต่อไป

การประมวลผลของ CONTAM ในรูปแบบการไหลของอากาศ เป็นการกำหนดค่าการเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างโซนผ่านช่องเปิดหรือรอยแตกบริเวณกรอบอาคาร ซึ่งส่งผลต่อลักษณะการไหลและค่าแรงดันในโซนที่ติดกัน ขึ้นอยู่กับการระบุตำแหน่งและข้อมูลช่องทางการไหลของอากาศ (Flow Path) การศึกษานี้กำหนดเป็นแบบ One-way Flow Using Power Law ในทุกโซน ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์การไหลของอากาศตามทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง Power Law โดยที่สามารถป้อนค่าสัมประสิทธิ์ C และเลขชี้กำลัง n ได้โดยตรง ในรูปแบบการไหลเชิงปริมาตร ดังสมการ

$$Q = C(\Delta P)^n$$

และในรูปแบบการไหลเชิงมวล ดังสมการ

$$F = C(\Delta P)^n$$

โดยที่ ΔP คือ ค่าความแตกต่างของแรงดัน

n คือ เลขชี้กำลังการไหล ในลักษณะการคาดเดาที่ใช้เพื่อให้พอดีกับแบบจำลอง power Law ค่าอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 0.7 ซึ่งเป็นค่าปกติสำหรับการแทรกซึมของอากาศ และ 0.5 สำหรับช่องเปิดขนาดใหญ่

Leakage Area Data และ Orifice Area Data เป็นการใส่ข้อมูลพื้นที่รั่วไหล โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของพื้นที่การรั่วไหล (Flow Coefficient) หรือค่า $C = 0.65$ ตามค่าการแนะนำจากคู่มือความรู้พื้นฐานของ ASHRAE ประจำปี 2544 เลือกใช้สูตรสำหรับช่องทางการรั่วไหลที่บริเวณประตู-หน้าต่างต่าง แบบ Orifice Area Data แบบ Leak Area Data ในส่วนพื้นและผนัง ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$Q = K A_o (2\Delta P/\rho)$$

โดยที่ K คือ ค่าสัมประสิทธิ์
AO คือ ค่าพื้นที่หน้าตัด

การทำงานของ CONTAM กับระบบระบายอากาศอย่างง่าย (Air Handling Unit: AHU) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบทำความร้อน ปรับอากาศ และระบายอากาศ (Heating Ventilating and Air-conditioning System: HVAC) โดยการกำหนดค่ากระแสลมของระบบตามค่าการออกแบบ ContamX กำหนดอัตราการไหลเวียนของอากาศที่เกี่ยวข้องกับระบบจัดการอากาศแต่ละระบบด้วยอัลกอริทึม (Algorithm) ในส่วนการจ่ายอากาศไปยัง โชน (Supply) และส่งคืนอากาศกลับจาก โชน (Return) ตามอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

$$\sum W_s = \text{ผลรวมของ Supply}$$

$$\sum W_{re} = \text{ผลรวมของ Return}$$

จากนั้นปริมาณอากาศภายนอกที่ระบบต้องการจะถูกกำหนดโดย

$$W_o = \max(f_o \sum W_s, \min(\sum W_s, W_{o_min}))$$

โดยที่ f_o คือ อัตราส่วนอากาศภายนอก W_o / W_s ซึ่งต้อง Input ค่าพารามิเตอร์นี้ตามคุณสมบัติและค่าของระบบ Air Handling

W_{o_min} = พารามิเตอร์การไหลของอากาศภายนอกขั้นต่ำที่ไหลผ่านเส้นทางระบายอากาศ W_{rec} ถูกกำหนดโดย

$$W_{rec} = \min(\sum W_{ret}, \sum W_s - W_o)$$

อัตราการไหลของอากาศที่เกิดจากการเติมอากาศจากภายนอกเข้าสู่ โชนผ่านช่องระบายอากาศ W_o ถูกกำหนดโดย

$$W_o = \sum W_s - W_{rec}$$

และอัตราการถ่ายเทอากาศเสียออกจาก โชน Exhaust คือ W_{ex} กำหนดโดย

$$W_{ex} = \sum W_{ret} - W_{rec}$$

ตามอัลกอริทึมนี้ปริมาณอากาศภายนอกที่จ่ายให้ระบบ W_o จะอยู่ระหว่าง W_{o_min} และ $f_o \cdot \Sigma W_s$ ตราบเท่าที่การจ่ายลม (Supply) หรือค่า ΣW_s เพียงพอต่อผลรวมของการไหลกลับ (Return) หรือ ΣW_{ret} เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสมดุลของระบบระบายอากาศ

การใช้โปรแกรม CONTAM ในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศ และค่าความแตกต่างของความดัน เพื่อนำไปวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอากาศ และการเคลื่อนที่ของควัน เป็นวิธีที่สะดวก ให้ผลที่อย่างรวดเร็ว ถึงแม้จะมีการปรับปรุงการออกแบบระบบหลายครั้งก็ยังสามารถตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างได้ในระยะเวลาอันสั้น และนอกจากนี้ CONTAM ยังสามารถเชื่อมต่อเพื่อการใช้งานร่วมกับ โปรแกรม EnergyPlus และการจำลองควบคู่กับแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) ได้อีกด้วย

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Black & Price (2009) ได้ทำการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศ โดยใช้โปรแกรม CONTAM v2.4c สร้างแบบจำลองของอาคารสามประเภท ได้แก่ ศูนย์การประชุม อาคารผู้โดยสาร สนามบิน และอาคารสำนักงานหลายชั้น ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องของ ขนาด ทิศทาง ความเร็ว การไหลของอากาศ และการกระจายความเข้มข้นของมลพิษ โดยสนามบินเป็นแบบจำลองที่ง่ายที่สุด ศูนย์การประชุมมีรายละเอียดมากขึ้น ส่วนอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ นั้นเป็นแบบจำลองที่มีความซับซ้อนค่อนข้างสูง ซึ่งผลการวิจัยพบว่าอาคารทั้งสามประเภทใช้ระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคารที่ 20% 50% หรือ 80% ตามลำดับ และส่วนที่เหลือคือปริมาณอากาศที่นำเข้ามาจากภายนอก

Dols และ คณะ (2016) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองอาคาร เพื่อออกแบบการระบายอากาศ ในอาคารและการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) ควบคู่กับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดย CONTAM โดดเด่นด้านการจำลองที่สามารถพิจารณาแบบการไหลของอากาศ การขนถ่ายสารปนเปื้อนพร้อมๆ กันได้หลายโซน และ EnergyPlus ที่มีความโดดเด่นด้านการพิจารณาลักษณะการถ่ายเทความร้อน ผลการศึกษาพบว่าการบูรณาการด้านเครื่องมือทั้งสอง โปรแกรม สามารถตอบสนองความต้องการจากการใช้งานได้อย่างถูกต้อง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 1 ใน 10 จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง

Kobra Verijkazemi (2018) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองการระบายอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล Mam Khomeini ในประเทศอิหร่าน จำนวน 6 ชั้น ควบคู่กับการเก็บบันทึกข้อมูลจริง จากตรวจวัดค่า PM10 PM2.5 และ PM1 ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2014 ถึง มิถุนายน 2015 ตลอด 7 วันในแต่ละฤดูกาล ผลการจำลองพบว่าการปนเปื้อนของฝุ่นละออง PM2.5

ในทุกพื้นที่ของโรงพยาบาลตั้งแต่ชั้นใต้ดินจนถึงชั้นบนสุด ค่าความเข้มข้นขึ้นอยู่กับค่าการระบายอากาศตามการออกแบบ คือ 21.3, 16.5, 22, 25.4, 27.6 และ 24.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย 8.1% ด้วยการวัดจริง และความเข้มข้นมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาว ซึ่งการเปรียบเทียบระหว่างค่าการตรวจวัดจริง และค่าจากแบบจำลอง CONTAM ชี้ให้เห็นว่า CONTAM สามารถวิเคราะห์การไหลของอากาศแบบหลายโซน พร้อมทั้งให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสารปนเปื้อนอนุภาคเล็กที่เข้าไปในอาคาร โรงพยาบาลภายใต้สภาพอากาศและสถานการณ์การดำเนินงานอาคารต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

Lindsay Jeanne Underhill (2018) ได้ทำการศึกษาลักษณะการไหลเวียนของอากาศแบบหลายโซนและวิเคราะห์ IAQ ด้วยโปรแกรม CONTAM ในบ้านพักสำหรับครอบครัวที่มีรายได้น้อยในบอสตันแมสซาชูเซตส์ (สหรัฐอเมริกา) โดยใช้ความเข้มข้นของสารปนเปื้อน PM_{2.5} และ NO₂ เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร พบว่าเกิดการสะสมสารปนเปื้อนในอากาศภายในบ้าน และมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการทำกิจกรรมประจำวัน เช่น การประกอบอาหาร การสูบบุหรี่ และการเปิดหน้าต่างเพื่อระบายอากาศแบบธรรมชาติ การติดตั้งอุปกรณ์ (Heating, Ventilation and Air Conditioning: HVAC) จึงเป็นทางเลือกที่สามารถตอบสนองการแก้ปัญหาและปรับปรุงระบบระบายอากาศภายในบ้าน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการจัดการอากาศ คุณภาพอากาศ และสภาพแวดล้อมที่ดี

Nikolaos Temenos และคณะ (2015) ทำงานศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) โดยจำลองสถานการณ์การกระจายความเข้มข้นของสารปนเปื้อนคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂), ฝุ่นละออง (PM_{2.5}), เรดอน (Rn-222) และฟอร์มัลดีไฮด์ (CH₂O) ในอากาศภายในอพาร์ทเมนต์หนึ่ง ในประเทศกรีซ ด้วยโปรแกรม CONTAM พบว่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนขึ้นอยู่กับกิจกรรมการใช้อาคาร การประกอบอาหาร การใช้เครื่องทำความร้อน และปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สภาพอากาศ การออกแบบที่อยู่อาศัย ช่องเปิดของที่อยู่อาศัย แหล่งที่มา และขนาดของสารปนเปื้อน การเจือจางสารปนเปื้อนดังกล่าวข้างต้นขึ้นอยู่กับจัดการระบบระบายอากาศ เว้นแต่ เรดอน (Rn-222) ที่ต้องมีวิธีการพิจารณาจัดการที่หลากหลายร่วมกัน เนื่องจากเป็นสารอันตรายที่ปะปนมากับวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร และเข้าสู่อาคารทางรอยแตกร้าวตามพื้นและผนังของบ้าน

Patricia Fabian (2011) ได้ศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพอากาศในอาคารที่อยู่อาศัยแบบหลายครอบครัว โดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศ จากค่าการออกแบบอาคารและระบบระบายอากาศ รวมถึงค่าการปนเปื้อน PM_{2.5} และ NO₂ จากการใช้เตาทำความร้อน การสูบบุหรี่ การรั่วไหลตามแนวกรอบอาคาร และประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมดูดอากาศ จากการประเมินแบบจำลองโดยใช้ฐานข้อมูล 1,000 ครั้งเรือน ที่มีลักษณะที่สอดคล้องกับการคาดการณ์ ตรวจสอบ

ความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) ให้ค่า R-Square (R^2) อยู่ระหว่าง 0.89 ถึง 0.98 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CONTAM สามารถให้ค่าการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ ภายใต้ข้อกำหนดของการกำหนดพารามิเตอร์ที่มีอยู่อย่างถูกต้อง

Wang (2010) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) ที่เชื่อมโยงการทำงานร่วมกับโปรแกรม CONTAM 3.0 การลิงก์โซน CFD ภายนอกใช้เพื่อวิเคราะห์การไหลของอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยแรงดันลม และความเข้มข้นของสารปนเปื้อนภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของสารปนเปื้อนภายในอาคาร ส่วนโซน CFD ภายในช่วยในการวิเคราะห์ความเข้มข้นสารปนเปื้อนในห้องหรือพื้นที่ของอาคาร มีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการลิงก์โซน CFD ทั้งภายนอกและภายใน สามารถวิเคราะห์การไหลของอากาศจากแรงดันลมและการแทรกซึมของอากาศเข้ามาในอาคารได้ดีกว่าการจำลองที่ไม่มี CFD เพื่อผลลัพธ์ของโปรแกรม CONTAM-CFD ที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาระบบระบายอากาศภายในอาคารเรียน 3 ชั้น ด้วยโปรแกรมการจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW และวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารเรียน อ้างอิงตามมาตรฐาน PN-EN 13779:2008 โดยใช้ความเข้มข้นของ CO_2 เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพอากาศในห้องโถงของโรงเรียนที่จะต้องไม่เกิน 1,000 ppm ในการศึกษากำหนดเงื่อนไขการระบายอากาศทั้งหมด 6 เงื่อนไขที่มีความแตกต่างกันในช่วงฤดูร้อนในเมือง Wrocław ผลการศึกษาพบว่า หน้าต่างที่มีรอยรั่วของอากาศสูง ส่งผลให้คุณภาพอากาศภายในอาคารต่ำ ความเข้มข้นของ CO_2 มากกว่า 3,000 ppm และการ Seal ครอบรอยรั่วบริเวณขอบหน้าต่างเพื่อลดปริมาณของ CO_2 ส่งผลต่อการระบายอากาศ จึงทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเรียนให้ดีขึ้น แต่กลับส่งผลกระทบต่อด้านพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในลดลงอย่างมาก ซึ่งการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการระบายอากาศตามธรรมชาติไม่สามารถให้การแลกเปลี่ยนอากาศที่เหมาะสมได้ เนื่องจาก CO_2 ภายในอาคารมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด จึงจำเป็นต้องใช้วิธีทางกลควบคุมอัตราการระบายอากาศควบคู่กับการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพื่อป้องกันการเกิดภาวะความสบายของผู้ใช้อาคาร โดยต้องพิจารณาภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินการด้วย

W.Z. Black (2015) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องแรงดันและการเคลื่อนที่ของควันขณะเกิดเพลิงไหม้ในอาคารสูง พบว่าการเปิดประตูบริเวณพื้นที่เกิดไฟไหม้ ทำให้เกิดลักษณะการกระจายตัวของควันไฟทั่วทั้งอาคารเปลี่ยนไป ส่งผลต่อความสามารถของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มแรงดันของช่องบันได ซึ่งจะต้องเพิ่มขนาดของพัดลมอัดอากาศประมาณ 40% ถึง 50% เพื่อให้มีแรงดันมากพอสำหรับควบคุมควันให้เป็นไปในทิศทางที่กำหนด หากพัดลมมีขนาดเล็กอาจส่งผลให้ควันเล็ดลอดเข้าไปยังชั้นอื่น ๆ ด้านบน จึงจำเป็นต้องเลือกอุปกรณ์ปรับแรงดันในช่องบันไดหนีไฟ

ให้มีเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจว่าควันไม่สามารถไหลสู่ช่องบันไดหนีไฟไปจนถึงชั้นอื่น ๆ ของอาคารได้ การออกแบบขนาดของพัดลมอัดอากาศนั้นต้องคำนึงถึงอิทธิพลจากประตูบันไดหนีไฟที่เปิดอยู่ด้วย ซึ่งหากพัดลมมีขนาดไม่เพียงพอที่จะเอาชนะแรงดันลมธรรมชาติในพื้นที่เกิดเพลิงไหม้ อาจทำให้ปริมาณควันที่ลอยไปถึงชั้นบนเพิ่มขึ้นจนหนาแน่น และทำให้คุณภาพอากาศในโถงบันไดลดลง ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร

Chan-Sol Ahn (2020) ได้ทำการศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับพฤติกรรม การไหลของควันในบันไดสูงในกรณีหน้าต่างเปิดและปิด โดยใช้แบบจำลอง Fire Dynamics Simulator (FDS) เพื่อทำนายความเร็วของควันและอุณหภูมิ ซึ่งพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับการทดลอง อยู่ในช่วง 60-180 W และสำหรับการจำลอง 1-4 kW เมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมเพิ่มขึ้น การเปิด หน้าต่างบานเดียวที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของอาคาร ส่งผลต่ออุณหภูมิควันโดยรวมของอาคารเล็กน้อย ส่วนการเปิดหน้าต่างหลายบานจะทำให้อุณหภูมิลดลงเนื่องจากกระแสลมเย็นที่พัดเข้ามา แต่ส่งผล ให้ความเร็วแรงดันลมภายในอาคารลดลงอย่างมาก ดังนั้นการเปิดรับอากาศจากภายนอกจะทำให้ ไคนามิกของควันโดยรวมช้าลง นอกจากนี้ผลกระทบของพลังงานความร้อนในช่วง 2-20 เมกะวัตต์ ต่อความสูงของอาคารที่ถูกจำลองที่ระดับ 60, 120 และ 240 เมตร พบว่าอัตราการไหลของควัน ขึ้นอยู่กับระดับความสูง จากการพิจารณากรณีปิดหน้าต่างทั้งหมดและเปิดหน้าต่างทั้งหมด การศึกษาพารามิเตอร์ของเวลาจากควันที่เพิ่มขึ้น (t) แสดงให้เห็นว่าเป็นสัดส่วน $\sim Q^{-1/3}$ สำหรับ ความสูงของอาคารทั้งหมด ซึ่งเป็นมาตรฐานเวลาเดียวกัน

Marcin Fryda และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาระบบความแตกต่างของแรงดันบันไดหนีไฟ ในอาคาร เพื่อการป้องกันไม่ให้ควันเข้าสู่พื้นที่ที่มีการป้องกัน ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ การออกแบบ ระบบอัดอากาศเพื่อเพิ่มแรงดันต้องคำนึงถึงการรั่วซึมภายในพื้นที่ป้องกันด้วย งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ ผลการทดสอบเพื่อตรวจสอบผลกระทบของการรั่วไหลของพื้นที่ป้องกันต่อสภาวะในการรักษา แรงดันเกิน ซึ่งดำเนินการตามร่างมาตรฐาน N161-pr EN12101-6 สำหรับการกระจายแรงดันตามฟังก์ชัน ของเวลา ในความเป็นจริงนั้น ช่องบันไดมีระดับการรั่วไหลของอากาศที่ต่างกันการใช้พัดลมเดิมอากาศ แบบคงที่ตลอดจนอาจเกิดแรงดันเกินเกิดขึ้นในระบบ ผู้ออกแบบระบบแรงดันสำหรับควบคุมควัน จำเป็นต้องคำนวณปริมาตรการเติมอากาศที่ส่งผลต่อระดับการไหลของอากาศภายในช่องบันไดหนีไฟ ซึ่งการรั่วไหลของพื้นที่ป้องกันเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาเนื่องจากมาตรฐานยุโรป EN12101-6 แนะนำว่าพื้นที่ช่องว่างควรมีน้อยที่สุด ดังนั้น การออกแบบและก่อสร้างอาคารสมัยใหม่จึงต้องมีการ ประเมินค่าพื้นที่รั่วในพื้นที่ป้องกันดังกล่าว เพื่อความปลอดภัยของอาคารผู้ใช้อาคาร

Yujin Zhang (2021) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของช่องระบายอากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิควันไฟของทางเดินในหอพัก โดยใช้ FDS ในการจำลองเพลิงไหม้ไฟบนทางเดินในหอพัก ภายใต้เงื่อนไขอัตราการปลดปล่อยความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของแหล่งกำเนิดประกายไฟที่ 1500 kw/m^2 พบว่าเปลวไฟส่วนใหญ่ลุกลามไปที่ที่ต่ำทั้งสองด้านของทางเดิน เนื่องจากควันร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ O_2 ในอากาศด้านบนลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อากาศบริสุทธิ์โดยรอบยังคงไหลเข้ามาจากทั้งสองด้านของทางเดินและระบาย การเปลี่ยนแปลงและการกระจายของอุณหภูมิควันไฟในทางเดินหลังจากที่ไฟลุกลามไปถึงขั้นรุนแรงที่ 400 วินาที อุณหภูมิเฉลี่ยในทางเดินที่ไม่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รับได้อยู่ที่ 130°C เมื่อไม่มีช่องระบายอากาศธรรมชาติที่ปลายทั้งสองของทางเดินควันที่อุณหภูมิสูงจะกระจุกตัวอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของทางเดินเป็นส่วนใหญ่ ทำให้อุณหภูมิที่ปลายทั้งสองข้างสูงกว่าตรงกลาง เมื่อมีปล่องควันธรรมชาติที่ปลายทั้งสองของทางเดินควันที่อุณหภูมิสูงจะกระจุกตัวอยู่บริเวณประตูห้องเผาไหม้เป็นหลัก ยิ่งห่างจากห้องเผาไหม้มากเท่าไร อุณหภูมิก็จะยิ่งต่ำลงเท่านั้น สรุปได้ว่าตำแหน่งของช่องระบายควันธรรมชาติยังมีสูงมากจนเท่าไร ก็ยังส่งผลดีในการระบายควันและความร้อน

วิรุฒ หงส์ทอง (2558) ได้ศึกษาพฤติกรรมเพลิงไหม้และการแพร่กระจายควันไฟภายในอาคารมหาวิทยาลัยบูรพา ด้วยแบบจำลอง Fire Dynamics Simulator: FDS โดยใช้กองเพลิง 3 ขนาด คือ 2.2 MW, 7.1 MW และ 14.2 MW ผลจากการจำลองพบว่า มีเพียงกองเพลิงขนาด 2.2 MW เท่านั้นที่ไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบระบายควันไฟ แต่สำหรับกรณีกองเพลิงขนาด 7.1 MW นั้น การติดตั้งระบบระบายควันทางกลเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอ ส่วนกองเพลิงขนาด 14.2 MW จะต้องติดตั้งระบบระบายควันทางกลร่วมกับบ่อดักควันด้วย จึงจะทำให้อุณหภูมิควันไฟเฉลี่ยที่ช่องทางเดินไปสู่ทางหนีไฟของทุกชั้นจึงมีค่าต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาถึงการแพร่กระจายของควันพบว่า ทุกขนาดกองเพลิง จำต้องติดตั้งระบบระบายควันทางกลร่วมกับบ่อดักควันและม่านกันควันจึงจะทำให้ช่องทางเดินไปสู่ทางหนีไฟของทุกชั้นปลอดภัย

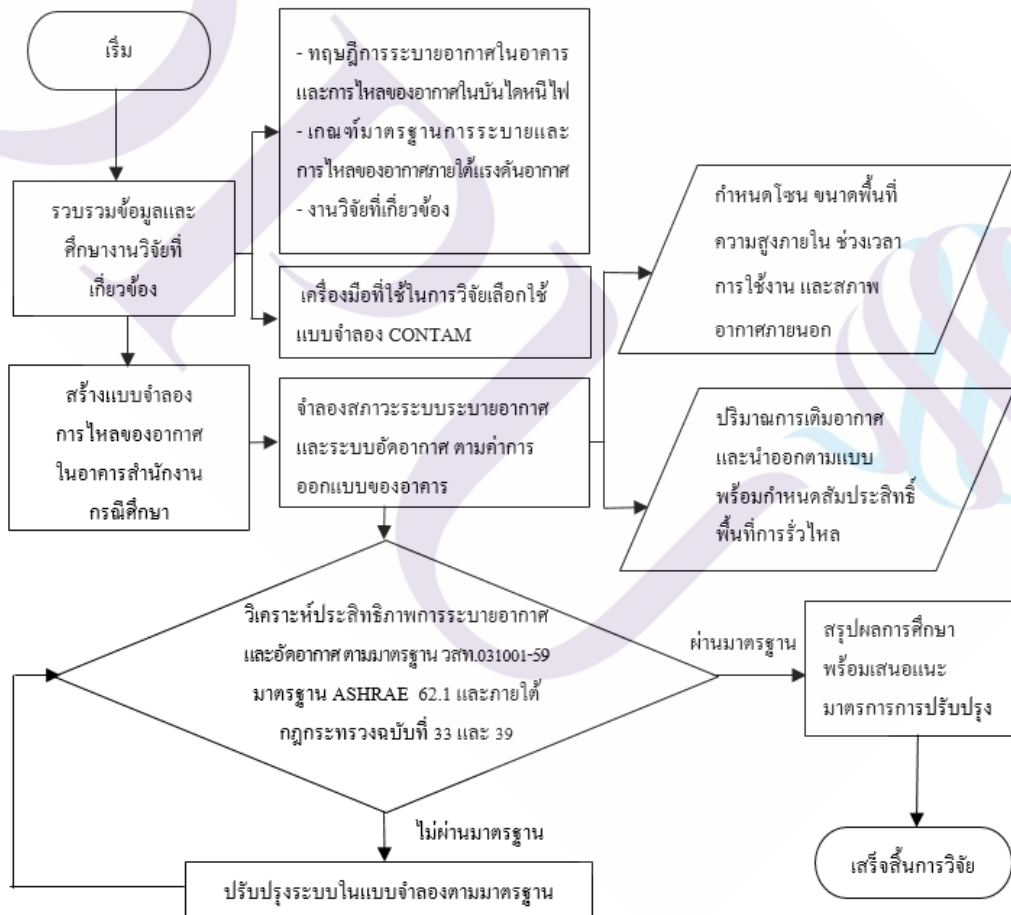
สาริณี ชมภู (2561) ได้ทำการศึกษาาระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองจากโปรแกรม CONTAM ในอาคารสูง 19 ชั้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่าค่าความแตกต่างของความดันในช่องบันไดหนีไฟในอาคารไม่เพียงพอสำหรับต้านทานการไหลของควันที่จะเข้ามาในช่องทางหนีไฟ สำหรับการควบคุมควันด้วยระบบอัดอากาศ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการอพยพหนีไฟ จำเป็นจะต้องปรับปรุงอัตราการไหลของอากาศที่ต้องจ่ายให้กับช่องบันไดหนีไฟ ซึ่งช่องบันไดที่ 1 เท่ากับ 12,000 l/s และช่องบันไดหนีไฟ 2 เท่ากับ 15,000 l/s และปล่องลิฟต์ดับเพลิงเท่ากับ 7,200 l/s ในกรณีที่ประตูบันไดหนีไฟเปิดค้างบางประตู จะทำให้ค่าความแตกต่างของความดันลดลงจึงต้องมีการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศที่ต้องจ่ายให้ระบบ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษา วิเคราะห์และเสนอแนวทางปรับปรุงเกี่ยวกับการไหลของอากาศในอาคารและใน โถงบันไดหนีไฟที่ Existing Building นั้นวิธีการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-based Simulation Methods) นั้นเป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายและได้รับความยอมรับในระดับนานาชาติ นอกจากการใช้แบบจำลองแล้วยังพบว่ามีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ใช้วิธีการวัดเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง (On-site Measurement) เพื่อศึกษาสภาวะการไหลของอากาศภายในอาคาร แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดที่ต้องใช้เวลาและทรัพยากรมากกว่าการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ ซึ่งความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงยังขึ้นอยู่กับสมรรถนะของเครื่องมือและขั้นตอนการเก็บข้อมูล ซึ่งการศึกษาโดยใช้วิธีนี้ไม่เหมาะกับการศึกษาในอาคารที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลจำนวนมากและเครื่องมือที่มีความละเอียดสูงในกรณีในพื้นที่ใช้งานในอาคารที่มีความเร็วลมต่ำซึ่งทำการตรวจวัดได้ยาก ซึ่งจากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้การศึกษานี้เลือกใช้วิธีวิธีการจำลองแบบ Multi-zone Network Model โดยใช้แบบจำลอง CONTAM ในการศึกษาและวิเคราะห์การไหลของอากาศในอาคารกรณีศึกษา

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Experimental Simulation Model) ทำการจำลองระบบระบายอากาศและการไหลของอากาศภายในห้องบันไดหนีไฟของอาคารกรณีศึกษา ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานสูง 9 ชั้น ตั้งอยู่ที่กรุงเทพมหานคร ภาพที่ 3.1 แสดงระเบียบวิธีการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยนี้



ภาพที่ 3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

จากภาพที่ 3.1 เป็นแบบแผนการวิจัย เรื่องการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศ และระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงาน โดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน ทำการศึกษาลักษณะการไหลของอากาศแบบโซนต่อโซนและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกับภายนอก และวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบระบายอากาศและอัดอากาศของอาคาร เสนอแนวทางการปรับปรุงสมรรถนะ เพื่อคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการจำลองระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศของอาคาร โดยมีปัจจัยประกอบหลายส่วน ซึ่งส่งผลกระทบต่อรูปแบบการไหลของอากาศ และแรงดันสัมพัทธ์ภายในอาคารทั้งสิ้น ประกอบด้วย

3.2.1 ตัวแปรต้น

3.2.1.1 การออกแบบระบบระบายอากาศ และระบบอัดอากาศของอาคารสำนักงาน
กรณีศึกษา

3.2.2 ตัวแปรตาม

3.2.2.1 อัตราการระบายอากาศในแต่ละโซน และการไหลของอากาศภายในบันไดหนีไฟ

3.2.2.2 แรงดันสัมพัทธ์ภายในอาคารและภายในช่องบันไดหนีไฟ

3.2.3 ตัวแปรควบคุม

3.2.3.1 อุณหภูมิ

3.2.3.2 พื้นที่ใช้สอยในแต่ละโซน

3.2.3.3 สัมประสิทธิ์การไหลของอากาศผ่านพื้นที่รั่วไหลกรอบอาคาร

3.2.3.4 ปริมาณการจ่ายอากาศจากท่อส่งลม และท่อลมกลับ

3.2.3.5 ปริมาณการเติมอากาศภายนอกเข้าสู่โซน

3.2.3.6 ปริมาณการระบายอากาศออกจากโซน

3.2.3.7 ปริมาณอากาศที่เติมเข้าสู่ช่องบันไดหนีไฟ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 ค่าการออกแบบระบบระบายอากาศและอัดอากาศภายในอาคารกรณีศึกษา

3.3.2 แบบจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในอาคาร โดยใช้โปรแกรม CONTAM

3.3.3 ค่ามาตรฐานการระบายอากาศตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) และมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ลักษณะทางกายภาพและงานระบบของอาคาร

หลังจากศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ทำการรวบรวมแผนผังอาคารและระบบงานปรับและระบายอากาศ ขนาดของบันไดหนีไฟและค่าความดันลมรวมถึงพัดลมอัดอากาศ ลักษณะการเคลื่อนที่ของครั้นไฟในกรณีเกิดเพลิงไหม้ของอาคารสำนักงานกรณีศึกษาในกรุงเทพมหานคร ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งอาคารประมาณ 30,000 ตารางเมตร ในลักษณะอาคารสำนักงานขนาดใหญ่พิเศษ 9 ชั้น มีพัดลมทั้งหมด 2 เครื่อง สำหรับบันไดหนีไฟ 2 บันได ที่ตั้งอยู่ภายในตัวอาคาร ซึ่งโดดเด่นในการออกแบบก่อสร้างตามแบบอาคารประหยัดพลังงาน โดยนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพอาคารเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ตัวอาคารและงานระบบเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมโดยตรง มีองค์ประกอบ ดังนี้

3.4.1.1 ตัวอาคาร มีการวางตามแนวแกนหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นมุม 45 องศา เพื่อลดพื้นที่การรับแดด เพราะประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรที่เกือบทั้งปีแสงแดดจะอ้อมได้ รูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมประกอบด้วย อาคาร A, B และ C ในลักษณะที่เชื่อมต่อกันด้วย Corridor

3.4.1.2 วัสดุกรอบอาคาร มีการใช้เหล็กใช้วัสดุที่แน่นอนหนา ผนังเป็นกระจกโดยส่วนใหญ่ เนื่องจากกระจกมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน

3.4.1.3 ระบบภายในอาคาร เป็นระบบปิดที่แบ่งพื้นที่ออกเป็น พื้นที่สำนักงาน ทางเดินร่วม ห้องประชุม ห้องเอนกประสงค์ และห้องน้ำ โดยมีการนำระบบปรับอากาศมาใช้ในส่วนของพื้นที่สำนักงาน และห้องประชุมเท่านั้น ส่วนระบบความปลอดภัยเกิดเพลิงไหม้ภายในอาคาร ออกแบบมาให้มีบันไดหนีไฟ 4 ช่องทาง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ บันไดหนีไฟภายในอาคารที่มีการนำระบบอัดอากาศมาใช้ 2 ช่องทาง และบันไดหนีไฟที่ใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติ 2 ช่องทางซึ่งอยู่ติดกรอบอาคาร

3.4.1.4 แนวคิดเพื่อลดการใช้จ่ายพลังงานในอาคาร โดยพื้นที่ส่วนอื่น ๆ นอกเหนือจากพื้นที่สำนักงาน และห้องประชุม มีการนำระบบระบายอากาศเชิงกลและแบบธรรมชาติมาใช้ร่วมกัน โดยพื้นที่ Corridor ส่วนที่เชื่อมอาคารทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกัน ออกแบบให้เป็นกระจกที่มีหน้าต่างบานกระทุ้งตลอดแนวทั้งด้านหน้าและด้านข้าง เพื่อเพิ่มแสงธรรมชาติให้กับภายในอาคาร และเพื่อรับลมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดผ่านประเทศไทยก่อนมาทางทิศเหนือในช่วงฤดูหนาว (เดือน

พฤศจิกายน ถึงกุมภาพันธ์) และรับลมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดผ่านประเทศไทยที่ค่อนข้างมาทางทิศใต้เป็นหลักในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน (มีนาคม - ตุลาคม) ของทุกปี

3.4.2 พื้นที่และค่าการระบายอากาศที่ใช้ในการจำลอง

Simulation Model ได้ใช้โปรแกรม CONTAM ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศ โดยทำการจำลองการไหลของอากาศและระบบระบายอากาศของแบบอาคารสำนักงานทั้ง 9 ชั้น มีรายละเอียดของพื้นที่และค่าการระบายอากาศที่ใช้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พื้นที่และค่าการระบายอากาศที่ได้จากการออกแบบ

ชื่อห้อง	ชื่อโซน	พื้นที่ (m ²)	Supply Air (m ³ /h)	Outdoor Air (m ³ /h)	Capacity flow Rate (m ³ /h)
ชั้นที่ 1					
โถงเอนกประสงค์	Hall	4,250	-	-	-
ชั้นที่ 2-6					
อาคาร A					
ห้องทำงาน 1	A2R1	442.17	22,087.20	2,310.66	1,783.96
ห้องทำงาน 2	A2R2	271.95	15,800.80	1,563.09	849.51
ห้องทำงาน 3	A2R3	427.16	25,994.90	1,699.01	679.61
ห้องทำงาน 4	A2R4	174.06	8,495.06	764.55	849.51
ห้องประชุม	MR2	110.69	7,475.66	679.61	1,019.41
อาคาร B					
ห้องทำงาน 5	B2R1	514.17	2,752.40	2,718.42	2,463.56
ห้องทำงาน 6	B2R2	249.67	12,912.50	1,223.29	1,104.36
ห้องทำงาน 7	B2R3	222.45	13,592.10	1,308.24	1,104.36
อาคาร C					
ห้องทำงาน 8	C2R1	178.31	12,402.80	1,121.35	1,104.36
ห้องทำงาน 9	C2R2	330.65	13,252.30	1,121.35	1,104.36
ห้องทำงาน 10	C2R3	268.38	12,402.80	1,121.35	1,104.36
ห้องทำงาน 11	C2R4	248.49	14,101.80	1,121.35	1,104.36
ชั้น 7-9					

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ชื่อห้อง	ชื่อโซน	พื้นที่ (m ²)	Supply Air (m ³ /h)	Outdoor Air (m ³ /h)	Capacity flow Rate (m ³ /h)
ห้องทำงาน 1	A7R1	539.87	27,863.80	2,973.27	1,783.96
ห้องทำงาน 2	A7R2	539.87	28,713.30	2,803.37	2,803.37
ห้องทำงาน 3	A7R3	39.67	3,737.83	101.94	169.90
ชั้น 7-9					
ห้องทำงาน 4	A7R4	37.46	3,737.83	101.941	169.90
ห้องทำงาน 5	A7R5	37.46	3,398.01	203.88	169.90
ห้องทำงาน 6	A7R6	39.67	3,737.83	101.94	169.90
ห้องประชุม	MR7	200	9,174.66	305.82	1,104.36

3.4.2 ค่าการเติมอากาศในช่องบันไดหนีไฟขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้

ในขณะที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร ระบบพัดลมอัดอากาศในช่องบันไดหนีไฟจะมีการทำงาน โดยการเพิ่มแรงดันในการต่อต้านควันจากจุดเกิดเหตุที่จะไหลเข้ามาในโถงบันไดหนีไฟ เพื่อความปลอดภัยจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบการทำงานของพัดลมอัดอากาศ ณ บันไดหนีไฟ ที่มีพัดลมอัดอากาศนั้น ๆ ติดตั้งและทำงานอยู่ เพื่อวัดค่าความเร็วลม ค่าความดันตกคร่อมบันไดหนีไฟ และวัดค่าของแรงผลัก-แรงดึงประตูหนีไฟ โดยค่าความเร็วลมดังแสดงตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าความเร็วลมที่หัวจ่ายลม

ชั้น	บันไดหนีไฟที่ 1	บันไดหนีไฟที่ 2
	m3/s	m3/s
ชั้น 1	1.8	1.8
ชั้น 2	0.9	0.9
ชั้น 3	0.9	0.9
ชั้น 4	0.9	0.9
ชั้น 5	0.9	0.9

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ชั้น	บันไดหนีไฟที่ 1	บันไดหนีไฟที่ 2
	m3/s	m3/s
ชั้น 6	0.9	0.9
ชั้น 7	0.9	0.9
ชั้น 8	0.9	0.9
ชั้น 9	0.9	0.9

ในการตรวจวัดค่าอัตราการไหลและความดันตกคร่อมในโถงบันไดหนีไฟ กระทำได้ โดยการใช้เครื่องมือตรวจวัดค่าความดันของท่อลมด้าน Inlet และ Outlet ที่เรียกว่า Pitot Tube สอดเข้าช่องเปิดปะทะกับความเร็วมบบริเวณกึ่งกลางท่อลม และอีกด้านจะต่อกับเครื่องวัดความดันแตกต่าง เพื่อหาค่าความดันที่เกิดขึ้น แล้วจดบันทึกค่าที่วัดได้และนำไปคำนวณเป็นความเร็วมบ วิธีการคำนวณ อัตราการไหล (Flow Rate) นั้นสามารถหาได้จากค่าความเร็วมบและพื้นที่ของท่อ ซึ่งความเร็วมบของพัดลมอัดอากาศของบันไดหนีไฟในอาคารกรณีศึกษา มีค่าตาม ตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความเร็วมบของพัดลมอัดอากาศ

ชั้น	หมายเลขเครื่อง	ตำแหน่ง	ความเร็วมบ
			m ³ /s
หลังคา (ห้องเครื่อง)	PF-EX1	บันไดหนีไฟ 1	8.10
หลังคา (ห้องเครื่อง)	PF-EX2	บันไดหนีไฟ 2	8.10

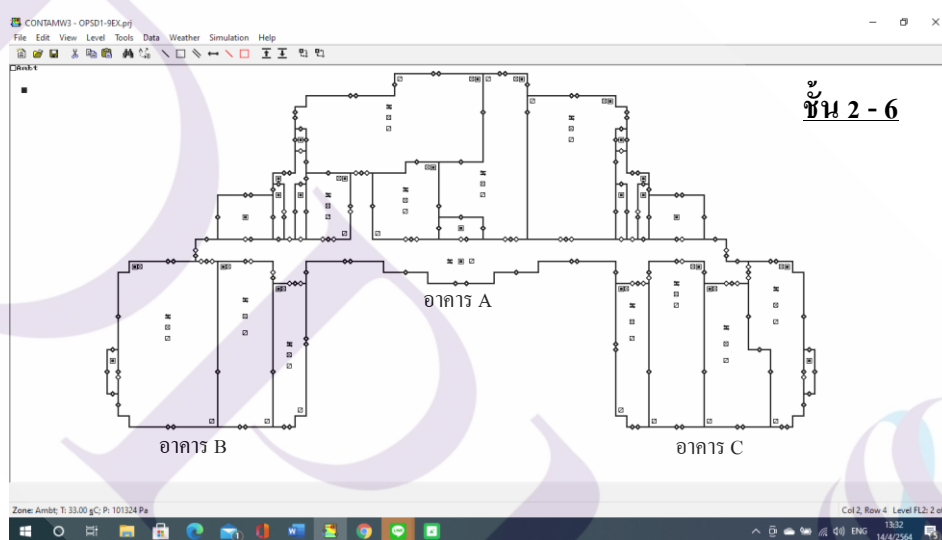
3.5 การดำเนินการ Simulation Model

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา วิเคราะห์ และประเมินค่าการระบายอากาศในระบบปิดกรณีเครื่องปรับอากาศทำงานปกติ และวิเคราะห์ค่าแรงดันอากาศเนื่องจากพัดลมอัดอากาศบันไดหนีไฟทำงานในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์การไหลของอากาศทั้ง 2 กรณี ดังนี้

3.5.1 Simulation Model กรณีระบบปรับอากาศและระบายอากาศทำงานปกติ มีขั้นตอน ดังนี้

3.5.1.1 วาดแบบจำลองอาคาร (Floor Plan) ที่ทำการศึกษาระดับชั้น 1-9 ลงในโปรแกรม CONTAM โดยกำหนดห้องและจัดวางตำแหน่งตามผังอาคารจริงเพื่อการระบุตำแหน่งของ Flow Path ได้เสมือนจริง ทำการกำหนดโซน ความสูงภายใน ขนาดพื้นที่ อุณหภูมิภายใน และสภาพอากาศภายนอกแบบจำลองภายในอาคารชั้น 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องโถงอเนกประสงค์ สูง 6 เมตร มีพื้นที่ใช้สอย 4,250 ตารางเมตร ประกอบด้วยลิฟต์โดยสาร ลิฟต์ขนของ และห้องน้ำ ไม่มีส่วนของสำนักงาน เป็นโถงอเนกประสงค์ที่เชื่อมต่อกับทางออกบันไดหนีไฟภายในตัวอาคารทั้ง 2 ซอย บริเวณชั้น 1 นี้ ไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศจึงไม่นำมาพิจารณาอัตราการระบายอากาศในการศึกษานี้

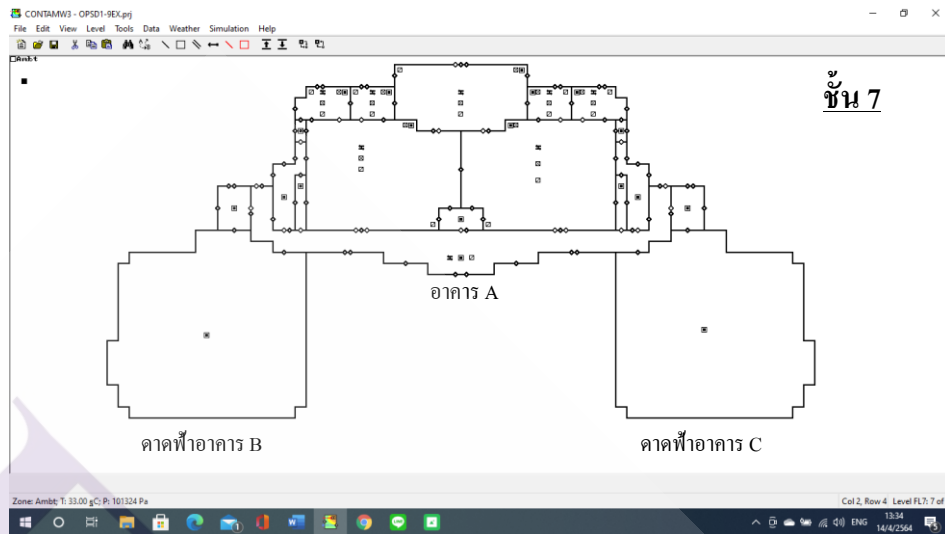
รูปแบบการศึกษาที่ 1 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 2 – 6



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 2-6 ในโปรแกรม CONTAM

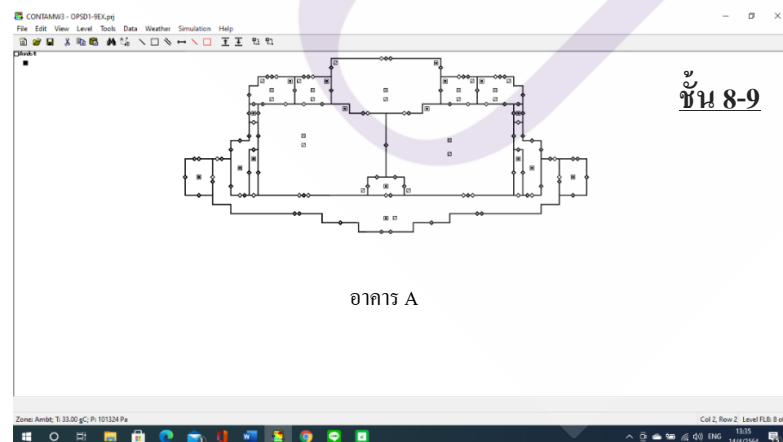
จากภาพที่ 3.2 เป็นกรณีศึกษาที่ 1 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 2-6 เป็นส่วนของสำนักงานที่ประกอบด้วยอาคาร A, B และ C ความสูงระดับชั้น 2.7 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอย 4,250 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น สำนักงาน จำนวน 11 ห้อง และห้องประชุม จำนวน 1 ห้อง ซึ่งภายในห้องมีการใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศทุกห้อง เชื่อมต่อกับทางเดินร่วมที่ไม่มีระบบปรับอากาศ

กรณีศึกษาที่ 2 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 7 - 9



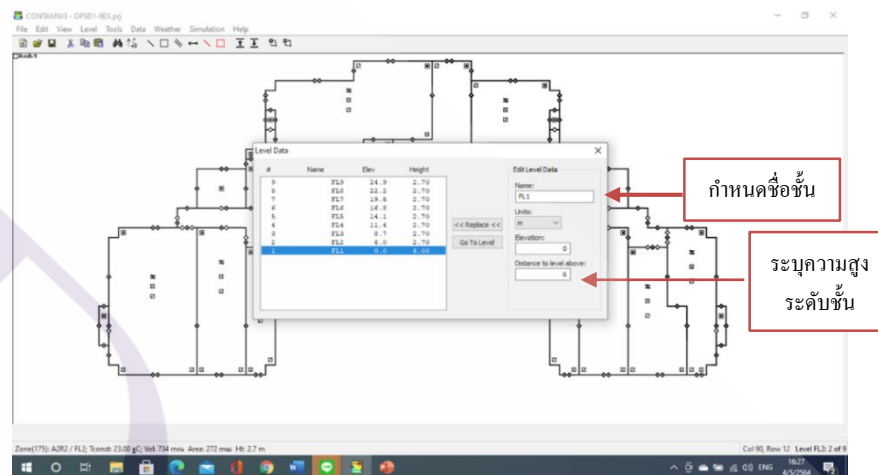
ภาพที่ 3.3 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 7 ในโปรแกรม CONTAM

ภาพที่ 3.3 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 7 และภาพที่ 3.4 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 8-9 กรณีศึกษาที่ 2 ลักษณะสำนักงานมีเฉพาะส่วนของอาคาร A ความสูงระดับชั้น 2.7 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอย 2,100 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น สำนักงาน จำนวน 6 ห้อง และห้องประชุม จำนวน 1 ห้อง ซึ่งภายในห้องมีการใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศทุกห้อง เชื่อมต่อกับทางเดินร่วมที่ไม่มีระบบปรับอากาศ โดยที่ชั้นที่ 7 ส่วนอาคาร B และ C เป็นพื้นที่คاعاتที่ออกแบบเพื่อใช้งานสำหรับแผนเผชิญเหตุเพลิงไหม้ ชั้น 8-9 ส่วนของสำนักงานจะมีเฉพาะอาคาร A เป็นชั้นผู้บริหาร ที่มีรูปแบบการใช้งานตามแบบเช่นเดียวกับชั้น 7



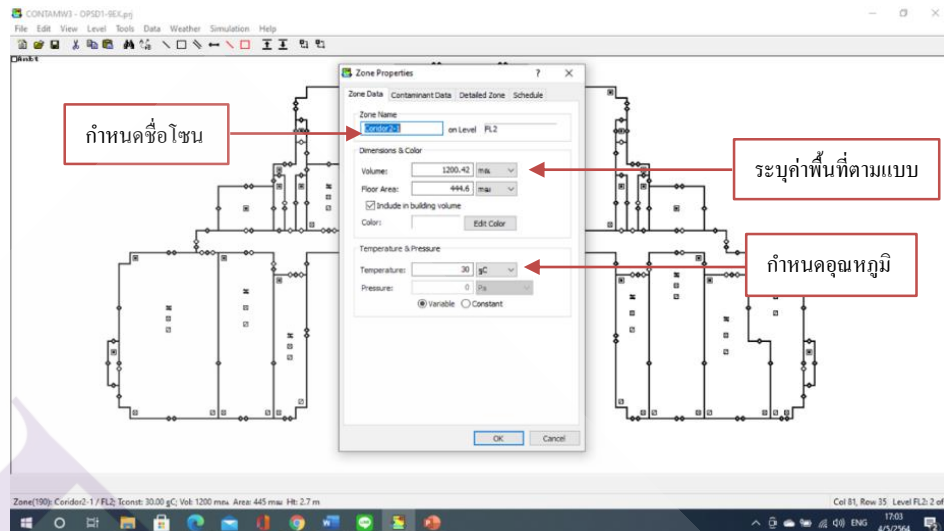
ภาพที่ 3.4 แบบจำลองภายในอาคารชั้น 8-9 ในโปรแกรม CONTAM

3.5.1.2 กำหนดชื่อของแต่ละชั้น (level) และระบุความสูงของแต่ละชั้นตามค่าการออกแบบ โดยการใส่ข้อมูลลงในหน้าต่างคำสั่ง Edit Level Data ที่ช่อง Elevation และกำหนดหน่วยของความสูงภายในของแต่ละชั้น ตามภาพที่ 3.5



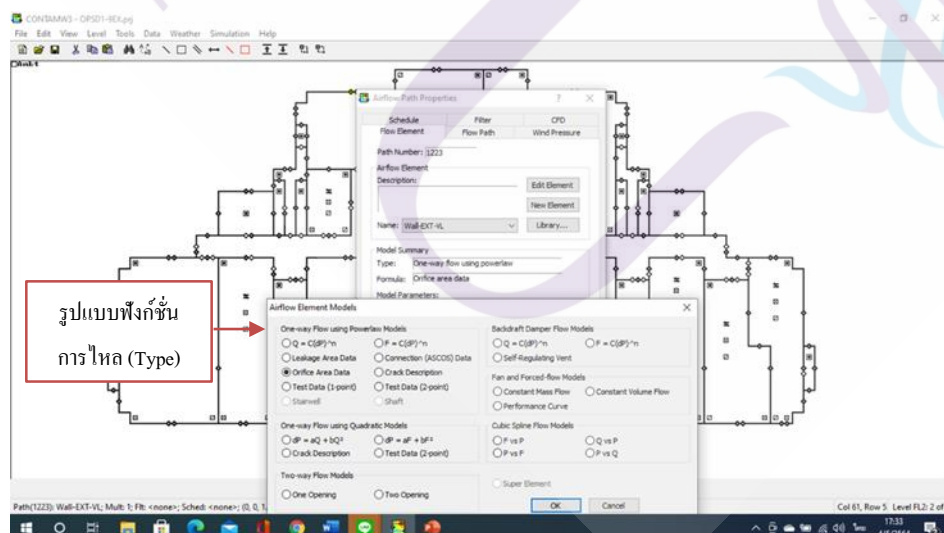
ภาพที่ 3.5 หน้าต่างการกำหนด Level Data

3.5.1.3 กำหนด Zone ของแต่ละพื้นที่ในทุก ๆ พื้นที่ที่มีการกั้นแยกด้วยผนัง (Wall) โดยจะต้องตั้งชื่อ Zone ระบุพื้นที่ ปริมาตร อุณหภูมิ ตามข้อมูลในแบบของอาคาร โดยการศึกษาครั้งนี้ กำหนดค่าอุณหภูมิภายนอกอาคารคือ 33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในอาคารในส่วนที่ไม่มีระบบปรับอากาศ คือ 28 องศาเซลเซียส โดยอ้างอิงค่าอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา ส่วนค่าความดันกำหนดให้เป็นแบบ Variable เนื่องจากมีความแปรผันได้ตามผลกระทบของปัจจัยแวดล้อมตามภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 หน้าต่างการกำหนด Zone Properties

3.5.1.4 ระบุตำแหน่งและข้อมูลช่องทางการไหลของอากาศ (Flow Path) เป็นแบบ One-way Flow Using Power Law ในทุกโซน เลือกใช้สูตรการไหลที่เหมาะสมกับลักษณะช่องทางไหลนั้น ๆ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สูตรสำหรับช่องทางการรั่วไหลที่บริเวณประตูหน้าต่างแบบ Orifice Area Data ส่วนพื้นที่และผนังแบบ Leak Area Data ตั้งชื่อ Flow Path ระบุรายละเอียดของตัวแปรต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจำลองด้วยโปรแกรม ตามภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 หน้าต่างการกำหนด Airflow Element Models

จากภาพที่ 3.7 ต้องทำการกำหนดข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม ดังนี้

Cross-sectional Area คือ พื้นที่หน้าตัดของรูรั่วหรือช่องทางการไหล ได้แก่พื้นที่หน้าตัดของช่องบันไดหนีไฟ ปล่องลิฟท์ และพื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดหรือรูรั่วที่ประตู ในกรณีประตูปิด ค่านี้คือค่าพื้นที่ช่องว่างรอบประตูปิดและในกรณีประตูเปิดค่านี้คือค่าพื้นที่ของบานประตูซึ่งได้มาจากการสังเกตหรือการวัดพื้นที่จริง

Hydraulic Diameter มีค่าเท่ากับ 4 ลบด้วยพื้นที่ของรูรั่วหารความยาวของเส้นรอบรูป แต่ในรูรั่วที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสค่า Hydraulic Diameter จะเท่ากับ รากที่สองของพื้นที่รูรั่ว และในรูรั่วที่มีลักษณะเป็นรอยแตกแคบ ๆ และยาวขึ้นไปในแนวตั้งค่า Hydraulic Diameter จะมีค่าเท่ากับสองเท่าของความกว้างของรูรั่วนั้น เนื่องจากค่า Hydraulic Diameter มีผลกระทบน้อยมากต่อการคำนวณ ค่าแนะนำของโปรแกรมจึงให้ใช้ค่า Default ที่ได้จากการที่โปรแกรมคำนวณจากการใส่ข้อมูลค่าพื้นที่หน้าตัดของรูรั่ว

Transition Reynolds Number คือค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ซึ่งเป็นค่าบอกลักษณะการไหลของของไหลในการวิจัยนี้พิจารณาว่าการไหลเป็นแบบราบเรียบ และเนื่องจากค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์มีผลกระทบน้อยมากต่อการคำนวณ ค่าแนะนำของการใช้โปรแกรมจึงให้ใช้ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์เท่ากับ 30 ซึ่งเป็นค่า Default ของโปรแกรม

Discharge Coefficient คือค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Flow Coefficient) หรือค่า C ของพื้นที่การรั่วไหลที่ระดับค่าความแตกต่างของความดันอ้างอิง ในการวิจัยนี้ในการไหลผ่านช่องว่างหรือรูรั่วที่พื้นและผนัง เลือกค่า $C = 0.65$ สำหรับการไหลผ่านช่องว่างรอบประตูปิด และเลือกค่า $C = 0.65$ สำหรับการไหลผ่านประตูเปิด เลือกค่า $C = 0.35$ (Kloten & Milke, 2002) ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 พื้นที่การรั่วไหลของผนังและพื้นอาคารโดยกำหนดให้ค่า $C = 0.65$

Construction Element	Tightness	Area Ratio A/A_w
Exterior Building Wall (Including construction cracks and cracks around windows and doors)	Tight	0.50×10^{-4}
	Average	0.17×10^{-3}
	Loose	0.35×10^{-3}
	Very Loose	0.12×10^{-2}
Stairwell wall (Including construction cracks but not cracks around windows and doors)	Tight	0.14×10^{-4}

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

Construction Element	Tightness	Area Ratio A/A_w
	Average	0.11×10^{-3}
	Loose	0.35×10^{-3}
Elevator shaft walls (Including construction cracks but not cracks around doors)	Tight	0.18×10^{-3}
	Average	0.84×10^{-3}
	Loose	0.18×10^{-2}
Floors (Including construction cracks and gaps around penetrations)	Tight	0.66×10^{-5}
	Average	0.52×10^{-4}
	Loose	0.17×10^{-3}

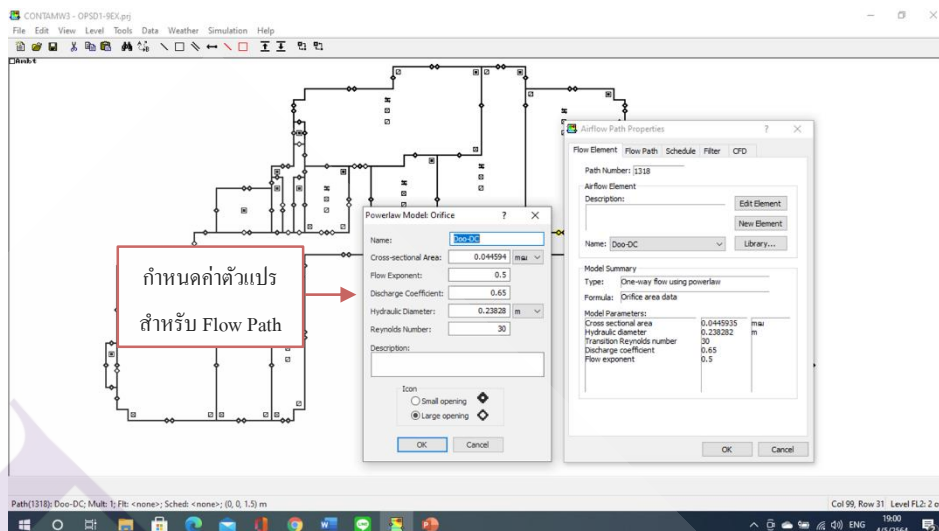
โดยที่ A คือพื้นที่การไหล A_w คือ พื้นที่ผนัง

อ้างอิงข้อมูลจาก Principles of Smoke Management (Kloten & Milke, 2002)

Flow Exponent คือค่าที่ต้องประมาณให้กับโปรแกรม โดยพิจารณาจากลักษณะของรูรั่ว หรือช่องทางการรั่วไหลแต่ละช่อง โดยใช้ค่า Flow Exponent เท่ากับ 0.5 ที่ช่องทางการรั่วไหลที่มีขนาดใหญ่ ใช้ค่า Flow Exponent เท่ากับ 1.0 ที่ช่องทางการรั่วไหลแคบ และใช้ค่า Flow Exponent เท่ากับ 0.6-0.7 สำหรับช่องทางการรั่วไหลแบบ รั่วซึม (Infiltration)

Leakage Area คือ พื้นที่การรั่วไหล ใช้ค่าตามคำแนะนำในหนังสือ Principles of Smoke Management (Kloten & Milke, 2002) ดังมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

Perimeter คือความยาวของเส้นรอบรูปของรูรั่วหรือช่องทางการไหล เลือกอไคคอนของสัญลักษณ์ Flow Path ว่าเป็นแบบช่องเปิดขนาดเล็ก (Small Opening) เช่น รอยแยก หรือช่องห่างระหว่างขอบประตูหรือเป็นแบบช่องเปิดขนาดใหญ่ (Large Opening) เช่น ประตูช่องระบายอากาศขนาดใหญ่ เป็นต้น ดังแสดงตามภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 หน้าต่างการกำหนดค่าแปรต่าง ๆ สำหรับ Flow Path

สำหรับชื่อที่ใช้เรียกในโปรแกรม CONTAM ผู้ทำวิจัยได้ตั้งชื่อย่อในโปรแกรม เพื่อง่ายต่อการกรอกข้อมูล ซึ่งชื่อและค่าสัมประสิทธิ์การไหลของการรั่วไหลของอากาศซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.5

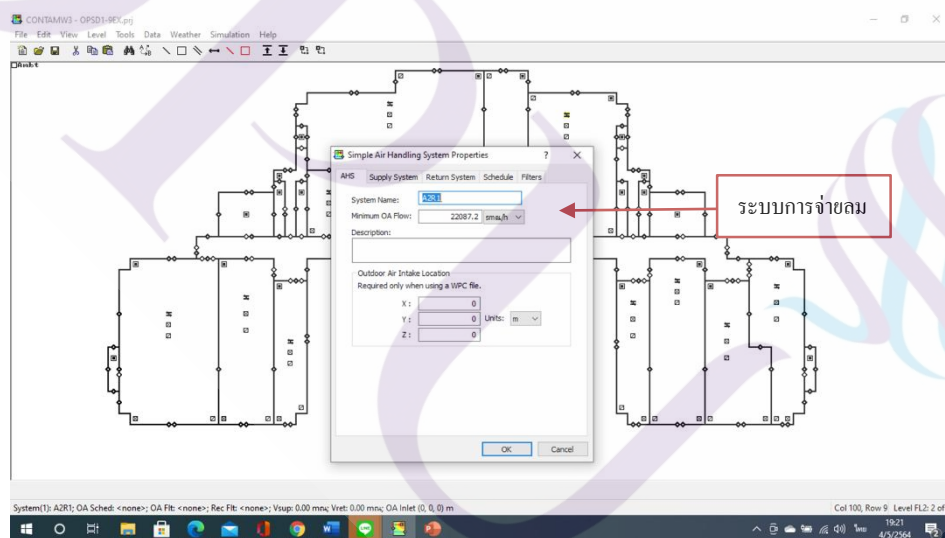
ตารางที่ 3.5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของการรั่วไหลของอากาศ

Flow Path	Path Name	Flow Coefficient	Flow Area (m ³)
Single door (closed)	DOOR-SC	0.65	0.23 x 10 ⁻¹
Single door (opened)	DOOR-SO	0.35	2.00
Double door (closed)	DOOR-DC	0.65	0.45 x 10 ⁻¹
Double door (opened)	DOOR-DO	0.35	3.90
Elevator door (closed)	DOOR-EC	0.65	0.06
Elevator door (opened)	DOOR-EO	0.65	0.56
Exterior walls (Tight)	WELL-EXT-T	0.65	0.50x10 ⁻⁴
Exterior walls (Average)	WELL-EXT-A	0.65	0.17x10 ⁻³
Exterior walls (Loose)	WELL-EXT-L	0.65	0.35x10 ⁻³
Exterior walls (Very Loose)	WELL-EXT-VL	0.65	0.12x10 ⁻²
Interior walls (Loose)	WELL	0.65	0.35x10 ⁻³

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

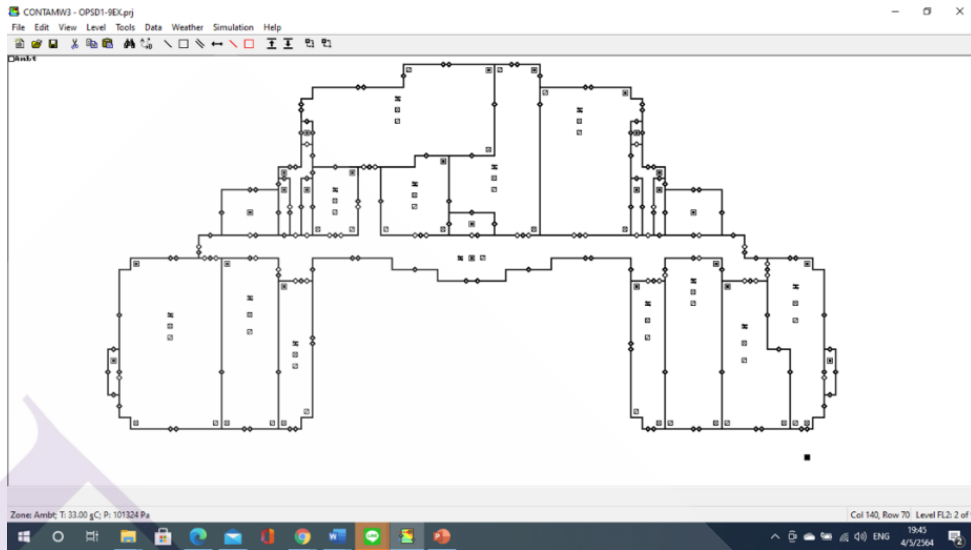
Flow Path	Path Name	Flow Coefficient	Flow Area (m ³)
Floor (or roof) Tight	FLOOR-T	0.65	0.66×10^{-5}
Floor (or roof) Average	FLOOR-A	0.65	0.52×10^{-4}
Floor (or roof) Loose	FLOOR-L	0.65	0.17×10^{-3}
Curtain wall gap (Tight)	FLOORW-T	0.65	0.61×10^{-3}
Curtain wall gap (Loose)	FLOORW-L	0.65	0.31×10^{-3}

3.5.1.5 กำหนดค่าระบบปรับและระบายอากาศ (Supply and Return Air) ปริมาณอากาศภายนอก ที่นำเข้าโซน (Zone Outdoor Airflow) และค่าการระบายอากาศแบบดูดออก (Exhaust) ตามค่าการออกแบบจนครบทุกโซน สำหรับการศึกษาที่ใช้อุณหภูมิภายในโซนที่มีระบบปรับอากาศ 23 องศาเซลเซียส อ้างอิงตามการตั้งค่าระบบในการใช้งานจริง ดังแสดงตามภาพที่ 3.9

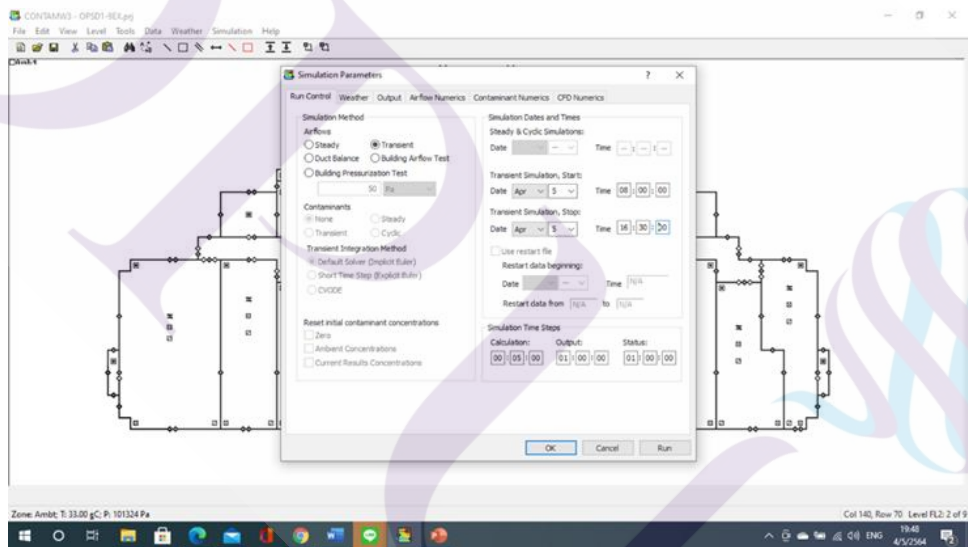


ภาพที่ 3.9 หน้าต่างการกำหนดค่าระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

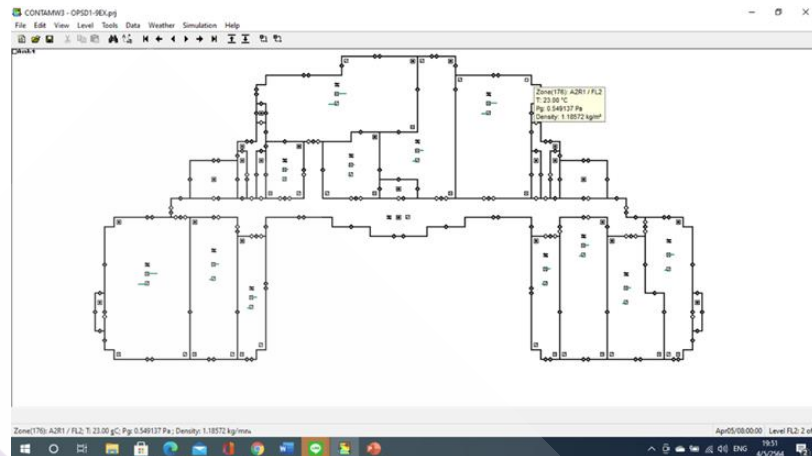
3.5.1.6 เมื่อกำหนดข้อมูลตามแบบอาคารลงในโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว สั่งให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอากาศ โดยใช้คำสั่ง Simulation เลือก Run Simulation และ Start Simulation จะได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลของโปรแกรม ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าแรงดันและค่าการไหลของอากาศ ดังตัวอย่างตามภาพที่ 3.10-3.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.10 หน้าต่างแบบจำลองก่อนการ Simulation



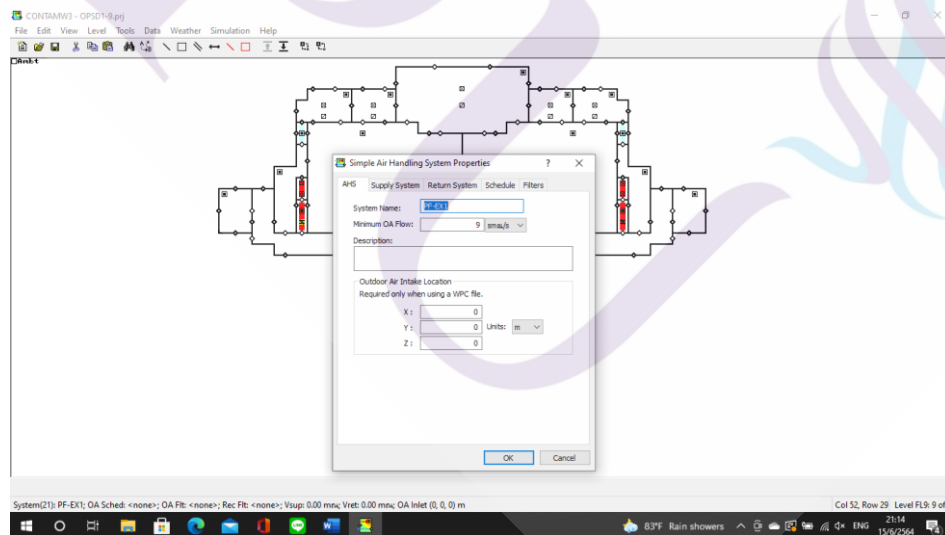
ภาพที่ 3.11 หน้าต่างการกำหนดค่าช่วงเวลาในการ Simulation



ภาพที่ 3.12 หน้าต่างกร Simulation

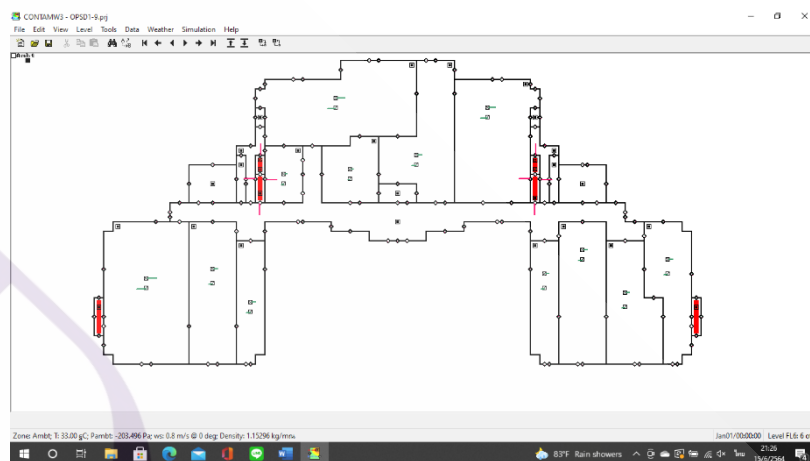
3.5.2 Simulation Model กรณีระบบอัดอากาศบนไคหนีไฟทำงานเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

3.5.2.1 ในกรณีศึกษานี้ใช้แบบจำลองเช่นเดียวกันกับกรณีศึกษาระบบระบายอากาศตามข้อ 3.5.1 โดยเพิ่มเติมอุปกรณ์ในวิธีทางกลที่มีผลต่อการไหลของอากาศ เช่น พัดลมอัดอากาศ พัดลมดูดอากาศ หรือแผ่นกั้นลมต่างๆ ลงไปในแบบจำลองโปรแกรม CONTAM ตามคำแนะนำการใช้งาน ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆสำหรับอัดอากาศ

3.5.2.2 เมื่อกำหนดข้อมูลตามการออกแบบอาคารลงในโปรแกรมเรียบร้อยแล้วสั่งให้ทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอากาศ โดย Simulation ประมวลผลวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของควันทามค่าความแตกต่างของความดัน และลักษณะการไหลของอากาศ ดังแสดงตัวอย่างตามภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ลักษณะของผลการ Simulation ด้วยโปรแกรม CONTAM

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลจำลองระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศบนไดเหนีไฟของอาคาร

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองการไหลของอากาศในอาคารสำนักงานกรณีศึกษาขณะระบบปรับอากาศและระบายอากาศทำงานปกติ และในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ซึ่งระบบอัดอากาศในโถงบันไดเหนีไฟทำงาน ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การออกแบบพื้นที่ ตำแหน่งช่องเปิด ค่าการจ่ายลมเย็นและส่งลมกลับ ปริมาณอากาศภายนอกที่เติมเข้าสู่โซน ค่าการระบายอากาศ และค่าการจ่ายอากาศในระบบอัดอากาศ ซึ่งค่าจากการออกแบบอาคาร ระบบระบายอากาศ และระบบอัดอากาศทั้งหมดนี้จะส่งผลต่อลักษณะการไหลของอากาศ อัตราการไหลของอากาศ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ และความดันสัมพัทธ์ภายในอาคาร การศึกษานี้ทำการตรวจสอบกับความต้องการระบายอากาศขั้นต่ำตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อ้างอิงตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) โดยที่อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบภายในปรับอากาศของสำนักงานเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ในส่วนของห้องประชุมเท่ากับ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร พร้อมทั้งตรวจสอบค่าแรงดันที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบอัดอากาศบนไดเหนีไฟในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ ค่าแรงดันจะมีค่าสูงขึ้นและจะต้องสูงกว่าความดันของอากาศภายนอกโถงบันได ซึ่งค่าแรงดันตกรวมประตุนี้แนะนำในช่วง $\Delta P_{min} - \Delta P_{max}$ คือ 25 - 90 Pa เพื่อการป้องกันไฟในขณะประตูปิด แต่ยังคงทำให้ผู้ใช้อาคารสามารถเปิดประตูได้ในขณะทำการอพยพหนีไฟ โดยที่ค่าความดันสัมพัทธ์ภายในอาคารทั้งหมดต้องเป็นบวกตามหลัก

Pressurization ของอาคารตามอ้างอิงในมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้การอ้างอิงเชิงเปรียบเทียบกับมาตรฐานดังกล่าว

3.7 ประเมินและปรับปรุงระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคาร

ทำการประเมินและปรับปรุงระบบระบายอากาศในสภาวะปกติที่มีการทำงานร่วมกับระบบปรับอากาศ (General Ventilation) ในโซนที่ไม่ผ่านมาตรฐานขั้นต่ำ ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ด้วยการคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่โซน ด้วยวิธี VRP (Ventilation Rate Procedure) โดยต้องพิจารณาส่วนที่มีความสำคัญหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ ค่าการระบายอากาศที่มีการทำงานร่วมกับ Supply Air และ Return Air ปริมาณการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายังบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้อาคารเพื่อใช้ในการระบายอากาศ (Outdoor Air Intake to Occupied Zone for Ventilation) และการควบคุมความดันในอาคาร (Building Pressurization) ที่มาตรฐานกำหนดว่าอากาศที่นำเข้าจะต้องมากกว่าอากาศเสียที่ระบายออกไป เว้นแต่ในกรณีที่อากาศมีการปนเปื้อนระดับเกินกว่าจะใช้การระบายอากาศแบบทั่วไปได้ เป็นหลักการรักษา Pressurization ของอาคารให้เป็นบวก ส่วนการ Makeup และ Bleed หรือการ Recirculate มาตรฐานไม่ได้ระบุไว้ ซึ่งจะต้องพิจารณาตามความเหมาะสมและความสมดุลของการระบายอากาศ เพื่อการรักษาโซน และ Building Pressurization ไว้ได้อย่างเหมาะสม ในการศึกษานี้ได้กำหนดค่า Outdoor Air Flow Rate ต่อคน $R_p = 8.49 \text{ m}^3/\text{h}/\text{คน}$, Outdoor Air Flow Rate ต่อพื้นที่ $R_a = 0.10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, Occupant Density = $5/100 \text{ m}^2$ สำหรับอาคารสำนักงาน และประสิทธิภาพในการกระจายอากาศระบาย (Zone Air Distribution Effectiveness) $E_z = 1.0$ สำหรับการจ่ายลมเย็นจากเพดาน ในส่วนของการประเมินและปรับปรุงระบบอัดอากาศในโถงบันไดหนีไฟในอาคารที่ไม่มีช่องระบายอากาศเปิดสู่ภายนอกในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้นั้น ตามหลักการออกแบบโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟ คือการเลือกพัดลมอัดอากาศให้มีขนาดที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการต้านหรือการควบคุมควันไม่ให้เล็ดลอดเข้ามาในช่องบันไดหนีไฟ ซึ่งเมื่อพัดลมทำงาน จะส่งผลให้ ΔP ที่ชั้นต่าง ๆ อยู่ในช่วงค่าที่ต้องการคือระหว่าง ΔP_{\min} กับ ΔP_{\max} ในการกำหนด CFM ของพัดลมสามารถทำได้ด้วยการคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ จากสมการ $Q = ac + bN$ โดยต้องคำนึงถึงค่าการรั่วซึมของอากาศผ่านประตูทุกบาน กำหนดให้อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก $a = 7.08$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อหนึ่งประตู และอัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วของผนังและประตูของบันไดหนีไฟ $b = 0.094$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อชั้น ซึ่งการคำนวณค่า CFM ในขณะประตูปิดนี้สามารถกระทำได้ด้วยมือ แต่หากในกรณีประตูถูกเปิดออกวิธีการคำนวณนี้จะไม่สามารถใช้ได้ ในการวิเคราะห์ค่าดังกล่าวจะต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานโดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน สามารถอธิบายผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูลการระบายอากาศ 2 กลุ่มศึกษาตามรูปแบบของอาคาร คือ สำนักงานชั้น 2-6 และสำนักงานชั้น 7-9 เพื่อศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษา วิเคราะห์ และประเมินระบบการไหลของอากาศในอาคารสำนักงานเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ส่วนที่ 2 การเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศ และระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ยอมรับได้

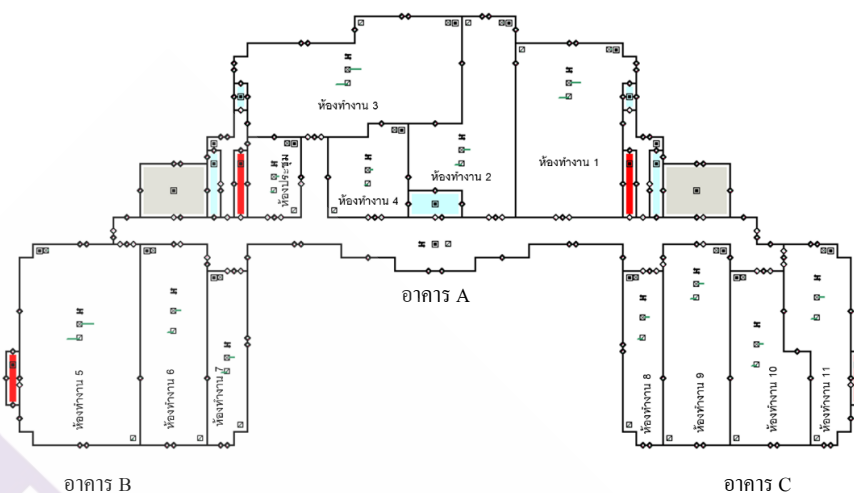
ส่วนที่ 3 การอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การศึกษาวิเคราะห์ และประเมินระบบการไหลของอากาศในสถานะปกติ และขณะระบบอัดอากาศทำงานขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร

4.1.1 การศึกษา วิเคราะห์ และประเมินระบบการไหลของอากาศในอาคารสำนักงานภายใต้ระบบปรับอากาศเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เพื่อให้ทราบอัตราการระบายอากาศในกรณีที่ระบบอากาศทำงานตามปกติในแต่ละโซนในอาคาร

4.1.1.1 แบบอาคารกลุ่มที่ 1 ภายในสำนักงานชั้น 2-6

แบบจำลองระบบระบายอากาศภายในอาคารชั้น 2-6 แต่ละชั้นมีจำนวน 12 ห้อง แบ่งออกเป็น สำนักงานจำนวน 11 ห้อง และห้องประชุมจำนวน 1 ห้อง ตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การแบ่งโซนในแบบจำลองอาคารสำนักงานชั้น 2-6

จากภาพที่ 4.1 เป็นส่วนของสำนักงานที่ประกอบด้วยอาคาร A, B และ C มีความสูงของระดับชั้น 2.7 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอย 4,250 ตารางเมตร แบ่งออกเป็นโซนแยกออกจากกันภายในมีการใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศทุกห้อง เชื่อมต่อกับทางเดินร่วมที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ซึ่งมีรายละเอียดที่ได้จากการจำลอง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดัน และค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากแบบจำลอง ชั้น 2 – 6

โซน	พื้นที่ โซน (m ²)	ปริมาตร พื้นที่ (m ³)	แรงดัน สัมพัทธ์ (Pa)	อัตราการระบายอากาศ จากแบบจำลอง (m ³ /h/m ²)	อัตราการระบายอากาศ ตามเกณฑ์มาตรฐาน (m ³ /h/m ²)
อาคาร A					
ห้องทำงาน 1	442.14	1,193.78	0.62	4.04	2
ห้องทำงาน 2	271.95	734.26	0.82	3.12	2
ห้องทำงาน 3	427.16	1,153.33	0.85	1.59	2
ห้องทำงาน 4	174.06	469.96	0.48	4.88	2
ห้องประชุม	110.69	1,274.10	0.46	9.21	6
อาคาร B					
ห้องทำงาน 5	514.17	1,388.26	0.52	4.79	2
ห้องทำงาน 6	249.67	674.11	0.49	4.42	2

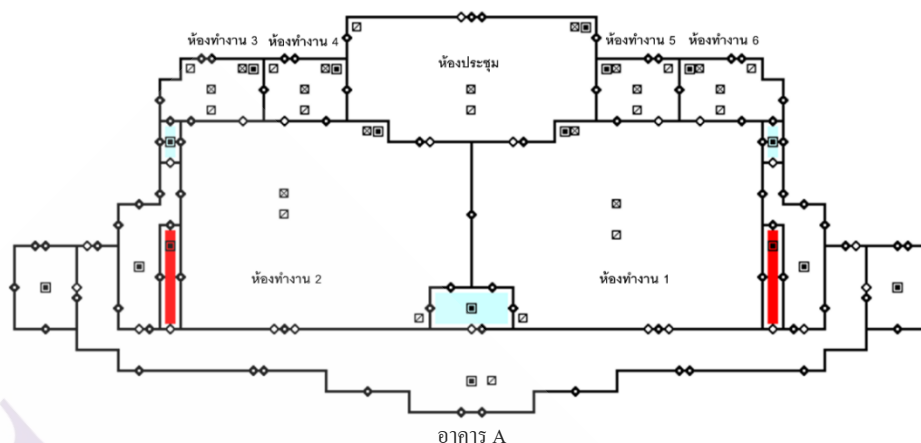
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

โซน	พื้นที่ โซน (m ²)	ปริมาตร พื้นที่ (m ³)	แรงดัน สัมพัทธ์ (Pa)	อัตราการระบายอากาศ จากแบบจำลอง (m ³ /h/m ²)	อัตราการระบายอากาศ ตามเกณฑ์มาตรฐาน (m ³ /h/m ²)
ห้องทำงาน 7	222.45	600.62	0.50	4.97	2
อาคาร C					
ห้องทำงาน 8	178.31	481.437	0.47	6.19	2
ห้องทำงาน 9	330.65	892.76	0.48	3.34	2
ห้องทำงาน 10	368.38	994.63	0.48	4.11	2
ห้องทำงาน 11	248.49	596.38	0.47	4.44	2

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการจำลองระบบระบายอากาศภายในอาคารชั้น 2-6 จำนวน 12 ห้อง จากการวิเคราะห์พบว่า ภายในอาคารมีระบบระบายอากาศที่มีการทำงานร่วมกับระบบปรับอากาศ โดยนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายัง โซนที่มีผู้ใช้อาคาร เพื่อใช้ในการระบายอากาศ การควบคุมความดันในอาคาร (Building Pressurization) เป็นไปตามหลัก Pressurization ของอาคาร โดยทุกโซนมีค่าเป็นบวก และเมื่อนำค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีห้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องทำงานที่ 3 ซึ่งมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 1.59 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศโดยมาตรฐานขั้นต่ำสุดกำหนดไว้ที่ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร และเมื่อกลับไปทำการตรวจสอบค่าการออกแบบในบทที่ 3 ตารางที่ 3.1 พบว่า ห้องทำงานที่ 3 มีพื้นที่สำหรับการระบายอากาศ 427.16 ตารางเมตร ออกแบบปริมาณการระบายอากาศไว้ที่ 679.61 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งไม่สอดคล้องกับพื้นที่ จึงเป็นสาเหตุให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

4.1.1.2 แบบอาคารกลุ่มที่ 2 ภายในสำนักงานชั้น 7-9

แบบจำลองระบบระบายอากาศภายในอาคารชั้น 7-9 จำนวน 7 ห้อง แบ่งออกเป็น สำนักงานจำนวน 6 ห้อง และห้องประชุมจำนวน 1 ห้อง ตามภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การแบ่งโซนในแบบจำลองอาคารสำนักงานชั้น 7-8

จากภาพที่ 4.2 เป็นส่วนของสำนักงานที่ประกอบด้วยอาคาร A เพียงส่วนเดียว ความสูงระดับชั้น 2.7 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอย 2,100 ตารางเมตร เป็นสำนักงานในส่วนของผู้บริหาร แบ่งออกเป็นโซนแยกออกจากกัน ภายในมีการใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศทุกห้อง เชื่อมต่อกับทางเดินร่วมที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ซึ่งมีรายละเอียดที่ได้จากการจำลอง ดังตารางที่ 4.2

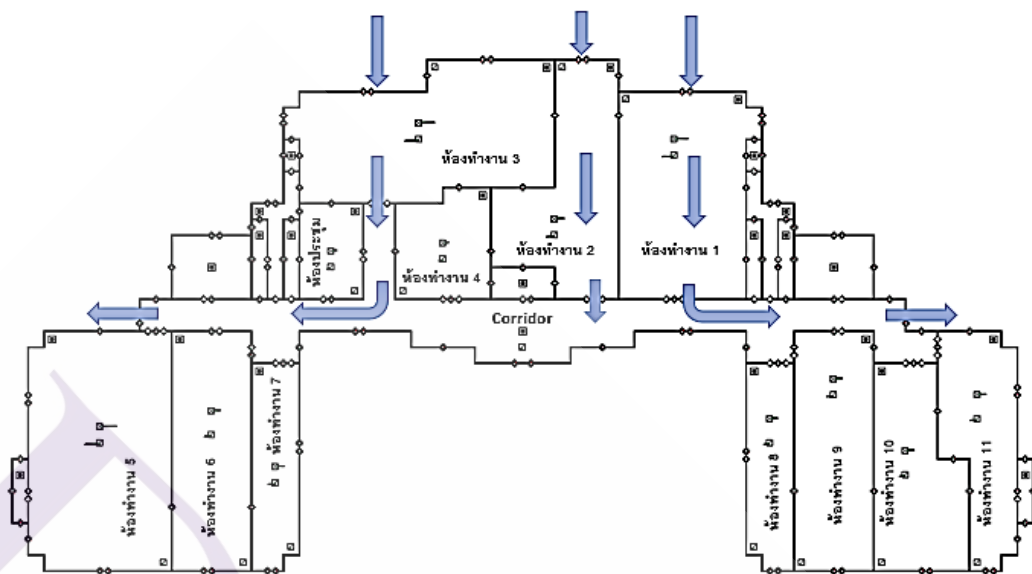
ตารางที่ 4.2 ค่าแรงดัน และค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากแบบจำลอง ชั้น 7-9

โซน	พื้นที่ โซน (m^2)	ปริมาตร พื้นที่ (m^3)	แรงดัน สัมพัทธ์ (Pa)	อัตราการระบายอากาศ จากแบบจำลอง ($m^3/h/m^2$)	อัตราการระบายอากาศ ตามเกณฑ์มาตรฐาน ($m^3/h/m^2$)
ห้องทำงาน 1	539.87	1,457.65	0.93	3.30	2
ห้องทำงาน 2	539.87	1,457.65	0.35	5.19	2
ห้องทำงาน 3	39.67	107.11	0.34	4.28	2
ห้องทำงาน 4	37.46	101.14	0.32	4.53	2
ห้องทำงาน 5	37.46	101.14	0.64	4.53	2
ห้องทำงาน 6	39.67	107.11	0.47	4.28	2
ห้องประชุม	200	540	0.08	5.52	6

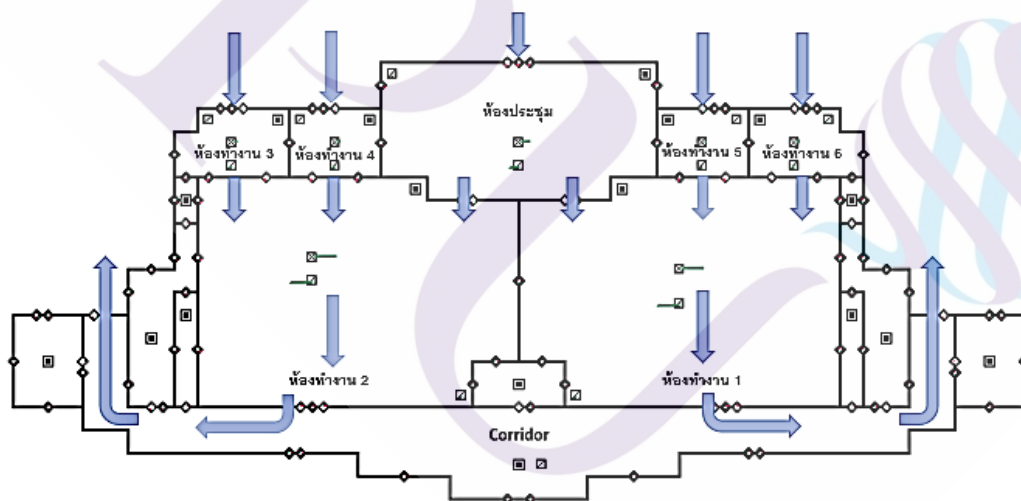
จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการจำลองระบบระบายอากาศภายในอาคารชั้น 7-9 แต่ละชั้น มีจำนวน 7 ห้อง แบ่งออกเป็นสำนักงาน จำนวน 6 ห้อง และห้องประชุมจำนวน 1 ห้อง จากการวิเคราะห์ พบว่ามีห้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องประชุม ซึ่งมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 5.52 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศโดยมาตรฐานขั้นต่ำสุดกำหนดไว้ที่ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร โดยที่ค่าความดันเป็นไปตามหลัก Pressurization ของอาคาร คือมีค่าเป็นบวกตามมาตรฐานแล้ว ผู้วิจัย จึงได้ตรวจสอบกลับไปยังค่าการออกแบบการระบายอากาศในบทที่ 3 ตารางที่ 3.1 พบว่า ห้องประชุมมีพื้นที่ 200 ตารางเมตร ออกแบบปริมาณการระบายอากาศไว้ที่ 1,104.36 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอาจจะยังไม่สอดคล้องกับพื้นที่และไม่ตรงตามลักษณะการใช้งาน จึงเป็นสาเหตุให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หรืออาจเป็นเพราะปริมาณการเติมอากาศจากภายนอกเข้าสู่โซนเพื่อการระบายอากาศยังไม่เพียงพอต่อพื้นที่ใช้งานก็เป็นได้ ซึ่งจำเป็นต้องคำนวณเพื่อหาแนวทางร่วมสำหรับการปรับปรุงระบบระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานในหัวข้อถัดไป

4.1.2 การศึกษา วิเคราะห์การไหลเชิงมวล (Mass For Rate) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยมวล ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/s) เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ ตามปัจจัยของความแตกต่างระหว่าง อุณหภูมิในร่ม อุณหภูมิกลางแจ้ง และกระแสลมธรรมชาติ ของอากาศในอาคารสำนักงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

4.1.2.1 เปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออก โดยการเปิดหน้าต่างห้องทำงานที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นห้องที่มีผนังเป็นกรอบอาคาร มีหน้าต่างด้านทิศตะวันออก และเปิดประตูออกสู่โถงทางเดินเชื่อม (Corridor) ที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ใช้วิธีการระบายอากาศทางธรรมชาติ (Natural Ventilation) ที่ทำการผสมและการเจือจางมลพิษจากการถ่ายเอกสารในสำนักงาน อาศัยการผสมผสานของการแทรกซึมของอากาศที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยการเปิดหน้าต่างทั้งสองด้านของมุมอาคารในทิศเหนือ - ใต้ ในแบบอาคารชั้นที่ 2-6 ดังภาพที่ 4.3 และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 ได้ทำการทดสอบ โดยการเปิดหน้าต่างส่วนที่ติดกับกรอบอาคารของห้องทำงานที่ 3, 4, 5, 6 และห้องประชุม โดยการตั้งสมมติฐานให้กระแสลมไหลผ่านประตูที่เปิดออกไปห้องทำงานที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นโซนภายในที่ไม่ส่วนที่ติดกรอบอาคาร และเปิดประตูห้องทำงานที่ 1 และ 2 ออกสู่ Corridor ที่มีช่องระบายอากาศทั้ง 2 ด้านของอาคารเช่นกัน ดังแสดงตามภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออกของรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6



ภาพที่ 4.4 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออกของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9

ผลจำลองการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออกของแบบอาคารชั้นที่ 2-6 และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 โดยศึกษาลักษณะความแปรปรวนการไหลของอากาศ การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันสัมพัทธ์ ค่าความหนาแน่นในแต่ละโซน และวิเคราะห์ค่าการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) ที่ไหลผ่านช่องประตู - หน้าต่างขณะเปิดและปิด ภายในอาคารชั้นที่ 2 และ 6 อาคารชั้นที่ 7 และ 9 ซึ่งเป็นอาคารชั้นล่างสุดและบนสุด สำหรับแบบอาคารทั้ง 2 รูปแบบ รายละเอียดดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออก รูปแบบอาคารชั้นที่ 2 – 6

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 2								
ห้องทำงาน 1	0.549	0.256	1.187	1.187	0.019	0.015	0.074	0.037
ห้องทำงาน 2	0.703	0.267	1.187	1.187	0.026	0.022	0.094	0.069
ห้องทำงาน 3	0.501	0.254	1.187	1.187	0	0.012	0.069	0.027
ห้องทำงาน 4	0.392	0.210	1.187	1.187	-	0.008	-	0.008
ห้องประชุม	0.375	0.194	1.187	1.187	-	0.011	-	0.011
โถงทางเดิน	0.029	-0.152	1.159	1.159	0.012	-	0.060	-
ห้องทำงาน 5	0.438	0.274	1.187	1.187	0.012	0	0.008	0.007
ห้องทำงาน 6	0.416	0.244	1.187	1.187	0.011	0.005	0.004	0.04
ห้องทำงาน 7	0.425	0.254	1.187	1.187	0.011	0.004	0.006	0.002
ห้องทำงาน 8	0.392	0.224	1.187	1.187	0.007	0.008	0.005	0.007
ห้องทำงาน 9	0.394	0.223	1.187	1.187	0.007	0.008	0.005	0.007
ห้องทำงาน 10	0.393	0.223	1.187	1.187	0.007	0.008	0.005	0.007
ห้องทำงาน 11	0.392	0.231	1.187	1.187	0.007	0.008	0.004	0.006

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 6								
ห้องทำงาน 1	0.431	0.260	1.187	1.187	0.019	0.0167	0.082	0.076
ห้องทำงาน 2	0.586	0.278	1.187	1.187	0.026	0.024	0.109	0.076
ห้องทำงาน 3	0.382	0.254	1.187	1.187	0.017	0.013	0.072	0.068
ห้องทำงาน 4	0.284	0.172	1.187	1.187	-	0.002	-	0.012
ห้องประชุม	0.179	0.131	1.187	1.187	-	0.014	-	0.014
โถงทางเดิน	-0.116	-0.162	1.159	1.159	0.009	-	0.030	-
ห้องทำงาน 5	0.320	0.287	1.187	1.187	0.013	0.008	0.009	0.008
ห้องทำงาน 6	0.296	0.254	1.187	1.187	0.011	0.004	0.006	0.004
ห้องทำงาน 7	0.304	0.266	1.187	1.187	0.011	0.006	0.007	0.006
ห้องทำงาน 8	0.284	0.241	1.187	1.187	0.009	0.002	0.002	0
ห้องทำงาน 9	0.287	0.241	1.187	1.187	0.009	0.001	0.002	0
ห้องทำงาน 10	0.287	0.241	1.187	1.187	0.009	0.001	0.002	0
ห้องทำงาน 11	0.286	0.242	1.187	1.187	0.009	0.001	0.002	0.001

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าแรงดันสัมพัทธ์ ค่าความหนาแน่น และอัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) ที่เปลี่ยนแปลงจากการจำลองกรณีศึกษาเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออกที่ติดกับกรอบอาคาร เพื่อเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนการไหลอากาศไปยังโซนต่าง ๆ ภายในอาคาร ผลการจำลองรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6 พบว่าค่าแรงดันสัมพัทธ์ภายในโซนมีค่าลดลงจากเดิมทุกโซน หลังจากมีการเปิดช่องระบายอากาศเพียงบางส่วน บริเวณ Corridor ค่าแรงดันติดลบ เนื่องจากแรงดันภายนอกที่มากกว่าภายใน ทำให้อากาศไหลเข้ามาภายในโดยตรงในบริเวณนี้ ค่าความหนาแน่นของอากาศภายในโซนที่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.187 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณ Corridor ที่ไม่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.159 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เท่ากันทั้งในระดับความสูงชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 การทดสอบค่าอัตราการไหลเชิงมวลพบว่าในโซนห้องทำงานที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นโซน

ที่มีการเปิดช่องระบายอากาศมีอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น มากสุดบริเวณหน้าต่าง ลดลงบริเวณประตู และบริเวณช่องเปิด Corridor ตามลำดับ และห้องทำงานที่ 4 และห้องประชุม ซึ่งเป็น โชนภายในที่ไม่มีส่วนระบายอากาศติดกับกรอบอาคาร พบว่าอัตราการไหลเชิงมวลบริเวณประตูห้องทำงานที่ 4 เพิ่มขึ้น บริเวณประตูห้องประชุมมีค่าคงที่ ส่วนห้องทำงานที่ 5-11 ซึ่งเป็น โชนด้านทิศตะวันออกที่ไม่เปิดช่องระบายอากาศ พบว่าอัตราการไหลเชิงมวลมีค่าลดลงทั้งบริเวณประตูและหน้าต่างของทุกโชน หลังจากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออกของห้องทำงานที่ 1-3 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศภายในอาคารที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าระบายไปยังโชนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสำหรับบริเวณที่ไม่มีกระแสลม ในรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6 ห้องทำงานที่ 2 เป็นห้องที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุด โดยชั้นที่ 2 บริเวณหน้าต่างอัตราการไหลเชิงมวลจาก 0.026 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.094 กิโลกรัมต่อวินาที และชั้นที่ 6 บริเวณหน้าต่างอัตราการไหลเชิงมวลจาก 0.026 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.109 กิโลกรัมต่อวินาที ชั้นที่ 6 มีอัตราการเปลี่ยนแปลง ที่มากกว่าชั้น 2 เนื่องจากความสูงที่มีผลต่อกระแสลม

ตารางที่ 4.4 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้าน ทิศตะวันออกรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9

โชน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 7								
ห้องทำงาน 1	0.991	0.288	1.187	1.187	-	0.038	-	0.123
ห้องทำงาน 2	0.244	0.238	1.187	1.187	-	0.004	-	0.013
ห้องทำงาน 3	0.236	0.238	1.187	1.187	0.002	0.004	0.011	0.008
ห้องทำงาน 4	0.238	0.238	1.187	1.187	0	0.004	0.011	0.008
ห้องทำงาน 5	0.094	0.271	1.187	1.187	0.037	0.009	0.098	0.072
ห้องทำงาน 6	0.084	0.263	1.187	1.187	0.034	0.017	0.085	0.088
ห้องประชุม	0.066	0.242	1.187	1.187	0.028	0.028	0.033	0.033
โถงทางเดิน	-0.164	-0.165	1.159	1.159	0.002	-	0.014	-

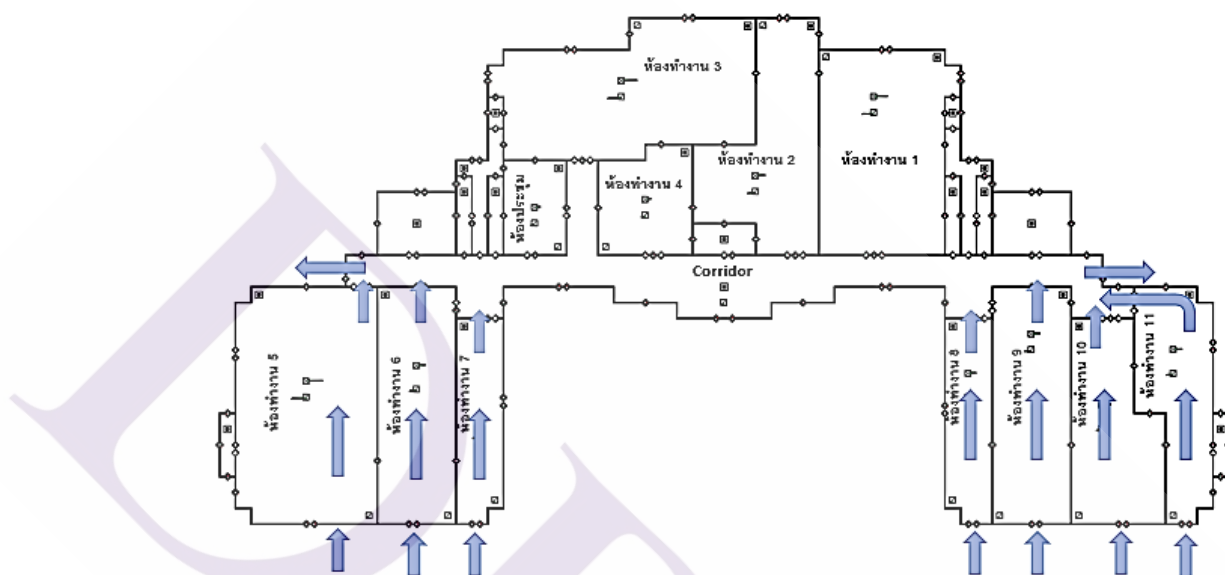
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 9								
ห้องทำงาน 1	0.991	0.288	1.187	1.187	-	0.038	-	0.123
ห้องทำงาน 2	0.244	0.238	1.187	1.187	-	0.004	-	0.013
ห้องทำงาน 3	0.236	0.238	1.187	1.187	0.002	0.004	0.011	0.008
ห้องทำงาน 4	0.238	0.238	1.187	1.187	0	0.004	0.011	0.008
ห้องทำงาน 5	0.094	0.271	1.187	1.187	0.037	0.009	0.098	0.072
ห้องทำงาน 6	0.084	0.263	1.187	1.187	0.034	0.017	0.085	0.088
ห้องประชุม	0.066	0.242	1.187	1.187	0.028	0.028	0.033	0.033
โถงทางเดิน	-0.164	-0.165	1.159	1.159	0.002	-	0.014	-

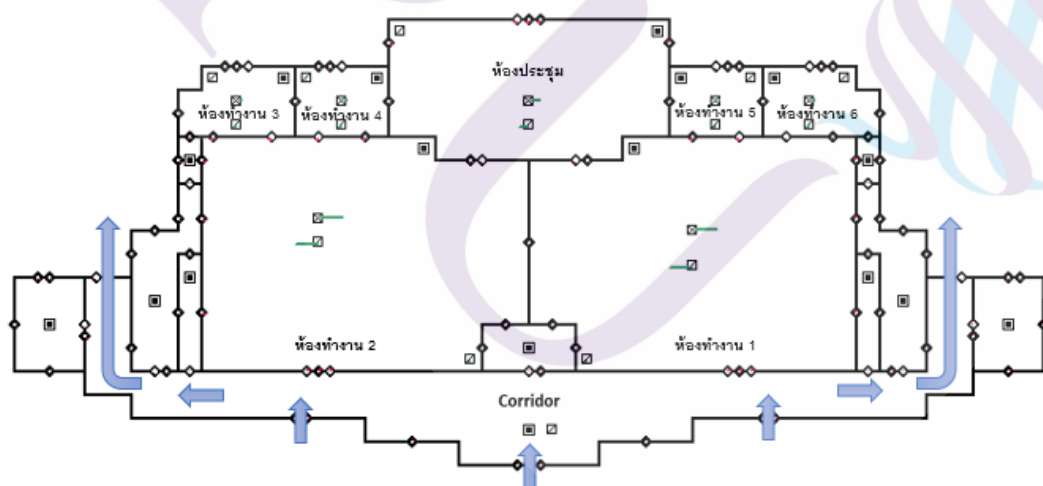
จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าผลการจำลองค่าความแปรปรวนการไหลอากาศรูปแบบอาคาร ชั้นที่ 7-9 พบว่าค่าแรงดันสัมพัทธ์ภายในโซนห้องทำงานที่ 1 และห้องทำงานที่ 2 ลดลงจากเดิม ห้องทำงานที่ 4 มีค่าคงที่ ห้องทำงานที่ 3, 5, 6, และห้องประชุม มีค่าเพิ่มขึ้น มากที่สุดในโซนห้องทำงานที่ 5, 6 และห้องประชุมตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่าคงที่เท่ากันทุกโซน คือ 1.187 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับโซนที่มีระบบระบายอากาศ และ 1.159 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ในโซนที่ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ สำหรับการทดสอบค่าอัตราการไหลเชิงมวลพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นทุกโซน ห้องทำงานที่ 5 มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากการเปิดช่องระบายอากาศที่ติดกับกรอบอาคาร ค่าอัตราการไหลเชิงมวลบริเวณหน้าต่างจากเดิม 0.037 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.098 กิโลกรัมต่อวินาที และบริเวณประตูจาก 0.009 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.072 กิโลกรัมต่อวินาที แสดงให้เห็นว่า ห้องทำงานที่ 5 เป็นโซนที่มีการแลกเปลี่ยนอากาศดีที่สุดในรูปแบบอาคาร ชั้นที่ 7-9

4.1.2.2 เปิดช่องรับลมด้านทิศตะวันตก โดยการเปิดหน้าต่างห้องทำงานที่ 5-11 ซึ่งเป็นห้องที่มีผนังเป็นกรอบอาคาร มีหน้าต่างด้านทิศตะวันตก และเปิดประตูออกสู่ Corridor ดังแสดงตามภาพที่ 4.5 และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 ได้ทำการทดสอบโดยการเปิดหน้าต่างส่วนที่ติดกับกรอบอาคารของ

Corridor โดยการตั้งสมมติฐานให้กระแสลมภายนอกไหลเข้ามาทำการผสมกับอากาศภายในห้องจางมลพิษและระบายออกทางช่องระบายด้านทิศเหนือ-ใต้ ของ Corridor และมีอากาศบางส่วนแทรกซึมไปยังส่วนต่าง ๆ ภายในโซนของอาคารผ่านห้องทำงานที่ 1 และ 2 ดังแสดงตามภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.5 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตกของรูปแบบอาคารชั้นที่ 2 - 6



ภาพที่ 4.6 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตกของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7 - 9

ผลจำลองการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตกของแบบอาคารชั้นที่ 2-6 และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 ได้ค่าการไหลเชิงมวลที่ไหลผ่านช่องเปิดของประตู - หน้าต่างขณะเปิดและปิดรายละเอียดดังแสดงตามตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตกรูปแบบอาคารชั้นที่ 2 – 6

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 2								
ห้องทำงาน 1	0.549	0.379	1.187	1.187	0.019	0.015	0.017	0.017
ห้องทำงาน 2	0.703	0.527	1.187	1.187	0.025	0.022	0.024	0.024
ห้องทำงาน 3	0.501	0.336	1.187	1.187	0.017	0.012	0.014	0.013
ห้องทำงาน 4	0.392	0.205	1.187	1.187	-	0.008	-	0.008
ห้องประชุม	0.375	0.189	1.187	1.187	-	0.011	-	0.011
โถงทางเดิน	0.029	-0.157	1.159	1.159	0.011	-	0.046	-
ห้องทำงาน 5	0.438	0.245	1.187	1.187	0.011	0	0.047	0.006
ห้องทำงาน 6	0.416	0.242	1.187	1.187	0.011	0.005	0.031	0.054
ห้องทำงาน 7	0.425	0.244	1.187	1.187	0.011	0.003	0.040	0.024
ห้องทำงาน 8	0.392	0.239	1.187	1.187	0.007	0.008	0.008	0.045
ห้องทำงาน 9	0.394	0.239	1.187	1.187	0.007	0.008	0.009	0.045
ห้องทำงาน 10	0.393	0.239	1.187	1.187	0.007	0.008	0.009	0.045
ห้องทำงาน 11	0.392	0.239	1.187	1.187	0.007	0.008	0.015	0.044
ชั้น 6								
ห้องทำงาน 1	0.431	0.996	1.187	1.187	0.019	0.017	0.038	0.038
ห้องทำงาน 2	0.586	1.829	1.187	1.187	0.026	0.024	0.056	0.056
ห้องทำงาน 3	0.382	0.673	1.187	1.187	0.017	0.013	0.028	0.028

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ห้องทำงาน 4	0.284	0.238	1.187	1.187	-	0.002	-	0
ห้องประชุม	0.179	0.138	1.187	1.187	-	0.014	-	0.014
ชั้น 6								
โถงทางเดิน	-0.116	-0.165	1.159	1.159	0.009	-	0.003	-
ห้องทำงาน 5	0.32	0.243	1.187	1.187	0.011	0.008	0.037	0.037
ห้องทำงาน 6	0.296	0.239	1.187	1.187	0.011	0.004	0.017	0.015
ห้องทำงาน 7	0.304	0.241	1.187	1.187	0.011	0.006	0.026	0.026
ห้องทำงาน 8	0.284	0.238	1.187	1.187	0.009	0.002	0.005	0.001
ห้องทำงาน 9	0.287	0.238	1.187	1.187	0.009	0.001	0.005	0.001
ห้องทำงาน 10	0.287	0.238	1.187	1.187	0.009	0.001	0.005	0.001
ห้องทำงาน 11	0.286	0.239	1.187	1.187	0.009	0.001	0.007	0.006

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าเปลี่ยนแปลงจากการจำลองกรณีศึกษาเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตกที่ติดกับกรอบอาคารของห้องทำงานที่ 5-11 เพื่อเปรียบเทียบค่า ความแปรปรวน การไหลของอากาศไปยังโซนต่าง ๆ ภายในอาคาร ผลการจำลองรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6 พบว่าค่าแรงดันสัมพัทธ์ภายในโซนมีค่าลดลงจากเดิมทุกโซนหลังจากมีการเปิดช่องระบายอากาศเพียงบางส่วน ค่าความหนาแน่นของอากาศภายในโซนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในโซนที่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.187 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณที่ไม่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.159 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร เท่ากันทั้งในระดับความสูงชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 การทดสอบค่าอัตราการไหลเชิงมวลพบว่า ชั้นที่ 2 ห้องทำงานที่ 1-3 มีค่าลดลง ห้องทำงานที่ 4 และห้องประชุมมีค่าคงที่ ห้องทำงานที่ 5 - 11 ซึ่งเป็นโซนที่เปิดช่องระบายอากาศ มีค่าอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น ชั้นที่ 6 ห้องทำงานที่ 1-3 มีค่าเพิ่มขึ้น ห้องทำงานที่ 4 และห้องประชุมมีค่าคงที่เช่นเดียวกับชั้น 2 เนื่องจากเป็นโซนภายในที่ไม่มีส่วนใดเป็นกรอบอาคาร ในโซนด้านทิศตะวันตก ห้องทำงานที่ 5-7 ค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้น และลดลง ในโซนห้องทำงานที่

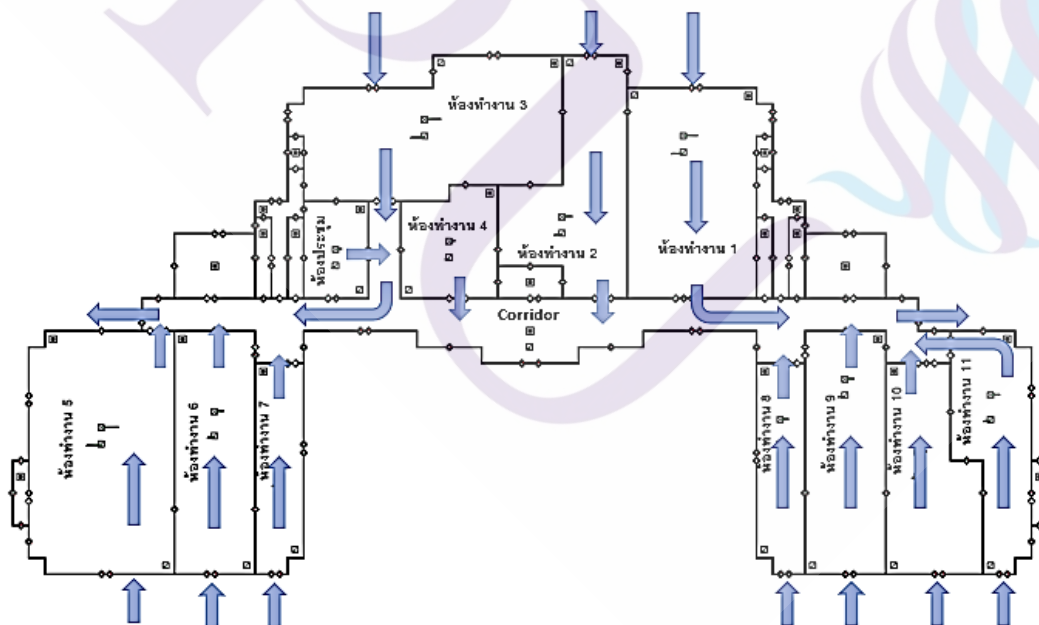
8-11 จากสภาพความแปรปรวนของกระแสลมธรรมชาติ โดยห้องทำงานที่ 5 เป็นห้องที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศด้านทิศตะวันตกมากที่สุดในรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6 โดยชั้นที่ 2 มีอัตราการไหลเชิงมวลอยู่ที่ 0.046 กิโลกรัมต่อวินาที และชั้นที่ 6 อยู่ที่ 0.037 กิโลกรัมต่อวินาที

ตารางที่ 4.6 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตก รูปแบบอาคารชั้นที่ 7 – 9

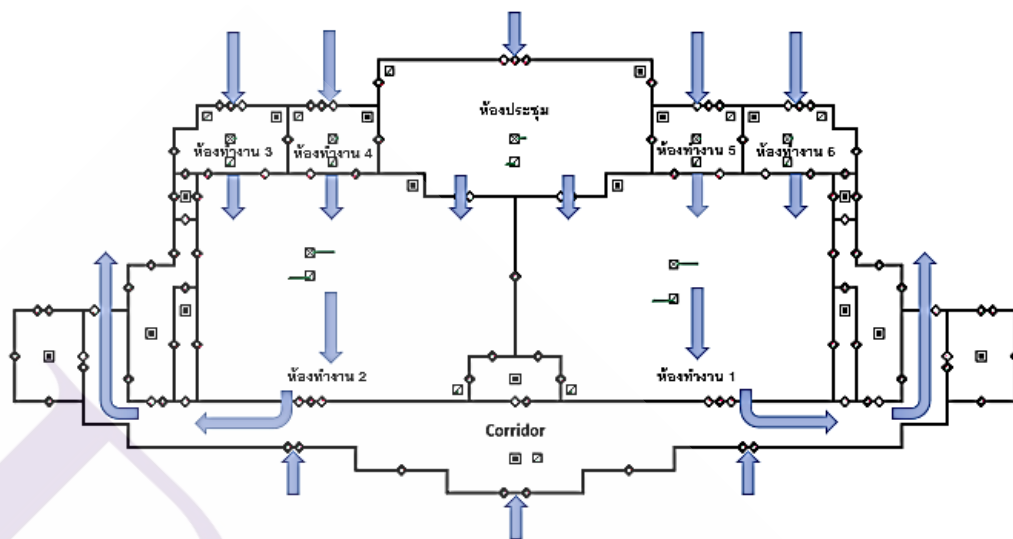
โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 7								
ห้องทำงาน 1	0.991	0.288	1.187	1.187	-	0.038	-	0.123
ห้องทำงาน 2	0.244	0.238	1.187	1.187	-	0.004	-	0.013
ห้องทำงาน 3	0.236	0.238	1.187	1.187	0.002	0.004	0.011	0.008
ห้องทำงาน 4	0.238	0.238	1.187	1.187	0	0.004	0.011	0.008
ห้องทำงาน 5	0.094	0.271	1.187	1.187	0.037	0.009	0.098	0.072
ห้องทำงาน 6	0.084	0.263	1.187	1.187	0.034	0.017	0.085	0.088
ห้องประชุม	0.066	0.242	1.187	1.187	0.028	0.028	0.033	0.033
โถงทางเดิน	-0.164	-0.165	1.159	1.159	0.002318	-	0.014	-
ชั้น 9								
ห้องทำงาน 1	0.778	0.375	1.187	1.187	-	0.032	-	0.206
ห้องทำงาน 2	0.220	0.235	1.187	1.187	-	0.006	-	0.037984
ห้องทำงาน 3	0.213	0.214	1.187	1.187	0.007	0.004	0.007	0.005935
ห้องทำงาน 4	0.213	0.214	1.187	1.187	0.007	0.004	0.002	0.005935
ห้องทำงาน 5	0.283	0.247	1.187	1.187	0.009	0.031	0.004	0.015
ห้องทำงาน 6	0.283	0.221	1.187	1.187	0	0.032	0.006	0.017
ห้องประชุม	0.319	0.283	1.187	1.187	0.013	0.014	0.009	0.009
โถงทางเดิน	-0.159	-0.163	1.159	1.159	0.018	-	0.018	-

จากตารางที่ 4.6 แสดงผลการจำลองอัตราการไหลเชิงมวล รูปแบบอาคาร ชั้นที่ 7-9 พบว่าค่าแรงดันสัมพัทธ์ภายในโซนมีการเปลี่ยนแปลง ชั้นที่ 7 ห้องทำงานที่ 1-4 มีค่าลดลง ห้องทำงานที่ 5, 6 และห้องประชุมมีค่าเพิ่มขึ้น ชั้นที่ 9 ห้องทำงานที่ 1, 5, 6 และห้องประชุมมีค่าลดลง ห้องทำงานที่ 2-4 มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปิดช่องระบายส่งผลต่อแรงดันภายใน ในระดับความสูงที่ต่างกัน ค่าความหนาแน่นของอากาศภายในโซนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในโซน ที่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.187 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณที่ไม่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.159 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เท่ากันทั้งในระดับความสูงชั้นที่ 7 และชั้นที่ 9 การทดสอบค่าอัตราการไหลเชิงมวลพบว่า ห้องทำงานที่ 1 และ 3 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยห้องทำงานที่ 1 เป็นโซนที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 โดยชั้นที่ 7 จาก 0.038 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.230 กิโลกรัมต่อวินาที ชั้นที่ 9 จาก 0.006 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.038 กิโลกรัมต่อวินาที ส่วนห้องทำงานที่ 2, 4, 5, 6 และห้องประชุม มีค่าลดลง เนื่องจากกระแสลมที่ไหลผ่านเข้าทางด้านทิศตะวันตกลง Corridor มีทิศทางไหลออกไปยังช่องระบายของ Corridor ฝั่งทิศตะวันออก

4.1.2.3 เปิดประตู - หน้าต่างทุกบานภายในอาคาร เพื่อศึกษาลักษณะความแปรปรวนของอากาศภายนอกที่ส่งผลกับอากาศภายใน โดยที่ระบบระบายอากาศทำงานปกติ ดังแสดงตามภาพที่ 4.7 และ 4.8



ภาพที่ 4.7 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมด แบบอาคารชั้นที่ 2-6



ภาพที่ 4.8 สมมติฐานการไหลของกระแสลม เมื่อเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมด แบบอาคารชั้นที่ 7-9

ผลจำลองการเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดของแบบอาคารชั้นที่ 2-6 และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 ได้ค่าการไหลเชิงมวลที่ไหลผ่านช่องเปิดของประตู - หน้าต่างขณะเปิดและปิด รายละเอียดดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายทั้งหมดภายในอาคารรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 2								
ห้องทำงาน 1	0.549	0.250	1.187	1.187	0.019	0.015	0.059	0.051
ห้องทำงาน 2	0.703	0.262	1.187	1.187	0.026	0.022	0.083	0.078
ห้องทำงาน 3	0.501	0.248	1.187	1.187	0.017	0.012	0.053	0.044
ห้องทำงาน 4	0.392	0.229	1.187	1.187	-	0.008	0.060	-
ห้องประชุม	0.375	0.214	1.187	1.187	-	0.011	-	0.090

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
โถงทางเดิน	0.029	-0.162	1.159	1.159	0.012	-	0.029	-
ห้องทำงาน 5	0.438	0.242	1.187	1.187	0.012	0	0.032	0.011
ชั้น 2								
ห้องทำงาน 6	0.416	0.239	1.187	1.187	0.011	0.006	0.018	0.024
ห้องทำงาน 7	0.425	0.241	1.187	1.187	0.011	0.003	0.027	0.012
ห้องทำงาน 8	0.392	0.238	1.187	1.187	0.007	0.008	0.008	0.031
ห้องทำงาน 9	0.394	0.238	1.187	1.187	0.007	0.008	0.007	0.031
ห้องทำงาน 10	0.393	0.238	1.187	1.187	0.007	0.008	0.008	0.031
ห้องทำงาน 11	0.392	0.238	1.187	1.187	0.007	0.008	0.001	0.030
ชั้น 6								
ห้องทำงาน 1	0.431	0.159	1.187	1.187	0.019	0.017	0.079	0.078
ห้องทำงาน 2	0.586	0.277	1.187	1.187	0.026	0.024	0.108	0.108
ห้องทำงาน 3	0.382	0.256	1.187	1.187	0.017	0.013	0.072	0.071
ห้องทำงาน 4	0.284	0.237	1.187	1.187	-	0.001	-	0.022
ห้องประชุม	0.179	0.221	1.187	1.187	-	0.014	-	0.072
โถงทางเดิน	-0.116	-0.164	1.159	1.159	0.009272	-	0.006	-
ห้องทำงาน 5	0.32	0.143	1.187	1.187	0.013	0.008	0.03561	0.037
ห้องทำงาน 6	0.296	0.239	1.187	1.187	0.011	0.004	0.015	0.017
ห้องทำงาน 7	0.304	0.241	1.187	1.187	0.011	0.006	0.026	0.025
ห้องทำงาน 8	0.284	0.24	1.187	1.187	0.009	0.002	0.006	0.001
ห้องทำงาน 9	0.287	0.239	1.187	1.187	0.009	0.001	0.006	0
ห้องทำงาน 10	0.287	0.239	1.187	1.187	0.009	0.001	0.006	0
ห้องทำงาน 11	0.286	0.239	1.187	1.187	0.009	0.001	0.008	0.005

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าเปลี่ยนแปลงจากการจำลองกรณีศึกษาเปิดช่องระบายอากาศ ทั้งหมดภายในอาคาร รูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6 พบว่าค่าแรงดันสัมพัทธ์ภายในโซน มีค่าลดลงจาก เดิมทุกโซน ค่าความหนาแน่นของอากาศภายในโซนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในโซนที่มีระบบปรับ อากาศอยู่ที่ 1.187 กิโลกรัมต่อวินาที และบริเวณที่ไม่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.159 กิโลกรัมต่อ วินาที เท่ากันทั้งในระดับความสูงชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 การทดสอบค่าอัตราการไหลเชิงมวลพบว่า อัตรา การไหลผ่านช่องเปิดมีค่าเพิ่มขึ้นทุกโซน ในชั้นที่ 2 ห้องทำงาน 2, 1 และ 3 เป็นโซนที่มีการ แลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุดตามลำดับ โดยในห้องทำงานที่ 2 จาก 0.022 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.078 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.056 กิโลกรัมต่อวินาที ส่วนชั้นที่ 6 ห้องทำงานที่ 2 จาก 0.023 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.108 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.085 กิโลกรัมต่อวินาที เนื่องจากทั้ง 3 โซน เป็นส่วนที่มีช่องระบายอากาศบริเวณกรอบอาคารด้านทิศตะวันออก

ตารางที่ 4.8 อัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate) จากการเปิดช่องระบายทั้งหมดภายในอาคาร รูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ก่อนเปิด	หลังเปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 7								
ห้องทำงาน 1	0.991	0.283	1.187	1.187	-	0.038	-	0.123
ห้องทำงาน 2	0.244	0.238	1.187	1.187	-	0.004	-	0.009
ห้องทำงาน 3	0.236	0.238	1.187	1.187	0.002	0.003	0.009	0.009
ห้องทำงาน 4	0.238	0.239	1.187	1.187	0	0.003	0.008	0.009
ห้องทำงาน 5	0.094	0.27	1.187	1.187	0.037	0.009	0.099	0.072
ห้องทำงาน 6	0.084	0.263	1.187	1.187	0.034	0.016	0.087	0.087
ห้องประชุม	0.066	0.242	1.187	1.187	0.028	0.028	0.033	0.033
โถงทางเดิน	-0.164	-0.165	1.159	1.159	0.002	-	0.008	-

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		ความหนาแน่น (kg/m ³)		อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)			
	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ก่อน เปิด	หลัง เปิด	ปิด		เปิด	
					หน้าต่าง	ประตู	หน้าต่าง	ประตู
ชั้น 9								
ห้องทำงาน 1	0.778	0.278	1.187	1.187	-	0.032	-	0.109
ห้องทำงาน 2	0.220	0.234	1.187	1.187	-	0.006	-	0.037
ห้องทำงาน 3	0.213	0.234	1.187	1.187	0.007	0.004	0.031	0.011
ห้องทำงาน 4	0.213	0.23	1.187	1.187	0.007	0.004	0.031	0.011
ห้องทำงาน 5	0.283	0.253	1.187	1.187	0.009	0.031	0.066	0.087
ห้องทำงาน 6	0.283	0.246	1.187	1.187	0	0.032	0.049	0.097
ห้องประชุม	0.319	0.238	1.187	1.187	0.013	0.014	0.012	0.032
โถงทางเดิน	-0.159	-1.165	1.159	1.159	0.018544	-	0.0035	-

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลการจำลองอัตราการไหลเชิงมวล รูปแบบอาคาร ชั้นที่ 7-9 พบว่าค่าแรงดันสัมพัทธ์ภายในโซนมีการเปลี่ยนแปลง ชั้นที่ 7 ห้องทำงานที่ 1 และ 2 มีค่าลดลง ห้องทำงานที่ 3-6 และห้องประชุมมีค่าเพิ่มขึ้น ชั้นที่ 9 ห้องทำงานที่ 1, 2, 5, 6 และห้องประชุม มีค่าลดลง ห้องทำงานที่ 3 และ 4 มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดส่งผลต่อความแปรปรวนของแรงดันภายในที่ไม่สามารถควบคุมได้ ค่าความหนาแน่นของอากาศภายในโซนไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า ในโซนที่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.187 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณที่ไม่มีระบบปรับอากาศอยู่ที่ 1.159 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เท่ากันทั้งในระดับความสูง ชั้นที่ 7 และชั้นที่ 9 การทดสอบค่าอัตราการไหลเชิงมวลพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นทุกโซน โดยห้องทำงานที่ 1 เป็นโซนที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 โดยชั้นที่ 7 จาก 0.038 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.123 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.085 กิโลกรัมต่อวินาที ชั้นที่ 9 จาก 0.032 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.109 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.077 กิโลกรัมต่อวินาที เนื่องจากห้องทำงานที่ 1 เป็นโซนที่ใหญ่ที่สุด และมีส่วนเชื่อมต่อกับ Corridor ซึ่งมีช่องระบายอากาศออกสู่ภายนอกโดยตรง ในรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 ห้องทำงานที่ 1 จึงเป็นโซนที่โดดเด่นในการแลกเปลี่ยนอากาศขนาดใหญ่ที่สุด

4.1.3 การศึกษา วิเคราะห์ และประเมินระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานสูง 9 ชั้น จำนวน 2 ช่องทาง ซึ่งวิเคราะห์การไหลที่ของอากาศประตูปันไดหนีไฟกรณีเปิดประตูชั้น 1 ไว้เป็นการจำลองตามแผนอพยพหนีไฟเพื่อเตรียมการเคลื่อนย้ายคนออกสู่ภายนอกอาคาร ผลการทดสอบแรงดันตกคร่อมประตูปันไดหนีไฟมีค่าดังแสดงตาม ตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าแรงดันตกคร่อมประตูปันไดหนีไฟ

ชั้น	บันไดหนีไฟ 1 (Pa)	บันไดหนีไฟ 2 (Pa)
ชั้น 1	51.72	51.74
ชั้น 2	80.86	80.88
ชั้น 3	79.23	79.25
ชั้น 4	77.77	77.80
ชั้น 5	76.32	76.34
ชั้น 6	74.86	74.89
ชั้น 7	68.74	68.77
ชั้น 8	69.84	69.87
ชั้น 9	68.44	68.47

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการจำลองค่าแรงดันตกคร่อมประตูปันไดหนีไฟเมื่อระบบอัดอากาศทำงานภายในอาคารชั้น 1-9 จากการวิเคราะห์พบว่า ในขณะที่ระบบทำงาน ΔP ที่คร่อมประตูแต่ละบาน มีค่าไม่เท่ากัน ΔP จะแปรผันไปตามความสูงของอาคาร จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันของอากาศจะน้อยที่สุดในบริเวณชั้นที่ 1 ซึ่งเกิดจากการไหลออกของอากาศจากการเปิดประตูปันไดหนีไฟชั้นที่ 1 ไว้ตามแผนการอพยพหนีไฟเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร และสาเหตุให้บริเวณชั้นที่ 2 มีค่า ΔP ที่คร่อมประตูมากที่สุด ช่องบันไดหนีไฟที่ 1 มีค่า 80.86 Pa ช่องบันไดหนีไฟที่ 2 มีค่า 80.88 Pa และตั้งแต่ชั้นที่ 3-9 มีค่าลดลงเรื่อยๆ เพียงเล็กน้อยตามค่าระดับความสูง โดยที่ ΔP ของทุกชั้นตั้งแต่ชั้นที่ 1-9 มีค่าอยู่ระหว่าง ΔP_{min} กับ ΔP_{max} คือ 25 - 90 Pa ซึ่งเป็นไปตามค่าการแนะนำ

ในขณะที่เกิดเหตุเพลิงไหม้และระบบอัดอากาศทำงาน การไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารดังแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงตาม ตารางที่ 4.10 - 4.18

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 1

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
โถงเอนกประสงค์	-0.06	22.58

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 2

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.62	2.17
ห้องทำงาน 2	0.82	1.45
ห้องทำงาน 3	0.85	1.26
ห้องทำงาน 4	0.48	1.92
ห้องประชุม	0.46	2.81
ห้องทำงาน 5	0.52	0.86
ห้องทำงาน 6	0.49	1.26
ห้องทำงาน 7	0.50	1.78
ห้องทำงาน 8	0.47	1.18
ห้องทำงาน 9	0.48	1.28
ห้องทำงาน 10	0.48	1.10
ห้องทำงาน 11	0.47	0.90

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 3

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.62	2.30
ห้องทำงาน 2	0.82	1.53
ห้องทำงาน 3	0.85	1.27
ห้องทำงาน 4	0.48	2.06
ห้องประชุม	0.46	2.96
ห้องทำงาน 5	0.52	0.87
ห้องทำงาน 6	0.49	1.18
ห้องทำงาน 7	0.50	1.08
ห้องทำงาน 8	0.47	1.08
ห้องทำงาน 9	0.48	1.20
ห้องทำงาน 10	0.48	1.03
ห้องทำงาน 11	0.47	0.90

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 4

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.62	2.27
ห้องทำงาน 2	0.82	1.52
ห้องทำงาน 3	0.85	1.26
ห้องทำงาน 4	0.48	2.03
ห้องประชุม	0.46	2.91
ห้องทำงาน 5	0.52	0.87

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 6	0.49	1.17
ห้องทำงาน 7	0.50	1.07
ห้องทำงาน 8	0.47	1.08
ห้องทำงาน 9	0.48	1.19
ห้องทำงาน 10	0.48	1.02
ห้องทำงาน 11	0.47	0.90

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 5

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.62	2.24
ห้องทำงาน 2	0.82	1.50
ห้องทำงาน 3	0.85	1.24
ห้องทำงาน 4	0.48	2.00
ห้องประชุม	0.46	2.87
ห้องทำงาน 5	0.52	0.86
ห้องทำงาน 6	0.49	1.16
ห้องทำงาน 7	0.50	1.06
ห้องทำงาน 8	0.47	1.07
ห้องทำงาน 9	0.48	1.18
ห้องทำงาน 10	0.48	1.01
ห้องทำงาน 11	0.47	0.89

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 6

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.62	2.21
ห้องทำงาน 2	0.82	1.48
ห้องทำงาน 3	0.85	1.23
ห้องทำงาน 4	0.48	1.97
ห้องประชุม	0.46	2.83
ห้องทำงาน 5	0.52	0.86
ห้องทำงาน 6	0.49	1.15
ห้องทำงาน 7	0.50	1.05
ห้องทำงาน 8	0.47	1.06
ห้องทำงาน 9	0.48	1.17
ห้องทำงาน 10	0.48	1.00
ห้องทำงาน 11	0.47	0.89

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 7

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.93	4.66
ห้องทำงาน 2	0.35	4.66
ห้องทำงาน 3	0.34	2.86
ห้องทำงาน 4	0.32	2.88
ห้องทำงาน 5	0.64	2.88
ห้องทำงาน 6	0.47	2.87
ห้องประชุม	0.08	3.93

ตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 8

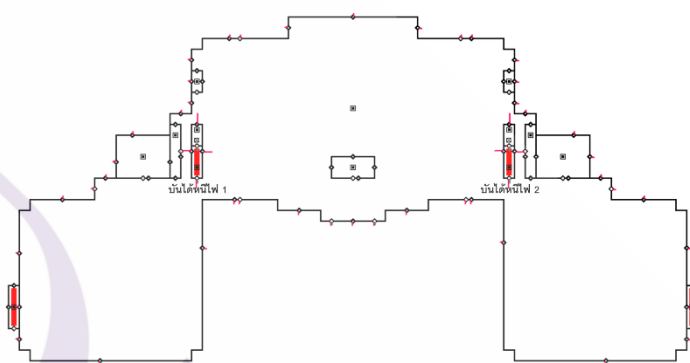
โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.93	3.51
ห้องทำงาน 2	0.35	3.51
ห้องทำงาน 3	0.34	2.23
ห้องทำงาน 4	0.32	2.24
ห้องทำงาน 5	0.64	2.24
ห้องทำงาน 6	0.47	2.23
ห้องประชุม	0.08	2.99

ตารางที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารชั้น 9

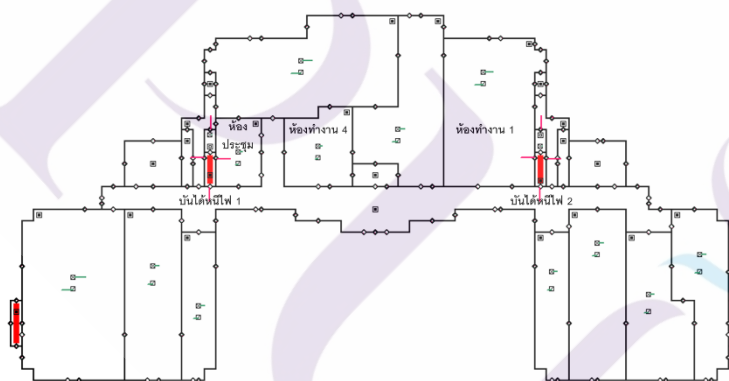
โซน	แรงดันสัมพัทธ์ ในสถานะปกติ (Pa)	แรงดันสัมพัทธ์ ในกรณีระบบอัดอากาศทำงาน (Pa)
ห้องทำงาน 1	0.93	3.45
ห้องทำงาน 2	0.35	3.45
ห้องทำงาน 3	0.34	2.20
ห้องทำงาน 4	0.32	2.21
ห้องทำงาน 5	0.64	2.21
ห้องทำงาน 6	0.47	2.20
ห้องประชุม	0.08	2.94

จากตารางที่ 4.10 - 4.18 แสดงให้เห็นถึงค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในอาคารขณะที่ระบบปรับอากาศและระบายอากาศอยู่ในสถานะปกติ กับขณะที่ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟทำงานเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร เมื่อระบบอัดอากาศทำงานจะทำให้มีค่า ΔP เกิดขึ้น ส่งผลต่อแรงดันสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นในอาคารทุกโซน โดยแบบอาคารชั้น 1 มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด จากเดิม -0.06 Pa เป็น

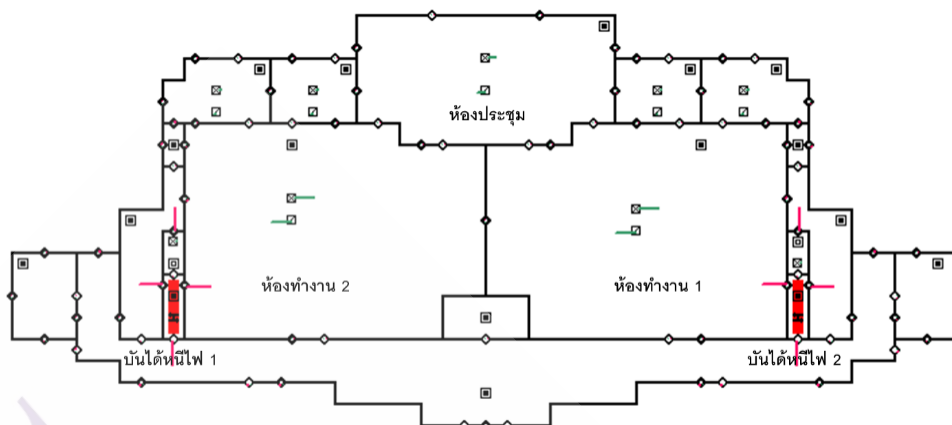
22.58 Pa เนื่องจากประตูบันไดหนีไฟทั้ง 2 บาน ถูกเปิดออกทำให้อากาศที่ถูกอัดจากระบบอัดอากาศไหลเข้ามา ยัง โถงชั้น 1 แบบอาคารชั้นที่ 2 - 6 มีค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันมากสุดใน โชนห้องประชุม ห้องทำงาน 1 และห้องทำงาน 4 ตามลำดับ และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 ค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันมากสุดใน โชนห้องทำงาน 1 ห้องทำงาน 2 และห้องประชุมตามลำดับ เนื่องจากเป็นห้องที่อยู่ติดกับช่องบันไดหนีไฟดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 4.9 - 4.11 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 ลักษณะการไหลของอากาศจากบันไดหนีไฟเข้าสู่โชนในแบบอาคารชั้นที่ 1



ภาพที่ 4.10 ลักษณะการไหลของอากาศจากบันไดหนีไฟเข้าสู่โชนในแบบอาคารชั้นที่ 2-6



ภาพที่ 4.11 ลักษณะการไหลของอากาศจากบันไดหนีไฟเข้าสู่โซนในแบบอาคารชั้นที่ 7-9

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่เกิดขึ้นจากลักษณะการไหลของอากาศจากระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟเข้ามาสู่โซนนอกโถงบันได ถือว่ามีค่าน้อยมากเนื่องจากชั้นที่ 2-9 พื้นที่อาคารยังคงเป็นระบบปิดที่มีค่าการรั่วไหลน้อยทำให้อากาศไหลผ่านได้ยากนั่นเอง

4.1.3 การประเมินระดับความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่ออาคารและผู้ใช้อาคาร

การระบายอากาศ และการจัดการระบบปรับอากาศที่ไม่มีประสิทธิภาพ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านสุขภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารที่ปิดมิดชิด เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้เครื่องปรับอากาศ ทำให้ขาดการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคาร หรือมีอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารน้อยเกินไป เกิดการสะสมสารมลพิษต่าง ๆ เช่น สารอินทรีย์ระเหยที่เกิดจากการใช้สารเคมีภายในอาคาร เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ฝุ่นละออง PM10 และ PM2.5 ที่สะสมในบริเวณต่าง ๆ ของอาคาร รวมทั้งการควบคุมแรงดัน อุณหภูมิ ความชื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้เชื้อโรครภายในอาคารเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลกระทบต่ออาคาร ผู้ใช้อาคาร และพลังงาน ดังแสดงตามตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลกระทบความเสียงที่จะเกิดขึ้นจากการใช้อาคารสำนักงาน

โซน	แรงดันสัมพัทธ์ (Pa)		อัตราการระบายอากาศ ($m^3/h/m^2$)		ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น		
	ปกติ	ขณะระบบ อัดอากาศทำงาน	แบบจำลอง	มาตรฐาน	สุขภาพ	อาคาร	พลังงาน
ชั้น 1							
	-0.06	22.58	-			✓	
ชั้น 2-6							
ห้องทำงาน 1	0.62	2.25	4.04	2			✓
ห้องทำงาน 2	0.82	1.50	3.12	2			✓
ห้องทำงาน 3	0.85	1.25	1.59	2	✓		
ห้องทำงาน 4	0.48	2.00	4.88	2			✓
ห้องประชุม	0.46	2.88	9.21	6			✓
ห้องทำงาน 5	0.52	0.86	4.79	2			✓
ห้องทำงาน 6	0.49	1.18	4.42	2			✓
ห้องทำงาน 7	0.50	1.21	4.97	2			✓
ห้องทำงาน 8	0.47	1.09	6.19	2			✓
ชั้น 2-6							
ห้องทำงาน 9	0.48	1.20	3.34	2			✓
ห้องทำงาน 10	0.48	1.03	4.11	2			✓
ห้องทำงาน 11	0.47	0.89	4.44	2			✓
ชั้น 7-9							
ห้องทำงาน 1	0.93	3.87	3.30	2			✓
ห้องทำงาน 2	0.35	3.87	5.19	2			✓
ห้องทำงาน 3	0.34	2.43	4.28	2			✓
ห้องทำงาน 4	0.32	2.44	4.53	2			✓
ห้องทำงาน 5	0.64	2.44	4.53	2			✓
ห้องทำงาน 6	0.47	2.43	4.28	2			✓
ห้องประชุม	0.08	3.29	5.52	6	✓		

จากตารางที่ 4.19 แสดงให้เห็นผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาคารในแต่ละโซน โดยภายในโรงอาคารชั้น 1 พิจารณาเฉพาะในเรื่องของแรงดัน เนื่องจากเป็นโซนที่ไม่มีระบบปรับอากาศ พบว่าค่าแรงดันภายในอาคารสภาวะปกติอยู่ที่ -0.06 Pa ค่าแรงดันที่เป็นลบเกิดการรั่วไหลของอากาศภายนอกเข้าในโซนโดยตรง ทำให้เกิดความร้อน ความชื้น และฝุ่นละออง เกิดความเสียหายกับวัสดุตกแต่ง ความสกปรก และก่อให้เกิดเชื้อรา การควบคุมแรงดันภายในอาคารทำให้การซึมทะลุผ่าน (Infiltration) เป็นปรากฏการณ์ที่อากาศภายนอกซึมผ่านกรอบอาคารเข้าสู่อาคารเมื่อความดันอากาศภายนอกมากกว่าความดันอากาศภายใน ซึ่งการควบคุมแรงดันภายในอาคารเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนมากเนื่องจากความดันอากาศในแต่ละห้องและแต่ละชั้นไม่เท่ากัน กระแสลมภายนอกทิศทางและปริมาณ ทำให้ความดันที่เกิดจากลมไม่สม่ำเสมอ ความดันที่แตกต่างของอากาศภายนอกและอากาศภายในอาคารขึ้นอยู่กับ กระแสลม ทิศทางและความเร็วลมซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะที่ตามฤดูกาล นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความดันอากาศ ได้แก่ ความเร็วลมที่ระดับสูงมีมากกว่าความเร็วลมที่ระดับพื้นเนื่องจากความเสียดทานของพื้นดิน ต้นไม้ และสิ่งก่อสร้าง ขึ้นอยู่กับความดันเชิงกล เป็นผลกระทบของความดันอากาศจากการใช้เครื่องจักรกล ได้แก่ การระบายอากาศและการเติมอากาศภายนอกของห้อง ทำให้อากาศรั่วไหลระหว่างห้องและระหว่างชั้นตามความดันแตกต่างที่รอยรั่วผนัง พื้น เพดาน ช่องท่อ ช่องลิฟท์ ประตู หน้าต่าง เป็นต้น และขึ้นอยู่กับลักษณะการเข้า-ออกอาคาร เนื่องจากอากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิต่ำกว่าและความดันมากกว่าอากาศภายนอก เมื่อประตูเปิดเข้า - ออกอาคารอากาศจะไหลออกภายนอกผ่านด้านล่างของประตู อากาศภายนอกจะเข้ามาทดแทนส่วนกับอากาศที่ไหลออกไปผ่านด้านบนประตูบานเดียวกัน ถ้ามีลมความดันอากาศที่เกิดจากลมมากกว่าความดันภายในอาคาร อากาศภายนอกจะไหลเข้ามาในอาคารในลักษณะกลับกัน ดังนั้นอากาศภายนอกไหลเข้าอาคารไม่ว่าจะเป็นกรณีใด การควบคุมความดันในอาคาร เพื่อควบคุมการซึมทะลุของอากาศภายนอก เพื่อเอาชนะความดันภายนอกที่เกิดจากลม การออกแบบต้องเป็นการร่วมมือระหว่างผู้ออกแบบระบบปรับอากาศและผู้เชี่ยวชาญเรื่องกรอบอาคารด้วย

ภายในอาคารตั้งแต่ชั้น 2 - 9 ค่าความดันเป็นบวก ซึ่งเป็นไปตามหลักการ Pressurization ของอาคาร ส่วนในเรื่องของการระบายอากาศ อาคารชั้น 2-6 จำนวน 12 ห้อง มีอัตราการระบายอากาศไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องทำงานที่ 3 อาคารชั้นที่ 7-9 จำนวน 7 ห้อง มีอัตราการระบายอากาศไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องประชุม หากผู้ดูแลอาคารไม่ทำการปรับปรุงให้อยู่ระดับมาตรฐาน จะส่งผลกระทบต่อระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารเกิดการสะสมฝุ่นละออง เส้นใย ก๊าซและไอของสารเคมี และสารทางชีวภาพ ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพของผู้ใช้อาคาร เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อ่อนแรง โรคระบบทางเดินหายใจ และอาจรุนแรงถึงขั้นหอบหืด หากความเข้มข้นของสารพิษอยู่ในระดับสูง และในระยะยาวอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้ ในส่วนของห้อง

อื่น ๆ ที่มีอัตราการระบายอากาศผ่านมาตรฐาน ซึ่งมากกว่ามาตรฐานถึง 2 เท่า เป็นผลดีด้านสุขภาพ แต่กลับส่งผลกระทบต่อด้านเสียงรบกวนจากการทำงานของมอเตอร์พัดลมและเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเนื่องจากการเพิ่มภาระให้กับเครื่องปรับอากาศ

4.2 การเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศและระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานและค่าการแนะนำ

4.2.1 แนวทางการปรับปรุงระบบระบายอากาศตามค่ามาตรฐาน

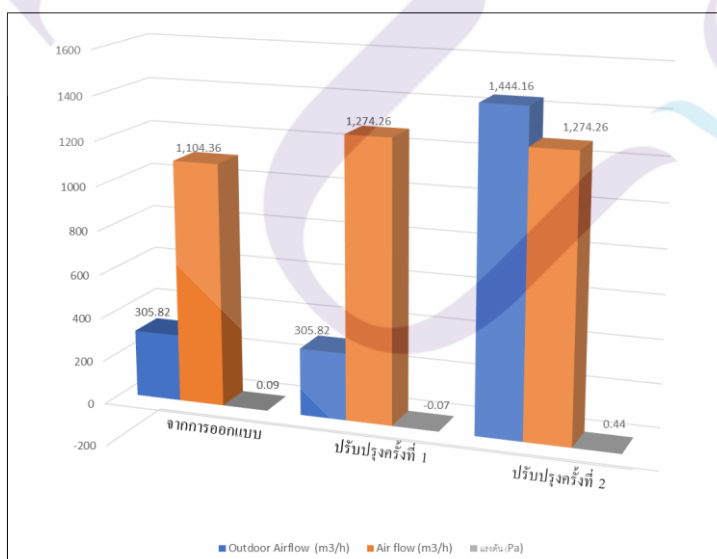
จากแบบอาคารกรณีศึกษากลุ่มที่ 1 ภายในสำนักงานชั้น 2-6 มีชั้นละ 1 ห้อง ที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำตามมาตรฐานการระบายอากาศ คือห้องทำงานที่ 3 ส่วนแบบอาคารกรณีศึกษากลุ่มที่ 2 ภายในสำนักงานชั้น 7-9 มีชั้นละ 1 ห้องเช่นกัน ที่ไม่ผ่านมาตรฐานขั้นต่ำตามมาตรฐานการระบายอากาศ คือห้องประชุม ในการปรับปรุงระบบระบายอากาศในโซนที่ไม่ผ่านมาตรฐานขั้นต่ำตามมาตรฐาน ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบค่าจากการออกแบบเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง ทั้งในเรื่องของปริมาณพื้นที่โซน ปริมาณการจ่ายลมจากท่อส่งลมและท่อลมกลับของระบบปรับอากาศ ปริมาณการเติมอากาศภายนอกเข้าสู่โซน ปริมาณการระบายอากาศ และค่าแรงดันสัมพัทธ์ พบว่าจากการคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่โซน ด้วยวิธี VRP พบว่า ภายในห้องทำงานที่ 3 ของสำนักงานชั้น 2-6 จะต้องมีปริมาณการนำเข้าอากาศขั้นต่ำที่ 649.98 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ที่ 1,699 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และภายในห้องประชุม ของพื้นที่สำนักงานชั้น 7-9 จะต้องมีปริมาณการนำเข้าอากาศขั้นต่ำที่ 304 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ที่ 306 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งทั้ง 2 ห้องมีการนำอากาศจากภายนอกเข้าสู่โซน ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด ดังแสดงค่าผลการคำนวณตามตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 คำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องนำเข้าสู่โซน

ชั้น	โซน	จำนวนผู้คนภายในโซน	พื้นที่โซน (m ²)	V _{oz} (cfm)	V _{oz} (m ³ /h)	V _{oz} จากการออกแบบ (m ³ /h)
2 - 6	ห้องทำงาน 3	21	427.16	382	650	1,699
7 - 9	ห้องประชุม	10	200	179	304	306

โดยที่ V_{oz} คือ ปริมาณอากาศภายนอกที่เติมเข้าสู่โซน (Zone Outdoor Airflow)

จากตารางที่ 4.20 พบว่าปริมาณอากาศภายนอกที่เติมเข้าสู่โซน (Zone Outdoor Airflow) ทั้งห้องทำงาน 3 ของชั้น 2-6 และห้องประชุมของชั้น 7-9 ผ่านตามเกณฑ์ขั้นต่ำสุดที่มาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 ได้ทำการกำหนดไว้ ในการปรับปรุงค่าการระบายอากาศ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเพิ่มค่า Exhaust ภายในโซน ภายใต้ข้อกำหนดว่าอากาศนำเข้าจะต้องมากกว่าอากาศเสียที่ทิ้งไป ยกเว้นพื้นที่บางประเภทการใช้งานที่มีสารปนเปื้อนเพื่อให้การ Pressurization ของอาคารเป็นบวก โดยที่ห้องทำงานที่ 3 ในพื้นที่สำนักงานชั้น 2-6 เดิมมีค่าการระบายอากาศจากการออกแบบที่ 679.61 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ได้ปรับปรุงเป็น 1,019.41 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และห้องประชุมในพื้นที่สำนักงานชั้น 7-9 เดิมมีค่าการระบายอากาศจากการออกแบบที่ 1,104.36 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ได้ปรับปรุงครั้งที่ 1 เป็น 1,274.26 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 6.31 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ผ่านเกณฑ์การระบายอากาศขั้นต่ำที่ยอมรับได้ แต่ค่าแรงดันในโซนกลับลดลงจาก 0.09 Pa เป็น -0.07 Pa เนื่องจากค่าการเติมอากาศเข้าน้อยกว่าการนำอากาศออก จึงต้องทำการปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยเพิ่มค่าอากาศที่นำเข้าสู่โซนเป็น 1,444.16 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ให้ค่าแรงดันเป็น 0.44 Pa เป็นไปตามการ Pressurization ของอาคารที่เป็นบวก ซึ่งได้เปรียบเทียบให้เห็นค่าความแตกต่างของแรงดันและการไหลของอากาศจากการเติมอากาศภายนอกเข้าสู่โซน และเพิ่มการระบายอากาศของห้องประชุมชั้น 7-9 ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ความแตกต่างของแรงดันและการไหลของอากาศจากการเติมอากาศภายนอกเข้าสู่โซน และเพิ่มการระบายอากาศ ภายในห้องประชุม ชั้นที่ 7-9

แนวทางการออกแบบปรับปรุงระบบระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบที่ต้องทำงานร่วมกัน ได้แก่ การเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่โซน ซึ่งจะต้องมีความเพียงพอและเหมาะสม อัตราการระบายอากาศ (Air change) จะถูกกำหนดและออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. ในประเทศไทย และมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศของอเมริกา หรือ ASHRAE ต้องคำนึงถึงสภาวะแรงดันในห้องซึ่งอาจเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับข้อกำหนดและลักษณะการใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ คำนึงถึงมาตรฐานการกรองฝุ่นละอองและสารแขวนลอยในอากาศ ทั้งนี้ปริมาณการนำอากาศเข้ามาจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับระดับการปนเปื้อนของอากาศภายใน และระดับความสะอาดของอากาศที่ต้องการ โดยต้องพิจารณาความสะอาดของอากาศภายนอกอาคารก่อน และในบริเวณที่นำอากาศเข้า (Outdoor Air Grille) โดยควรใช้แผงกรองที่มีประสิทธิภาพต่ำสุด (Minimum Efficiency Reporting Value: MERV) ตั้งแต่ระดับ 8 ขึ้นไป สำหรับการกรองฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และระดับ 11 ขึ้นไป สำหรับการกรองฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร และที่สำคัญต้องออกแบบสำหรับการปรับปรุงนั้น ๆ ให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมเน้นการอนุรักษ์พลังงานควบคู่กันไปด้วย

4.2.2 แนวทางการปรับปรุงระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟตามค่าการแนะนำ

เมื่อระบบอัดอากาศทำงาน ส่งผลให้ ΔP สูงขึ้น โดยที่ ΔP คร่อมประตูทุกบานจะต้องไม่น้อยกว่า ΔP_{min} และต้องไม่สูงเกิน ΔP_{max} ซึ่งอยู่ระหว่าง 25 - 90 Pa จากการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่าค่า ΔP คร่อมประตูทุกบาน ทั้งบันไดหนีไฟ 1 และ 2 อยู่ระหว่าง 51.72 - 80.88 Pa เป็นไปตามค่าการแนะนำสำหรับการป้องกันควันไม่ให้ไหลเข้ามาในขณะที่ประตูปิด และยังคงเป็นค่าแรงดันที่สามารถเปิดประตูได้

4.3 การอภิปรายผล

เมื่อทำการจำลองระบบระบายอากาศ และระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงาน 9 ชั้น ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ในสภาวะปกติกรณีมีระบบปรับอากาศเพื่อวิเคราะห์ ประเมิน และปรับปรุง อัตราการระบายอากาศให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานและกฎกระทรวงฉบับที่ 33 และ 39 ที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 จากผลการศึกษาพบว่าห้องส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนดมีเพียงชั้นละ 1 ห้องเท่านั้น ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จึงได้ทำการจำลอง โดยปรับปรุงค่าการระบายอากาศและเพิ่มปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้าสู่โซน โดยตรวจสอบค่าจากมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ในพื้นที่สำนักงานชั้น 2-6 ห้องทำงานที่ 3 มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 1.59 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร จากการวิเคราะห์พบว่าขนาดพื้นที่ 427.16 ตารางเมตร ต้องมีปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้าต่ำสุด ที่ 649.98 ลูกบาศก์เมตร

ต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 1,699 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำสุด 2.6 เท่า และกำหนดปริมาณการระบายอากาศไว้ที่ 679.61 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง น้อยกว่าการนำเข้า 2.5 เท่า ซึ่งอาจเป็นอัตราส่วนที่ยังไม่สมดุล ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศจากเดิม 679.61 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 1,019.41 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 2.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร สำหรับในพื้นที่สำนักงานชั้น 7-8 ห้องประชุม มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 5.52 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร จากการวิเคราะห์พบว่า ขนาดพื้นที่ 200 ตารางเมตร ต้องมีปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้าต่ำสุดที่ 304.33 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 305.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และกำหนดปริมาณการระบายอากาศไว้ที่ 1,104.36 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศเป็น 1,274.06 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 6.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร แต่ค่าแรงดันภายใน โชนลดลงเป็น -0.07 Pa ซึ่งการ Pressurization ของอาคารต้องเป็นบวก จากการวิเคราะห์พบว่าภายใน โชนมีปริมาณการระบายอากาศออกมากกว่าการนำอากาศเข้าสู่ โชนถึง 3.6 เท่า จึงทำการปรับปรุงปริมาณการนำเข้าอากาศจากเดิม 305.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 1,444.16 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้ค่าแรงดันเป็นบวกที่ 0.44 Pa

ในกรณีระบบอัดอากาศทำงานจากเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร เพื่อการควบคุมควันโดยการสร้างความดันที่แตกต่าง หรือสร้างความเร็วลมให้การไหลของอากาศเป็นไปในลักษณะที่กำหนด จากการศึกษาระบบดังกล่าวพบว่า ความเร็วลมของพัดลมอัดอากาศทั้ง 2 เครื่อง ที่ติดตั้งบนดาดฟ้า มีค่าการจ่ายลมที่ 8.10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และค่าการจ่ายลมแบบ Multiple Injection ชั้น 1 ที่ท่อลม 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และชั้น 2 - 9 ที่ 0.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ให้ค่าแรงดัน ΔP ตกคร่อมประตูต่ำสุดที่ 51.72 Pa บริเวณชั้น 1 เนื่องจากประตูถูกเปิดออกจากการอพยพหนีไฟ ให้ค่า ΔP ตกคร่อมประตูสูงสุดที่ 80.88 Pa บริเวณชั้น 2 และลดค่อย ๆ ลดลงตามค่าความสูงที่เปลี่ยนแปลงไป ΔP ที่เกิดขึ้นนี้เป็นตัวป้องกันควันไฟไม่ให้ไหลจากภายนอกเข้าสู่โถงบันไดได้ ซึ่งหากมีค่าสูงเท่าใดก็ยังสามารถกันควันได้ดีขึ้นเท่านั้น แต่จะส่งผลให้เกิดปัญหาการเปิดประตูไม่ออกเนื่องจากค่าแรงดันภายใน ช่องบันไดหนีไฟมากเกินไป จึงมีการแนะนำให้ใช้ค่าที่อยู่ระหว่าง ΔP_{min} กับ ΔP_{max} ในการออกแบบ จากการศึกษานี้ได้ค่า ΔP ตกคร่อมประตูทุกบานมีค่าอยู่ระหว่าง 51.72 - 80.88 Pa ซึ่งเป็นไปตามค่าการแนะนำ นอกจากนี้ยังพบว่า การทำให้เกิด ΔP ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันสัมพัทธ์ภายในอาคารที่เพิ่มขึ้นในอาคารทุกโชน ในโถงอาคารชั้น 1 มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด จากเดิมที่ -0.06 Pa เป็น 22.58 Pa เนื่องจากเปิดประตูหนีไฟทั้ง 2 บาน ถูกเปิดออก แบบอาคารชั้นที่ 2 - 6 มีค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันมากสุดในโชนห้องประชุม ห้องทำงาน 1 และห้องทำงาน 4 ตามลำดับ และแบบอาคารชั้นที่ 7-9 มีค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันมากสุดในโชนห้องทำงาน 1 ห้องทำงาน 2 และห้อง

ประชุมตามลำดับ เนื่องจากเป็นห้องที่มีตำแหน่งติดกับช่องบันไดหนีไฟนั่นเอง แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในชั้น ที่ 2 - 9 ยังถือว่าเป็นค่าที่น้อยมาก เพราะทุกโซนของอาคารถูกออกแบบมาให้เป็นระบบปิดและมีกรอบอาคารที่ค่อนข้างหนาแน่นการไหลผ่านของอากาศเป็นไปได้ยาก



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศและระบบปรับอากาศบนโดหนีไฟ ในอาคารสำนักงาน โดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และประเมินการไหลของอากาศในอาคารสำนักงานเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 และกฎกระทรวงที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 นำไปสู่การเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงระบบระบายอากาศ และระบบปรับอากาศบนโดหนีไฟ ในอาคารให้เป็นที่ไปตามมาตรฐานที่ยอมรับได้

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบจำลอง CONTAM ศึกษาลักษณะการไหลของอากาศ เพื่อประเมินความเพียงพอ และความเหมาะสมของอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ค่าแรงดันสัมพัทธ์ และค่าแรงดันบนโดหนีไฟจากการใช้ระบบปรับอากาศเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ ภายในอาคาร โดยอธิบายผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังนี้

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาแบบจำลองการไหลของอากาศในอาคารสำนักงาน โดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน ทำให้ทราบค่าอัตราการระบายอากาศภายในอาคารสำนักงานกรณีศึกษา ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ 9 ชั้น พื้นที่ใช้สอยประมาณ 30,000 ตารางเมตร โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลการระบายอากาศ 2 กลุ่มศึกษาตามรูปแบบของอาคาร ได้แก่

5.1.1.1 แบบอาคารกลุ่มที่ 1 ภายในสำนักงานชั้น 2-6 จำนวน 12 ห้อง แบ่งออกเป็น สำนักงานจำนวน 11 ห้อง และห้องประชุมจำนวน 1 ห้อง ผลการจำลองค่าอัตราการระบายอากาศเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีห้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องทำงานที่ 3 ซึ่งมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 1.59 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศโดยมาตรฐานขั้นต่ำสุดกำหนดไว้ที่ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร จึงทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศจากการออกแบบเดิม 679.61 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 1,019.41 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 2.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร เป็นไปตามค่ามาตรฐาน

5.1.1.2 แบบอาคารกลุ่มที่ 2 ภายในสำนักงานชั้น 7-9 จำนวน 7 ห้อง แบ่งออกเป็นสำนักงาน จำนวน 6 ห้อง และห้องประชุม จำนวน 1 ห้อง ผลการจำลองพบว่า มีห้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานจำนวน 1 ห้อง คือ ห้องประชุม ซึ่งมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 5.52 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศ โดยมาตรฐานขั้นต่ำสุดกำหนดไว้ที่ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร จึงทำการปรับปรุงปริมาณการนำเข้าอากาศจากเดิม 305.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 1,444.16 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 6.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร เป็นไปตามมาตรฐาน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการระบายอากาศโดยใช้การผสมและการเจือจางมลพิษภายในอาคารร่วมกับการระบายอากาศแบบธรรมชาติ 3 กรณี ได้แก่

(1) กรณีเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันออก ผลการจำลองรูปแบบอาคาร ชั้นที่ 2-6 พบว่าค่าอัตราการไหลเชิงมวล (Mass For Rate: Qm) ห้องทำงานที่ 2 เป็นห้องที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุด โดยชั้นที่ 2 มีอัตราการไหลเชิงมวลจาก 0.026 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.094 กิโลกรัมต่อวินาที และชั้นที่ 6 มีอัตราการไหลเชิงมวลจาก 0.026 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.109 กิโลกรัมต่อวินาที ชั้นที่ 6 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าชั้น 2 เนื่องจากความสูงที่มีผลต่อกระแสลม รูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 พบว่า ห้องทำงานที่ 5 เป็นโซนที่มีการแลกเปลี่ยนอากาศดีที่สุด มีค่าอัตราการไหลเชิงมวลจาก 0.037 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.098 กิโลกรัมต่อวินาที

(2) กรณีเปิดช่องระบายอากาศด้านทิศตะวันตก ผลการจำลองรูปแบบอาคารชั้นที่ 2-6 พบว่า ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของห้องทำงานที่ 5 มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศทางด้านทิศตะวันตกมากที่สุด โดยชั้นที่ 2 มีอัตราการไหลเชิงมวลอยู่ที่ 0.046 กิโลกรัมต่อวินาที และชั้นที่ 6 อยู่ที่ 0.037 กิโลกรัมต่อวินาที ในโซนด้านทิศตะวันตก ห้องทำงานที่ 5-7 ค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้น และลดลงในโซนห้องทำงานที่ 8-11 จากสภาพความแปรปรวนของกระแสลมธรรมชาติ ผลการจำลองรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 พบว่า ห้องทำงานที่ 1 และ 3 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยห้องทำงานที่ 1 เป็นโซนที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 โดยชั้นที่ 7 จาก 0.038 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.230 กิโลกรัมต่อวินาที ชั้นที่ 9 จาก 0.006 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.038 กิโลกรัมต่อวินาที ส่วนห้องทำงานที่ 2, 4, 5, 6 และห้องประชุม มีค่าลดลง เนื่องจากกระแสลมที่ไหลผ่านเข้าทางด้านทิศตะวันตกลง Corridor มีทิศทางไหลออกไปยังช่องระบายของ Corridor ฝั่งทิศตะวันออก

(3) กรณีเปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดภายในสำนักงาน พบว่า รูปแบบอาคาร ชั้นที่ 2-6 มีอัตราการไหลผ่านช่องเปิดมีค่าเพิ่มขึ้นทุกโซน ในชั้นที่ 2 ห้องทำงาน 2, 1 และ 3 เป็นโซนที่มีการแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุดตามลำดับ โดยในห้องทำงานที่ 2 จาก 0.022 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.078 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.056 กิโลกรัมต่อวินาที ส่วนชั้นที่ 6 ห้องทำงานที่ 2 จาก 0.023 กิโลกรัมต่อ

วินาที เป็น 0.108 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.085 กิโลกรัมต่อวินาที เนื่องจากทั้ง 3 โซน เป็นส่วนที่มีช่องระบายอากาศบริเวณกรอบอาคารด้านทิศตะวันออก รูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 พบว่า ค่าอัตราการไหลเชิงมวลเพิ่มขึ้นทุกโซน โดยห้องทำงานที่ 1 เป็นโซนที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดของรูปแบบอาคารชั้นที่ 7-9 โดยชั้นที่ 7 จาก 0.038 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.123 กิโลกรัม ต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.085 กิโลกรัมต่อวินาที ชั้นที่ 9 จาก 0.032 กิโลกรัมต่อวินาที เป็น 0.109 กิโลกรัมต่อวินาที เพิ่มขึ้น 0.077 กิโลกรัมต่อวินาที เนื่องจากห้องทำงานที่ 1 โดดเด่นในการแลกเปลี่ยนอากาศขนาดใหญ่ที่สุด

ผลการจำลองการผสมผสานการระบายอากาศแบบธรรมชาติเข้ากับรูปแบบการระบายอากาศทางกล พบการแทรกซึมของอากาศที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติที่ส่งผลต่อลักษณะการไหลของอากาศ ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอก กระแสลม และลักษณะทางกายภาพที่เป็นองค์ประกอบของอาคารและบริเวณอาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ ผู้ใช้อาคารไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอัตราปริมาณอากาศที่เหมาะสมได้จากเปิดหรือปิดช่องลมเท่านั้น แต่ในทางกลับกัน กลับส่งผลกระทบต่อระดับคุณภาพอาคาร เนื่องจากอากาศในห้องที่มีระบบปรับอากาศ มีอุณหภูมิต่ำ และมีความชื้นน้อยกว่าภายนอก หากมีการเปิดช่องระบายอากาศให้อากาศภายนอกเข้ามาโดยตรง จะทำให้อุณหภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยฉับพลัน เพราะอากาศร้อนจะวิ่งเข้าหาอากาศเย็น และความชื้นจากภายนอกก็จะวิ่งเข้ามาหาภายในห้องเช่นกัน ทำให้ร่างกายปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันของอุณหภูมิไม่ทัน ยังทำให้เกิดปรากฏการณ์ไอน้ำในอากาศ ที่เกิดจากความต่างของอุณหภูมิ 2 ชั่วโมง ไปเกาะที่ผนัง เฟอร์นิเจอร์ วัสดุสำนักงาน และวัสดุตกแต่งภายในทำให้เกิดความเสียหาย และเป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อรา ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารได้

5.1.2 ผลการศึกษาแบบจำลอง ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงานสูง 9 ชั้น จำนวน 2 ช่องทาง ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร โดยการสร้างความดันที่แตกต่าง หรือ สร้างความเร็วลมให้การไหลของอากาศเป็นไปในลักษณะที่กำหนด เพื่อการควบคุมควัน พบว่า ความเร็วลมของพัดลมอัดอากาศทั้ง 2 เครื่อง ที่ติดตั้งบนดาดฟ้า มีค่าการจ่ายลมที่ 8.10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และค่าการจ่ายลมแบบ Multiple Injection ชั้น 1 ที่ท่อลม 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และชั้น 2 - 9 ที่ 0.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ให้ค่าแรงดัน ΔP ตกคร่อมประตูต่ำสุดที่ 51.72 Pa บริเวณชั้น 1 ค่า ΔP ตกคร่อมประตูสูงสุดที่ 80.88 Pa บริเวณชั้น 2 และลดค่อย ๆ ลดลงตามค่าความสูงที่เปลี่ยนแปลงไป การศึกษานี้ได้ค่า ΔP ตกคร่อมประตูทุกบานมีค่าอยู่ระหว่าง 51.72 - 80.88 Pa ซึ่งเป็นไปตามค่าการแนะนำ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 25 - 90 Pa

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบถึงหลักการระบายอากาศ ที่ต้องมีการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเติมเข้าสู่บริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยในปริมาณที่เพียงพอ และมีการ

ระบายอากาศเสียจากภายในออกไปสู่ภายนอกอย่างสมดุล เป็นตามหลักการทางวิศวกรรม โดยปริมาณการนำเข้าจะต้องมากกว่าการนำอากาศออกไปทิ้ง ให้ค่าการระบายอากาศตามที่กฎหมายกำหนดในการใช้ควบคุมอาคาร เพื่อก่อให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีต่อผู้ใช้อาคาร จากการสร้างภาวะความสบายด้านอุณหภูมิด้วยระบบปรับอากาศ และการควบคุมคุณภาพอากาศจากการกำหนดค่าการระบายอากาศที่เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่ และจำนวนความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟทำงาน เกิดค่าความแตกต่างของแรงดันระหว่างภายในช่องบันไดหนีไฟและภายในอาคารส่วนอื่น ๆ ผลที่จะตามมาหากค่าแรงดันสูงเกินไป ผู้ใช้อาคารที่ทำการอพยพหนีไฟจะไม่สามารถใช้แรงผลักประตูเข้าไปภายในบันไดหนีไฟได้ ส่งผลให้เกิดอันตรายจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ ค่าแรงดันที่เหมาะสมจะต้องมากพอที่จะสามารถป้องกันควันได้ แต่ต้องไม่มากจนไม่สามารถเปิดประตูได้ การออกแบบค่าความเร็วลมของพัดลมอัดอากาศ ส่งผลต่อค่าแรงดันที่เหมาะสมที่กระทำต่อประตูบันไดหนีไฟ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์อัตราการไหลของอากาศเพื่อประเมินความเพียงพอของปริมาณการระบายอากาศ และค่าความดัน หรือความเร็วลม เพื่อการควบคุมควันของระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟในอาคารที่มีการใช้งานแล้ว เพื่อปรับปรุงในพื้นที่ส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม CONTAM ในการจำลองค่าจากการออกแบบ เป็นวิธีการที่สะดวก ให้ผลลัพธ์ในเวลาอันรวดเร็ว และยังเหมาะแก่การใช้จำลองค่าประกอบการออกแบบก่อนการก่อสร้างหรือวางระบบภายในอาคารในอนาคตอีกด้วย CONTAM เป็น โปรแกรมที่มีประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลาย สามารถวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารได้แบบหลายโซน โดยสามารถคำนวณอัตราการไหลของอากาศและแรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนของอาคาร เพื่อการประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศ การใช้โปรแกรม CONTAM ในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในอาคารเป็นวิธีที่สะดวก และให้ผลการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว แม้จะมีการปรับปรุงการออกแบบของระบบหลายครั้งก็สามารถที่จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างได้ด้วยระยะเวลาอันสั้น การศึกษาในอนาคตนั้นสามารถนำไปทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศภายในอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารและการประเมินความสะดวกสบายเชิงความร้อน โดยทำการจำลองควบคู่กับแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ที่สามารถเชื่อมโยงและทำงานร่วมกันกับโปรแกรม CONTAM ได้



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 .(2535).ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2535, กุมภาพันธ์ 17). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 109 ตอนที่ 11. หน้า 6-23.
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 .(2537) .ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2551, พฤษภาคม 20). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 69 ก.
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 44407.(2555).ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2551. เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 6 ระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟ.
- คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปี พ.ศ. 2557-2559. (2559).มาตรฐานมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ มาตรฐาน วสท. 031001-59 EIT Standard 031001-16. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2547 – 2550. (2559). มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย EIT Standard 3002-51 . กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- คณะกรรมการกลุ่มชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรม. (2552). การประเมิน. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การประเมิน. นนทบุรี : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช .
- คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร. (2545) มาตรฐานการควบคุมควันไฟ, กรุงเทพฯ :วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- วีรุฒ หงส์ทอง. (2558). การศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูง อาคารนวัตกรรมการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สาริณี ชมภู. (2561). การจำลองระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟด้วยโปรแกรม CONTAM. นครราชสีมา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาต่างประเทศ

John H. Klote and James A. Milke. (2002). *Principles of Smoke Management*. Georgia :

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 63-86.

ASHRAE Board of Directors.(2019). *ASHRAE STANDARD Ventilation for Acceptable Indoor*

Air Quality. Georgia : American Society of Heating, Refrigerating and Air-

Conditioning Engineers, Inc. 15-29.

Liangzhu Wang. (February,2007). *Coupling of Multizone and CFD Programs for Building*

Airflow and Contaminant Transport Simulations. Doctor of Philosophy Submitted to the Faculty, Purdue University.

Douglas R Black and Phillip N Price. (September, 2009). *Contam airflow models of three large*

buildings: Model descriptions and validation. Environmental Energy Technologies

Division Indoor Environment Department, Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley.

Nikolaos Temenos, Dimitrios Nikolopoulos, Ermioni Petraki and Panayiotis H Yannakopoulos.

(2015). Modelling of Indoor Air Quality of Greek Apartments Using CONTAM(W)

Software. Journal of Physical Chemistry & Biophysics. Department of Electronic

Computer Systems Engineering, Piraeus University of Applied Sciences. 5(6), 1-10.

W. Stuart Dols and Brian J. Polidoro (2015). *NIST Technical Note 1887 CONTAM User uide and*

Program Documentation Version 3.2. Berkeley: Lawrence Livermore National

Security. Produced at the Lawrence Livermore National Laboratory.

W. Stuart. Dols, Steven J. Emmerich, and Brian J. Polidoro. (August, 2016). Coupling the

Multizone Airflow and Contaminant Transport Software CONTAM with EnergyPlus

Using Co-Simulation. Engineering Laboratory, National Institute of Standards and

Technology.

Katarzyna Gtadzyszewska-Fiedoruk , , Vasyl Zhelykh and Andrii Pushchinskyi. (July 2019).

Simulation and Analysis of Various Ventilation Systems Given in an Example in the Same School of Indoor Air Quality. *Energies* 2019, 12, 2845;

doi:10.3390/en12152845. [Online]. Available :

<https://www.mdpi.com/journal/energies> [2021, 15 April]

- AMCA 212 Review Committee. (2007). AMCA PUBLICATION 212-07 Certified Ratings Program - Product Rating Manual for Smoke Management Fan Performance. Illinois, Air Movement and Control Association International.
- Sergey Mijorski and Stefano Cammelli, (December 2016) . Stack Effect in High-Rise Buildings: A Review. International Journal of High-Rise Buildings December 2016, Vol 5, No 4, 327-338.<http://dx.doi.org/10.21022/IJHRB.2016.5.4.327>
- George W. AMholland . Smoke Production and Properties. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd Edition, Chapter 15, Section 2, 217-227
- Hinkley, P. L. (1995). Smoke and Heat Venting. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.
- Kandola, B. S. (1995). Introduction to Mechanics of Fluids. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.
- Ingason, H. (1996) . Experimental and Theoretical Study of Rack Storage fires. Swedish National Testing and Research Institute.
- Jonh H. Klote, John W. Fothergill, Jr., (1983). Design of Smoke Control System for Buildings, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Washington, D.C. 20234, ISBN 0-910110-03-4.
- John H. Klote and James A. Milke. (2002). Principles of Smoke Management. National Bureau of Standards Handbook 141.
- NFPA. (2000). Recommended Practice for Smoke Control System. NFPA 92A, Massachusetts:National Fire Protection Association.
- NFPA. (2000). NFPA 101 Life Safety Codes. Massachusetts: National Fire Protection Association.
- Yujin Zhang .(2021). Research on the Influence of Smoke Vents on the Smoke Temperature in the Dormitory Corridor. International Energy, Environment and Water Resources Conference.[doi:10.1088/1755-1315/784/1/012038](https://doi.org/10.1088/1755-1315/784/1/012038)

- Marcin Fryda และคณะ (2020). High rise buildings stairwells pressure differential systems tests and improvement solutions. <https://doi.org/10.1177/0143624420964313>
- Chan-Sol Ahn. (2020). Experimental and numerical study of smoke behavior in high-rise stairwells with open and closed windows. International Journal of Thermal Sciences Volume 157, November 2020, 106500
- W.Z. Black. (2015). Stairwell pressurization and the movement of smoke during a high-rise fire. ASHRAE Transactions, Volume 121, Part 1.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

ร้อยเอกหญิง นลิน ไทยกลาง

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ประจำแผนกกำหนดมาตรฐาน 2

กองกำหนดมาตรฐาน สำนักมาตรฐานทางทหาร

กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม

ผลงานทางวิชาการ

นลิน ไทยกลาง และ อำนวย ผดุงศิลป์. (2564). การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในสำนักงานโดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศแบบหลายโซน. การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. วันที่ 8 มิถุนายน 2564.

