

ระบบปรับอากาศดี ๆ สุขภาพก็ดี คิ่ลงทุนก็เร็ว

Somphol Jumpanak

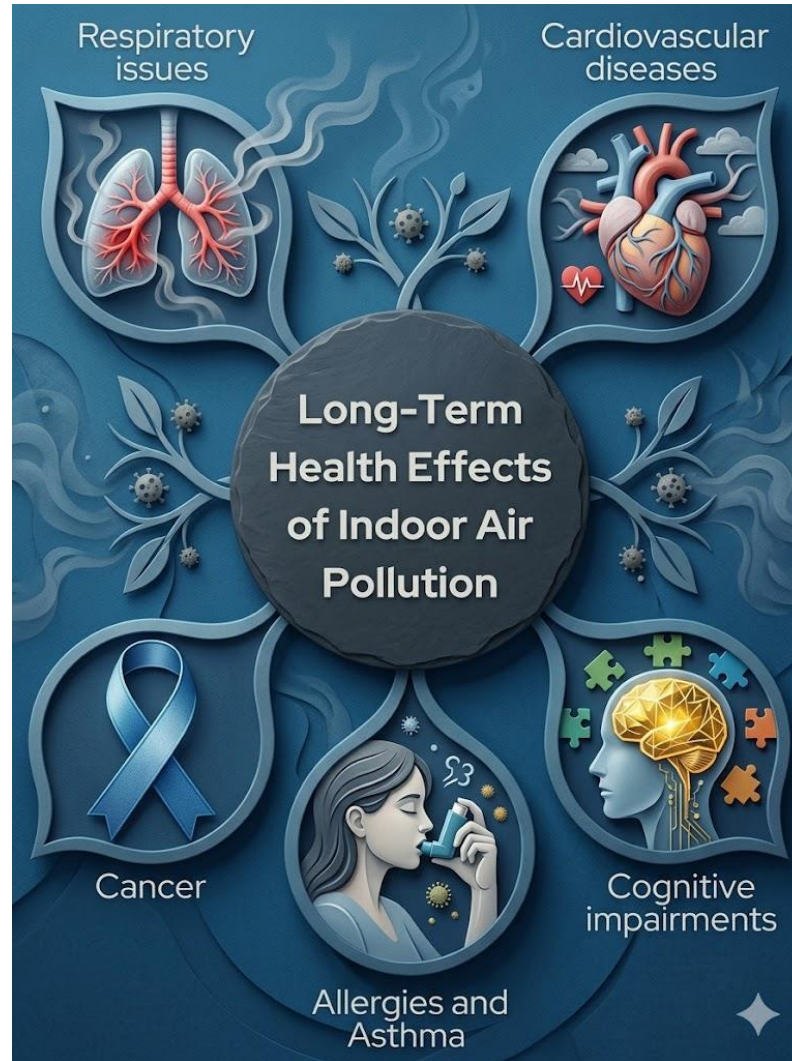
Chief of Mechanical Engineering and Production Manager, EEC Engineering Network



4 June 2026



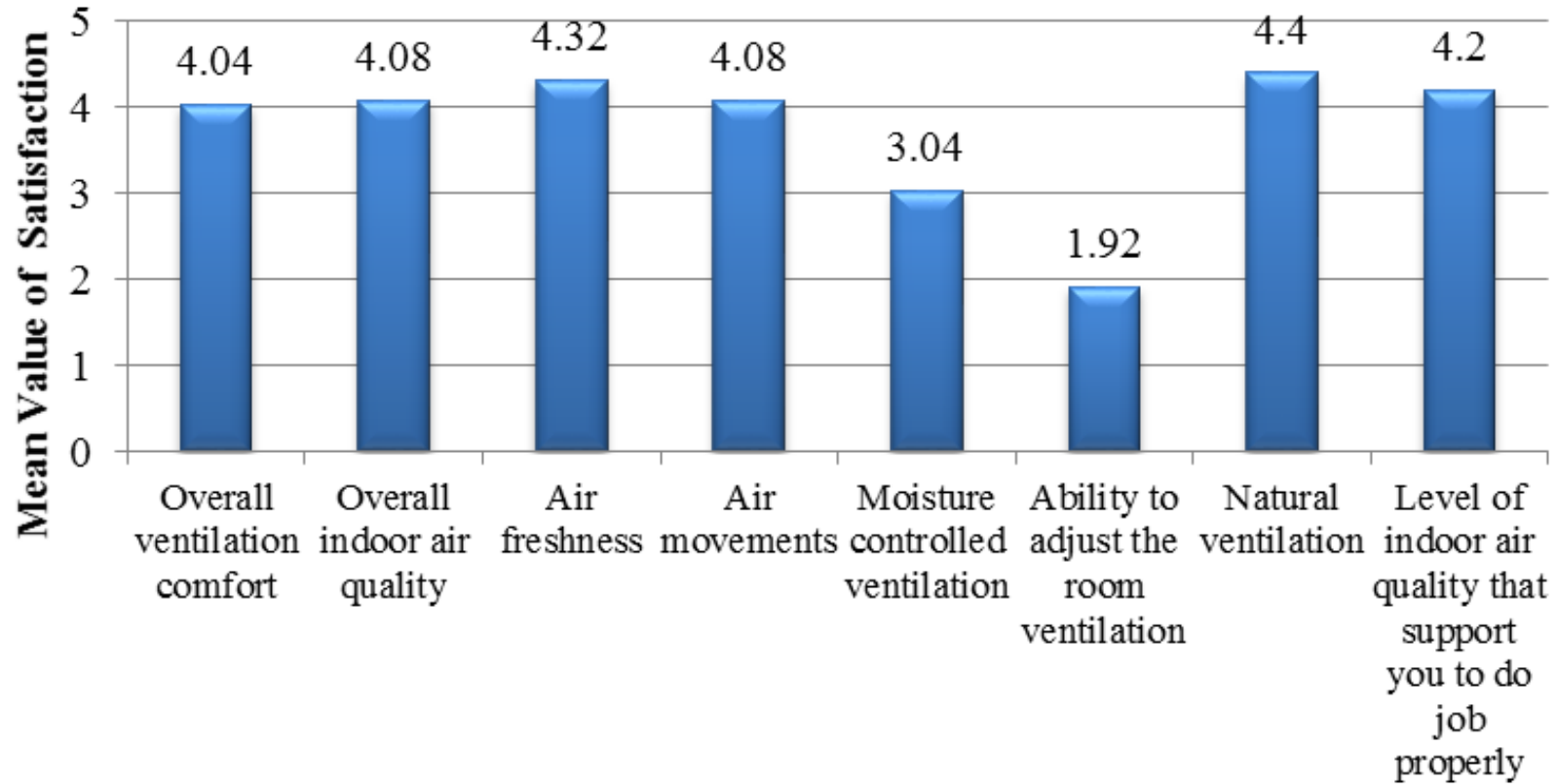
Why IAQ Matters to Employee Health, Well-being, and Productivity and Why Workplace Leaders Should Take Action.

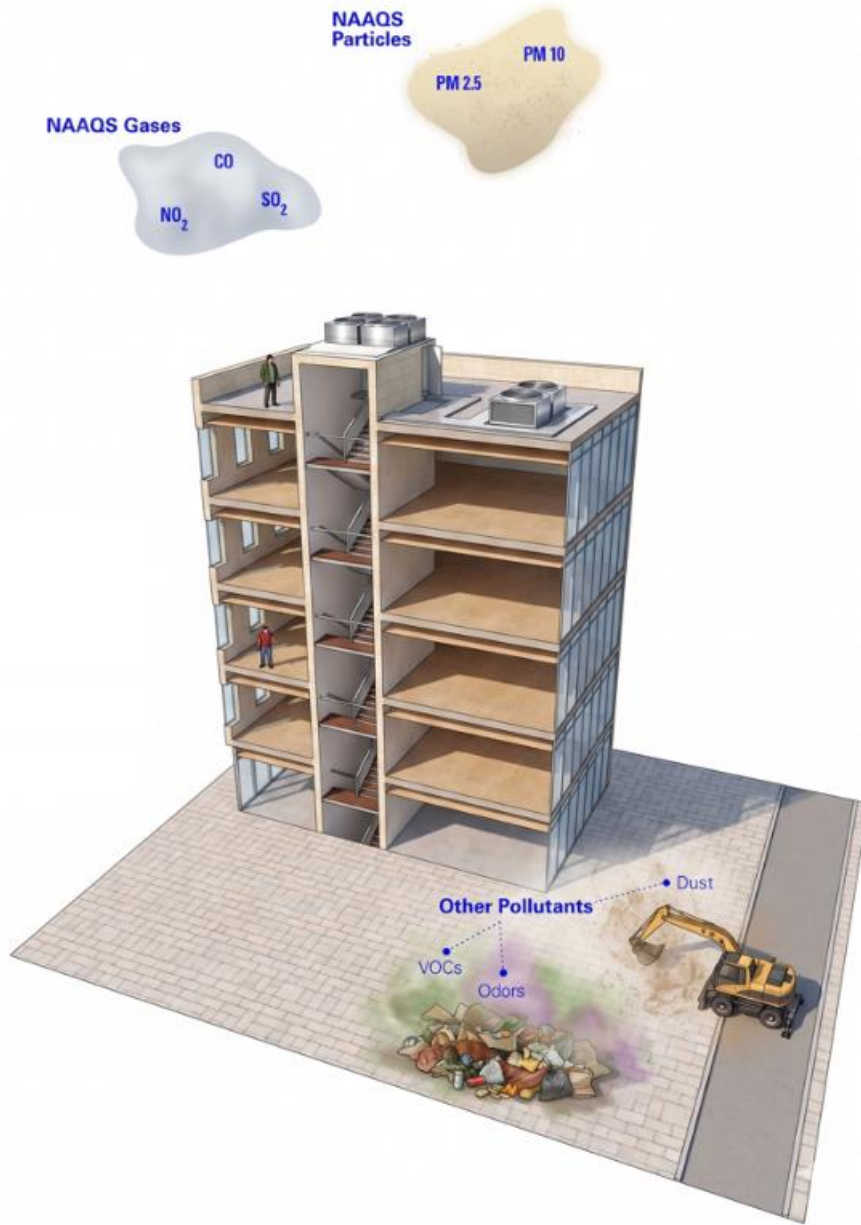




In considering the economics of IAQ, it is important to note that the salaries of building occupants are the largest cost associated with building operation, dwarfing energy by a factor of 50 or even 100.

User Satisfaction Level on Indoor Air Quality







CARBON DIOXIDE (CO ₂) ppm				
Very high	High	Moderate	Low	Very low
2000	1200	800	650	500

TOTAL VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (TVOC) µg/m ³				
Very High	High	Moderate	Low	Very Low
1000	500	300	200	100

PARTICULATE MATTER µg/m ³					
	Very High	High	Moderate	Low	Very Low
PM _{2.5}	25	15	10	5	2.5
PM ₁₀	40	30	20	10	5

CARBON MONOXIDE (CO) ppm				
Very High	High	Moderate	Low	Very Low
15	10	5	2.5	1

NITROGEN DIOXIDE (NO ₂) µg/m ³				
Very High	High	Moderate	Low	Very Low
200	60	40	20	10

OZONE (O ₃) µg/m ³				
Very High	High	Moderate	Low	Very Low
200	150	100	50	25



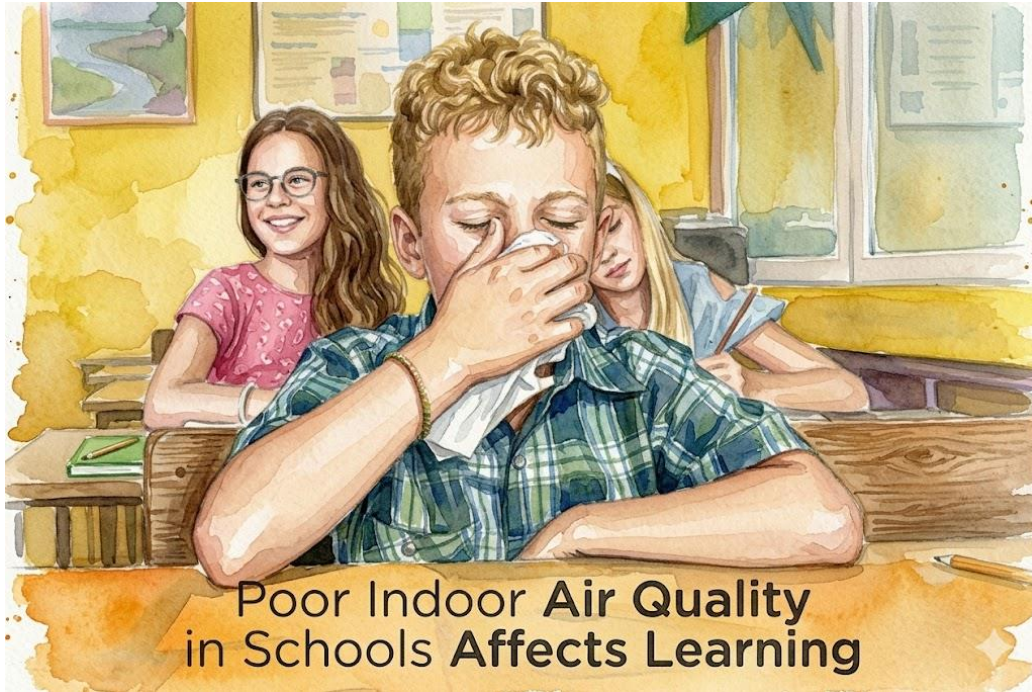
WORKPLACE RADON EXPOSURE:
What Business Owners Should Know



Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM _{2.5} , µg/m ³	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Peak season ^b	100	70	–	–	60
	8-hour ^a	160	120	–	–	100
NO ₂ , µg/m ³	Annual	40	30	20	–	10
	24-hour ^a	120	50	–	–	25
SO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m ³	24-hour ^a	7	–	–	–	4

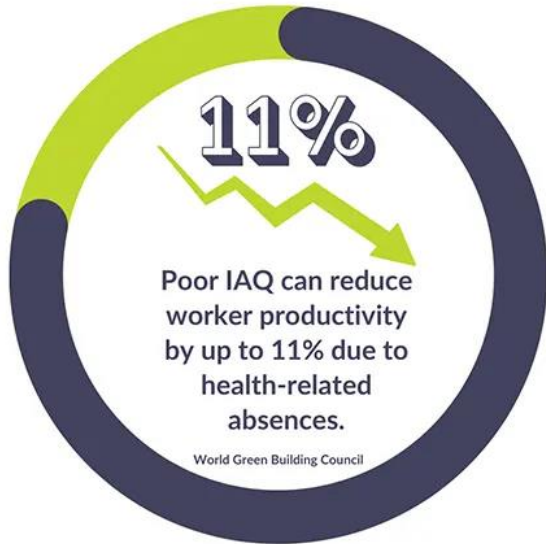
^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

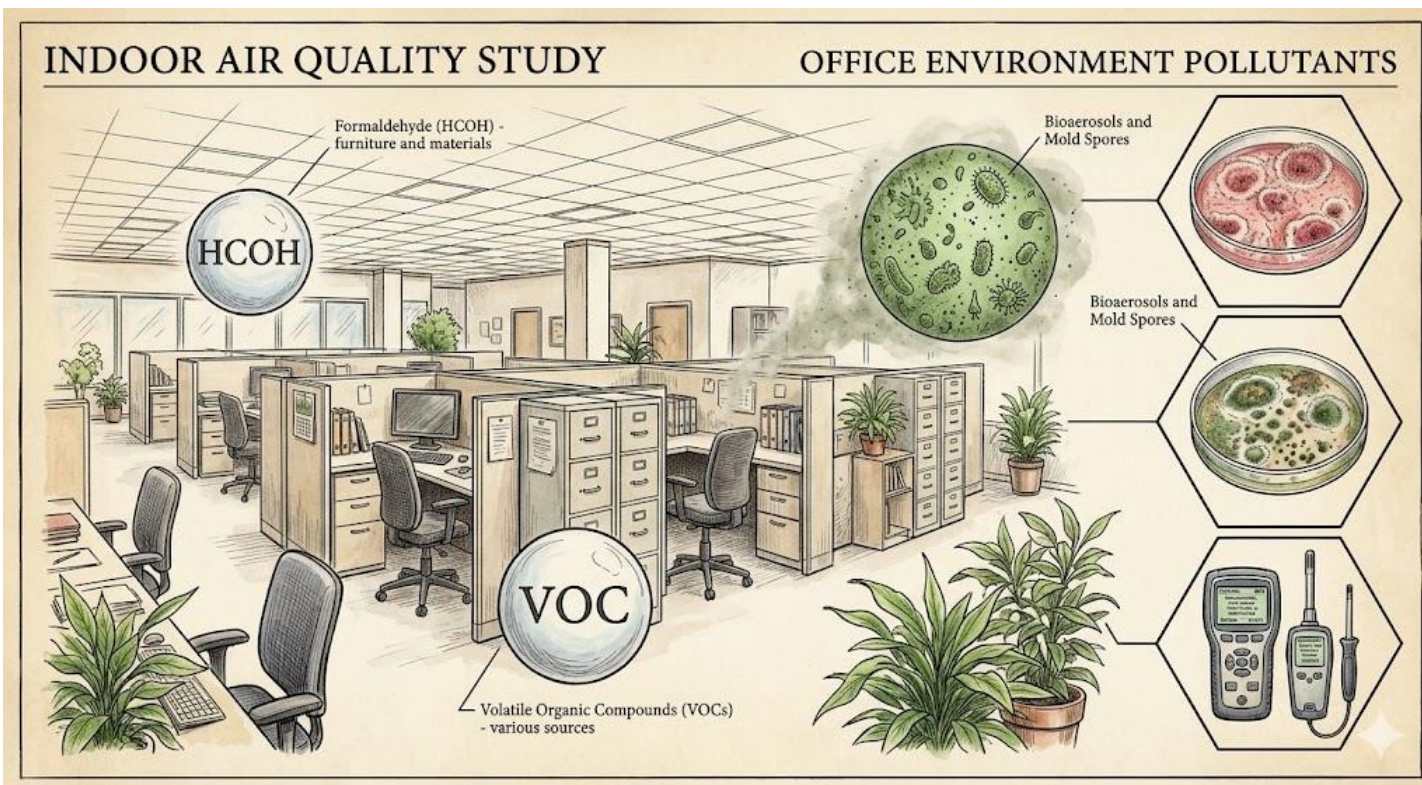


The first study (Shendell et al. 2004) documented the associations between classroom attendance in Washington and Idaho and CO₂ concentrations, which were used as a surrogate for ventilation rates. For classrooms where the difference between indoor and outdoor CO₂ concentrations exceeded 1000 ppm (1800 mg/m³), student absences were 10%–20% higher than for classrooms where the difference in CO₂ was below 1000 ppm (1800 mg/m³).

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Default Values			Maximum CO ₂ above Ambient, $\Delta C_{6,1}$
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft ²	L/s·m ²	Occupant Density		OS (6.2.6.2)	
					#/1000 ft ² or #/100 m ²	Air Class		
Educational Facilities								
Art classroom	10	5	0.18	0.9	20	2		NA
Assembly without fixed seats—concentrated (chairs only—fixed)	7.5	3.8	0.06	0.3	65	1	✓	1200
Classrooms (ages 5 to 8)	10	5	0.12	0.6	25	1		600
Classrooms (age 9+)	10	5	0.12	0.6	35	1		600
Corridors (ages 5+)	—	—	0.12	0.6	—	1		NA



First, better IAQ leads to more productive and happier occupants. In commercial real estate, satisfied occupants are tied directly to return on investment and bottom-line economics, while in schools and institutional buildings they are tied to learning outcomes and organizational missions. While it is hard to put firm numbers on these benefits, there is increasing evidence of measurable productivity increases and reduced absentee rates in spaces with better IAQ.



Second, IAQ problems that get out of hand can be quite costly in terms of lost work time, lost use of buildings, expensive building or mechanical system repairs, legal costs, and bad publicity. While extreme IAQ problems are rare, they do occur, and the consequences can be dramatic. Less severe problems are more common and can erode occupant productivity, affect occupancy and/or rent levels, and lead to costs for smaller legal disputes or repairs.

Florida's Plague: Sick Building Syndrome : Months after opening, one courthouse had moldy walls and workers complaining of nausea and headaches. The problem is widespread in the humid state--and the cure can be costly.



ในปี 1995 ศาลประจำเทศมณฑล รัฐฟลอริดา ได้รับเงินเยียวยาจำนวน 47.8 ล้านดอลลาร์จากการยอมความในคดีความกับบริษัทต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารศาลประจำเทศมณฑล ซึ่งรวมถึงเงิน 35 ล้านดอลลาร์จากบริษัทประกันภัยของผู้รับเหมาหลัก เนื่องมาจากปัญหาความชื้นและเชื้อราที่เกี่ยวข้องกับระบบเปลือกอาคาร แม้ว่าค่าก่อสร้างแรกเริ่มของอาคารนี้จะอยู่ที่ 35 ล้านดอลลาร์ แต่กลับต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงถึง 45 ล้านดอลลาร์ในการเปลี่ยนระบบเปลือกอาคารใหม่ทั้งหมด รวมถึงการกำจัดเชื้อรา และการย้ายระบบงานศาลไปยังสถานที่อื่น

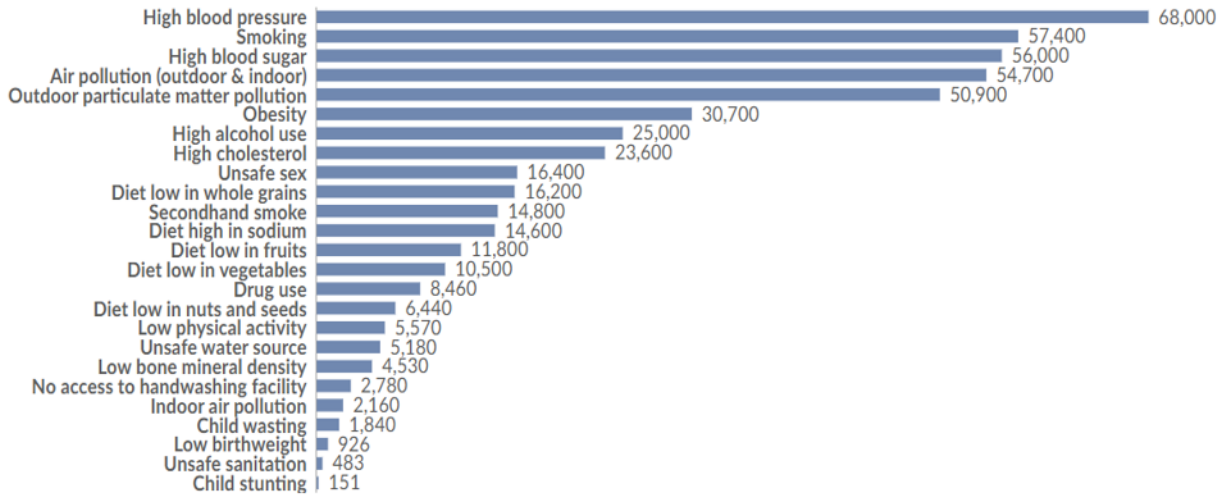
Deaths by risk factor, Thailand, 2023



The estimated annual number of deaths attributed to each risk factor. Estimates come with wide uncertainties, especially for countries with poor vital registration.

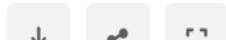
Table Bar

Change



Data source: IHME, Global Burden of Disease (2025) – [Learn more about this data](#)

Note: Risk factors are not mutually exclusive. The sum of deaths attributed to each risk factor can exceed the total number of deaths.



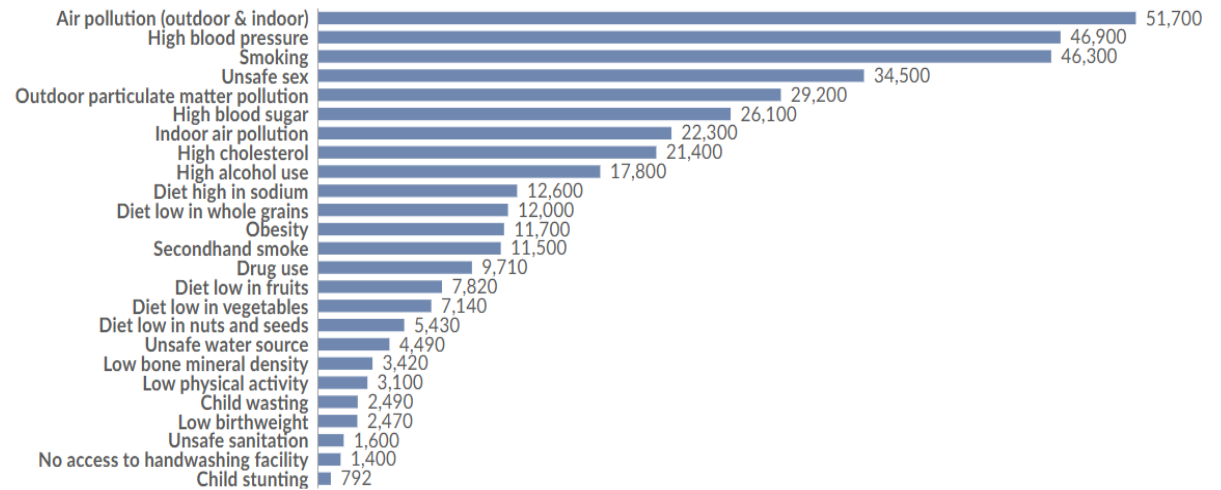
Deaths by risk factor, Thailand, 2000



The estimated annual number of deaths attributed to each risk factor. Estimates come with wide uncertainties, especially for countries with poor vital registration.

Table Bar

Change



Data source: IHME, Global Burden of Disease (2025) – [Learn more about this data](#)

Note: Risk factors are not mutually exclusive. The sum of deaths attributed to each risk factor can exceed the total number of deaths.





ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2025
(Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022)
Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix Q

Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality

See Appendix Q for approval dates by ASHRAE and the American National Standards Institute.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. Instructions for how to submit a change can be found on the ASHRAE® website (www.ashrae.org/continuous-maintenance).

The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2025 ASHRAE ISSN 1041-2336



PDF includes hyperlinks for convenient navigation. Click on a reference to a section, table, figure, or equation to jump to its location. Return to the previous page via the bookmark menu.



Includes online access to Ventilation Rate Procedure (VRP) and Indoor Air Quality Procedure (IAQP) calculators and more.



ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2025

คือมาตรฐานสากลที่กำหนดอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำและมาตรฐานอื่น ๆ เพื่อรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) ให้เป็นที่ยอมรับของมนุษย์ และช่วยลดผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพ

โดยมีรายละเอียดและประเด็นสำคัญดังนี้

- กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำในการออกแบบ ติดตั้ง ตรวจสอบการทำงาน รวมถึงการใช้งานและบำรุงรักษา เพื่อให้อากาศภายในอาคารไม่มีสารปนเปื้อนในระดับที่เป็นอันตราย และปกป้องโครงสร้างอาคารจากปัญหาต่าง ๆ เช่น เชื้อรา
- มาตรฐานนี้ใช้กับอาคารพาณิชย์และสถาบันที่มีคนใช้งาน แต่ไม่รวมถึงที่พักอาศัยระยะยาว (Non-transient residential)

Basic Ventilation System

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2025

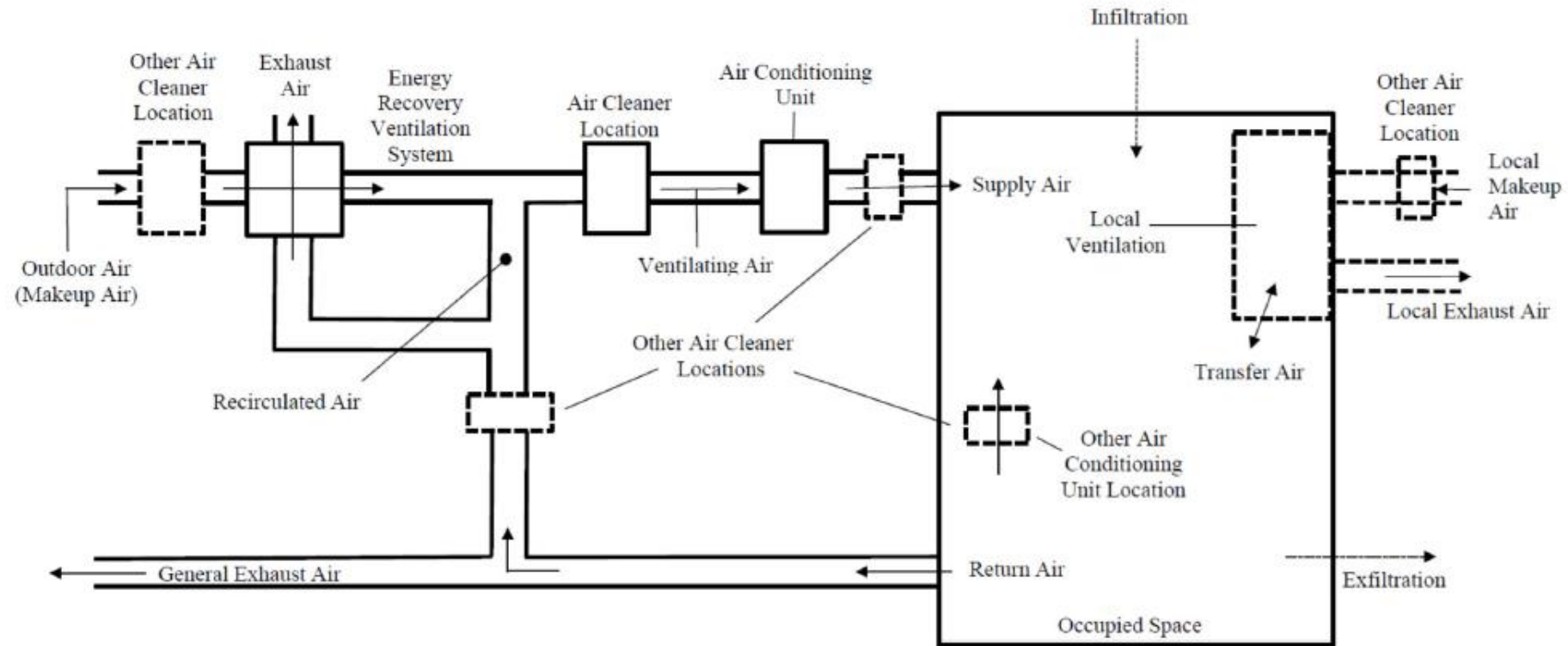
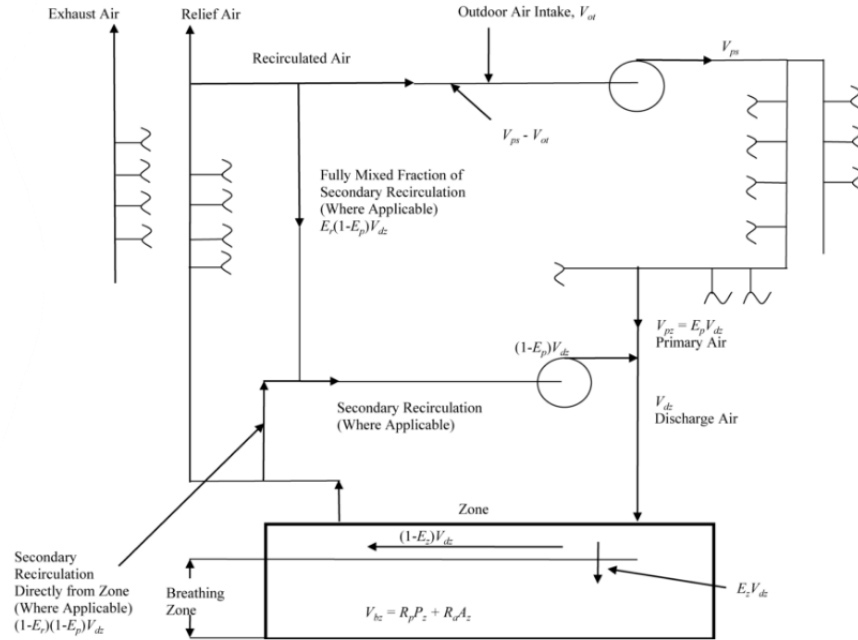


Figure 3-1 Ventilation system.

VRP Procedure



Ventilation system schematic.

6.2.1.1 Breathing Zone Outdoor Airflow. The flow rate of outdoor air required in the breathing zone (V_{bz}) of the occupiable space or spaces in a ventilation zone shall be not less than the value determined in accordance with Equation 6-1.

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z \quad (6-1)$$

where

A_z = zone floor area, the net occupiable floor area of the ventilation zone, ft^2 (m^2)

P_z = zone population, the number of people in the ventilation zone during use

R_p = flow rate of outdoor air required per person as determined from Table 6-1 (**Informative Note:** These values are based on adapted occupants.)

R_a = flow rate of outdoor air required per unit area as determined from Table 6-1

Table 6-1 Minimum Ventilation Rates in Breathing Zone (Continued)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Default Values		Maximum CO_2 above Ambient, $\Delta C_{6,1}$
	cfm/person	L/s/person	cfm/ft ²	L/s-m ²	Occupant Density #/1000 ft ² or #/100 m ²	Air Class OS (6.2.6.2)	
Cafeteria/fast-food dining	7.5	3.8	0.18	0.9	67	2	900
Kitchen (cooking)	7.5	3.8	0.12	0.6	5	2	NA
Restaurant dining rooms	7.5	3.8	0.18	0.9	67	2	1500
General							
Break rooms	5	2.5	0.06	0.3	25	1	✓ 1500
Coffee stations	5	2.5	0.06	0.3	20	1	✓ 1200
Conference/meeting	5	2.5	0.06	0.3	50	1	✓ 1500
Corridors	—	—	0.06	0.3	—	1	✓ NA
Occupiable storage rooms for liquids or gels	5	2.5	0.12	0.6	2	2	NA
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories							
Barracks sleeping areas	5	2.5	0.06	0.3	20	1	✓ 900
Bedroom/living room	5	2.5	0.06	0.3	10	1	✓ 600
Laundry rooms, central	5	2.5	0.12	0.6	10	2	NA
Laundry rooms within dwelling units	5	2.5	0.12	0.6	10	1	NA
Lobbies/prefunction	7.5	3.8	0.06	0.3	30	1	✓ 1500
Multipurpose assembly	5	2.5	0.06	0.3	120	1	✓ 1800

6.2.1.4 Zone Outdoor Airflow. The zone outdoor airflow (V_{oz}) provided to the ventilation zone by the supply air distribution system shall be determined in accordance with Equation 6-2.

$$V_{oz} = V_{bz} / E_z \times E_p \quad (6-2)$$

6.2.2 Single-Zone Systems. For ventilation systems wherein one or more air handler supplies a mixture of outdoor air and recirculated air to only one ventilation zone, the outdoor air intake flow (V_{oi}) shall be determined in accordance with Equation 6-3.

$$V_{oi} = V_{oz} \quad (6-3)$$

6.2.3 100% Outdoor Air Systems. For ventilation systems wherein one or more air handler supplies only outdoor air to one or more ventilation zone, the outdoor air intake flow (V_{oi}) shall be determined in accordance with Equation 6-4.

$$V_{oi} = \sum_{\text{all zones}} V_{oz} \quad (6-4)$$

6.2.4 Multiple-Zone Recirculating Systems. For ventilation systems wherein one or more air handler supplies a mixture of outdoor air and recirculated air to more than one ventilation zone, the outdoor air intake flow (V_{oi}) shall be determined in accordance with Sections 6.2.4.1 through 6.2.4.4.

6.2.4.1 Uncorrected Outdoor Air Intake. The uncorrected outdoor air intake flow (V_{ou}) shall be determined in accordance with Equation 6-5.

$$V_{ou} = D \sum_{\text{all zones}} (R_p \times P_z) + \sum_{\text{all zones}} (R_a \times A_z) \quad (6-5)$$

6.2.4.1.1 Occupant Diversity. The occupant diversity ratio (D) shall be determined in accordance with Equation 6-6 to account for variations in population within the ventilation zones served by the system.

$$D = P_s / \sum_{\text{all zones}} P_z \quad (6-6)$$

where the system population (P_s) is the total population in the area served by the system.

IAQP Procedure

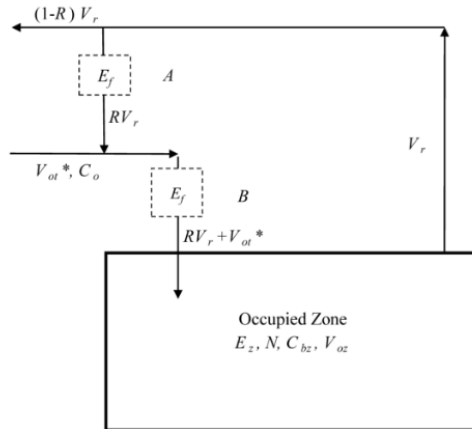


Figure G-1 Ventilation system schematic—constant-volume system with no infiltration/exfiltration. (* $V_{ot} = V_{oz}$ for single-zone systems.)

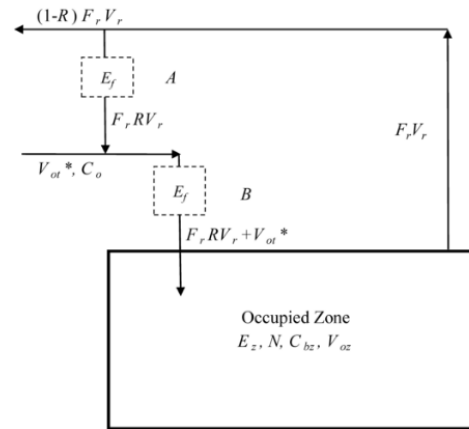


Figure G-2 Ventilation system schematic—variable-air-volume system with no infiltration/exfiltration. (* $V_{ot} = V_{oz}$ for single-zone systems.)

Table G-1 Required Zone Outdoor Airflow or Space Breathing Zone Contaminant Concentration with Recirculation and Filtration for Single-Zone Systems

Required Recirculation Rate			Required Zone Outdoor Airflow (V_{oz} in Section 6)	Space Breathing Zone Contaminant Concentration
Filter Location	Flow	Outdoor Airflow		
None	VAV	100%	$V_{oz} = \frac{N}{E_z F_A (C_{bz} - C_o)}$	$C_{bz} = C_o + \frac{N}{E_z F_r V_{oz}}$
A	Constant	Constant	$V_{oz} = \frac{N - E_z RV_r E_f C_{bz}}{E_z (C_{bz} - C_o)}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} C_o}{E_z (V_{oz} + RV_r E_f)}$
A	VAV	Constant	$V_{oz} = \frac{N - E_z F_r RV_r E_f C_{bz}}{E_z (C_{bz} - C_o)}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} C_o}{E_z (V_{oz} + F_r RV_r E_f)}$
B	Constant	Constant	$V_{oz} = \frac{N - E_z RV_r E_f C_{bz}}{E_z [C_{bz} - (1 - E_f)(C_o)]}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} (1 - E_f) C_o}{E_z (V_{oz} + RV_r E_f)}$
B	VAV	100%	$V_{oz} = \frac{N}{E_z F_A [C_{bz} - (1 - E_f)(C_o)]}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z F_r V_{oz} (1 - E_f) C_o}{E_z F_r V_{oz}}$
B	VAV	Constant	$V_{oz} = \frac{N - E_z F_r RV_r E_f C_{bz}}{E_z [C_{bz} - (1 - E_f)(C_o)]}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} (1 - E_f) C_o}{E_z (V_{oz} + F_r RV_r E_f)}$

Table 6-6 Design Compounds, PM2.5, and Their Design Limits

Compound or PM2.5	Cognizant Authority	Design Limit
Acetaldehyde	OEHHA CREL ²⁶	140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Acetone	AgBB LCI ²⁷	120,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzene	OEHHA 8REL ²⁶	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dichloromethane	OEHHA CREL	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehyde	CARB ²⁸	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Naphthalene	OEHHA CREL	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Phenol	AgBB LCI	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tetrachloroethylene	OEHHA CREL	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Toluene	OEHHA CREL	420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Xylene, total	AgBB LCI	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Carbon monoxide	40 CFR 50 ²	9 ppm
PM2.5	40 CFR 50 (annual mean)	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ozone	40 CFR 50	70 ppb
Ammonia	OEHHA CREL	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Natural Ventilation Procedure

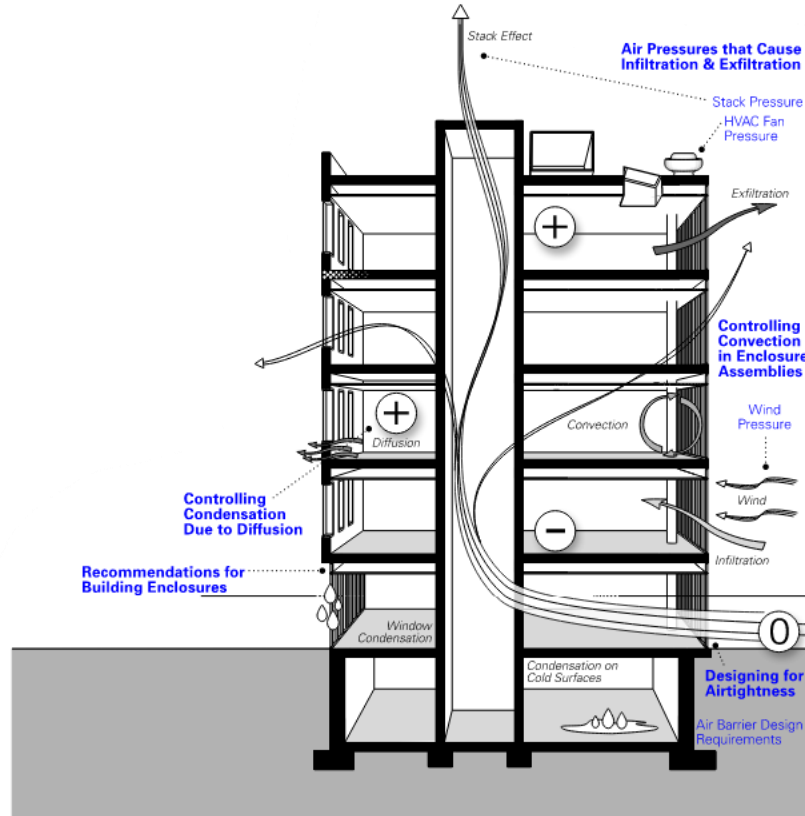


Table 6-8 Minimum Openable Areas: Single Openings ^a

$V_{bz}/A_z \leq$, (L/s)/m ²	$V_{bz}/A_z \leq$, cfm/ft ²	Total Openable Areas in Zone as a Percentage of A_z		
		$H_S/W_S \leq 0.1$	$0.1 < H_S/W_S \leq 1$	$H_S/W_S > 1$
1.0	0.2	4.0	2.9	2.5
2.0	0.4	6.9	5.0	4.4
3.0	0.6	9.5	6.9	6.0
4.0	0.8	12.0	8.7	7.6
5.5	1.1	15.5	11.2	9.8

where

V_{bz} = breathing zone outdoor airflow, per Section 6.2.1.1.

A_z = zone floor area, the net occupiable floor area of the ventilation zone.

W_S = aggregated width of all single outdoor openings located at the same elevation

H_S = vertical dimension of the single opening or the least vertical dimension of the openings where there are multiple openings

a. Volumetric airflow rates used to estimate required openable area are based on the following:

- Dry-air density of 0.075 lbda/ft³ (1.2 kgda/m³) at a barometric pressure of 1 atm (101.3 kPa) and an air temperature of 70°F (21°C)
- Temperature difference between indoors and outdoors of 1.8°F (1°C)
- Gravity constant of 32.2 ft/s² (9.81 m/s²)
- Window discharge coefficient of 0.6

Table 6-9 Minimum Openable Areas: Two Vertically Spaced Openings ^a

$V_{bz}/A_z \leq$, (L/s)/m ²	$V_{bz}/A_z \leq$, cfm/ft ²	Total Openable Areas in Zone as a Percentage of A_z					
		$H_{vs} \leq 8.2 \text{ ft (2.5 m)}$		$8.2 \text{ ft (2.5m)} < H_{vs} \leq 16.4 \text{ ft (5 m)}$		$16.4 \text{ ft (5 m)} < H_{vs}$	
		$A_t/A_b \leq 0.5$	$A_t/A_b > 0.5$	$A_t/A_b \leq 0.5$	$A_t/A_b > 0.5$	$A_t/A_b \leq 0.5$	$A_t/A_b > 0.5$
1.0	0.2	2.0	1.3	1.3	0.8	0.9	0.6
2.0	0.4	4.0	2.6	2.5	1.6	1.8	1.2
3.0	0.6	6.0	3.9	3.8	2.5	2.7	1.7
4.0	0.8	8.0	5.2	5.0	3.3	3.6	2.3
5.5	1.1	11.0	7.1	6.9	4.5	4.9	3.2

where

V_{bz} = breathing zone outdoor airflow, per Section 6.2.1.1.

A_z = zone floor area, the net occupiable floor area of the ventilation zone

H_{vs} = vertical separation between the center of the top and bottom openings' free operable area; in case of multiple horizontally spaced pairs of openings, use shortest distance encountered










A_b = operable area of smallest opening (top or bottom); in case of multiple horizontally spaced pairs of top-and-bottom openings, use aggregated areas

A_t = operable area of largest opening (top or bottom); in case of multiple horizontally spaced pairs of top-and-bottom openings, use aggregated areas

a. Volumetric airflow rates used to estimate required operable area are based on the following:

- Dry-air density of 0.075 lbda/ft³ (1.2 kgda/m³) at a barometric pressure of 1 atm (101.3 kPa) and an air temperature of 70°F (21°C)
- Temperature difference between indoors and outdoors of 1.8°F (1°C)
- Gravity constant of 32.2 ft/s² (9.81 m/s²)
- Window discharge coefficient of 0.6

IAQ Procedure

<h2 style="text-align: center;">VRP</h2> <p style="text-align: center;">The prescriptive baseline.</p>	<h2 style="text-align: center;">IAQP</h2> <p style="text-align: center;">The performance powerhouse.</p>	<h2 style="text-align: center;">NVP</h2> <p style="text-align: center;">The architectural approach.</p>
<p> Mechanism: Dilution</p> <p> Energy Impact: High</p> <p> Best For: Standard spaces without unusual contaminant sources.</p>	<p> Mechanism: Dilution + Active Extraction</p> <p> Energy Impact: Optimized / Low</p> <p> Best For: Enhanced IAQ, heavily polluted outdoor environments, high energy-efficiency goals.</p>	<p> Mechanism: Wind / Thermal buoyancy</p> <p> Energy Impact: Zero</p> <p> Best For: Mild climates with pristine outdoor air quality.</p>



ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2022
(Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2019)
Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix E

Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings

See Appendix E for approval dates by ASHRAE and by the American National Standards Institute.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. Instructions for how to submit a change can be found on the ASHRAE® website (www.ashrae.org/continuous-maintenance).

The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2022 ASHRAE

ISSN 1041-2336



PDF includes hyperlinks for convenient navigation. Click on a reference to a section, table, figure, or equation to jump to its location. Return to the previous page via the bookmark menu.



ANSI/ASHRAE Standard 62.2 คือ

มาตรฐานสากลที่กำหนดการระบายอากาศและคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ในอาคารที่พักอาศัย

- มาตรฐานนี้กำหนดบทบาทและข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับระบบระบายอากาศ ทั้งแบบเชิงกลและธรรมชาติ รวมถึงเปลือกอาคาร เพื่อให้มั่นใจว่าคุณภาพอากาศภายในอาคาร อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับผู้พักอาศัย
- ใช้กับ (Dwelling Units) อาคารที่เป็นที่พักอาศัยซึ่งมีผู้พักอาศัยแบบไม่ชั่วคราวหรือผู้พักอาศัยระยะยาว (Non-transient)
- มาตรฐานอธิบายวิธีสร้าง IAQ ที่ดีผ่าน 3 มาตรการหลักได้แก่
 - Dwelling-unit ventilation เพื่อเจือจางมลพิษที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จากคน วัสดุ และกิจกรรมพื้นฐาน
 - Local mechanical exhaust เพื่อกำจัดมลพิษและความชื้นจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ห้องครัวและห้องน้ำ
 - Source control ลดปริมาณสารปนเปื้อนตั้งแต่ต้นทาง

Table 4-1b (SI) Ventilation Air Requirements, L/s

Floor Area, m ²	Bedrooms				
	1	2	3	4	5
<47	14	18	21	25	28
47 to 93	21	24	28	31	35
94 to 139	28	31	35	38	42
140 to 186	35	38	42	45	49
187 to 232	42	45	49	52	56
233 to 279	49	52	56	59	63
280 to 325	56	59	63	66	70
326 to 372	63	66	70	73	77
373 to 418	70	73	77	80	84
419 to 465	77	80	84	87	91

NL = normalized leakage

wsf = weather and shielding factor from Normative Appendix B

A_{floor} = floor area, ft²

$$Q_{in}(L/s) = \frac{NL \times wsf \times A_{floor}}{1.44} \quad (4-7b)$$

where

NL = normalized leakage

wsf = weather and shielding factor from Normative Appendix B

A_{floor} = floor area, m²



Table 5-1 Demand Controlled Local Exhaust Airflow Rates

Application	Airflow
Enclosed kitchen	<ul style="list-style-type: none"> Vented range hood (including appliance-range hood combinations): 100 cfm (50 L/s) Other kitchen exhaust fans, including downdraft: 300 cfm (150 L/s) or a capacity of 5 ach
Nonenclosed kitchen	<ul style="list-style-type: none"> Vented range hood (including appliance-range hood combinations): 100 cfm (50 L/s) Other kitchen exhaust fans, including downdraft: 300 cfm (150 L/s)
Bathroom	50 cfm (25 L/s)

Table 5-2 Continuous Local Exhaust Airflow Rates

Application	Airflow
Enclosed kitchen	5 ach, based on kitchen volume
Bathroom	20 cfm (10 L/s)

Table 5-3 Prescriptive Duct Sizing

Fan Airflow Rating, CFM at minimum static pressure of 0.25 in. of water (L/s at minimum 62.5 Pa)	≤50 (25)	≤80 (40)	≤100 (50)	≤125 (60)	≤150 (70)	≤175 (85)	≤200 (95)	≤250 (120)	≤350 (165)	≤400 (190)	≤450 (210)	≤700 (330)	≤800 (380)
	Minimum Duct Diameter, in. (mm) ^{a,b}												
Rigid duct	4 ^c (100)	5 (125)	5 (125)	6 (150)	6 (150)	7 (180)	7 (180)	8 (205)	9 (230)	10 (255)	10 (255)	12 (305)	12 ^d (305)
Flex duct ^c	4 (100)	5 (125)	6 (150)	6 (150)	7 (180)	7 (180)	8 (205)	8 (205)	9 (230)	10 (255)	NP	NP	NP

a. For noncircular ducts, calculate the diameter as four times the cross-sectional area divided by the perimeter.

b. NP = application of the prescriptive table is not permitted for this scenario.

c. Use of this table for verification of flex duct systems requires flex duct to be fully extended and any flex duct elbows to have a minimum bend radius to duct diameter ratio of 1.0.

d. For this scenario, use of elbows is not permitted.

e. For this scenario, 4 in. (100 mm) oval duct shall be permitted, provided the minor axis of the oval is greater than or equal to 3 in. (75 mm).



Enhanced Indoor Air Quality in Commercial and Institutional Buildings

Approved by ASHRAE on November 30, 2023.

This Guideline is under continuous maintenance by a Standing Guideline Project Committee (SGPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Guideline. Instructions for how to submit a change can be found on the ASHRAE® website (www.ashrae.org/continuous-maintenance).

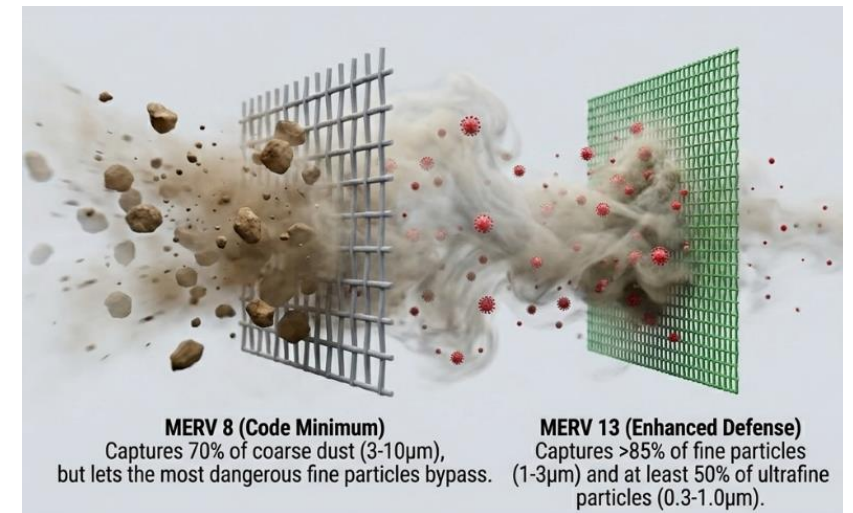
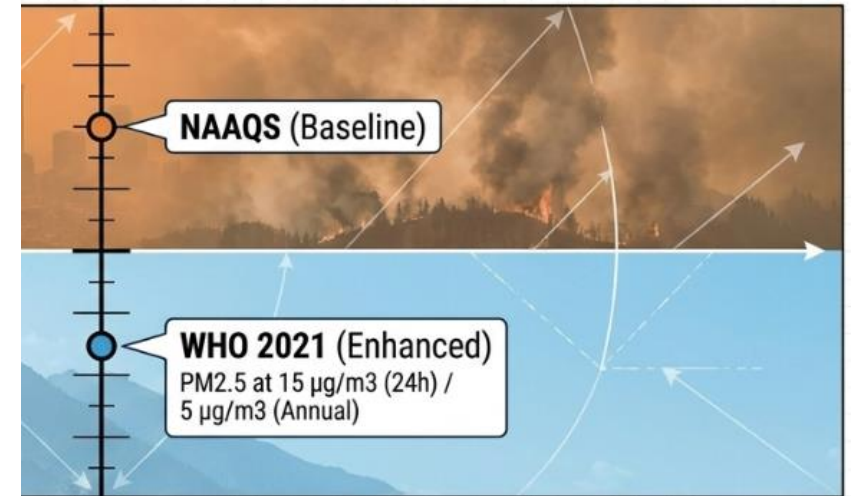
The latest edition of an ASHRAE Guideline may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2023 ASHRAE ISSN 1049-894X



PDF includes hyperlinks for convenient navigation. Click on a reference to a section, table, figure, or equation to jump to its location. Return to the previous page via the bookmark menu.

แนวทางปฏิบัติที่เน้นการยกระดับคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับอาคารพาณิชย์และสถาบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอมาตรการที่เหนือกว่าข้อกำหนดขั้นต่ำ คือมาตรฐาน **Standard 62.1** เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมสุขภาพและลดความเสี่ยงจากการเจ็บป่วยของผู้ใช้งานอาคาร



หัวข้อเปรียบเทียบ	ANSI/ASHRAE Standard 62.1	ASHRAE Guideline 42-2023
วัตถุประสงค์	มาตรฐานขั้นต่ำเพื่อใช้กำหนดอัตราการระบายอากาศของอาคาร	แนวทางปฏิบัติที่ดีเพื่อยกระดับคุณภาพอากาศ ให้เหนือกว่าขั้นต่ำ
การกรองอากาศ	กำหนดขั้นต่ำที่ MERV 8	แนะนำที่ MERV 13 หรือสูงกว่า เพื่อดักจับอนุภาคขนาดเล็กได้ดีขึ้น
การควบคุมความชื้น	รักษาจุดน้ำค้างในอาคาร ไม่เกิน 15°C	แนะนำเป้าหมายที่ 13°C เพื่อความสบายและป้องกันเชื้อราได้ดีกว่า
คว้นบุหรี	อนุญาตให้มีพื้นที่สูบบุหรี่ได้ หากมีการแยกส่วนและควบคุมความดันตามเกณฑ์	กำจัดการสูบบุหรี่ทั้งหมด ทั้งภายในและบริเวณใกล้เคียงตัวอาคาร
ช่องนำอากาศเข้า	กำหนดระยะห่างขั้นต่ำจากแหล่งมลพิษ	แนะนำระยะที่ไกลกว่าขั้นต่ำ และควรอยู่สูงจากพื้นอย่างน้อย 3 เมตร
VRP Procedure	กำหนดอัตราการภายนอกขั้นต่ำตามประเภทการใช้งานพื้นที่	แนะนำให้เพิ่มอัตราการขึ้น (เช่น 30%) เพื่อเพิ่มการเจือจางมลพิษ
IAQP Procedure	อนุญาตให้ใช้เพื่อคำนวณลดปริมาณลมภายนอกได้	ให้รายละเอียดเชิงลึกในการคำนวณและเน้นการใช้เทคโนโลยีที่ผ่านการรับรองเพื่อให้ได้ IAQ ที่สูงขึ้น
การบำรุงรักษา	มีข้อกำหนดการบำรุงรักษาขั้นพื้นฐาน	เน้นแผนการบำรุงรักษาเชิงรุก Proactive และการใช้ระบบ CMMS เพื่อบันทึกประวัติอย่างละเอียด

Thermal Comfort

Inputs

Select method: PMV method

Operative temperature: 24 °C

Air speed: 0.025 m/s No local control

Relative humidity: 50 % Relative humidity

Metabolic rate: 1.1 met Typing: 1.1

Clothing level: 0.61 clo Trousers, long-sleeve shirt

Create custom ensemble

Dynamic predictive clothing

Solar gain on occupants

Set pressure SI/IP

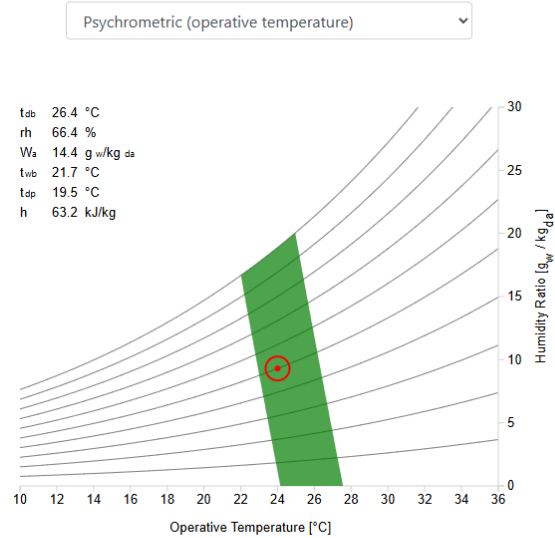
Local discomfort

Reset Save Reload Share

Documentation

✓ Complies with ASHRAE Standard 55-2023

PMV = -0.19 PPD = 6 %
Sensation = Neutral SET = 24.0 °C
Relative air speed = 0.06 m/s



NOTE: In this psychrometric chart the abscissa is the operative temperature and for each point dry-bulb temperature equals mean radiant temperature (DBT = MRT). The comfort zone represents the combination of conditions with the same DBT and MRT for which the PMV is between -0.5 and +0.5, according to the standard.

Limits of Applicability: This standard is only applicable to healthy individuals. This standard does not apply to occupants: a) whose clothing insulation exceed 1.5 clo; b) whose clothing is highly impermeable; or c) who are sleeping, reclining in contact with bedding, or able to adjust blankets or bedding.

The CBE comfort tools automatically calculates the relative air speed and the dynamic clothing insulation .

1. Environmental Factors

- Air Temperature
- Humidity
- Air Velocity/Air Movement
- Radiant Temperature

2. Personal Factors

- Metabolic Rate
- Clothing Insulation

3. Others

- Occupant Control
- Space Layout

Mold

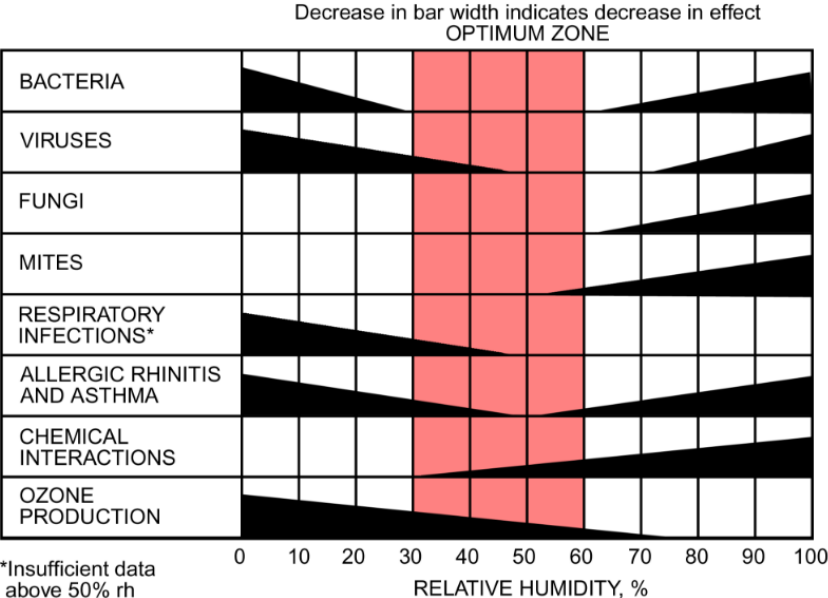
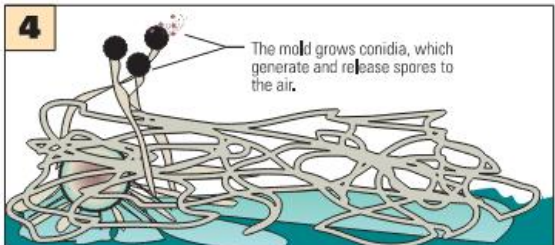
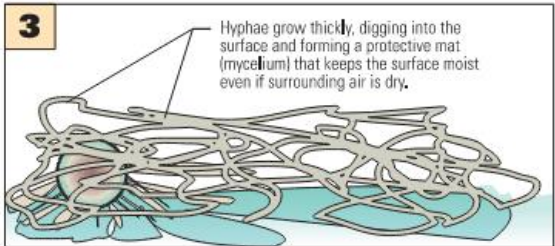
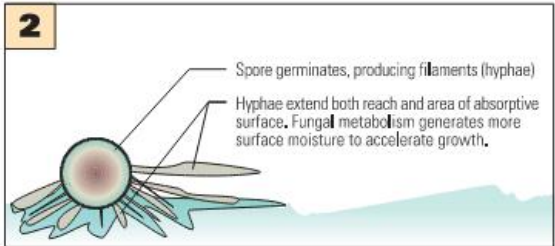
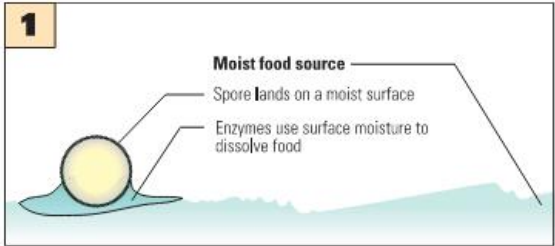


Fig. 1 Optimum Humidity Range for Human Comfort and Health
(Adapted from Sterling et al. 1985)



Ventilating Dehumidification Load In Tampa, FL • Peak Dew Point vs. Peak Dry Bulb

Drying ventilation air to a 50°F dew point, to maintain a 55°F dew point in the space
 [Drying ventilation air to a 10°C dew point, to maintain a 12.8°C dew point in the space]

Load per 472 l/s

145.5 kg/h

31% higher load at the peak dew point [cite: 1].

100 kg/h

Load @
dew point
design

Load @
dry bulb
design

*Insufficient data above 16.2 g/kg humidity. [cite: 1]

0.4% Dew Point:
Occurs at moderate temperature,
and in absolute terms is a far higher
humidity level than what occurs at
the peak dry bulb temperature. [cite: 1]

0.4% Dry Bulb:
Occurs at a much lower
absolute humidity. [cite: 1]

-1.1°C

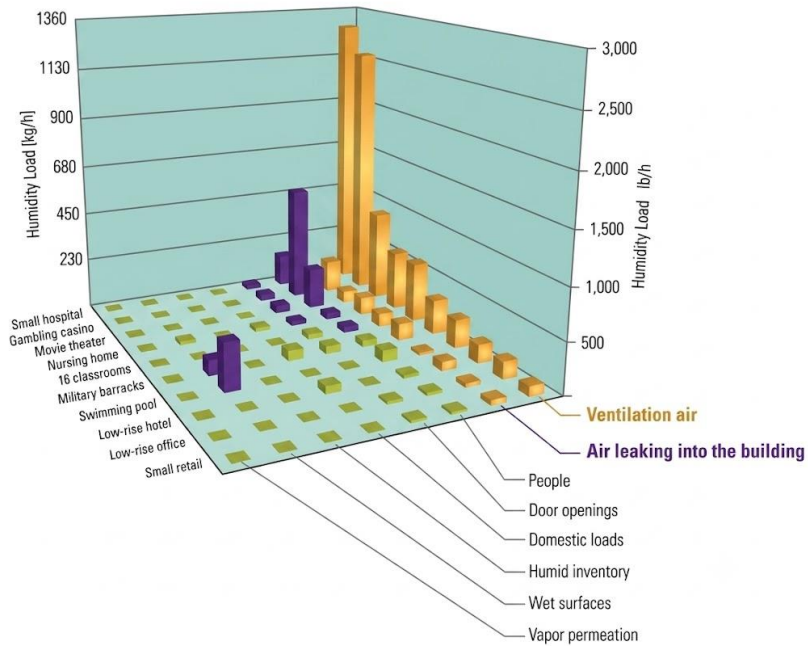
Dry Bulb Temperature

37.8°C

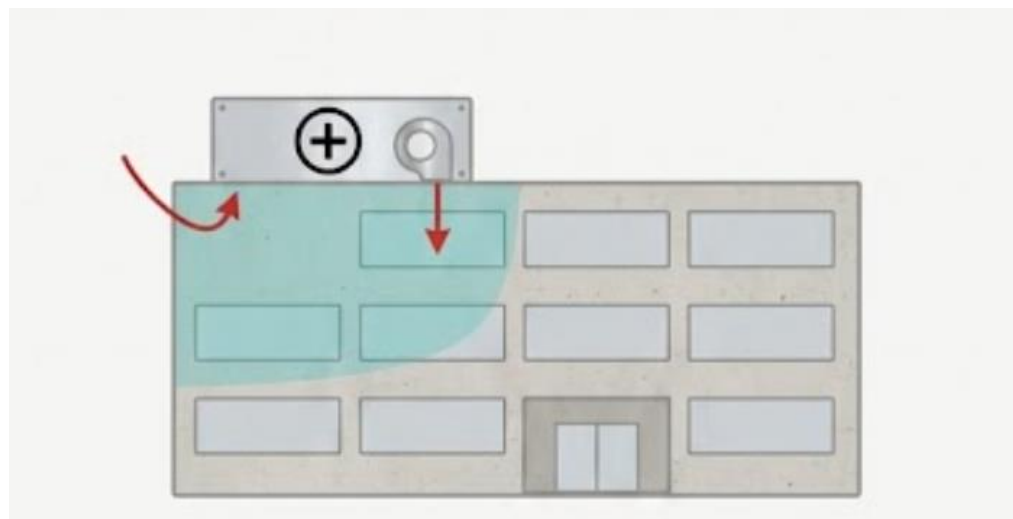
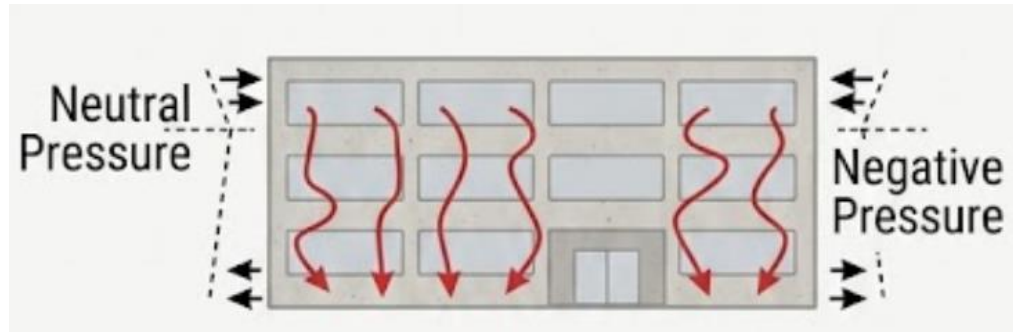
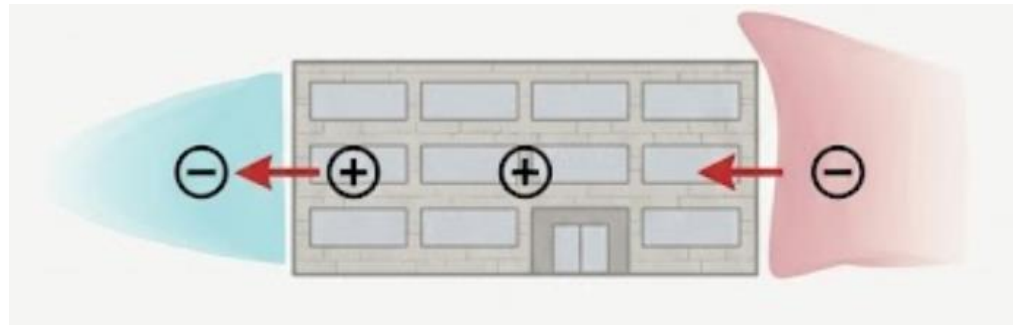
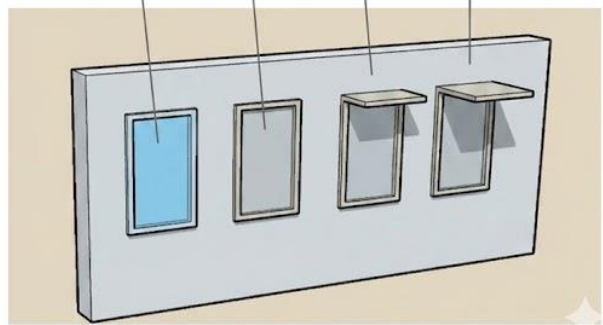
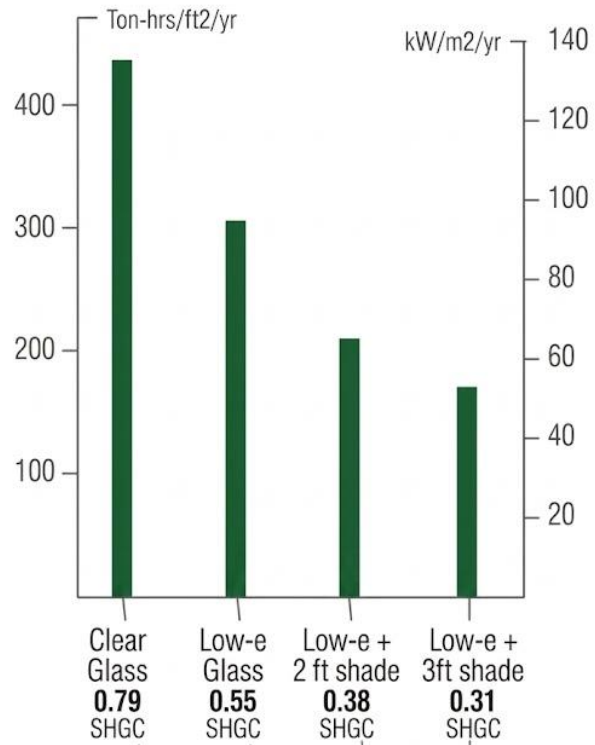
21 g/kg

Humidity Ratio

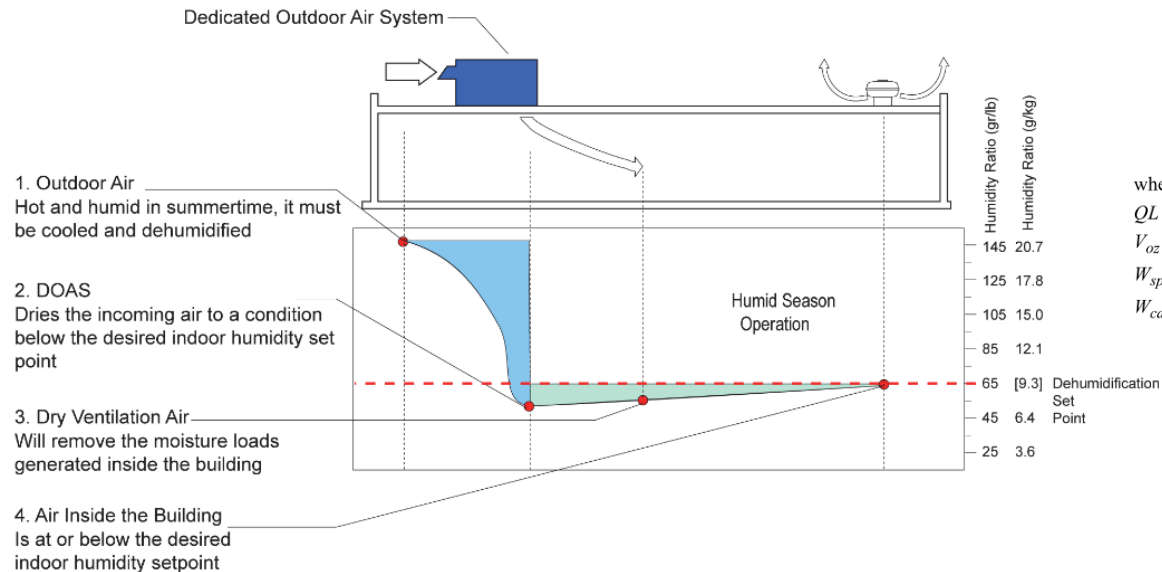
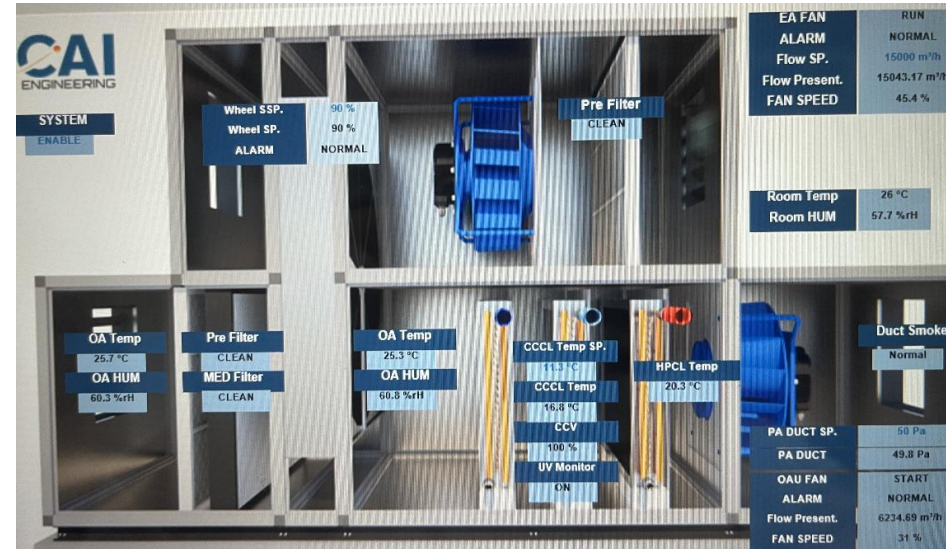
0 g/kg



Annual Cooling Load - South Windows



Dedicated Outdoor Air System (DOAS)



$$QL = 0.69 \times V_{oz} \times (W_{space} - W_{ca}) \quad \text{I-P}$$

$$QL = 3.0 \times V_{oz} \times (W_{space} - W_{ca}) \quad \text{SI}$$

where

QL = latent load in the space, Btu/h (W)

V_{oz} = zone outdoor airflow, cfm (L/s)

W_{space} = maximum limit for the humidity ratio in the space, gr/lb (g/kg)

W_{ca} = required humidity ratio of the conditioned outdoor air, gr/lb (g/kg)

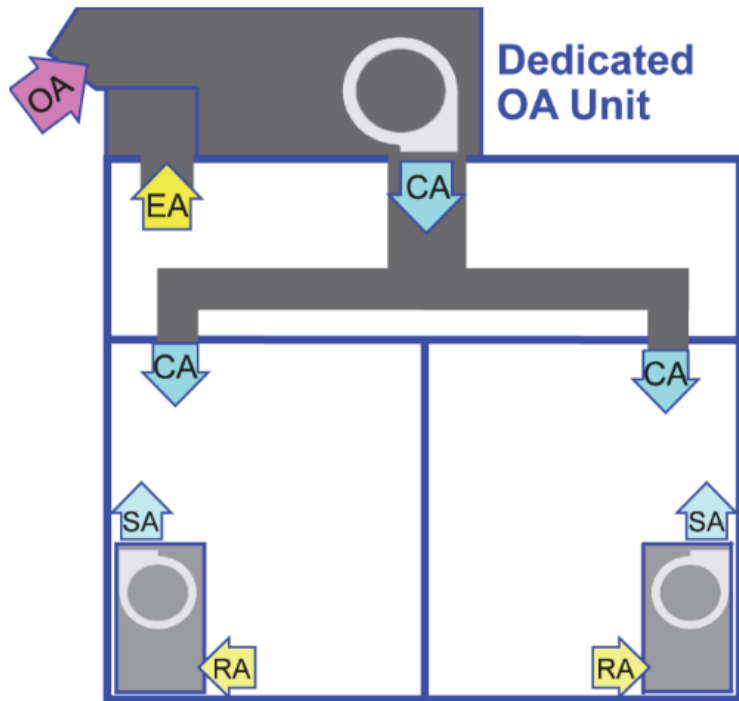


Figure 3.2 Direct to zone—local units.

OA = outdoor air CA = conditioned outdoor air RA = recirculated air
 EA = exhaust air SA = conditioned supply air
 Mumma et al. (2013)

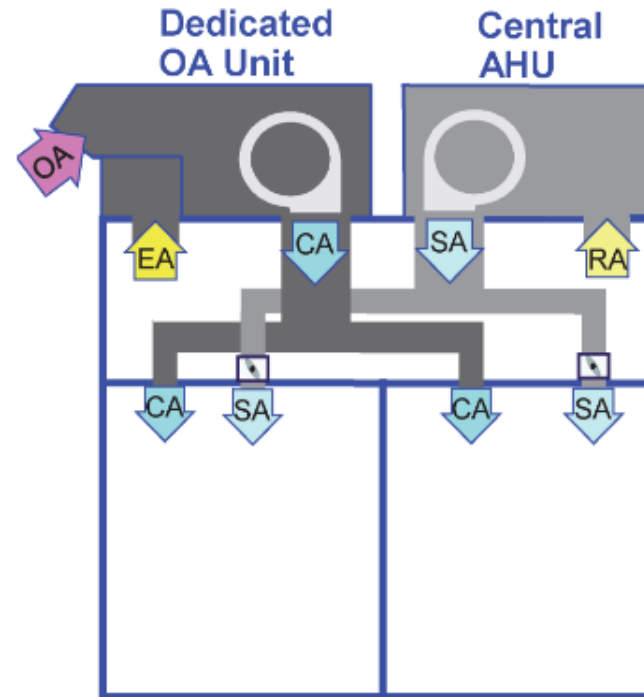


Figure 3.3 Direct to zone—central AHU.

OA = outdoor air CA = conditioned outdoor air RA = recirculated air
 EA = exhaust air SA = conditioned supply air
 Mumma et al. (2013)

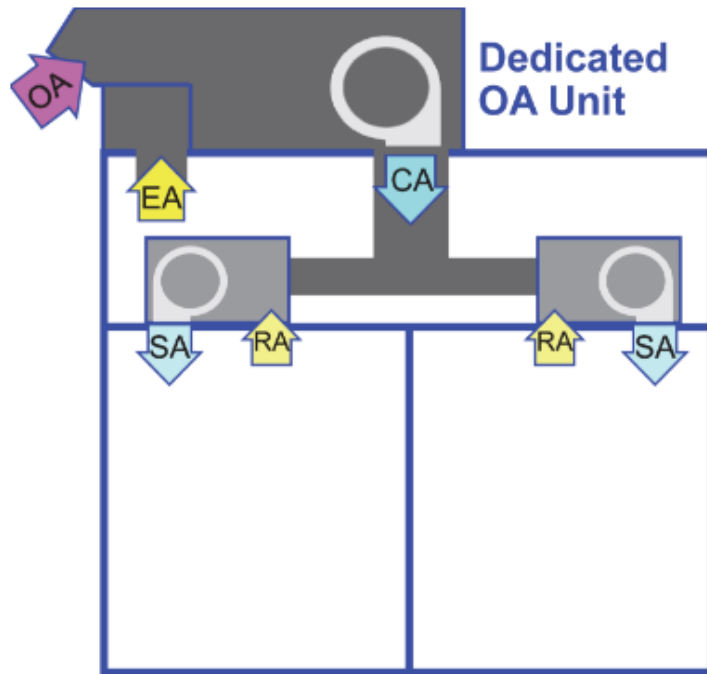


Figure 3.4 Air supplied to intake of local units.

OA = outdoor air CA = conditioned outdoor air RA = recirculated air
 EA = exhaust air SA = conditioned supply air

Mumma et al. (2013)

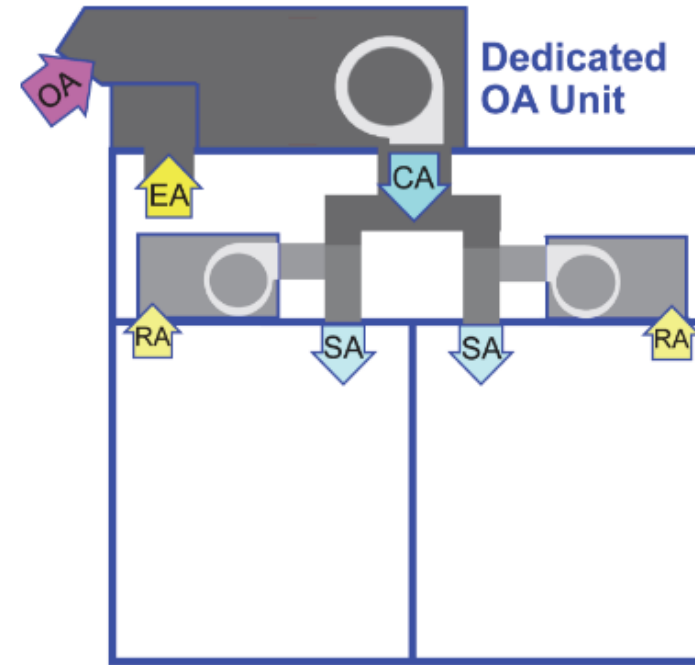


Figure 3.5 Air supplied to supply side of local units.

OA = outdoor air CA = conditioned outdoor air RA = recirculated air
 EA = exhaust air SA = conditioned supply air

Mumma et al. 2013

Compute WAHX Performance

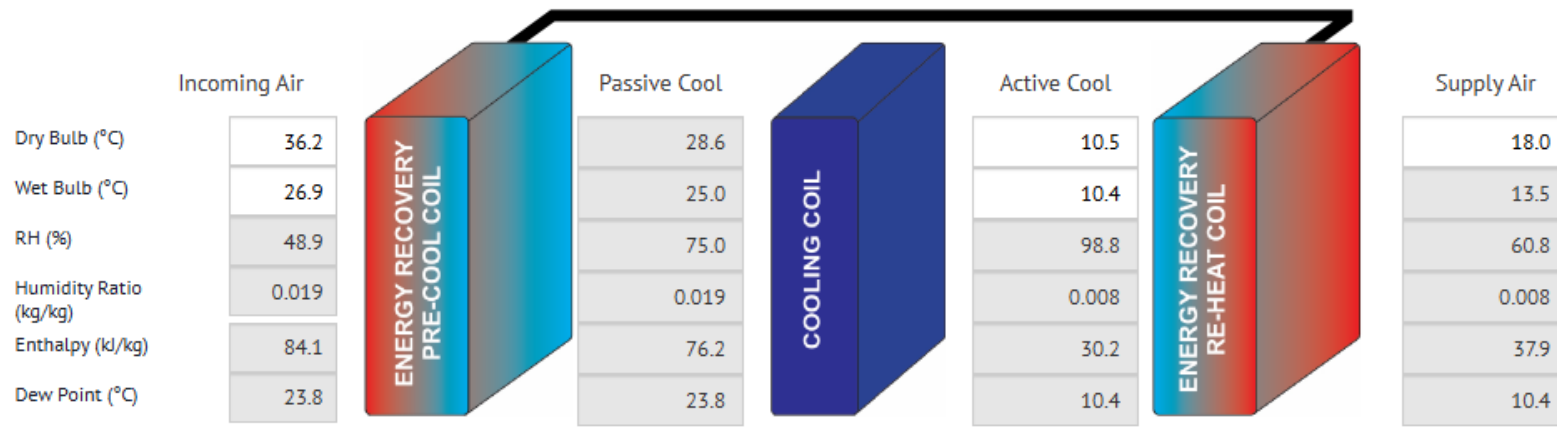
Units

°F °C

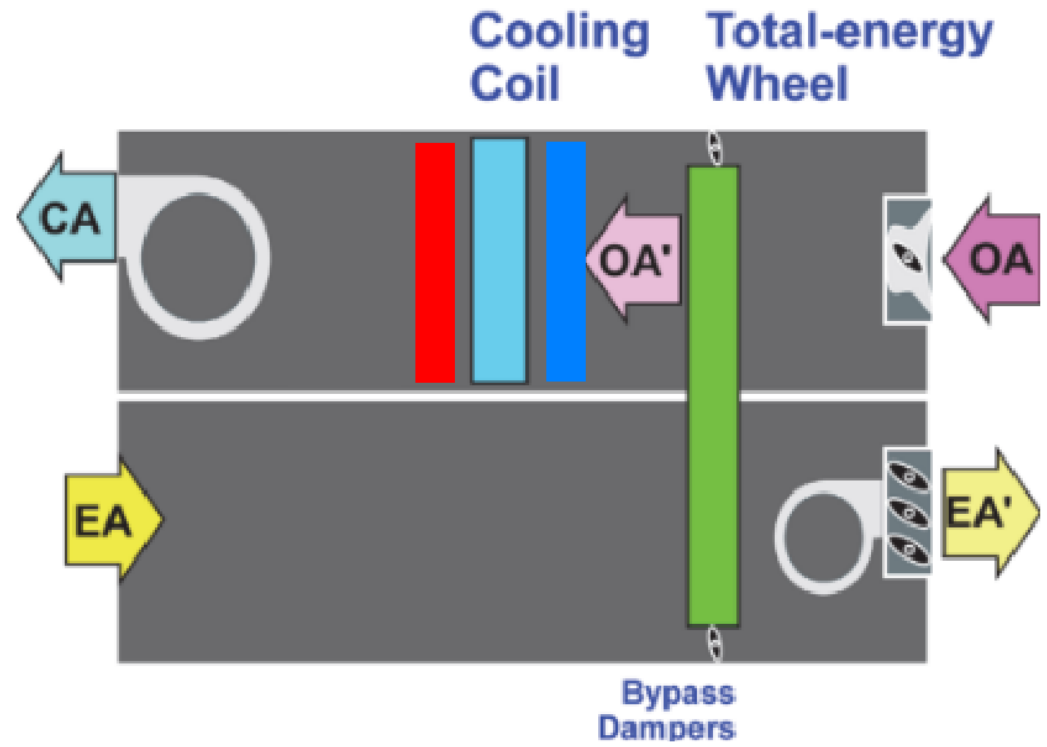
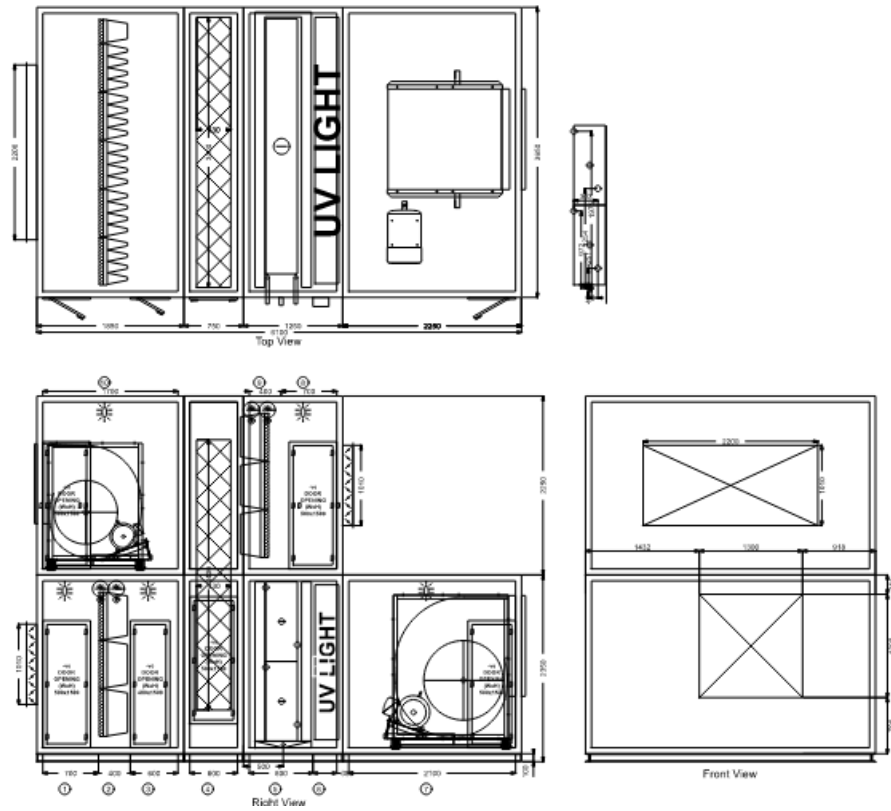
Air Flow m³/s

Effectiveness %

Total Pressure Drop Pa

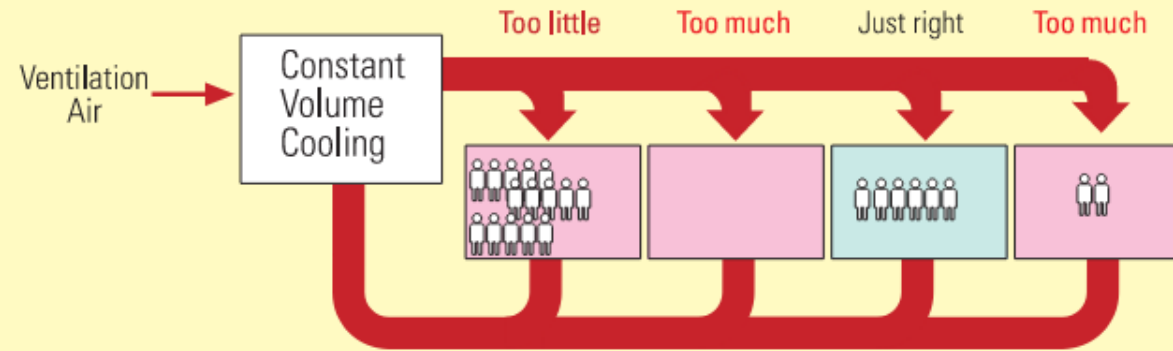


Pre Cool Coil			Active Cooling Coil				Re Heat Coil		
Total Energy	-42.3	kW	WAHX		w/o WAHX		Total Energy	42.3	kW
Sensible Energy	-42.3	kW	Total Energy	-254.6	-296.9	kW	Sensible Energy	42.3	kW
Latent Energy	0.0	kW	Difference	12.0	Tons		Latent Energy	0.0	kW
Moisture Difference	0.0	kg/hr	Sensible Energy	-107.6	-149.9	kW	Moisture Difference	0.0	kg/hr
SHR	1.000		Latent Energy	-147.0	-147.0	kW	SHR	1.000	
			Moisture Difference	215.9	215.9	kg/hr			
			SHR	0.423	0.505				



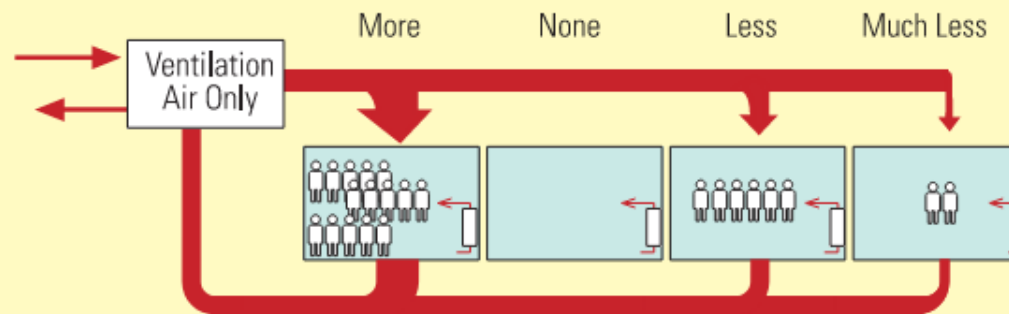
Combined Cooling and **Constant Volume Ventilation**

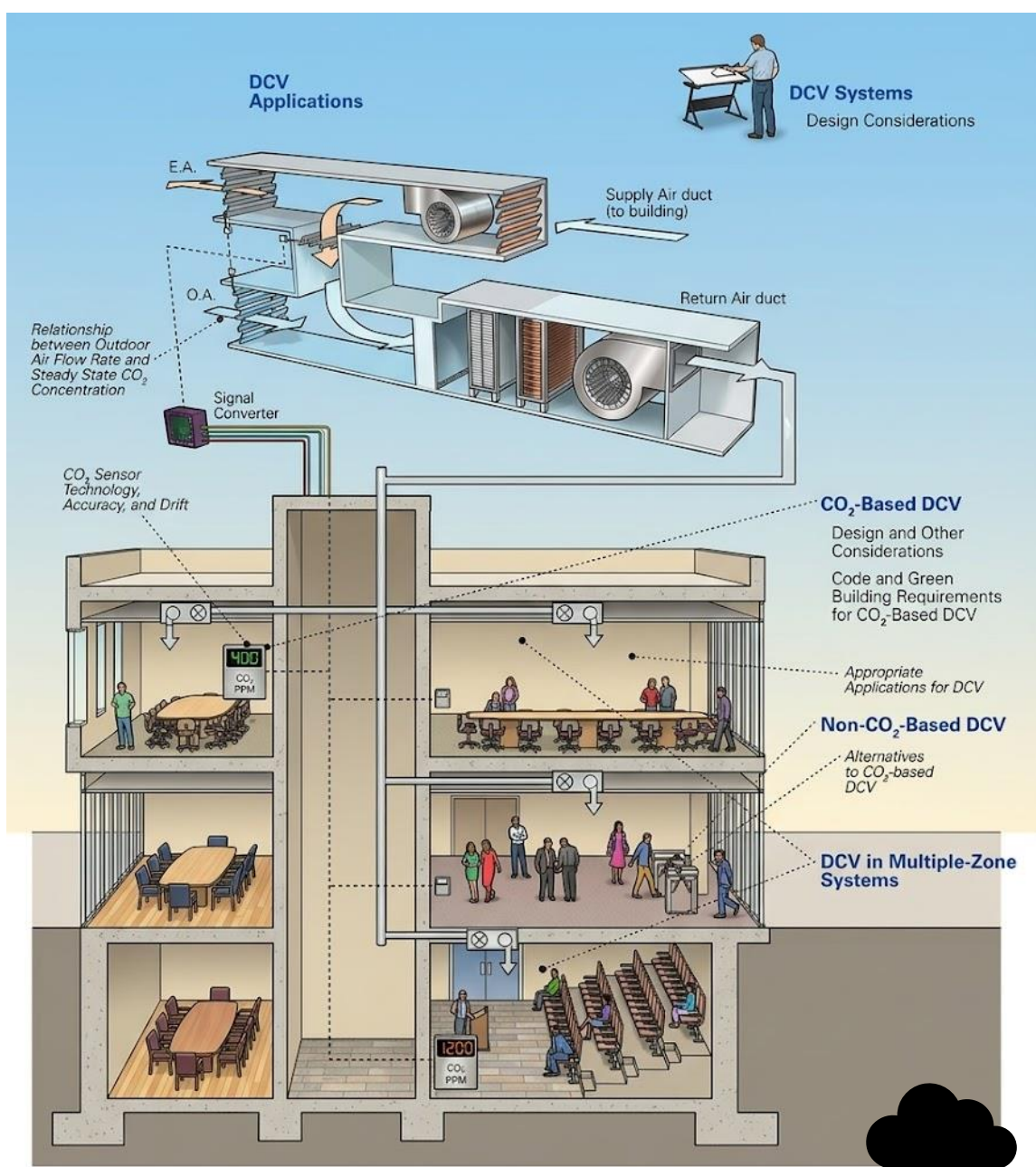
- Poor match of ventilation to occupancy
- High operational costs



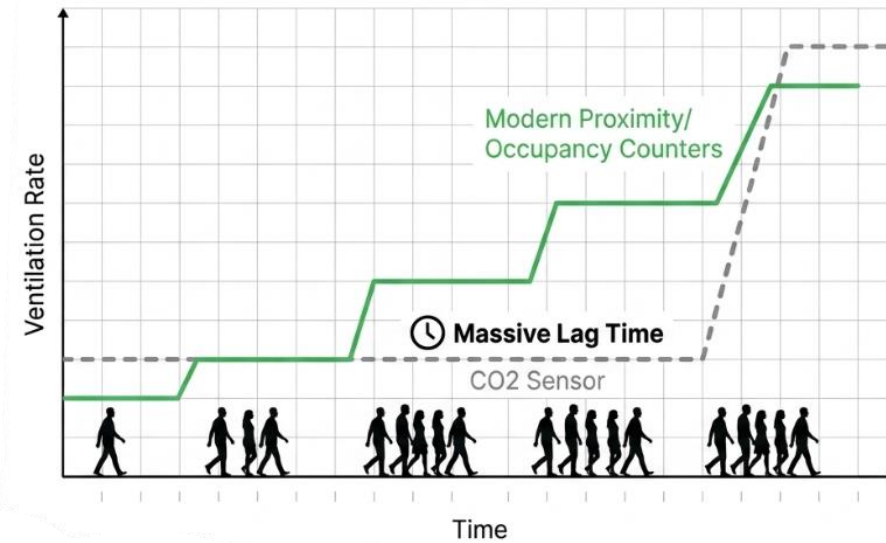
Dedicated Duct Work with **Variable-Volume Ventilation**

- Excellent match of ventilation to occupancy
- Lower operational costs





The reality of Demand-Controlled Ventilation (DCV).

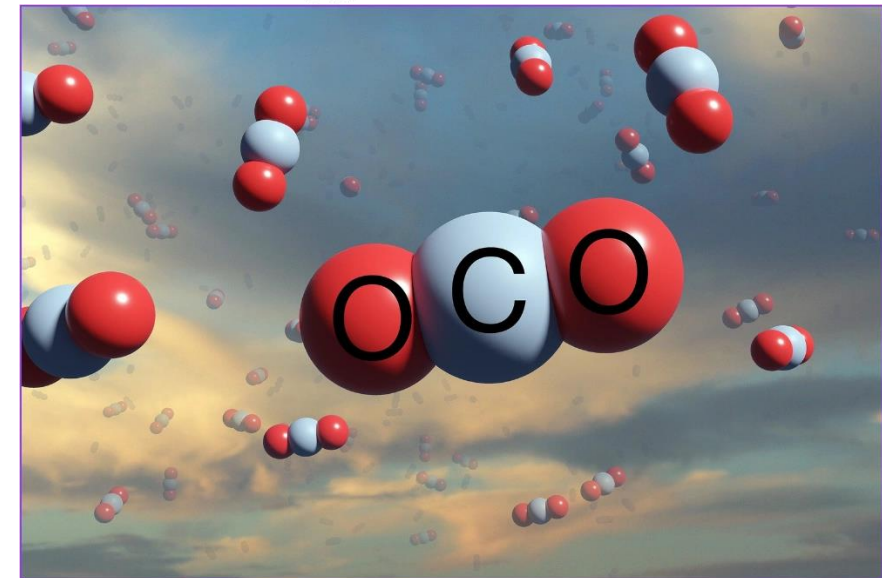


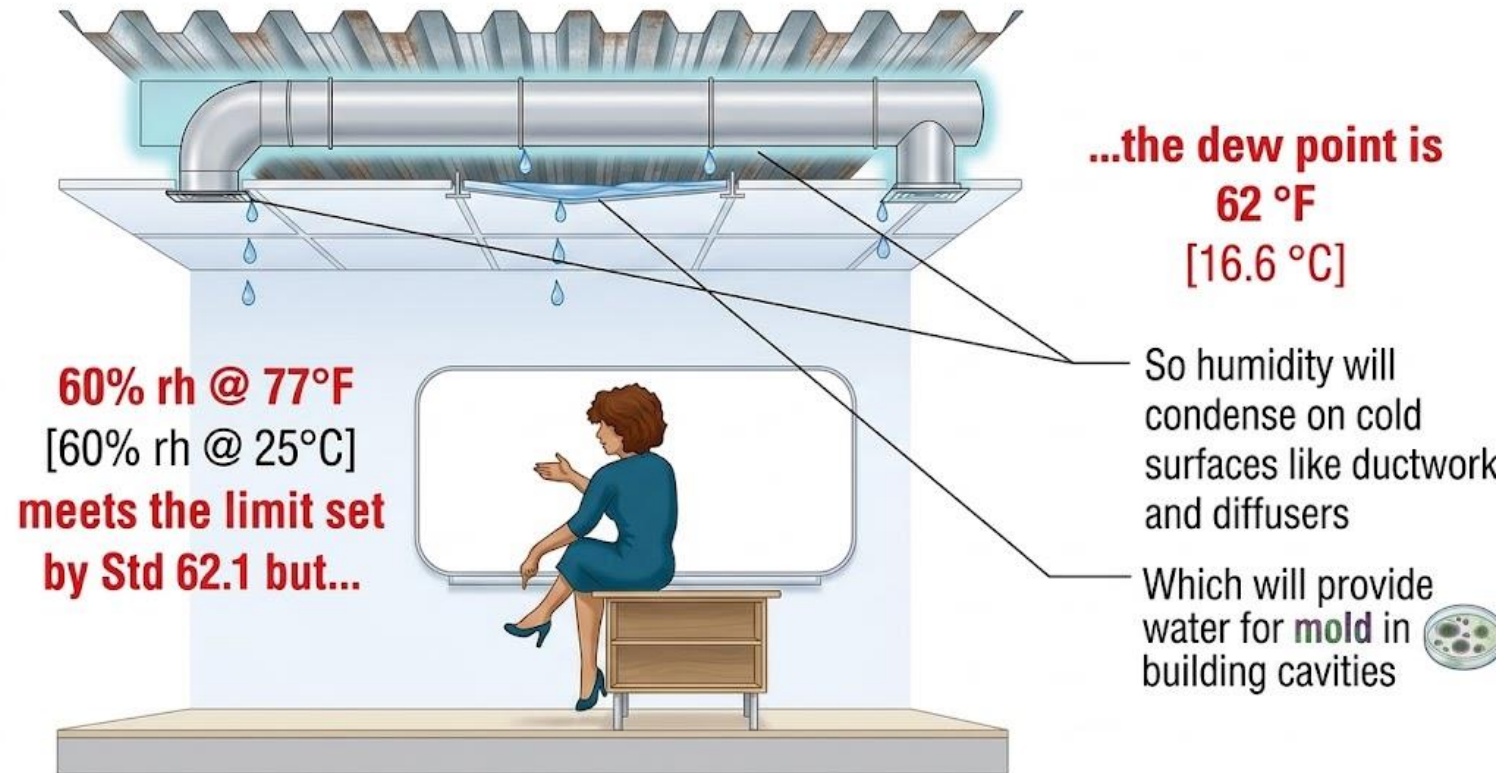
The CO₂ Trap:

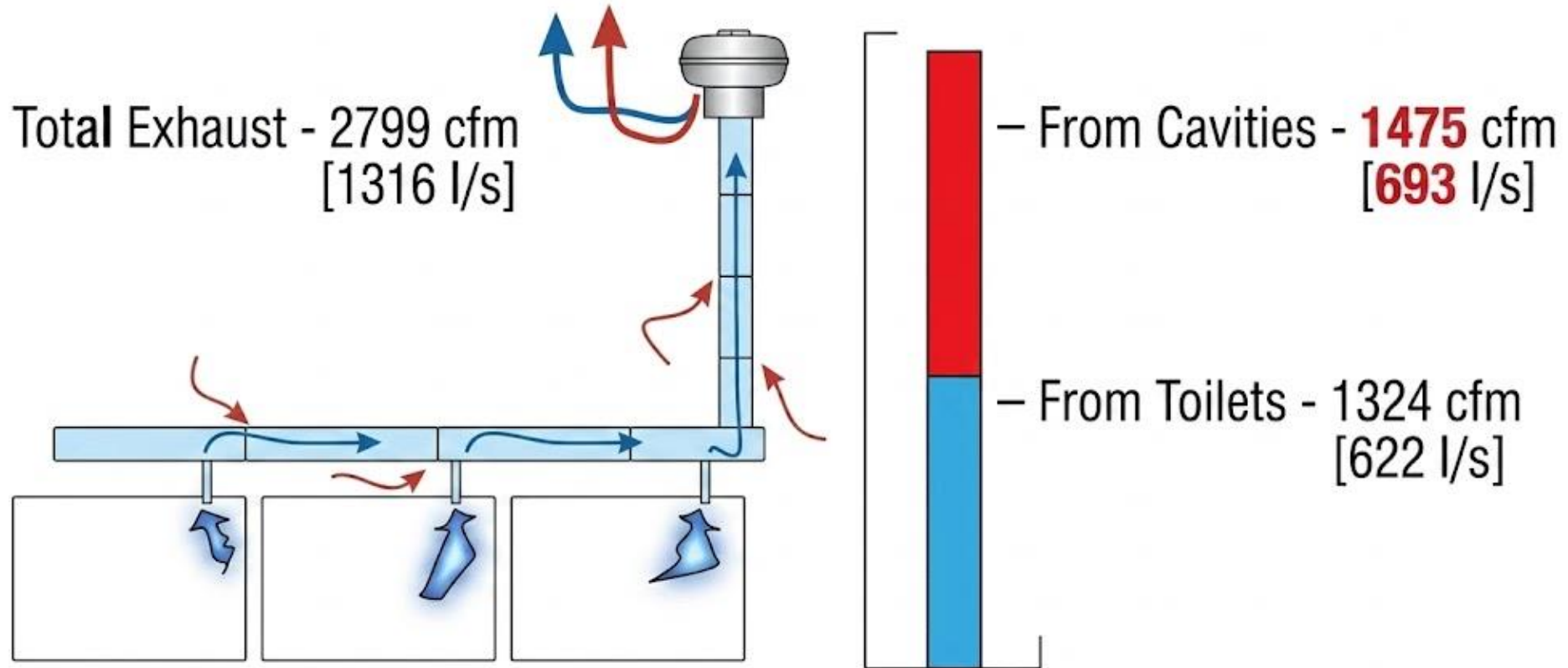
- CO₂ sensors have massive lag times.
- Waiting until a room hits a specific ppm target results in under-ventilating during the buildup, and over-ventilating after people leave.

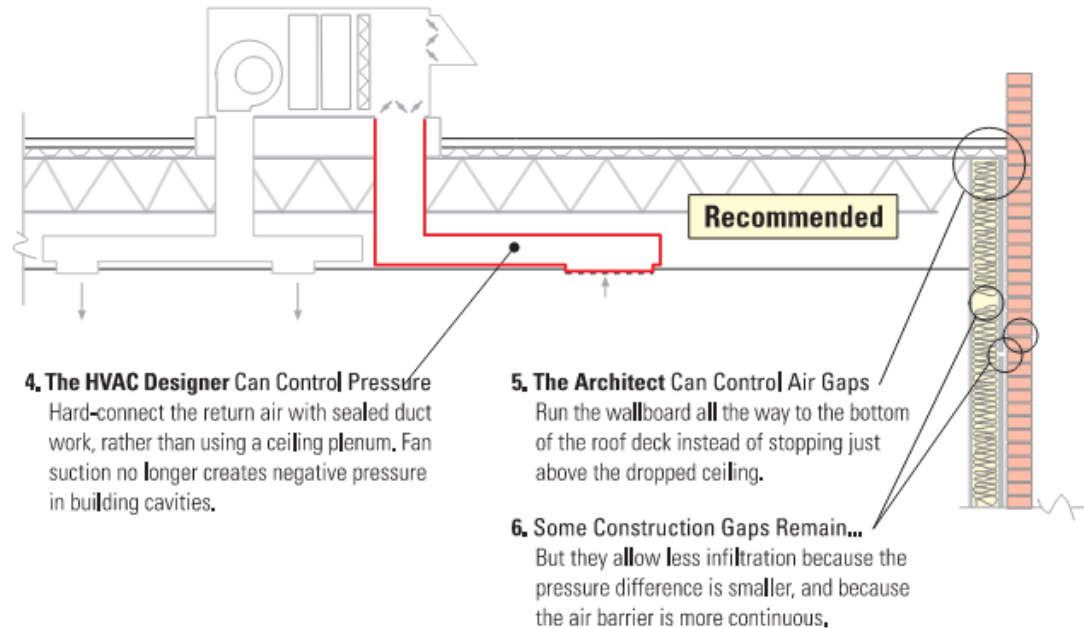
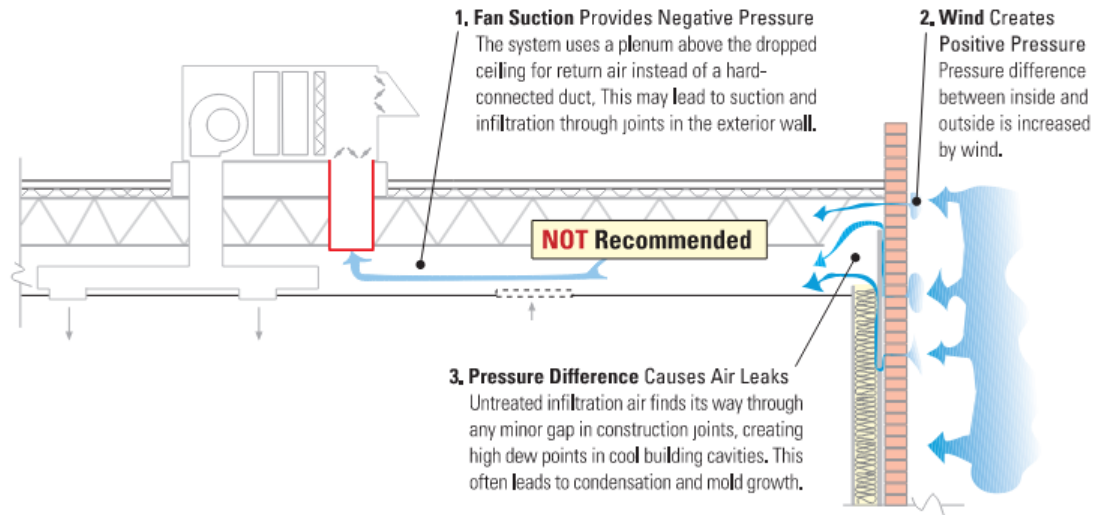
The Enhanced Solution:

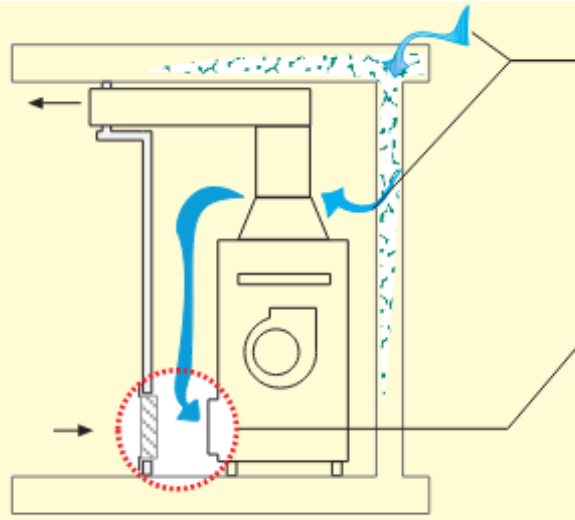
- Combine CO₂ limits with modern proximity sensing, point-of-sale data, or ID badge counters to instantly increment the exact ventilation rate per person.











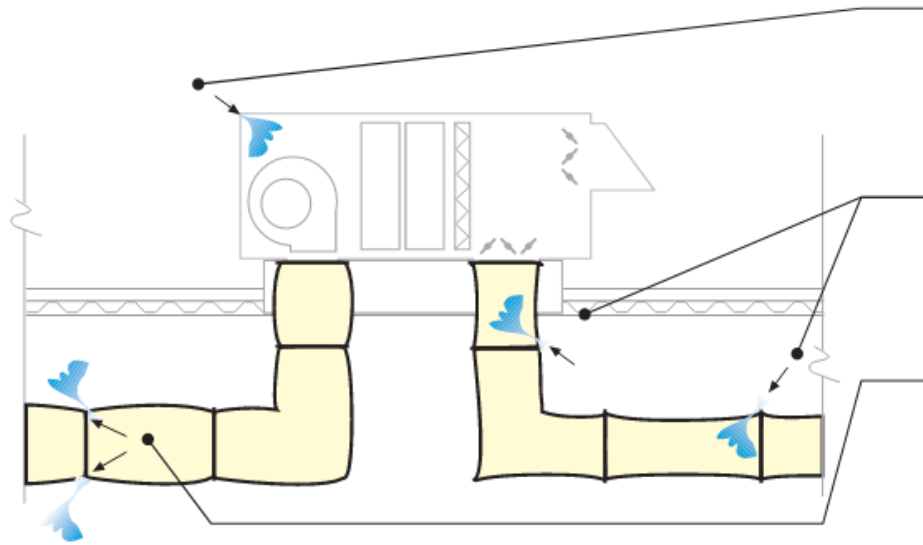
Beware of Accidental Suction ...

All walls leak air. The rate of leakage depends on the pressure difference across the wall. Leaks on the return (suction) side of the HVAC equipment create negative pressure in building cavities. This increases infiltration, which causes condensation and building damage.

... Caused by Incomplete Return Air Connections

This unit pulls air from the room—but also pulls air from building cavities, increasing infiltration from outside. Hard-connecting and sealing the return grill to the unit's inlet with ductwork avoids wall suction, reducing condensation and mold growth in the walls.





1. Eliminate Air Handler Leaks

Most commercial-grade air handlers leak a great deal of air. Seal open seams with tape and mastic, and make sure all access panels are gasketed, with all screws in place.

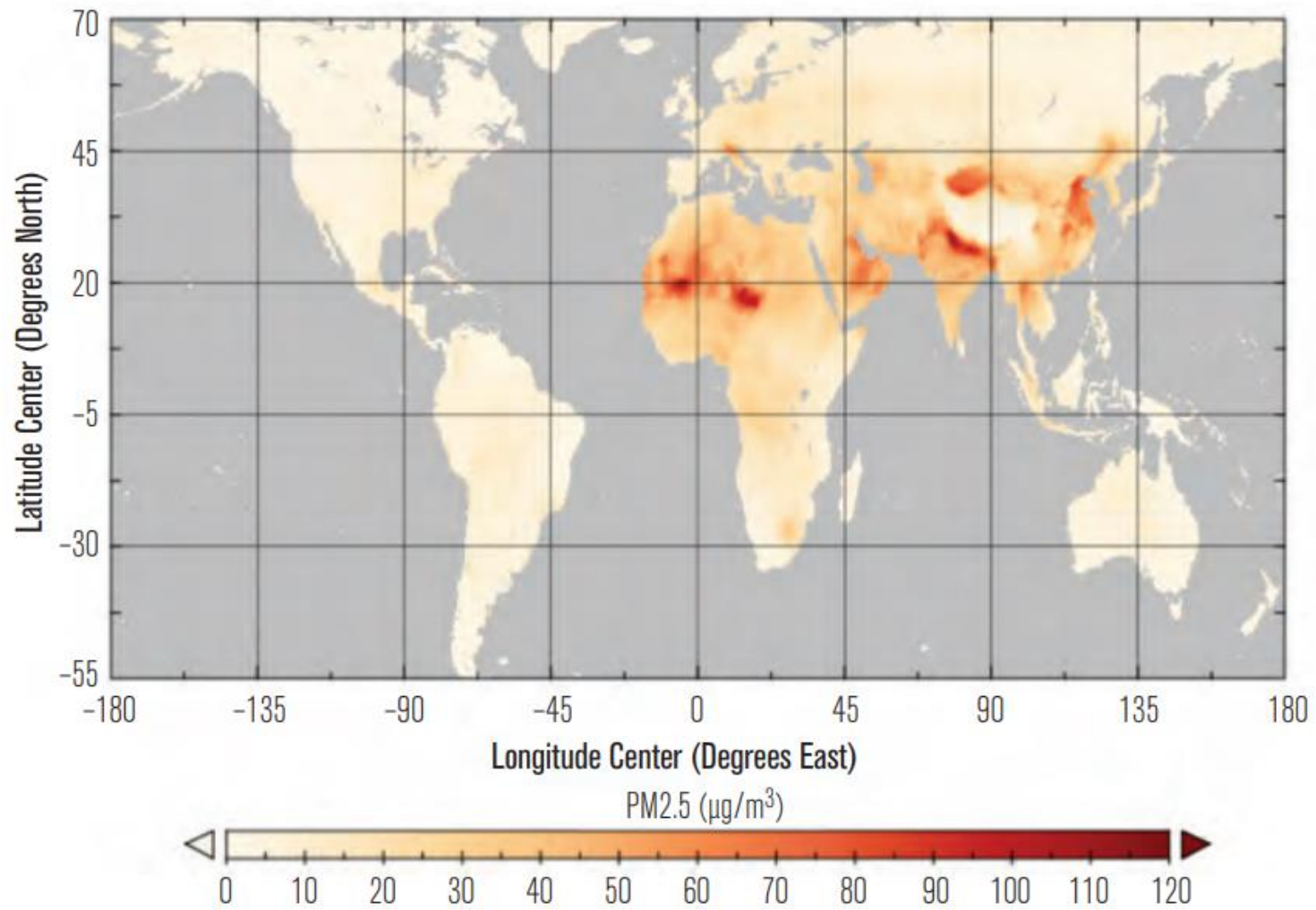
2. Seal Return Ducts

If return ductwork leaks, it creates low pressure in building cavities, which sucks untreated air into the wall from the outdoors. Sealing return duct work helps avoid condensation from untreated air in these cavities.

3. Seal Supply Ducts

When supply ductwork leaks in summer, cold air leaks into building cavities, cooling surfaces, which condense moisture. In winter, warm supply air carries moisture into cold building cavities, where it condenses once again. Sealing supply air ducts prevents these problems.





FILTER CLASS COMPARISON CHART														
ISO16890				EN779				EN1822		ASHRAE 52.2				
Em	Em	Ei	Ea	EN Class	Am	Em	Emin	EN Class	Ei	Merv	Em			
ePM1	ePM2,5	ePM10	Coarse		Syntethic Dust	0,4 µm	0,4 µm		0.08 – 0.15 µm		0.3-1.0	1.0-3.0	3.0-10.0	
0.3-1.0 µm	0.3-2.5 µm	0.3-10 µm	ISO Dust											
			<50%	G1	50%-65%						1			< 20%
				G2	65%-80%							2		
			≥50%	G3	80%-90%						3			< 20%
				G4	90% ≤							4		
		50%		M5		40%-60%					5			< 20%
	50%	70%		M6		60%-80%					6			35% ≤
50%	65%	80%		F7		80%-95%	35% ≤				7			50% ≤
70%	80%	80%		F8		90%-95%	55% ≤				8		20% ≤	70% ≤
80%				F9		95% ≤	70% ≤				9		35% ≤	75% ≤
											10		60% ≤	80% ≤
											11	20% ≤	65% ≤	85% ≤
											12	55% ≤	80% ≤	90% ≤
											13	50% ≤	85% ≤	95% ≤
											14	75% ≤	90% ≤	95% ≤
											15	85% ≤	90% ≤	95% ≤
											16	85% ≤	85% ≤	95% ≤
E: Efficiency Em: Average Efficiency Ei: Initial Efficiency Ed : Discharge Efficiency Em = (Ei+Ed)/2 Ea: Arrestance Efficiency				Am: Average Arrestance Emin: Minimum Efficiency				E10 85% ≤ E11 95% ≤ E12 99,5% ≤ H13 99,95% ≤ H14 99,995% ≤ U16 99,9995% ≤ U16 99,99995% ≤ U17 99,999995% ≤		MERV Minimum Efficiency Reporting Value Em: Average Particle Size Efficiency EPA Efficiency Particulate Air HEPA High-Efficiency Particulate Air ULPA Ultra-Low Penetration Air				

FIGURE 3 Ventilation air filtration levels (MERV) needed to reduce entering outdoor PM_{2.5} concentrations to U.S. NAAQS maximum level of 12 µg/m³.

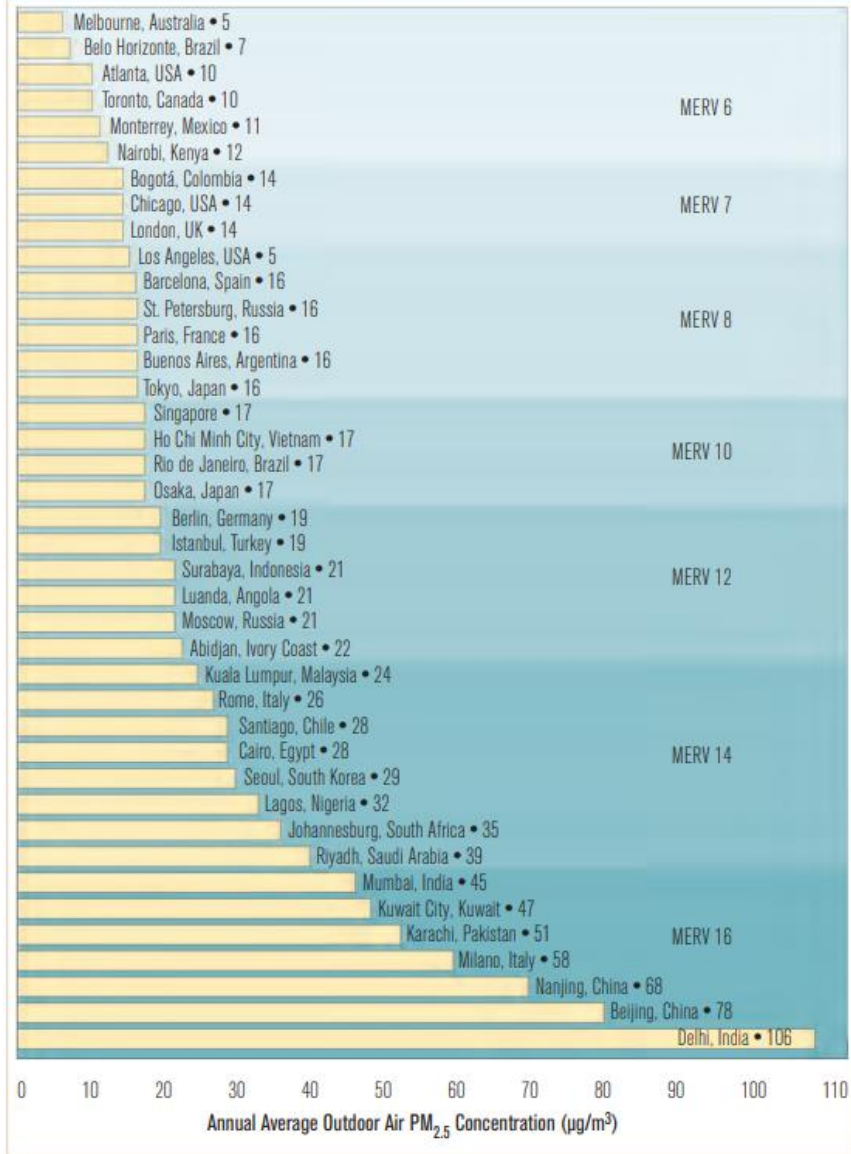
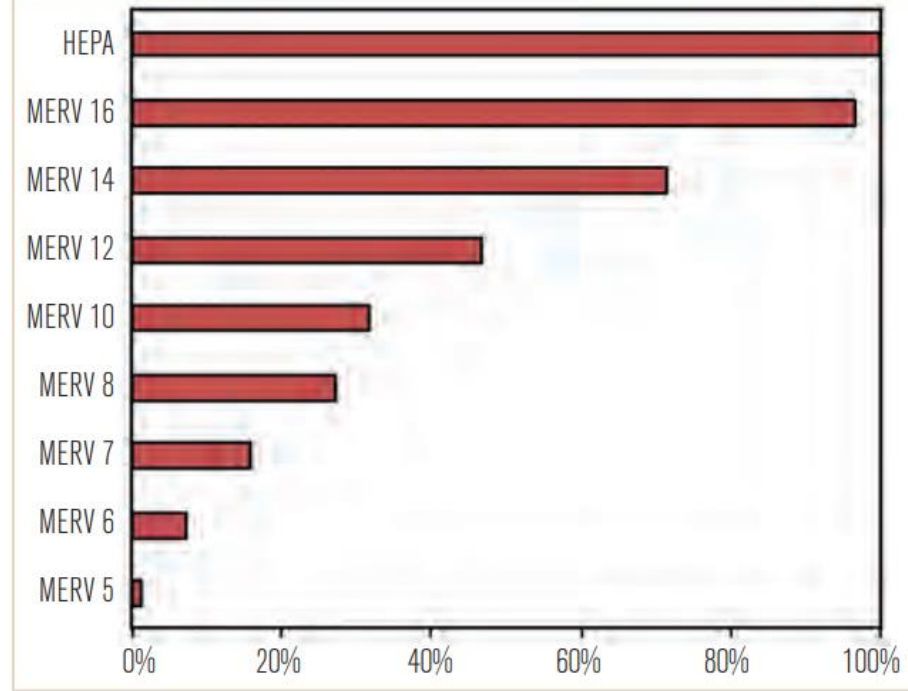
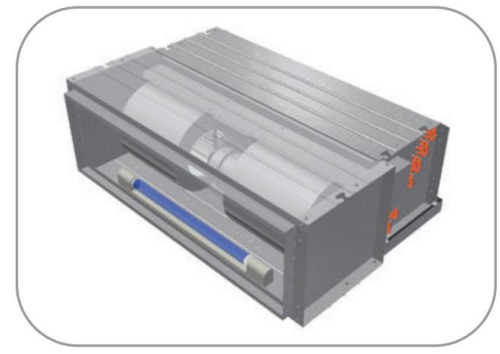
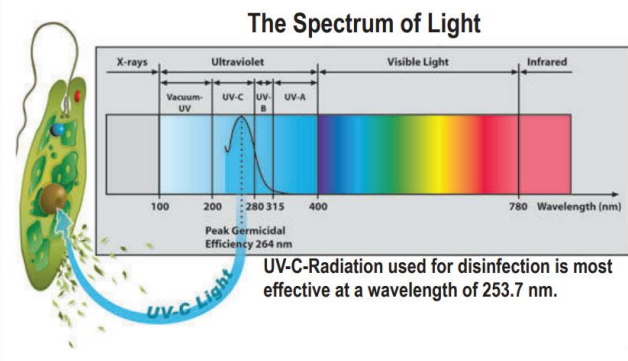
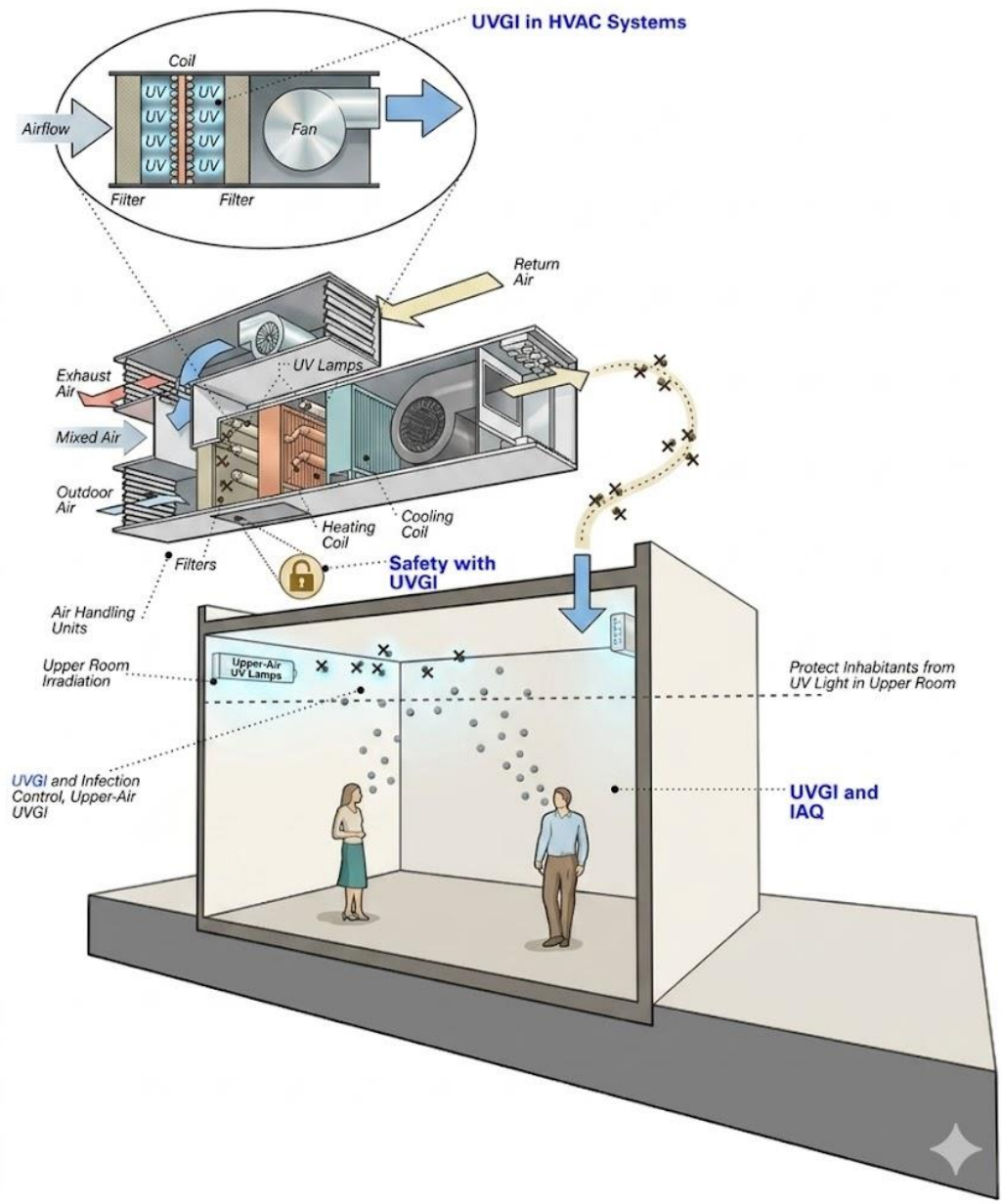


FIGURE 2 Estimates of particle removal efficiency for PM_{2.5} of outdoor origin for filters tested according to ASHRAE Standard 52.2-2012.²³



Outdoor air quality	Supply air class				
	SUP1 (Highest)	SUP2	SUP3	SUP4	SUP5 (lowest)
ODA 1	M5 + F7	F7	F7	F7	-
ODA 2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7	G3, M5
ODA 3	F7 + F9	F7 + F7	M6 + F7	F7	F7

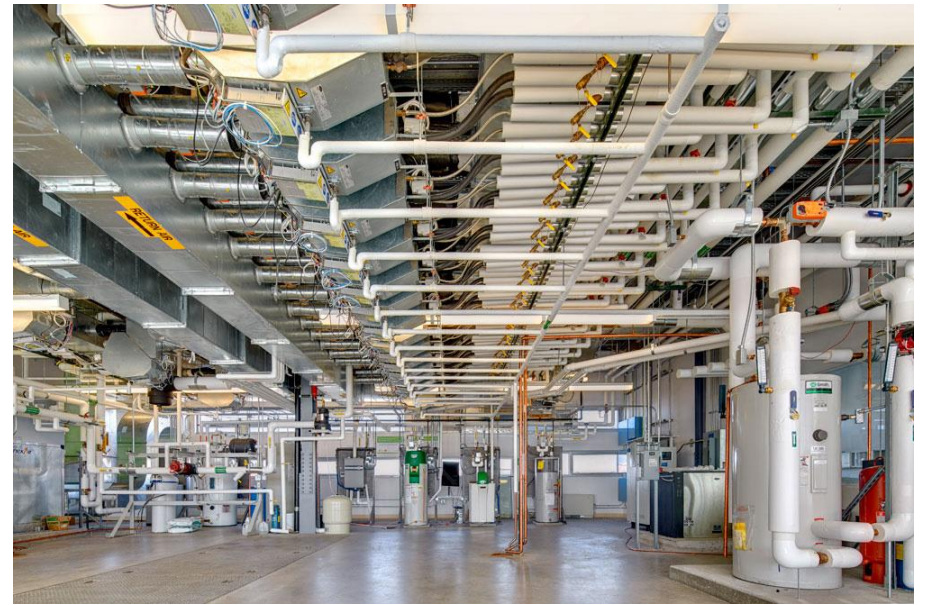
Table 6: Recommended minimum filter classes per filter selection depending on supply air class and outdoor air quality acc. to EN16798-3:2017





HARVARD T.H. CHAN
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH

HEALTHY BUILDINGS



Harvard T.H. Chan School of Public Health (The COGfx Study)

หนึ่งในแหล่งข้อมูลงานวิจัยที่ถูกนำมาอ้างอิงในวงการ HVAC มากที่สุดในปัจจุบัน โดย Dr. Joseph Allen ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับฟังก์ชันการทำงานทางสมอง (Cognitive Function)

- งานวิจัยระบุว่า การเพิ่มอัตราการระบายอากาศ จากมาตรฐานทั่วไปเป็นระดับที่สูงขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจและการทำงานของพนักงานขึ้นถึง **61% - 101%**
- การคืนทุนเมื่อคำนวณเปรียบเทียบระหว่างค่าไฟของพัดลมและระบบปรับอากาศที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นกับประสิทธิภาพของพนักงานที่เพิ่มขึ้นพบว่า ต้นทุนพลังงานที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นเงินเพียงประมาณ **\$1 - \$40** ต่อคนต่อปี ในขณะที่ผลประโยชน์ด้านประสิทธิภาพการทำงานที่ได้กลับคืนมามีมูลค่าสูงถึง **\$6,500** ต่อคนต่อปี ซึ่งหมายความว่าผลตอบแทนนั้นสูงกว่าต้นทุนอย่างมหาศาลและคืนทุนแทบจะทันทีในเชิงธุรกิจ



INDOOR AIR QUALITY SCIENTIFIC FINDINGS RESOURCE BANK BERKELEY LAB



Human Performance

Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)

สถาบันวิจัยแห่งชาติของสหรัฐฯ มีการทำแบบจำลองและรวบรวมข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับ IAQ ไว้โดยเฉพาะ (Indoor Air Quality Scientific Findings Resource Bank)

- LBNL ระบุว่า การปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และสารมลพิษอื่นๆ สามารถลดอัตราการลาภกิจ/ลาป่วยของพนักงานลงได้ 9% - 20%
- การคืนทุน: ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจจะระดับชาติเฉพาะในสหรัฐฯ จากการลดอาการเจ็บป่วยจากอาคาร (Sick Building Syndrome: SBS) ที่มีมูลค่าสูงถึง 10-30 พันล้านดอลลาร์ต่อปี หากคิดเป็นรายอาคารสำนักงานทั่วไป การลงทุนปรับปรุงระบบกรองอากาศและการระบายอากาศจะมีระยะเวลาคืนทุน อยู่ที่ประมาณ 0.5 ถึง 1.5 ปี เท่านั้น



Health, Wellbeing & Productivity in Offices

The next chapter for green building

September 2014

Sponsors



WORLD
GREEN
BUILDING
COUNCIL

Health, Wellbeing and Productivity in Offices Report by WorldGBC

ได้สรุปสถิติด้านการเงินสำหรับเจ้าของอาคารและผู้บริหารธุรกิจไว้ชัดเจน

• หลักการพิจารณาด้านต้นทุน ในโครงสร้างค่าใช้จ่ายของบริษัททั่วไป (กฎ 3-30-300)

- \$3 ต่อตารางฟุต คือค่าพลังงาน Energy
- \$30 ต่อตารางฟุต คือค่าเช่าอาคาร Rent
- \$300 ต่อตารางฟุต คือเงินเดือนและผลประโยชน์ของพนักงาน Personnel

• การคืนทุน เนื่องจากต้นทุนด้านบุคลากรสูงที่สุด การปรับปรุง IAQ ที่ช่วยให้พนักงานทำงานได้ดีขึ้นเพียง 1% ก็สามารถชดเชยค่าพลังงานหรือค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดได้แล้ว จึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและคืนทุนเร็วมากเมื่อมองในภาพรวมขององค์กร

Thank You



Q & A

Somphol Jumpanak