

รับมือ PM2.5 กับ คุณภาพอากาศในอาคารที่ดี ต้องทำอะไร

ผศ. ดร.ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

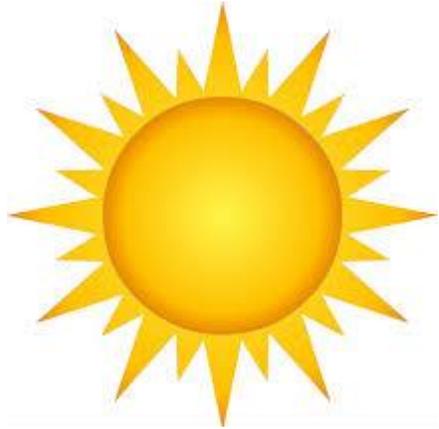
สัมมนา MEA ENERGY AWARDS ครั้งที่ 2

โครงการส่งเสริมการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารปีที่ 6

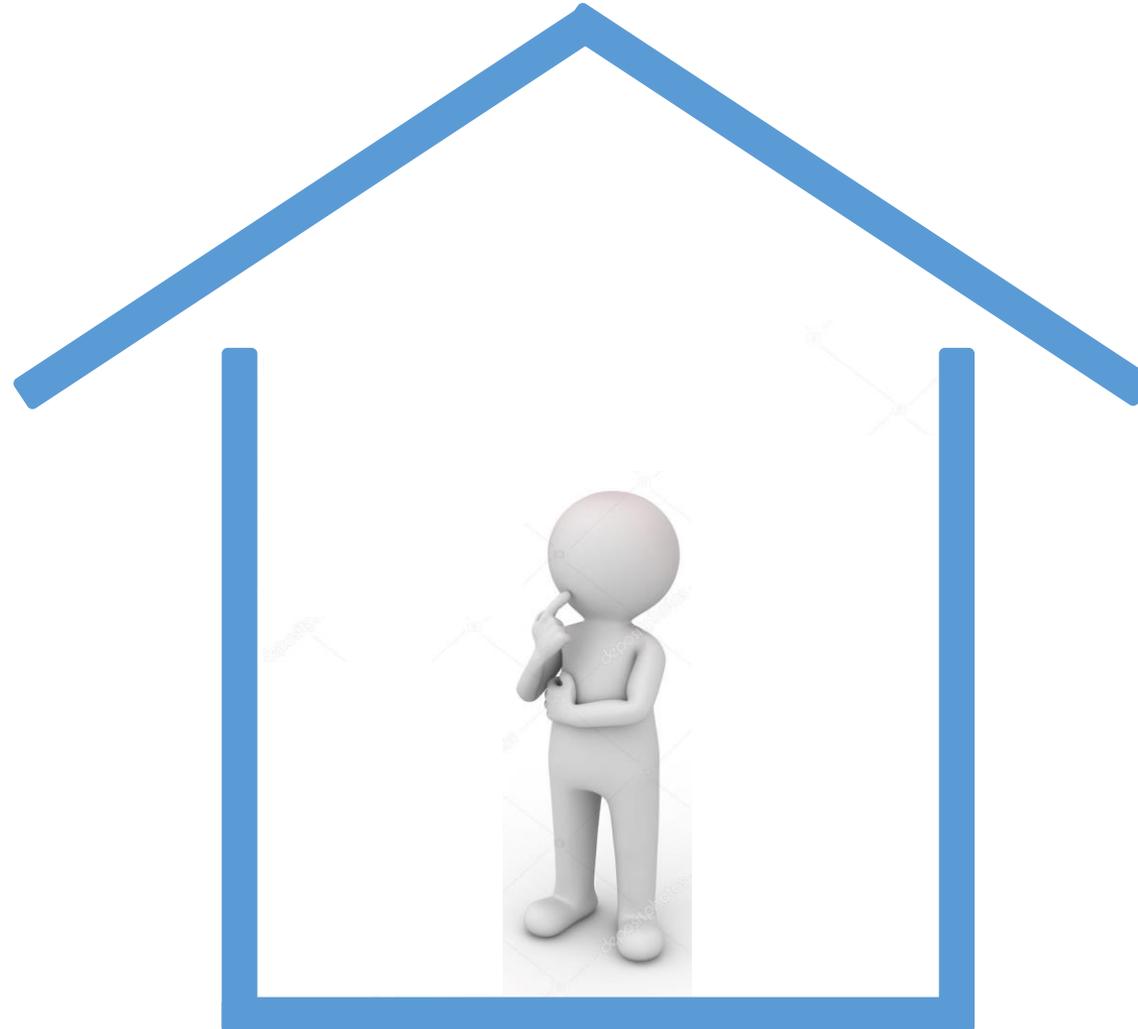
ในวันศุกร์ที่ 15 ตุลาคม 2564 เวลา 09.30 - 12.00 น.

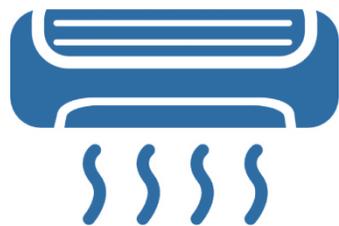
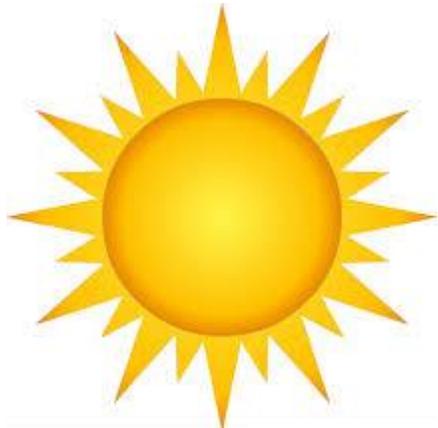


Time
spent
indoors



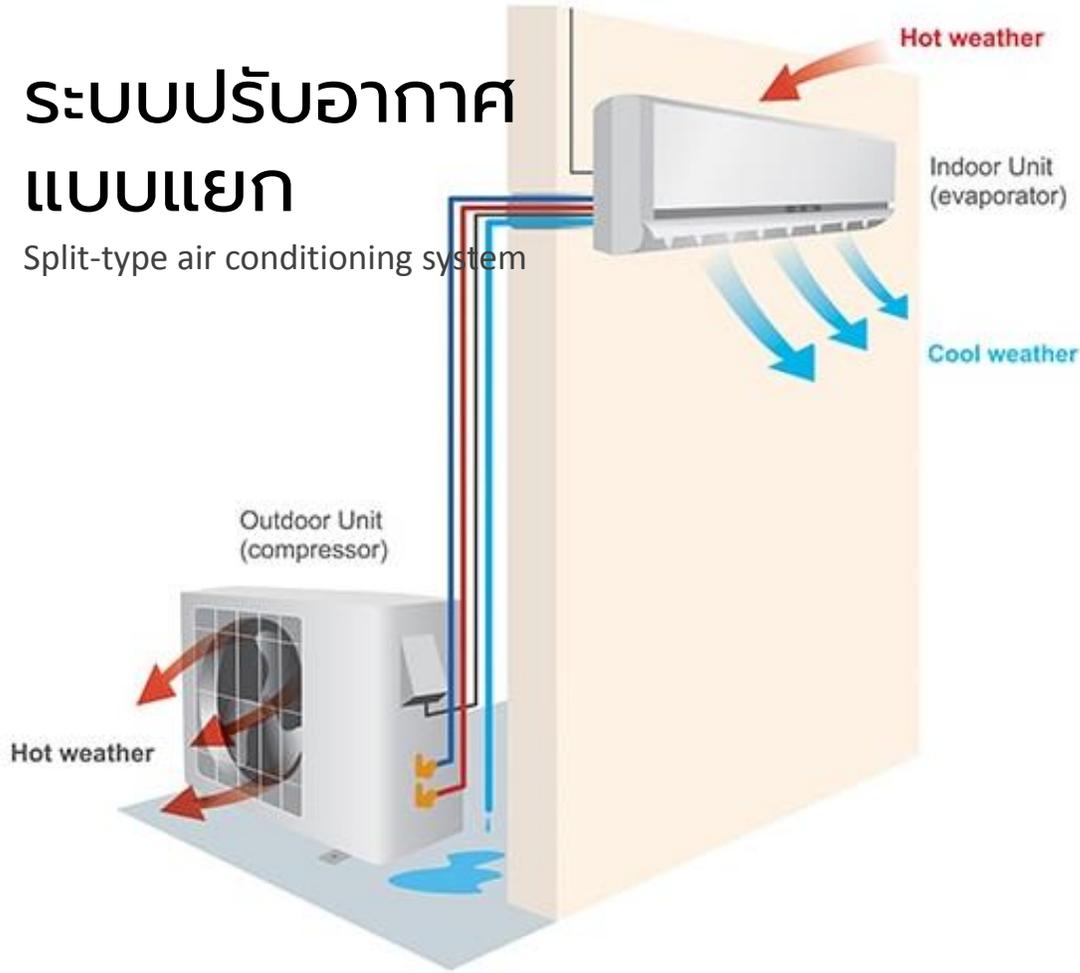
จากปัญหาความร้อน
และมลพิษจาก
ภายนอก
คนในเมืองส่วนใหญ่
จึงเข้ามาใช้ชีวิตใน
อาคาร**ปิด**มากขึ้น





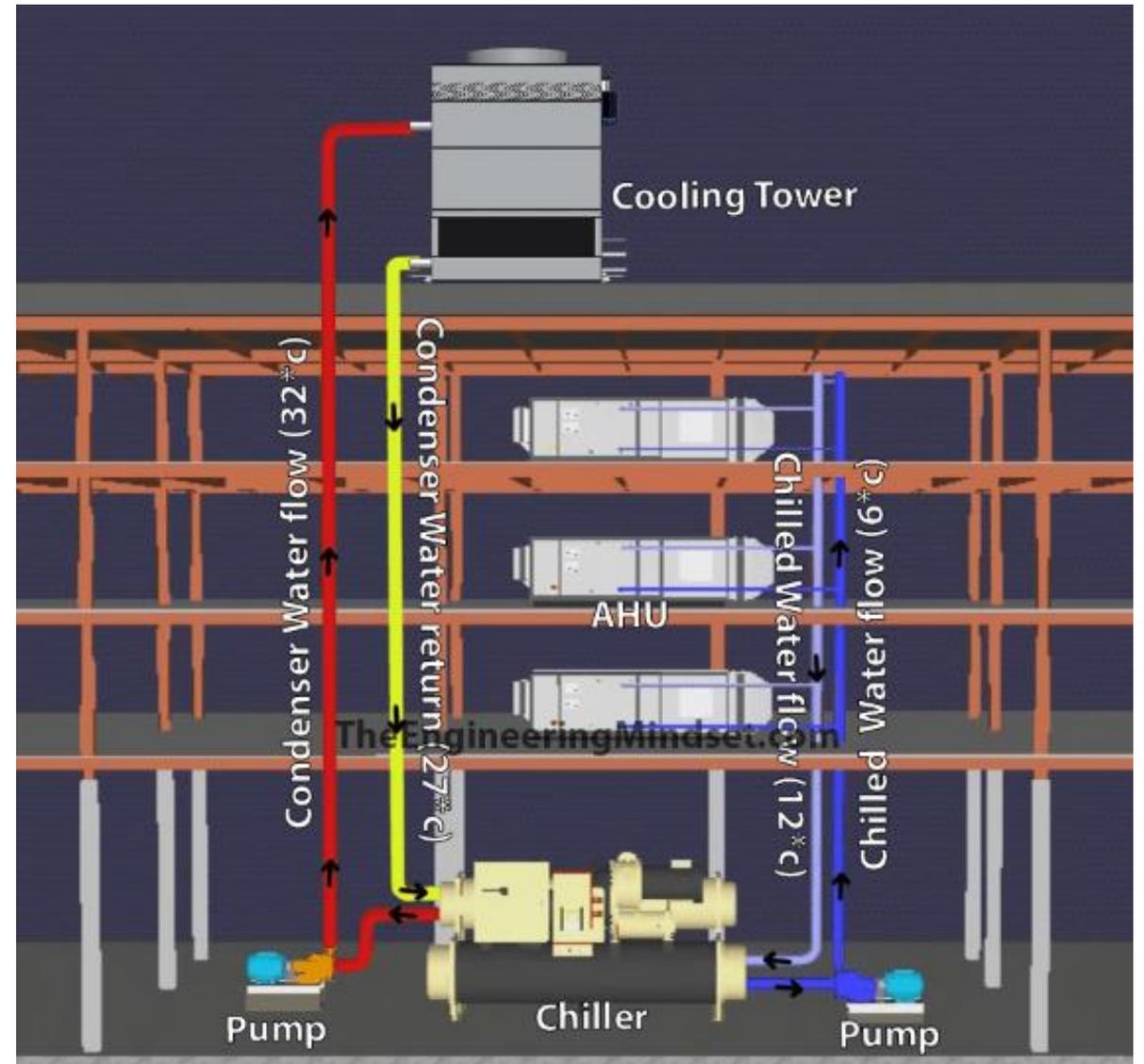
ระบบปรับอากาศ แบบแยก

Split-type air conditioning system



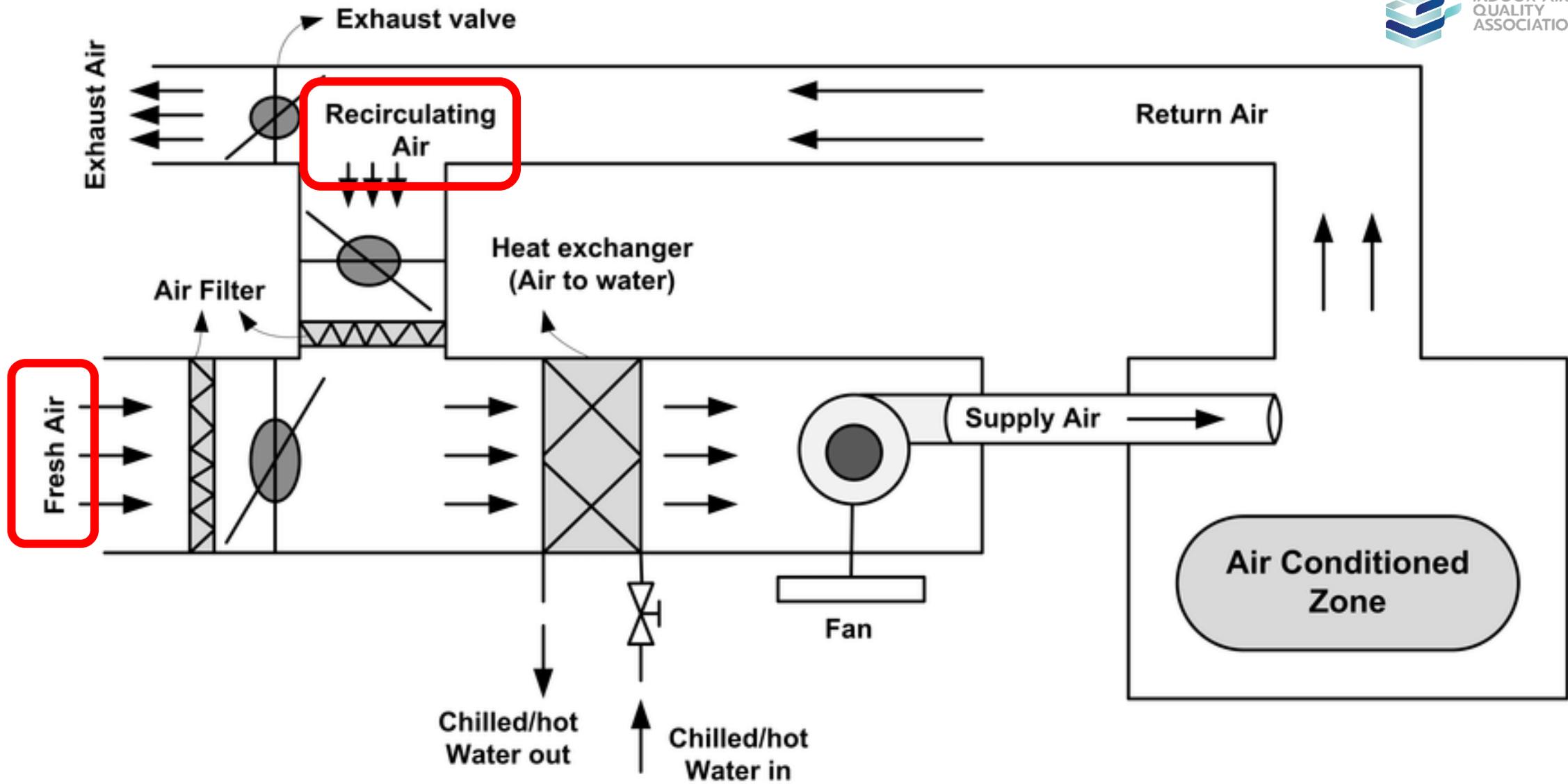
Example setup showing the simple connection for home air conditioner system unit

- Copper pipe from Evaporator indoor to Compressor outdoor
- Copper pipe from Compressor outdoor to Evaporator indoor
- Sewer (Condensation)
- Electric wire



ระบบปรับอากาศ แบบส่วนกลาง

central air conditioning system

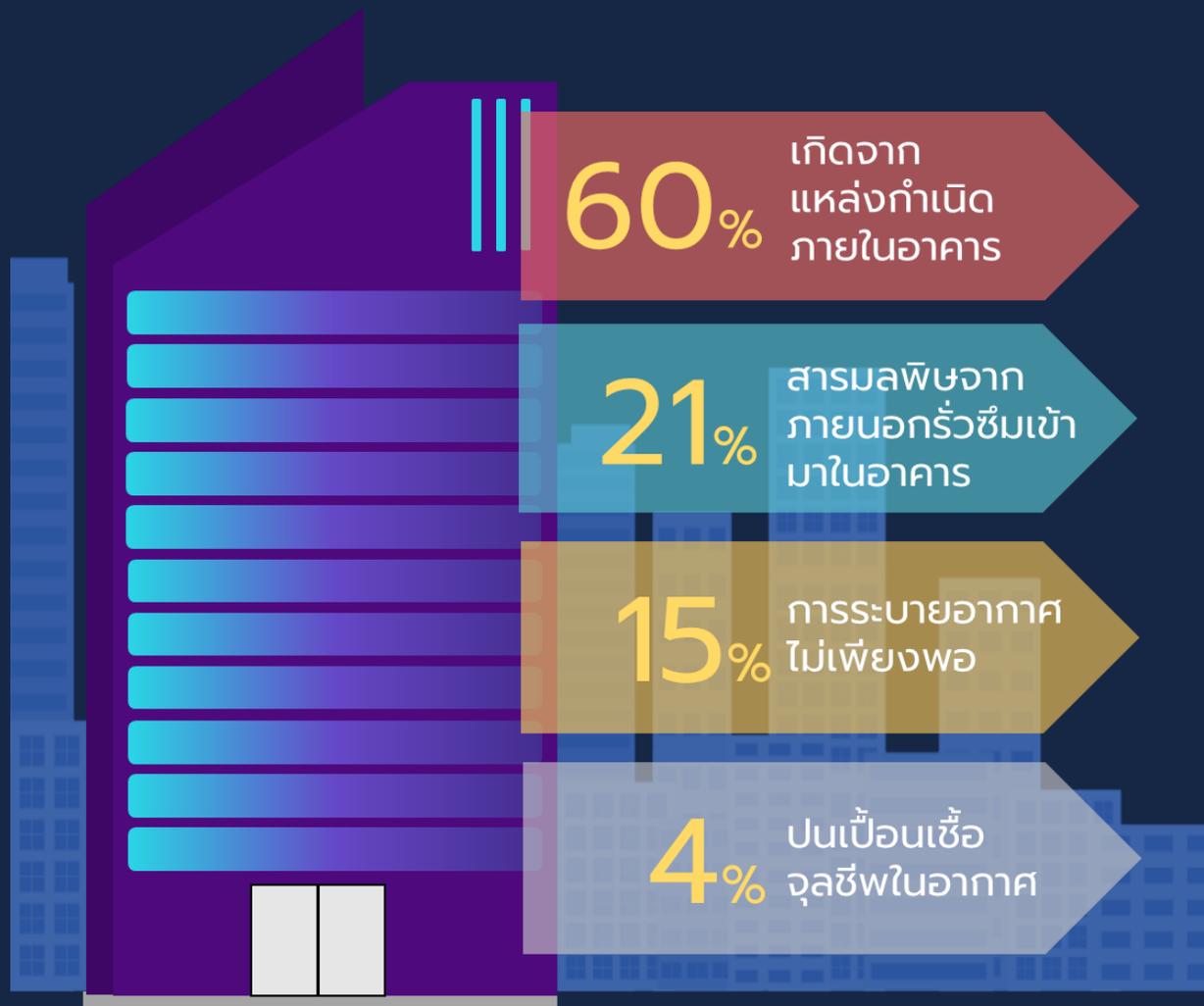


Air handling unit schematic drawing view



Indoor Air Quality

Tightly constructed buildings
Increase insulation
Reduce ventilation for energy efficient measures
Reduce amount of fresh air for dilution and purge out of pollutants

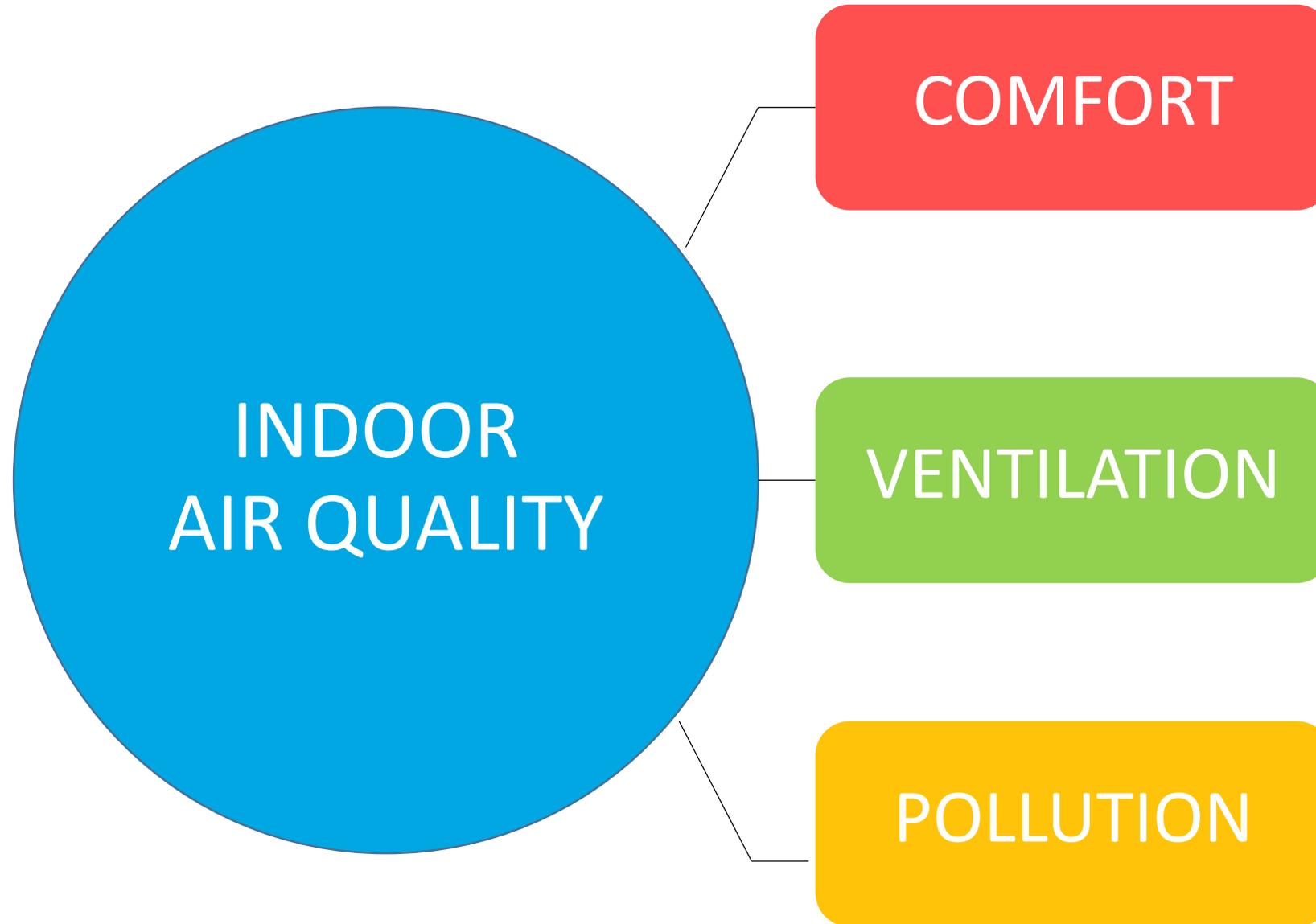


ผลสำรวจคุณภาพอากาศ ในอาคารสาธารณะ

60% พบปัญหา
คุณภาพอากาศในอาคาร
และพบความเข้มข้นของสารมลพิษ
สูงกว่า ภายนอกอาคาร **2-8** เท่า

INDOOR AIR QUALITY
and
OCCUPATIONAL HEALTH
AND SAFETY

ข้อมูลจากการสำรวจอาคารสาธารณะทั้งหมด 9 ประเภท 79 อาคาร 1,743 พื้นที่
โดย สมาคมส่งเสริมคุณภาพอากาศในอาคาร



อันดับพารามิเตอร์ ด้านคุณภาพอากาศในอาคาร

5

พบว่ามี **ค่าสูง**
ในระดับที่ส่งผลต่อสุขภาพ
และประสิทธิภาพการทำงาน

อันดับ 1

PM₁₀ ฝุ่นละอองขนาด
ไม่เกิน 10 ไมครอน



เกิดจากกิจกรรมภายในอาคารเป็นหลัก เช่น การก่อสร้างภายในอาคาร การทำอาหาร และยังพบในวัสดุที่สะสมฝุ่น เช่น พรตที่ขาดการทำความสะอาด อย่างสม่ำเสมอ

ข้อมูลจากการสำรวจอาคารสำนักงานทั้งหมด 44 อาคาร 587 พื้นที่ โดยสมาคมส่งเสริมคุณภาพอากาศในอาคาร

อันดับ 2

CO₂ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



เกิดจากการระบายอากาศในพื้นที่ไม่เพียงพอ มีความหนาแน่นของผู้ใช้พื้นที่มาก

อันดับ 3

Fungi เชื้อรา



เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมและวัสดุที่มีความชื้นสูง อย่างไรก็ตามปริมาณเชื้อราไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการติดเชื้อของมนุษย์

อันดับ 4

Bacteria แบคทีเรีย



พบในพื้นที่ที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก การระบายอากาศไม่เพียงพอ และมีสภาพแวดล้อมส่งเสริมต่อการเติบโตของแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามปริมาณแบคทีเรียไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการติดเชื้อของมนุษย์

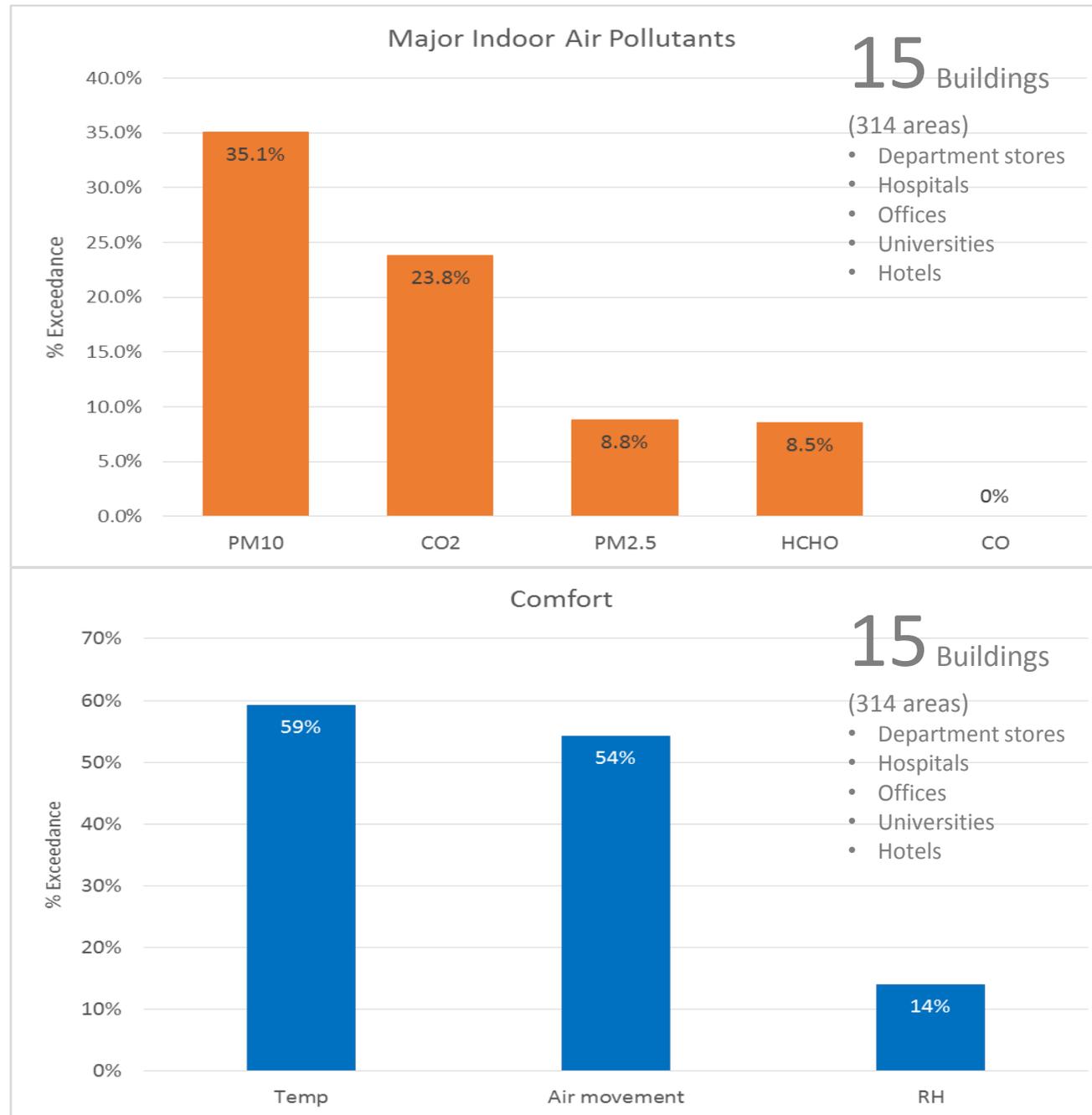
อันดับ 5

PM_{2.5} ฝุ่นละอองขนาด
ไม่เกิน 2.5 ไมครอน



เกิดจากกิจกรรมการเผาไหม้ภายนอกอาคาร เช่น ไอเสียรถยนต์ การเผาในที่โล่ง และซึมผ่านเข้ามายังภายในอาคาร โดยที่ไม่มีการควบคุม

IAQ Problems



Percentage of exceedances



โรงแรม



โรงพยาบาล

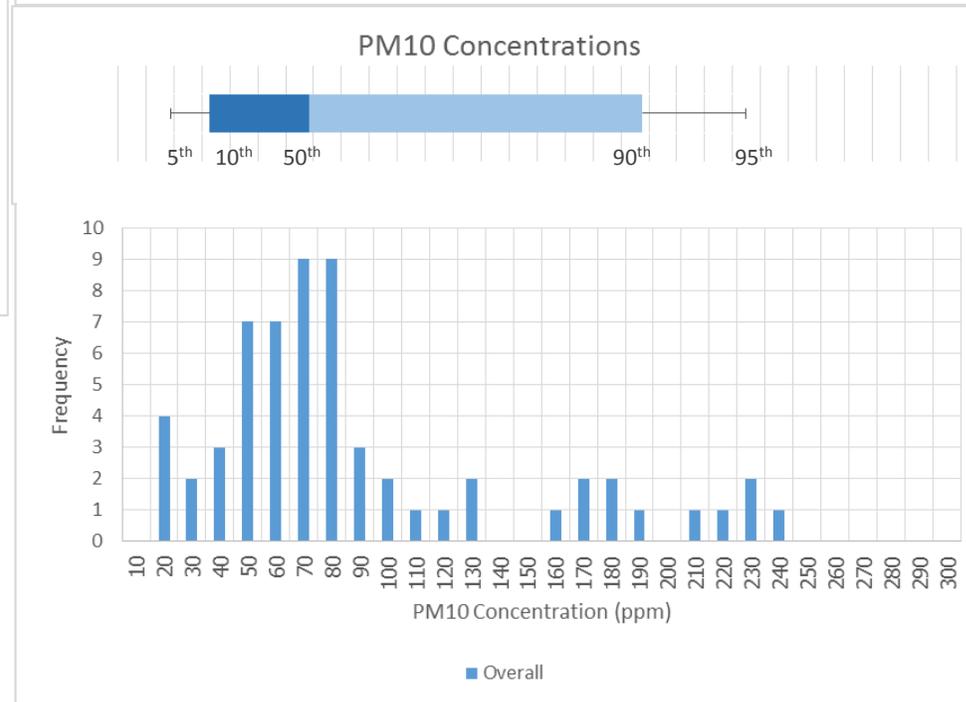
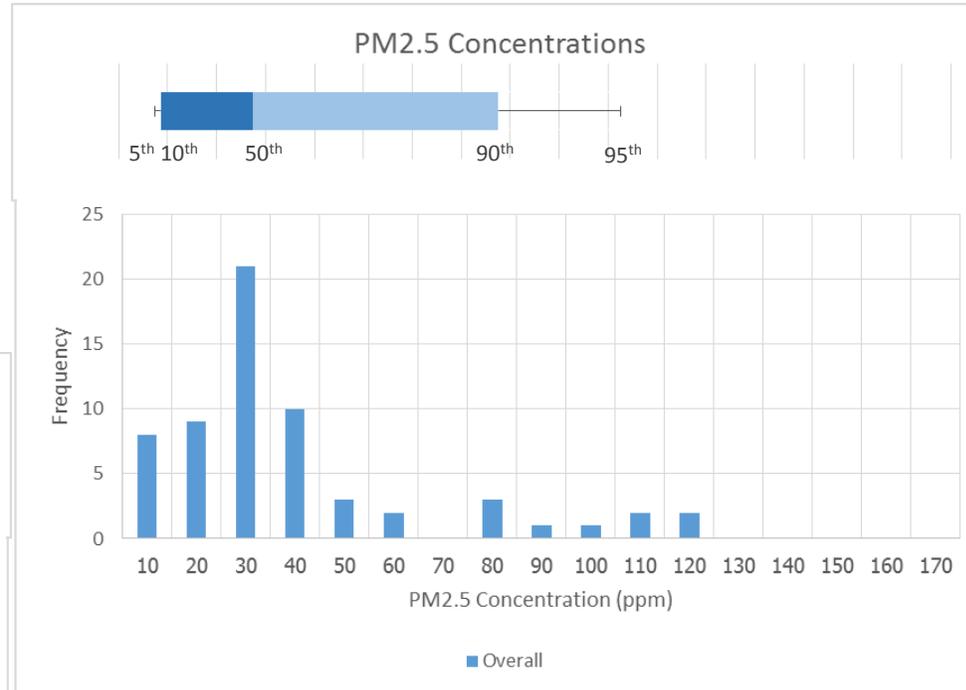
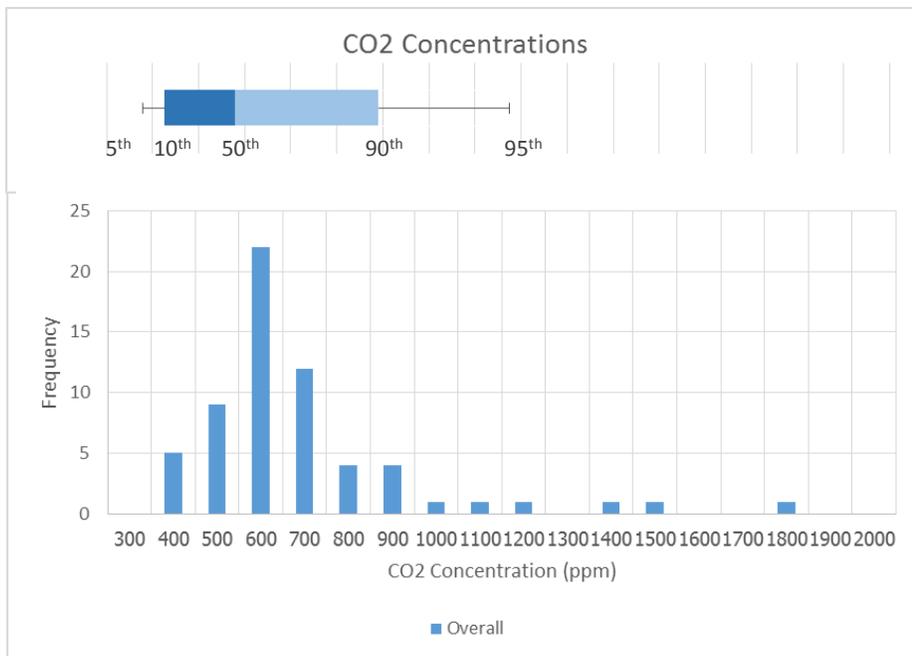


ห้างสรรพสินค้า



สำนักงาน

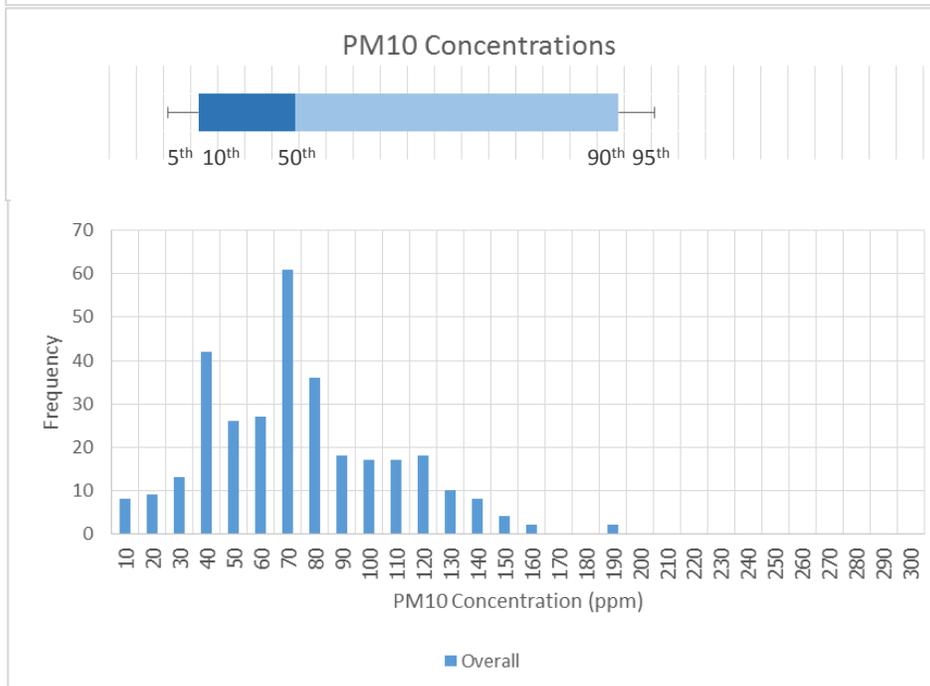
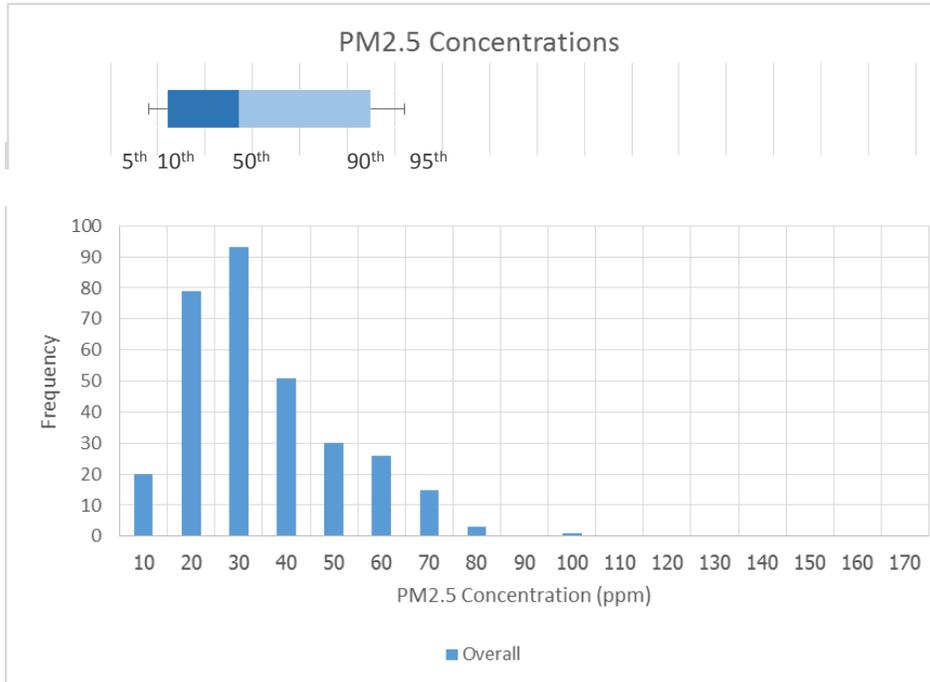
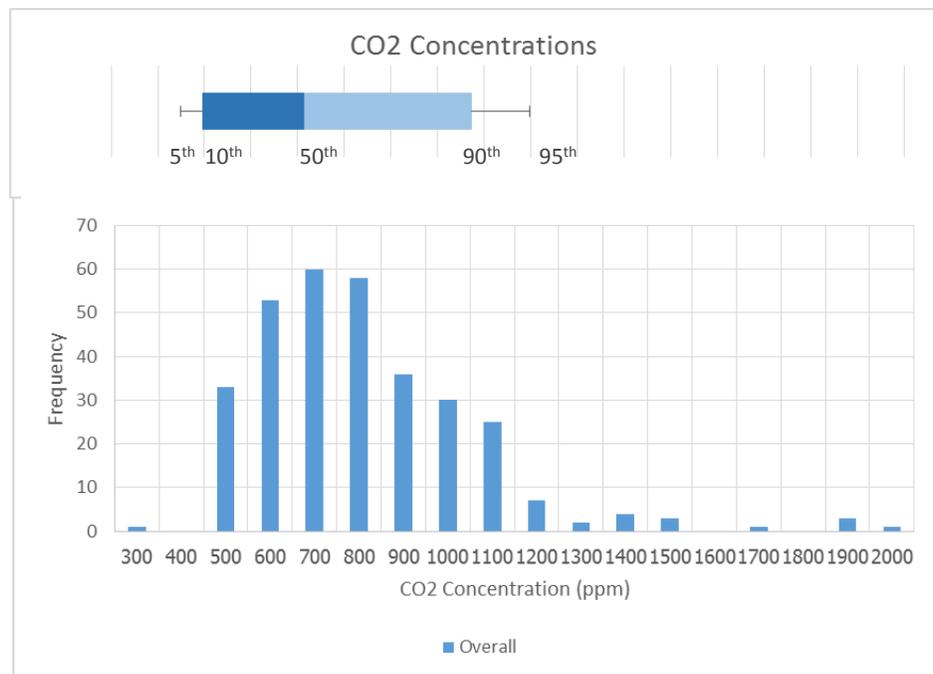
	โรงแรม	โรงพยาบาล	ห้างสรรพสินค้า	สำนักงาน
Carbon monoxide (CO)	0% (0/62)	0% (0/303)	0% (0/62)	0% (0/356)
Formaldehyde	0% (0/60)	7% (21/318)	0% (0/60)	1% (3/383)
TVOC	0% (0/38)	0% (0/226)	-	0% (0/310)
Carbon dioxide (CO ₂)	6% (4/62)	7% (23/319)	10% (12/117)	26% (99/383)
PM2.5	27% (17/62)	30% (95/319)	15% (18/117)	6% (24/383)
PM10	74% (46/62)	69% (221/319)	46% (54/117)	27% (104/383)



โรงแรม

62 ฟันที

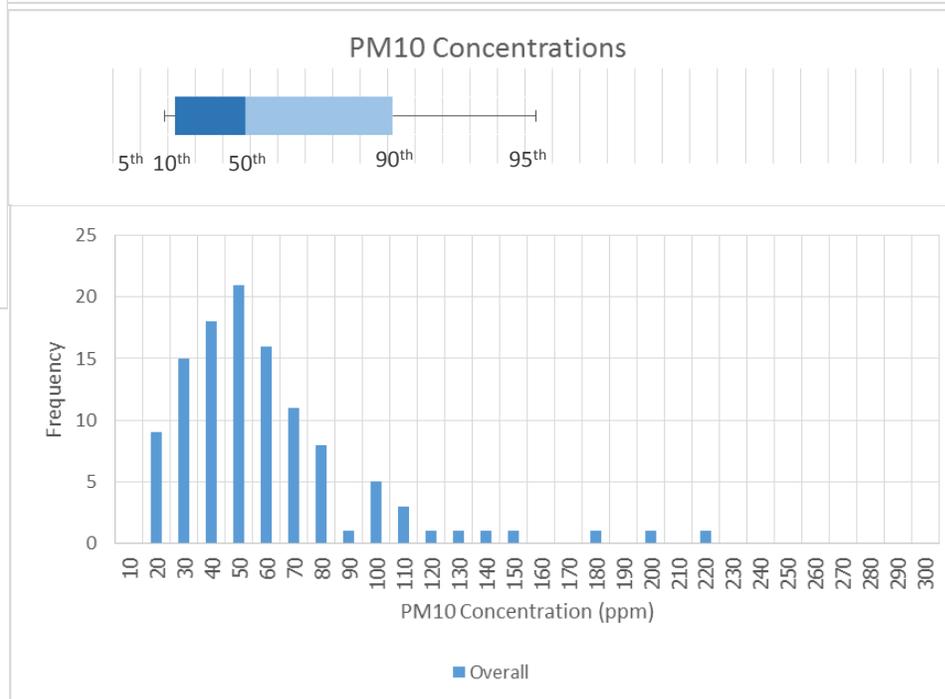
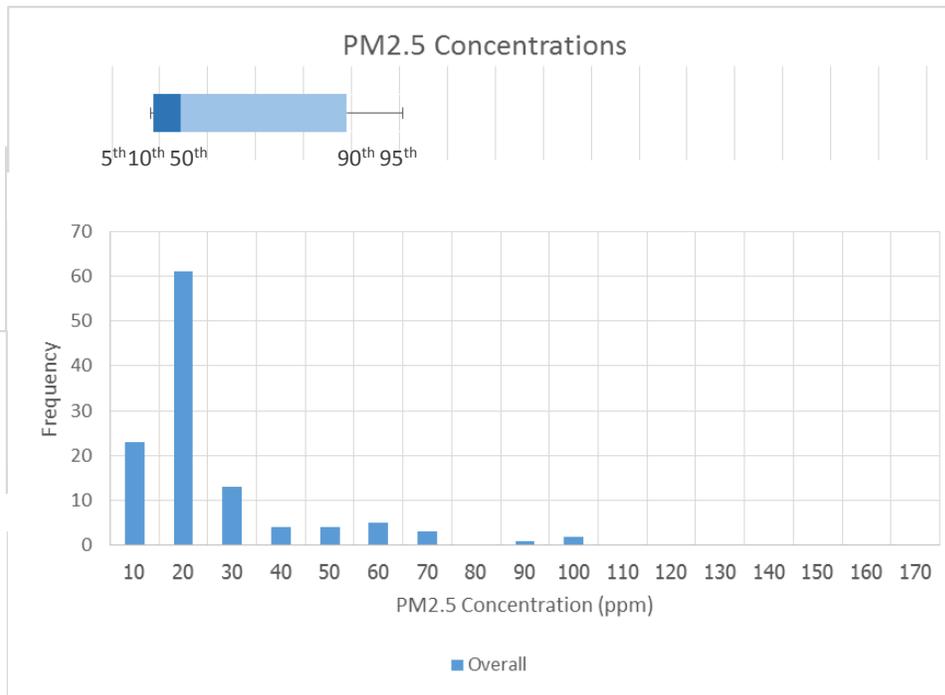
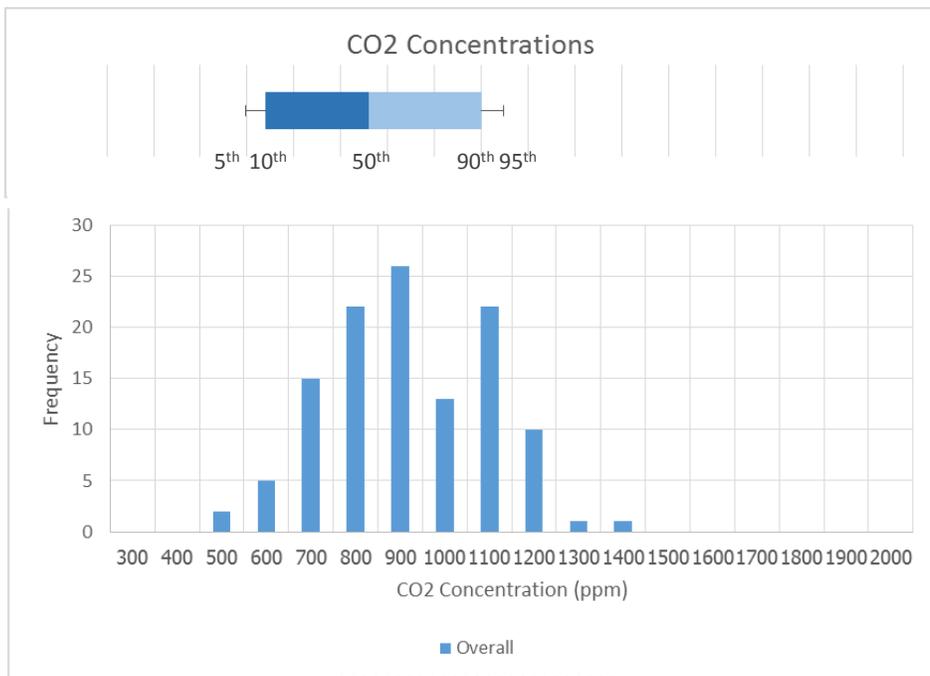
Conc. Distribution



319 ฟ้าพิณทิ

โรงพยาบาล

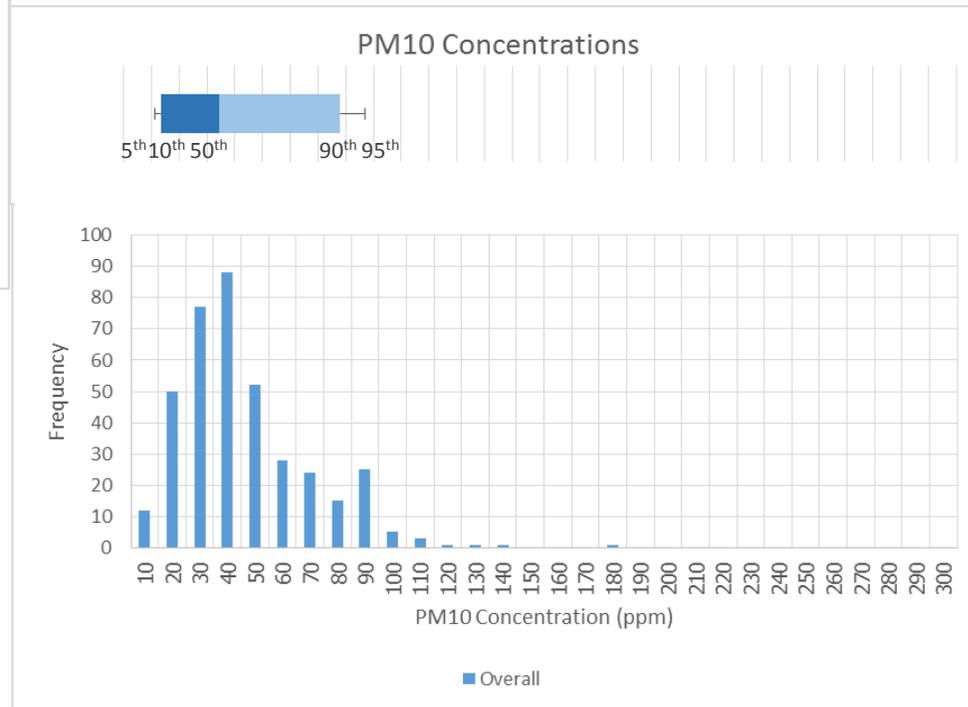
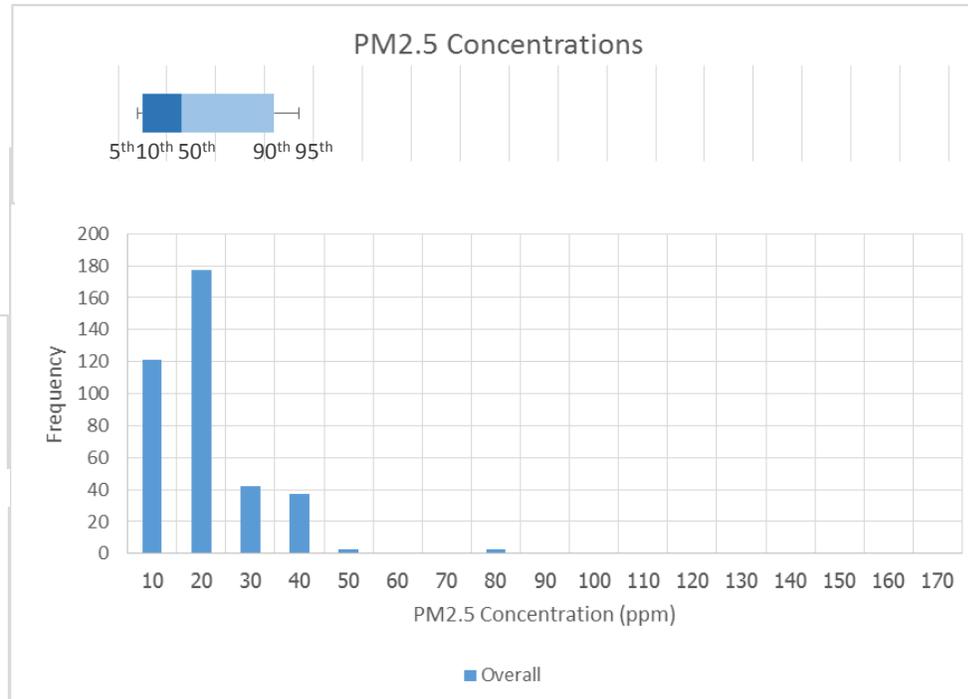
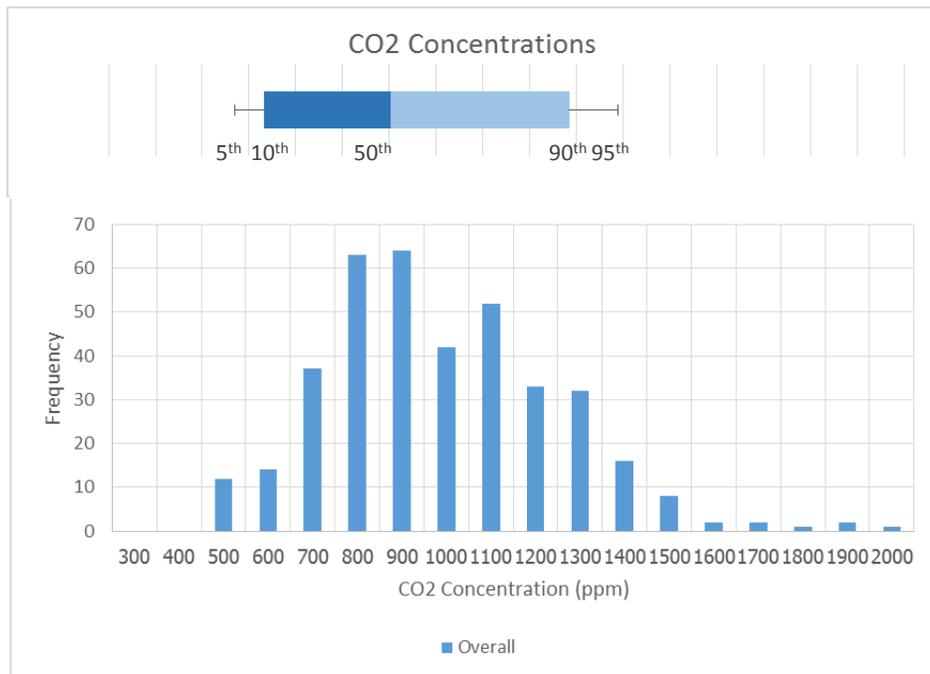
Conc. Distribution



117 ฟันทิ

ห้างสรรพสินค้า

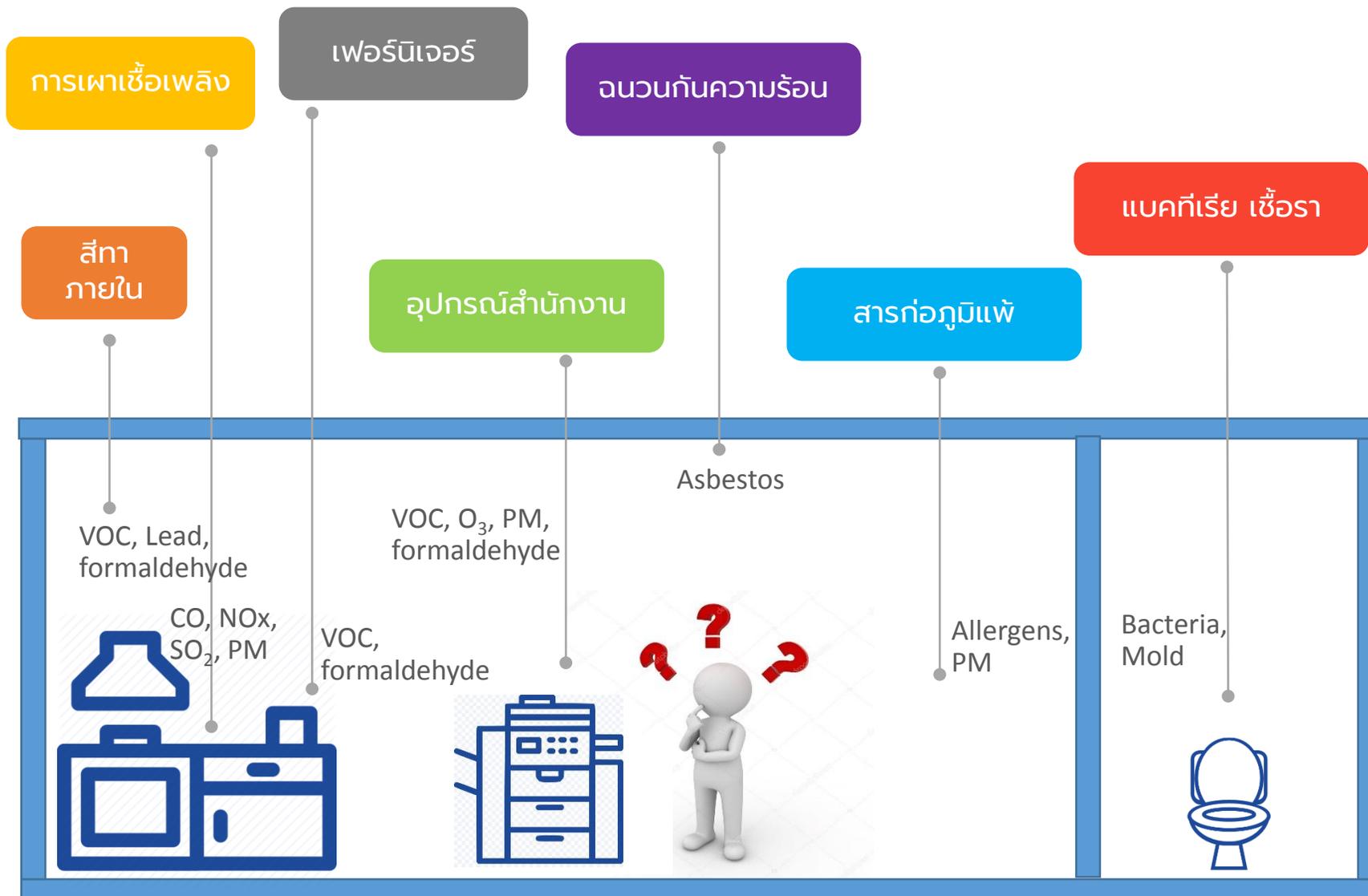
Conc. Distribution



สำนักงาน

383 ชั้น 3

Conc. Distribution



SOURCES

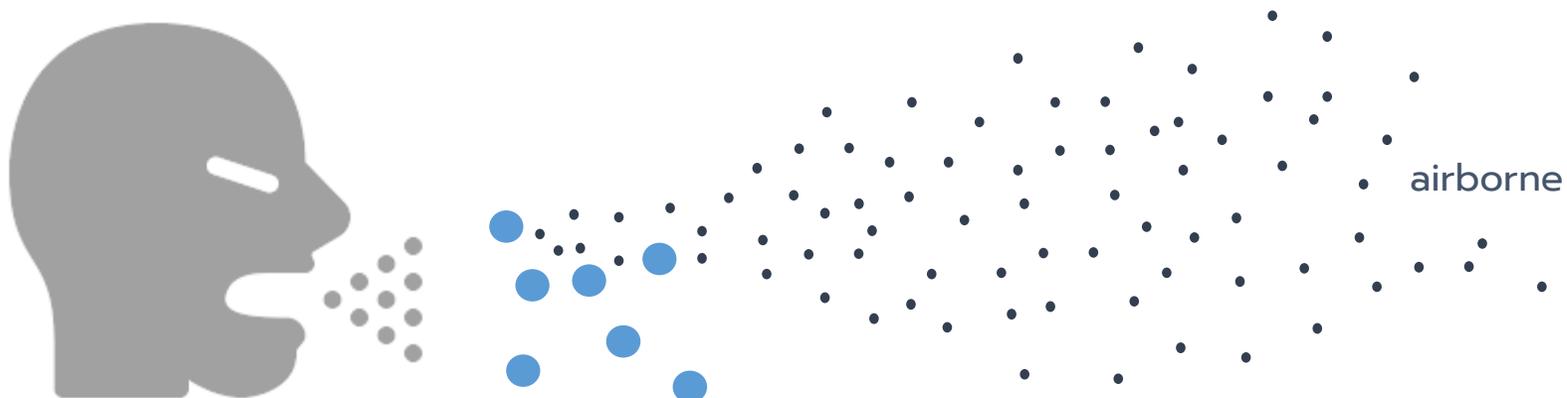
Indoor air pollution

In 2020

COVID-19 Brings **Indoor Air Quality** Upfront

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL

การแพร่ของเชื้อต่างๆ ในอากาศ



ความเร็ว

ปกติ Peak = 7.39 ± 0.25 m/s

ปานกลาง Peak = 6.72 ± 0.23 m/s

ต่ำ Peak = 5.45 ± 0.29 m/s

(Ref: Hui et al., 2012)

ไวรัสโคโรนา 2019???

ละอองขนาดใหญ่
(ประมาณ 50-100 ไมครอน)

ละอองขนาดเล็ก
(ประมาณ <5-10 ไมครอน)

1-2 เมตร

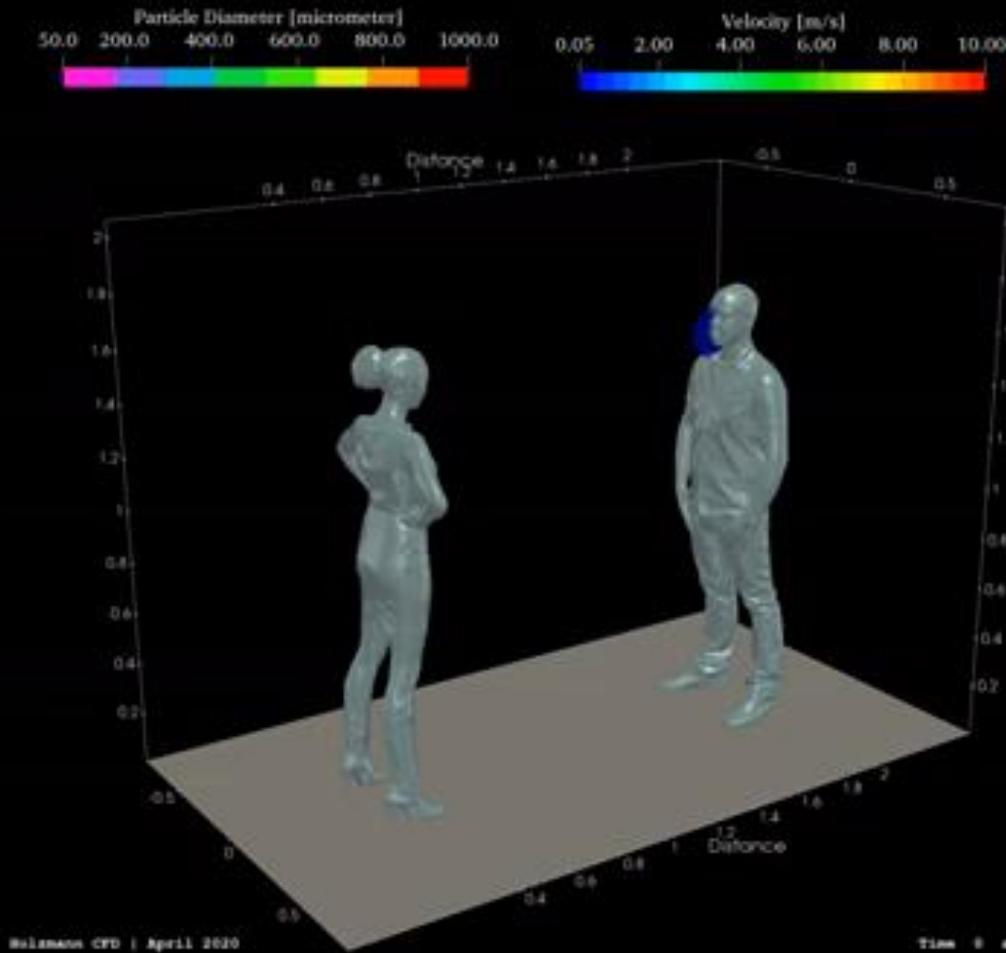
??? เมตร

SARS ไข้หวัดใหญ่ ไข้หวัดนก อีโบล่า

วัณโรค หัด ไวรัสฮิสทอรีไอ



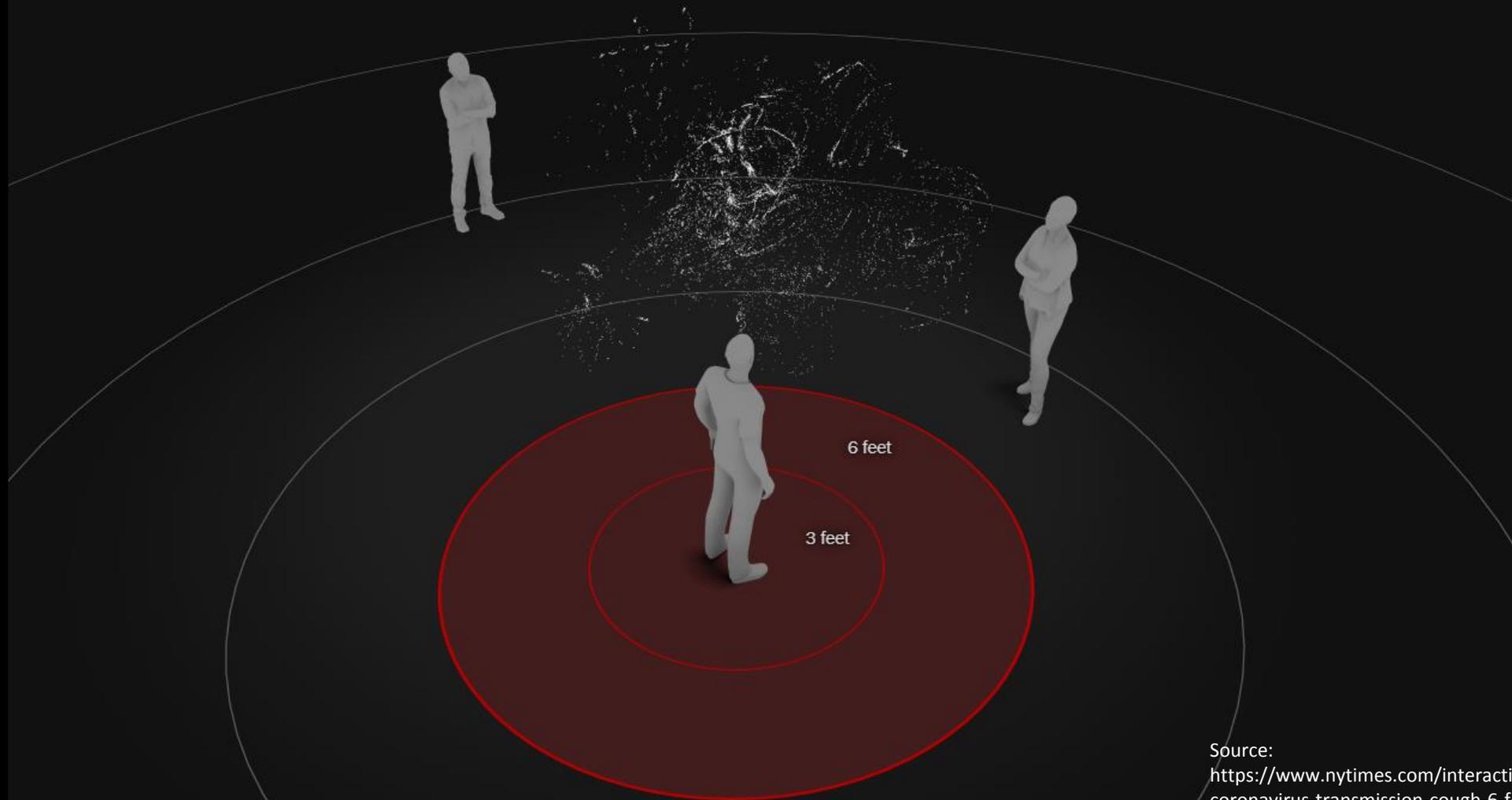
ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพความเร็วสูง
การศึกษาของ MIT



ละอองฝอยขนาดใหญ่
ตกลงบนพื้นผิวอย่าง
รวดเร็ว

แต่ ละอองขนาดเล็กยังคงค้างอยู่ใน
อากาศเป็นระยะเวลา
หนึ่ง

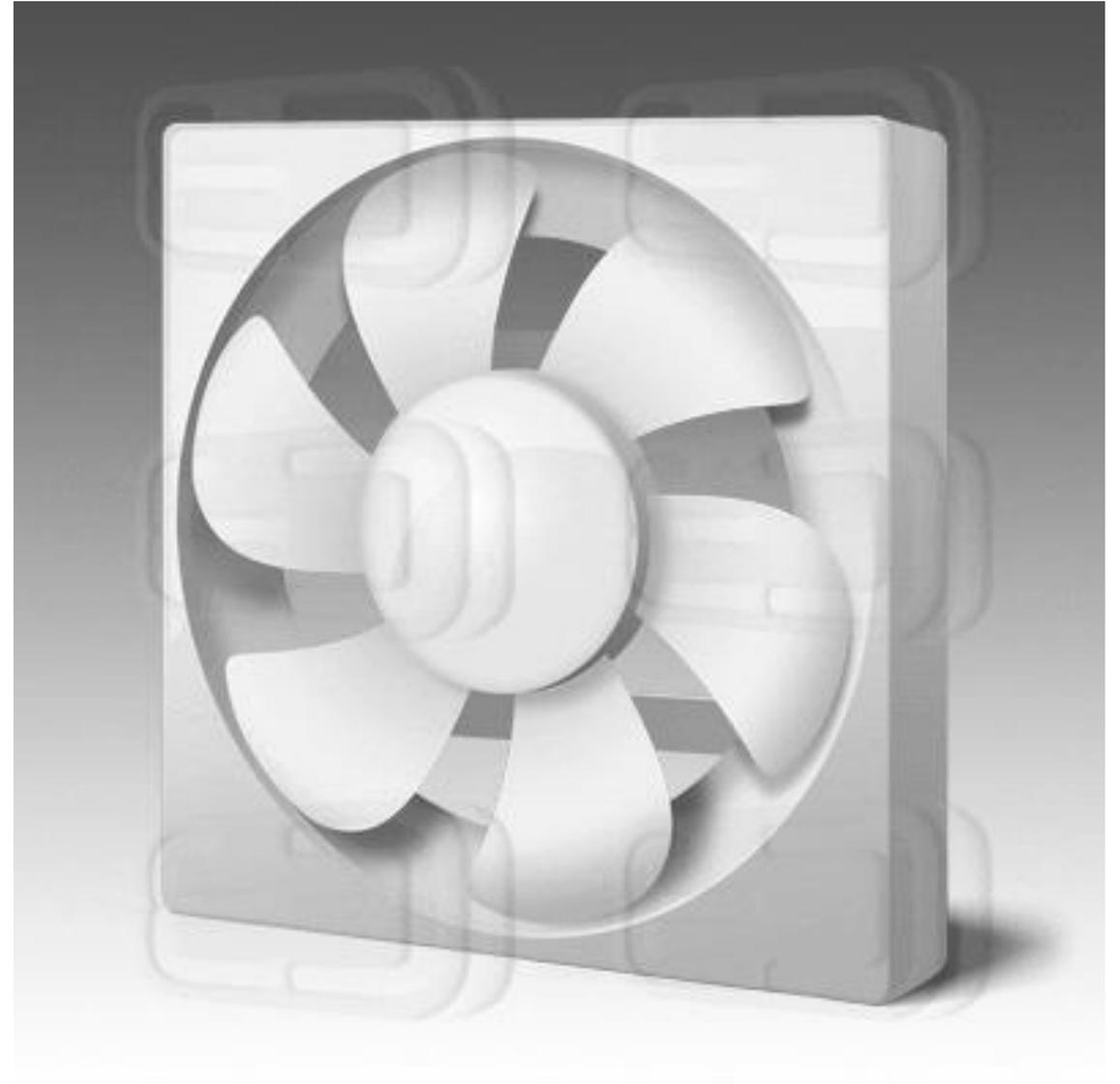
ยังไม่มีข้อมูลแน่ใจว่า ละอองฝอยที่มีเชื้อ
ไวรัสโคโรนา 2019 สามารถคงค้างอยู่ใน
อากาศได้นานเพียงใด

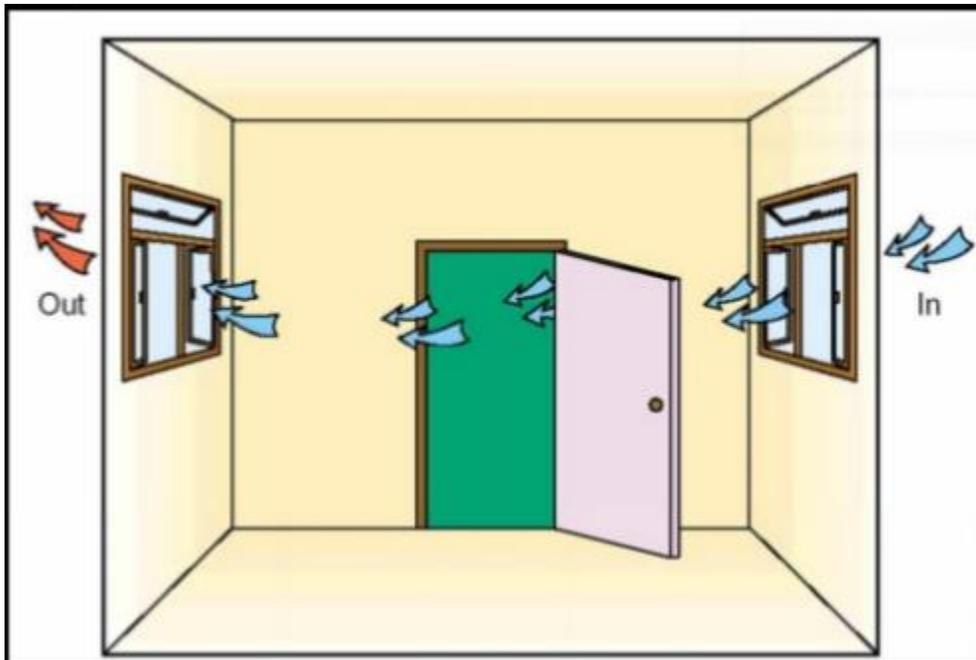


Source:
<https://www.nytimes.com/interactive/2020/04/14/science/coronavirus-transmission-cough-6-feet-ar-ul.html>

การระบายอากาศ

เป็นหนึ่งในวิธีการลดปัญหามลพิษทาง
อากาศในอาคาร โดยการดึงอากาศ
ภายนอกที่สะอาดกว่าเข้ามา **เจือจาง**
มลพิษที่อยู่ในอาคาร





Mechanical ventilation (extract ventilation)



What will happen if the windows are closed?

การระบายอากาศ
โดยธรรมชาติ

การระบายอากาศ
เชิงกล

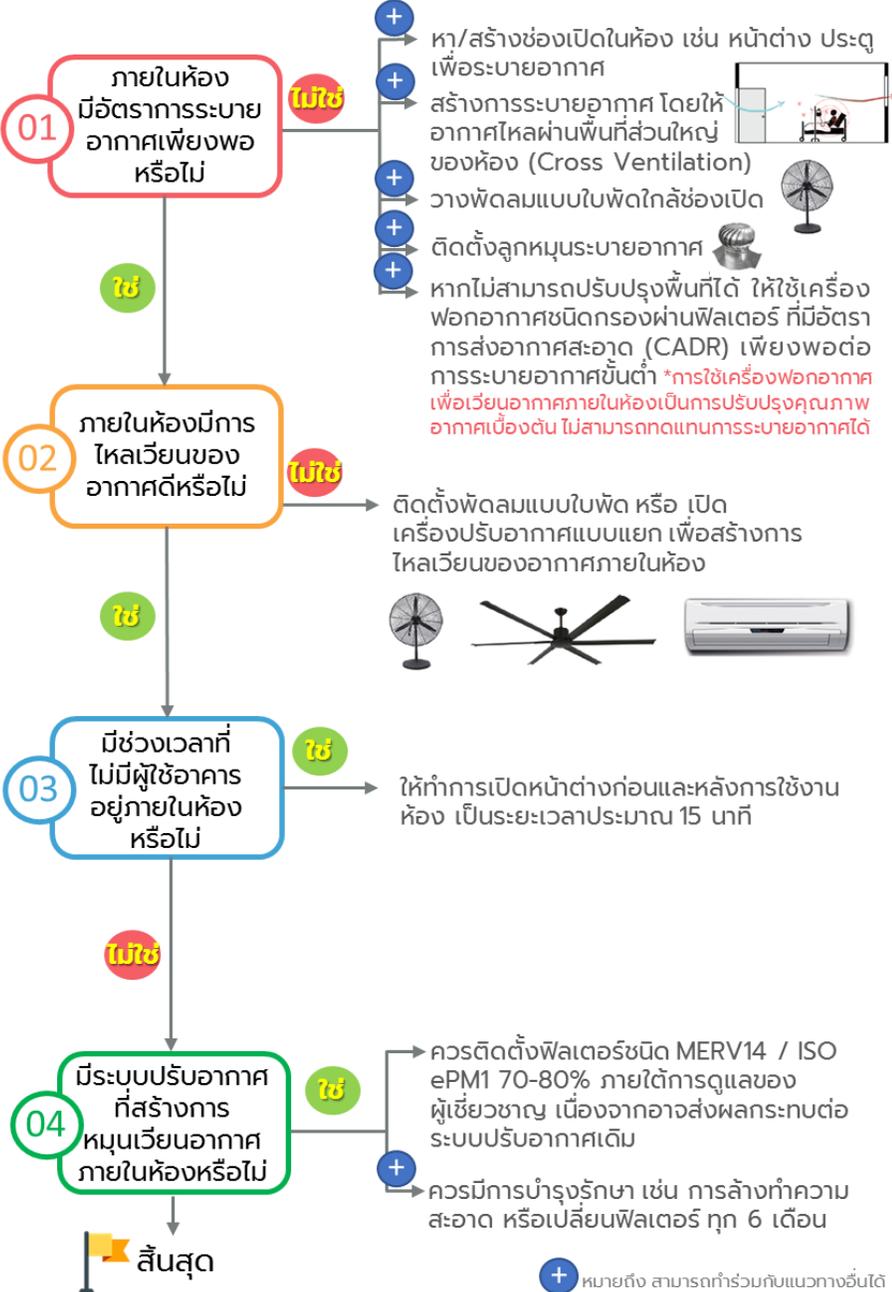
ประเภทของ การระบายอากาศ

อัตราการระบายอากาศขั้นต่ำ 10 L/s/person (EN 16798-1)

อากาศภายในห้อง มีการผสมผสานดี ไม่มีมุมอับ

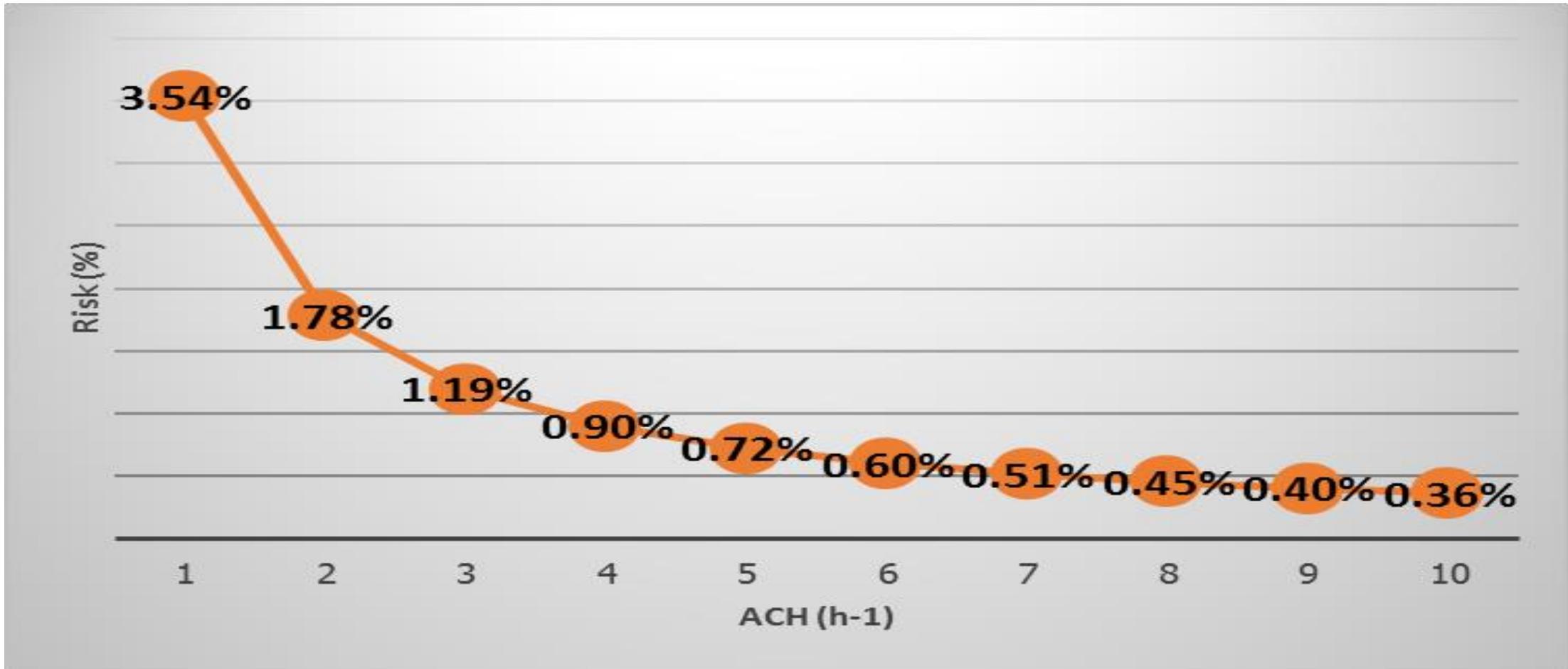
ควรมีการเปลี่ยนอากาศทั้งหมดภายในห้องเป็นบางครั้ง

ควรทำความสะอาดระบบปรับอากาศตามรอบ



แนวทาง การระบายอากาศแบบธรรมชาติ เพื่อลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ COVID-19 สำหรับอาคารทั่วไป

ความเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019



Assumption

ประเมินโดยใช้ Wells-Riley equation
ความเสี่ยงเมื่อมีคนติดเชื้อ 1 คน ในพื้นที่ปิด
ระยะเวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง
quantum generation rate = 48 quantum/h
ห้องขนาด 5 x 8 x 2.5 ลม.ม.

อัตราการระบายน
อากาศเท่าไร
ถึงจะ**เพียงพอ**





อัตราการระบายอากาศ

6 ACH

หรือ

10 L/s/person

หรือ

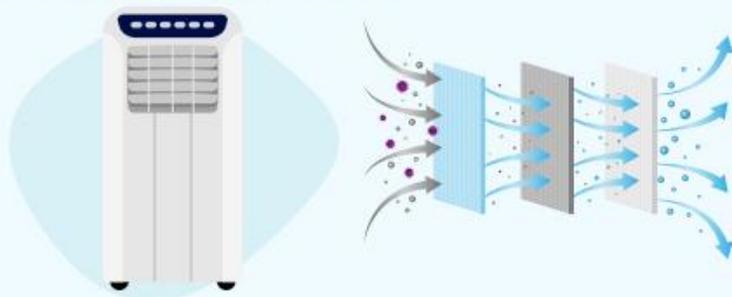
10 m³/hour/m²

CO₂ concentration < 800 ppm

เครื่องกรองอากาศชนิดกรองผ่านฟิลเตอร์

กรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมโครเมตร เช่น ตัวกรองชนิด High Efficiency Particulate Air Filter (HEPA Filter) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาดเล็กและเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ให้วางเครื่องกรองอากาศในบริเวณเดียวกับผู้ใช้งานอาคาร และควรตรวจสอบบำรุงรักษาสม่ำเสมอตามเวลาที่กำหนด

ทั้งนี้ การใช้เครื่องกรองอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศเบื้องต้น แต่ไม่สามารถทดแทนการระบายอากาศได้



เครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

(Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation : UVGI)



- ▶▶ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคในอาคาร
- ▶▶ เหมาะกับการทำลายเชื้อโรคและบนพื้นผิววัสดุในอาคารที่มีความเสี่ยงสูงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรค เช่น สถานพยาบาล
- ▶▶ มีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น ระยะห่างระหว่างเครื่องกับบริเวณที่ต้องการกำจัดเชื้อโรค ลักษณะและปริมาณเชื้อโรค ปริมาณรังสีที่ใช้ การมีสิ่งปิดกั้นเชื้อโรคกับรังสี ระยะเวลาการสัมผัส เป็นต้น

- ▶▶ การใช้งานต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยไม่ก่อให้เกิดโอโซนในพื้นที่สูงเกิน 100 ส่วนต่อพันล้านส่วน (ppb) และควรตรวจสอบ บำรุงรักษาสม่ำเสมอตามเวลาที่กำหนด

หากไม่สามารถระบายอากาศได้เพียงพอ อาจจำเป็นต้องติดตั้ง **อุปกรณ์เพิ่มเติม** เพื่อทดแทนการระบายอากาศจากภายนอกอาคาร

โปรแกรมประเมินความเสี่ยงการติดเชื้อ COVID-19 ทางอากาศในอาคาร

Covid Risk Estimation | emtrontech.com/covid19/

ประเมินความเสี่ยง COVID-19 RISK การติดเชื้อโควิด-19 ในอาคาร

ความเสี่ยงในการติดเชื้อ 64.5 %

เว็บไซต์นี้จัดทำขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินความเสี่ยงในการติดเชื้อโควิด-19 ทางอากาศ เนื่องจากการระบายอากาศภายในห้องปิดแบบเบื้องต้น โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากงานวิจัยจากต่างประเทศ และฐานข้อมูลการตรวจวัดการระบายอากาศในประเทศไทย โดยสมาคมส่งเสริมคุณภาพอากาศในอาคาร และวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลห้อง (Room Specification)

ประเภทห้อง	ที่พักอาศัย
ประตู	บานหลัก 1 บาน
หน้าต่าง	ไม่มี 0 บาน
การปรับอากาศในห้อง	ไม่มี BTU
การระบายอากาศ	ไม่มีการระบายอากาศ
พัดลมระบายอากาศ	ไม่มี 0 เครื่อง

สูง (เมตร) 2.5 กว้าง (เมตร) 5 ยาว (เมตร) 6

พื้นที่ห้อง 30 ตร.ม.
ปริมาตรห้อง 75 ลบ.ม.

จำนวนผู้ใช้งานห้อง 2 คน
จำนวนผู้ติดเชื้อภายในห้อง 1 คน
ระยะเวลาที่อยู่ภายในห้อง 8 ชั่วโมง

รายละเอียดเพิ่มเติม

ผู้ใช้อาคาร

อัตราการหายใจ	0.49 m ³ /h
พักผ่อน	
กิจกรรม	72 q/m ³
พูดทั่วไป	
หน้าตาก	70 %
หน้าตากค่า 2 ชั้น	

อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพอากาศ

เครื่องฟอกอากาศ	
ประเภท	ไม่มี
อัตราการส่งอากาศสะอาดรวม (CADR)	m ³ /h
เครื่อง UV	อุปกรณ์อื่นๆ
ประเภท	ประสิทธิภาพ
ไม่มี	%
ความเข้มแสงของ UVC รวม	ระยะเวลา
Watt/m ²	s
ระยะเวลาสัมผัสแสง	s

รายละเอียดผลการประเมินความเสี่ยง

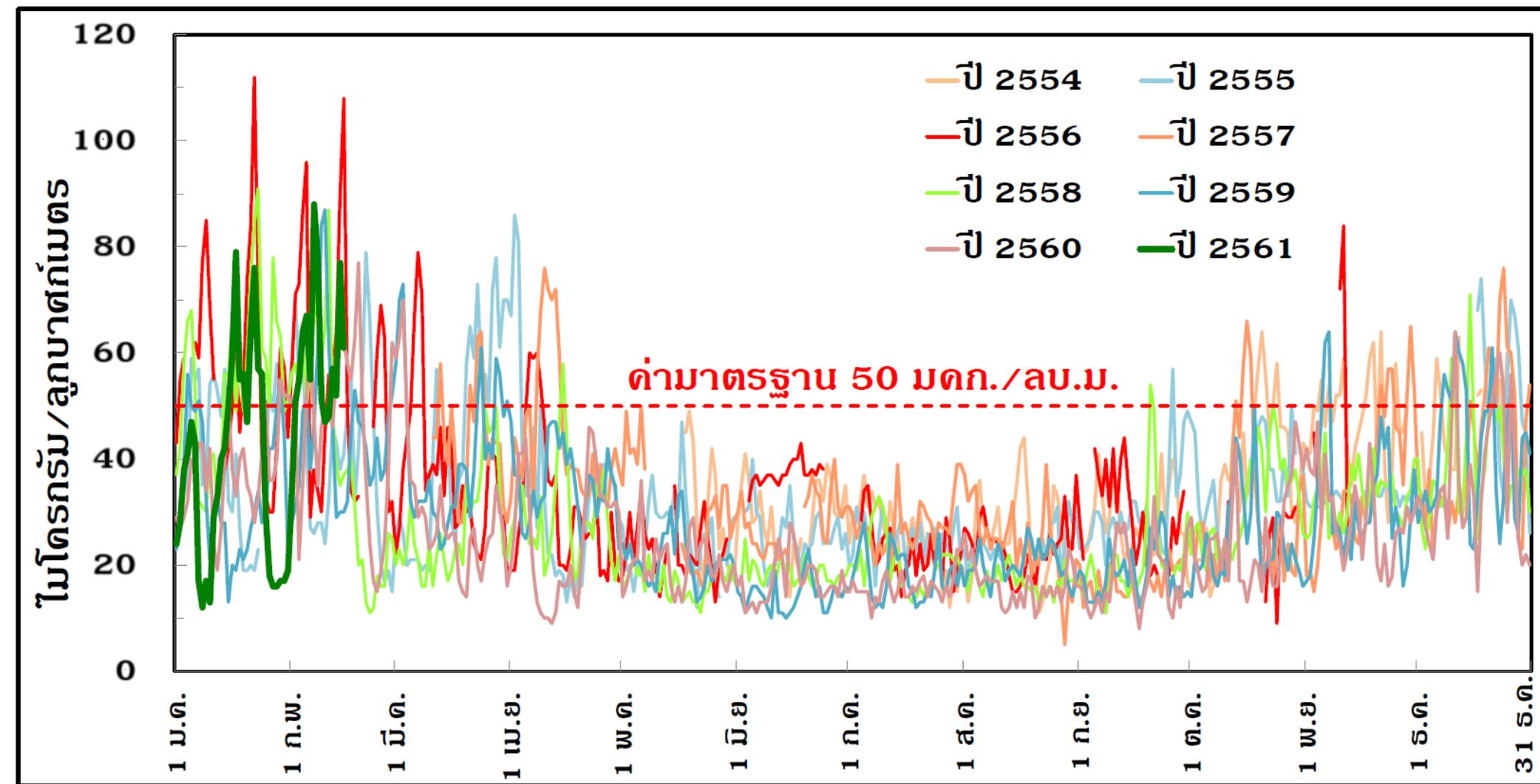
คำแนะนำ



สิ่งท้าทายใหม่

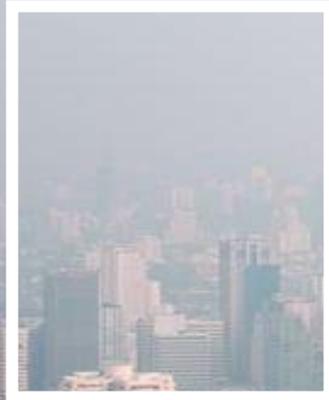
PM2.5 ในช่วงฤดูหนาว

ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2554 - 2561



PM_{2.5}

ปัญหาการสะสมตัวของ
PM_{2.5} ในบรรยากาศ



แหล่งกำเนิดของ PM_{2.5}



ข้อเสนอแนะในช่วงที่มี ฝุ่นสูงของประเทศไทย

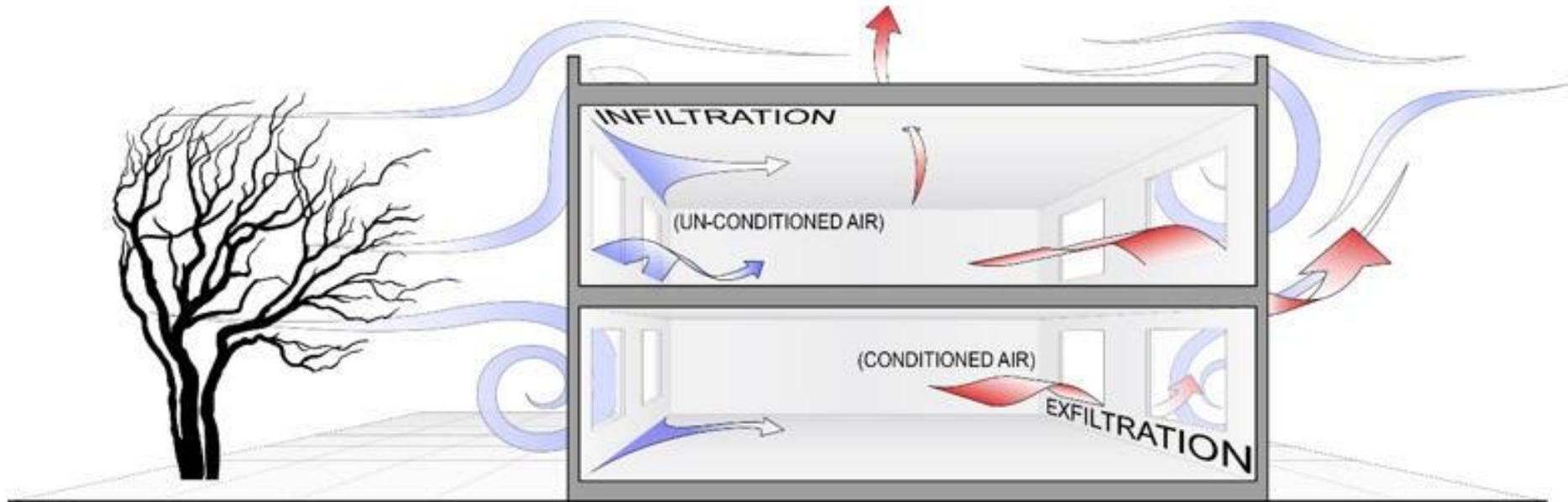
การเข้ามาอยู่ในอาศัย
อาคารปิด ช่วยลดการ
สัมผัส PM_{2.5} ได้อย่างน้อย
38-45%



ลด/งด
กิจกรรมกลางแจ้ง

Infiltration (การรั่วซึมของห้อง)

is unconditioned air that enters the building from a variety of paths



average infiltration rate (air exchange)



0.394 h^{-1}



0.722 h^{-1}



0.498 h^{-1}

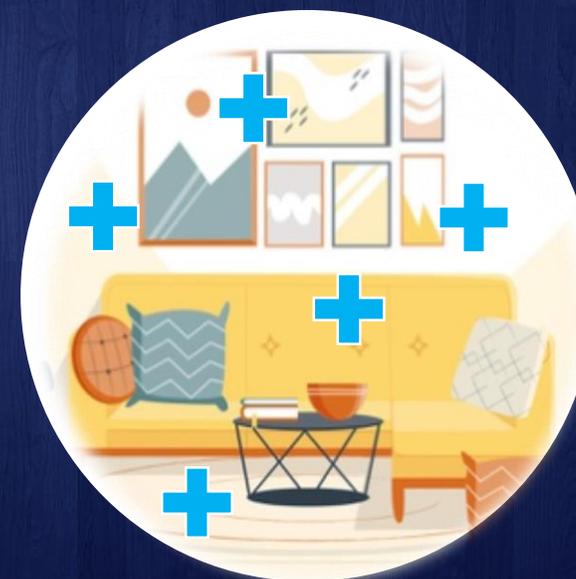
การควบคุม
แหล่งกำเนิด



การฟอกอากาศ



การระบายอากาศ



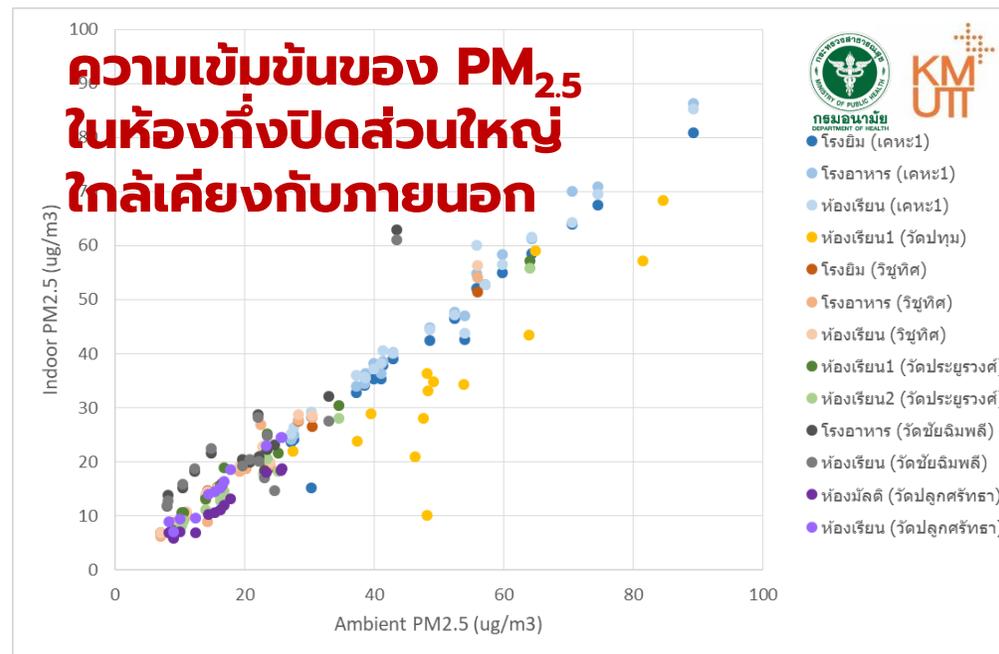
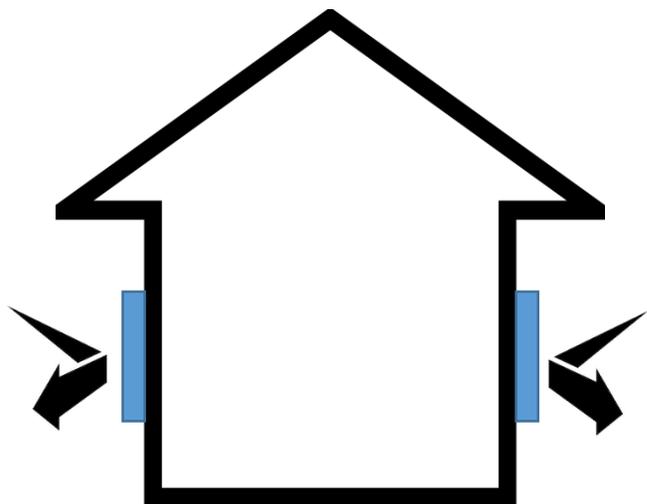
เทคนิคการจัดการคุณภาพอากาศ
ภายในบ้าน/สำนักงาน



การควบคุมแหล่งกำเนิด



แยกพื้นที่พักอาศัย/ทำงาน
ออกจากอากาศนอกรอาคาร โดยการ
ปิดประตูหน้าต่างต่าง และช่องเปิดต่างๆ





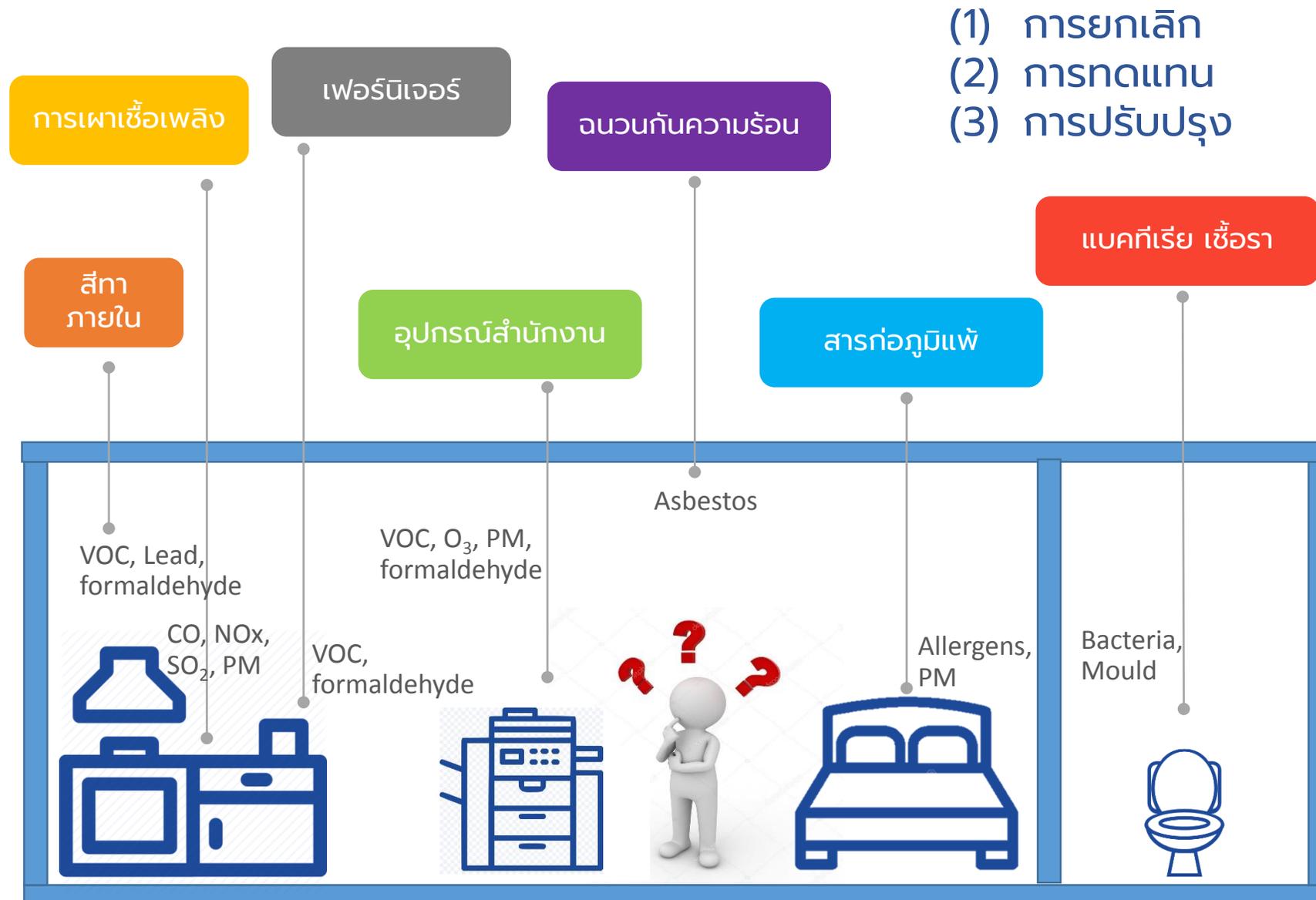
การควบคุมแหล่งกำเนิด



ไม่ทำกิจกรรมที่ก่อ
PM_{2.5} เช่น สูบบุหรี่
ปิ้งย่าง จุดธูปเทียน
 เป็นต้น

หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ให้ทำการระบายอากาศ
เป็นบางครั้ง เพื่อลดการสะสม

หลักเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศ ชนิดอื่น หรือกิจกรรมที่อาจก่อมลพิษ



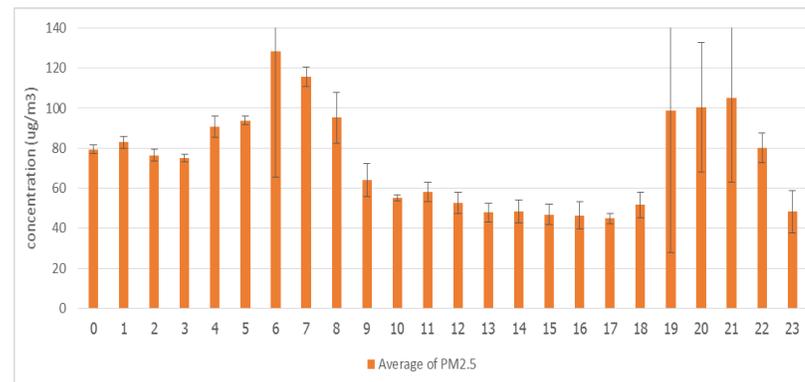


การควบคุมแหล่งกำเนิด

การปิดห้อง อาจก่อให้เกิดการสะสมของ **ความร้อน** และ **คาร์บอนไดออกไซด์** การระบายอากาศเป็นบางครั้งในช่วงฝุ่นน้อย เช่น **ตอนกลางวัน** อาจจำเป็นสำหรับบางห้อง

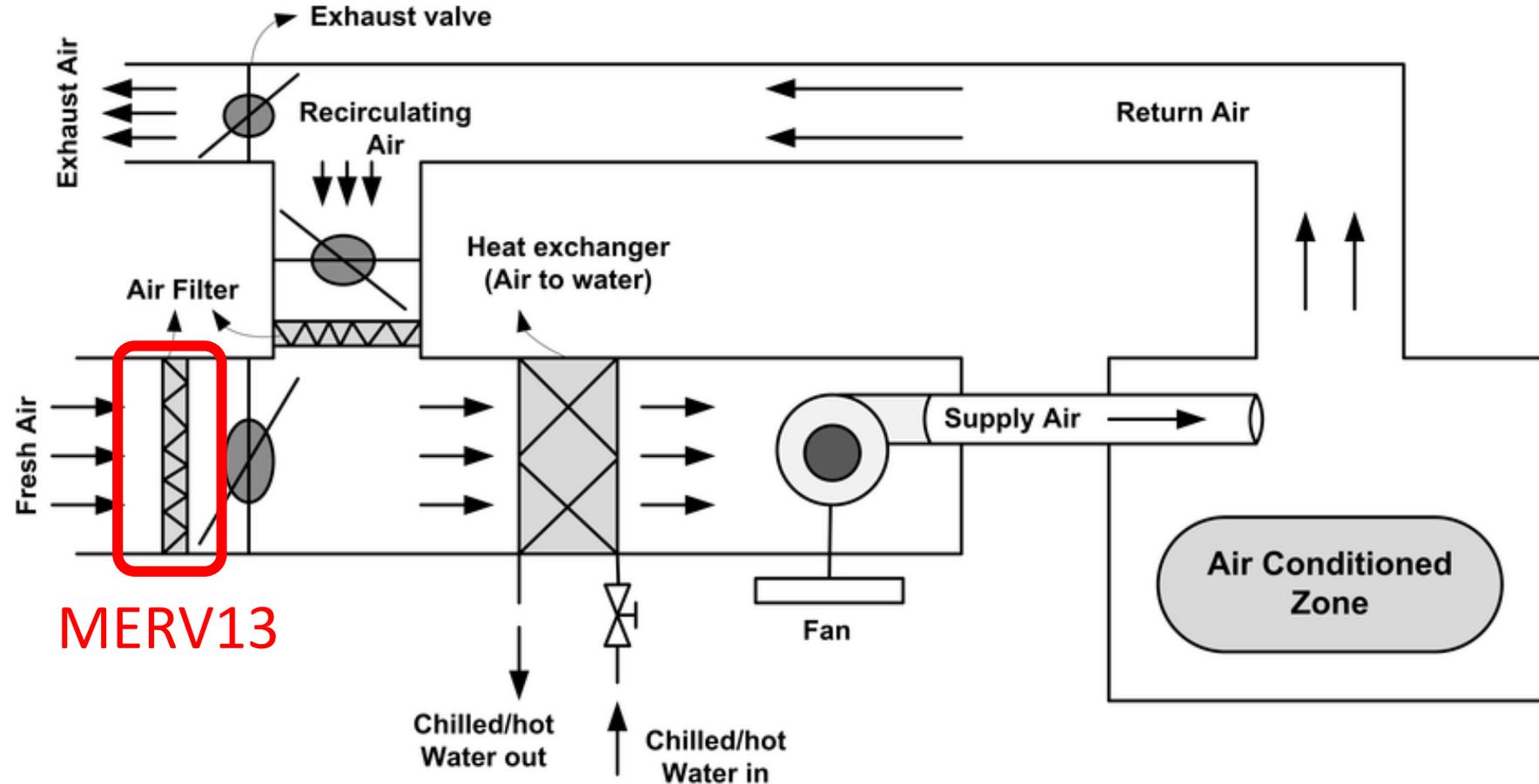


การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นรายชั่วโมง





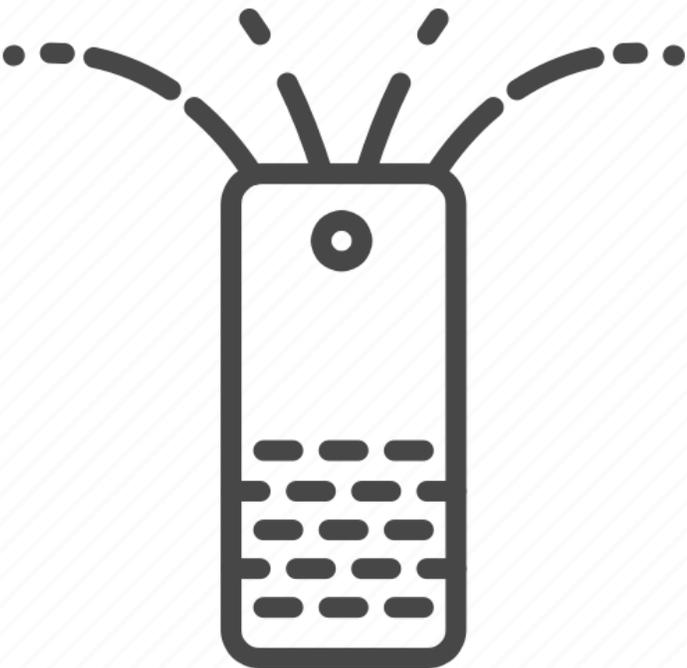
การฟอกอากาศ



Air handling unit schematic drawing view



การฟอกอากาศ



เครื่องฟอกอากาศทางกล

มักใช้กระดาษกรองชนิด HEPA ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองสูงจำเป็นต้องเปลี่ยนกระดาษกรองตามรอบ

เครื่องฟอกอากาศแบบไอออน

ใช้ไฟฟ้าสถิตในการดักจับ อาจมีความเสี่ยงในการเกิดโอโซน เครื่องฟอกดังกล่าวควรผ่านการทดสอบว่ามีปริมาณการเกิดโอโซนไม่เกินระดับที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ใช้งาน

โอโซนในห้องควรมีน้อยกว่า 50 ppb

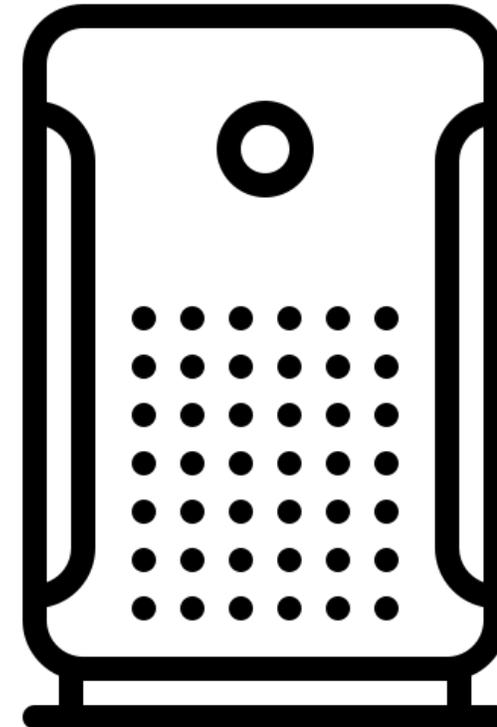


การฟอกอากาศ

การเลือกซื้อเครื่องฟอกอากาศ

- 1 อัตราการส่งอากาศสะอาด
(Clean Air Delivery Rate, CADR)
- 2 พื้นที่ห้องที่ใช้ได้
(Applicable Floor Area)

เลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน



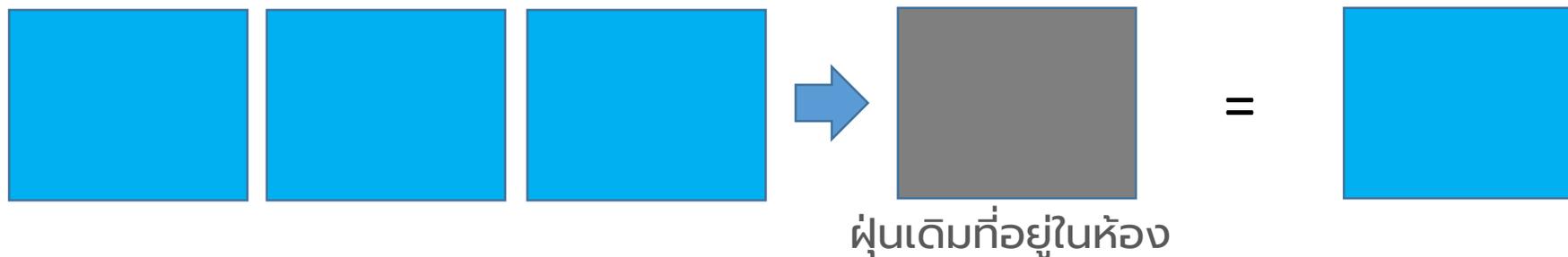
อัตราการส่งอากาศสะอาด
(Clean Air Delivery Rate, CADR)

เท่าไรถึงจะเพียงพอ?

3 เท่า

ของปริมาตรห้อง

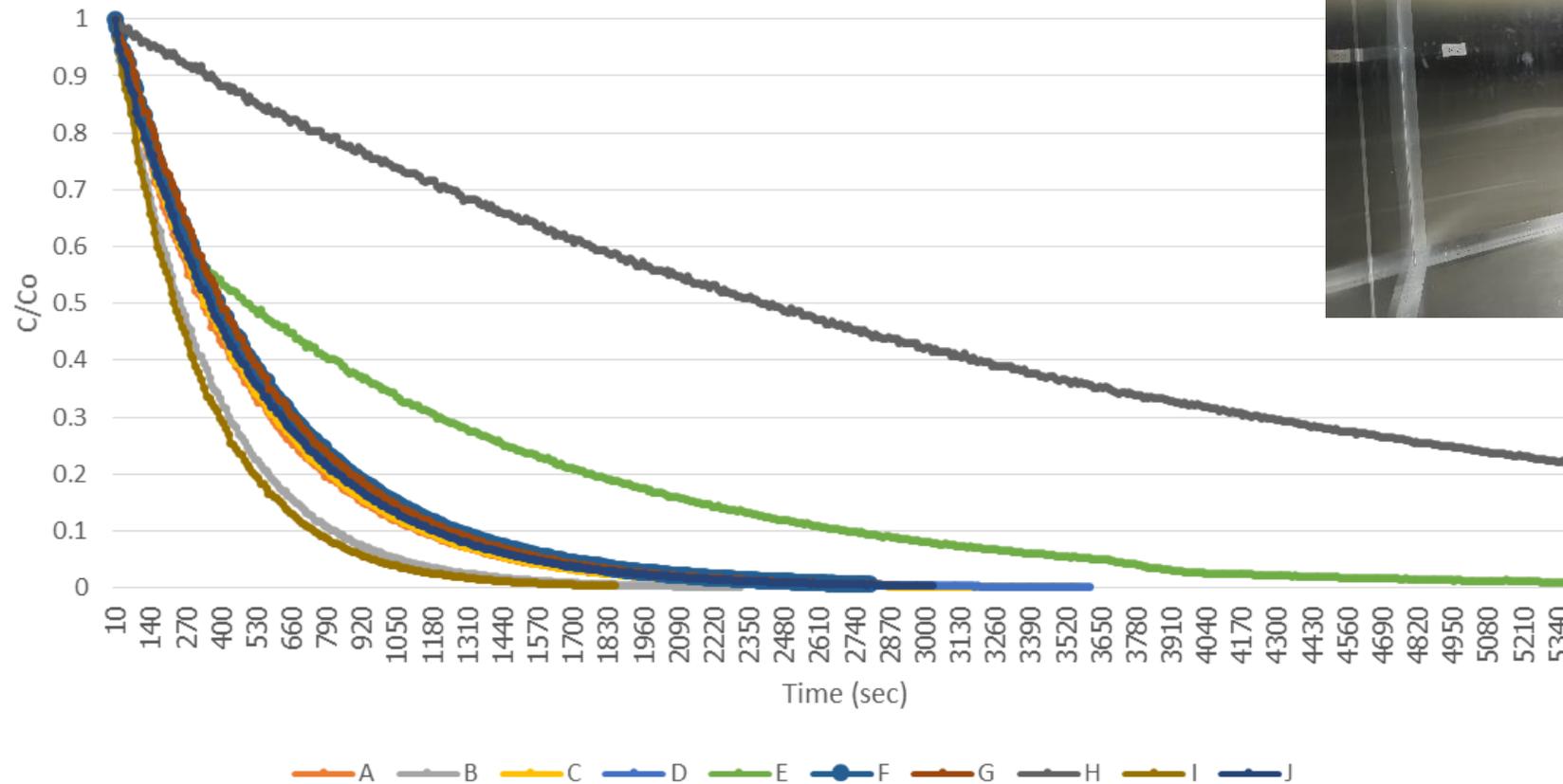
ความเข้มข้นของอนุภาคลดจาก
 1.25 mg/m^3 เหลือ 0.15 mg/m^3



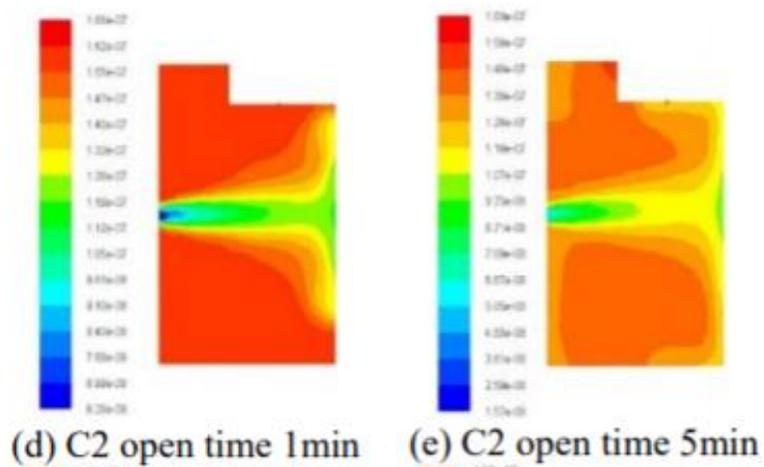
AIR PURIFIER PERFORMANCE TEST



AIR PURIFIER

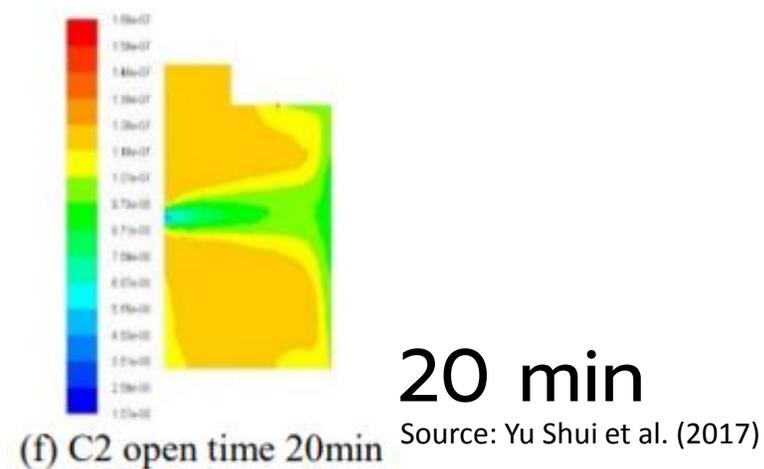


ควรตั้งเครื่องฟอก ตรงไหนของห้อง?



1 min

5 min



20 min

Source: Yu Shui et al. (2017)

- การติดตั้งให้ปฏิบัติตามคู่มือของเครื่องฟอก
- ควรวางด้านที่ไม่มีการดูดอากาศเข้า ใกล้ผนัง โดยห่างจากผนังประมาณ 10 ซม. (การตั้งเครื่องฟอกอากาศกลางห้อง ส่งผลให้ระยะเวลาการลด PM_{2.5} ช้าสูงสุดถึง 10%)
- ควรหลีกเลี่ยงการตั้งเครื่องฟอกอากาศทางกลใกล้แหล่งความชื้น เช่น ห้องน้ำ เนื่องจากพัดเตอร์ส่วนใหญ่อาจจะได้รับความเสียหายหากมีความชื้นสูง



การระบายอากาศ



ข้อจำกัดของการสร้างห้องปิด:

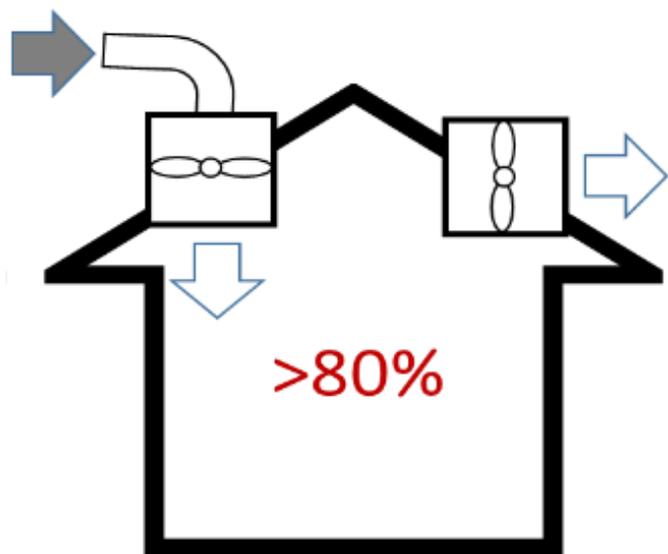
- อาจก่อให้เกิดการสะสมของ CO_2
- ส่งผลให้ปริมาณ O_2 ในอาคารปิดลดลง
- ไม่เหมาะกับพื้นที่มีคนอยู่หนาแน่น

การจัดการเชิงเทคนิคที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีผู้อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก คือ

“การระบายอากาศ
ร่วมกับการฟอกอากาศ”

แต่เทคนิคนี้มีค่าใช้จ่ายสูง

“การระบายอากาศ ร่วมกับการฟอกอากาศ”



Positive Room

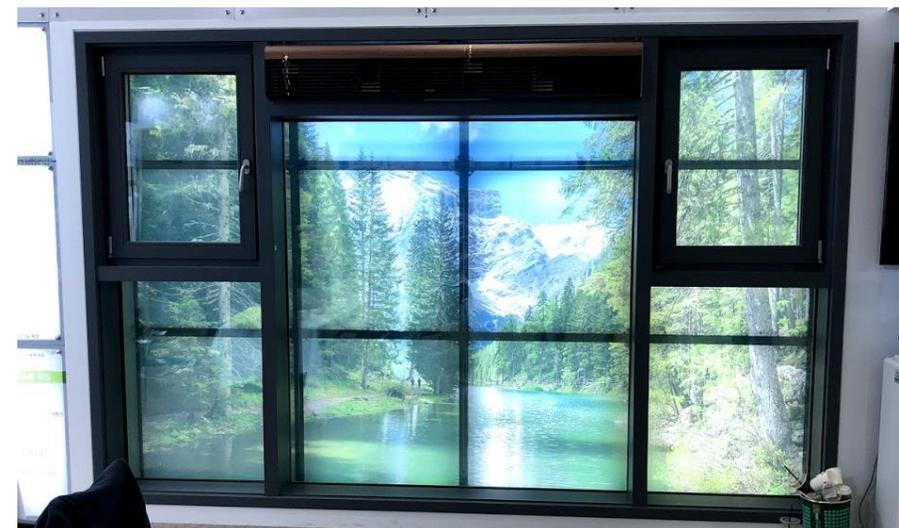
Space is required for
installation

ข้อควรระวัง: การดึงอากาศจากภายนอกเข้ามา อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบปรับอากาศภายในห้องมีปัญหา ควรมีการออกแบบทางวิศวกรรมอย่างเหมาะสม

แนวทางการติดตั้ง

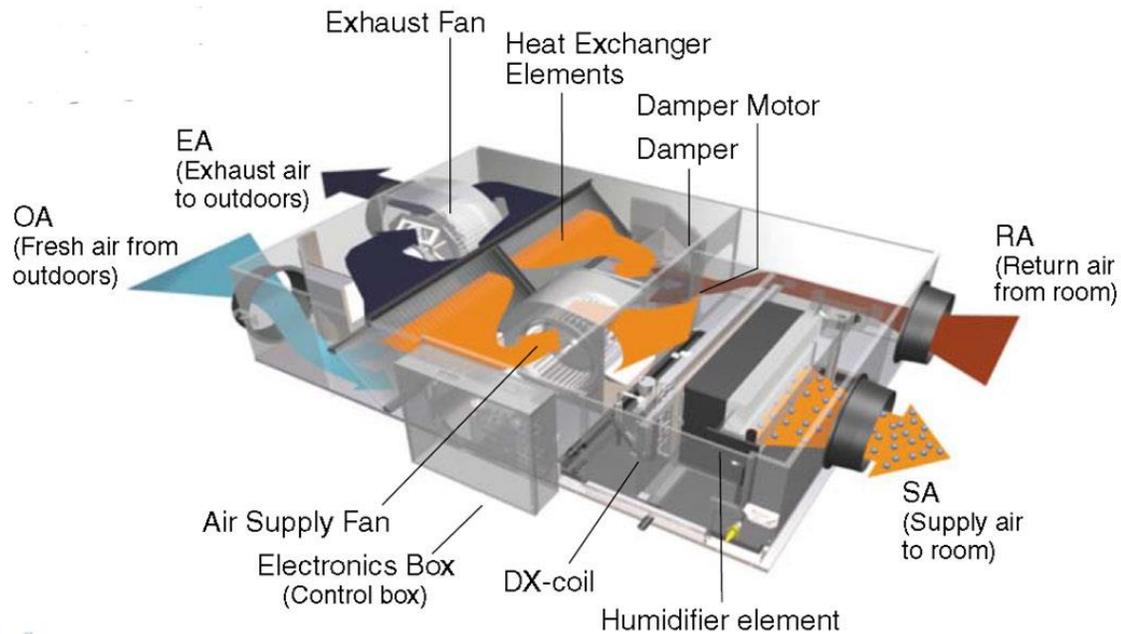
- ใช้พัดลมดูดอากาศจากภายนอก ที่ผ่านการลดปริมาณฝุ่น จ่ายเข้ามาภายในห้อง และผลักดันฝุ่นภายในห้องออกไปภายนอกอย่างต่อเนื่อง
- อาจมีพัดลมดูดอากาศออก เพื่อดึงอากาศภายในอาคารบางส่วนออกไป โดยควรมีอัตราการดูดออกน้อยกว่าอัตราการนำอากาศเข้ามา (Positive Pressure)

ผลิตภัณฑ์สำหรับการ สร้างการระบายอากาศ และการฟอกอากาศ

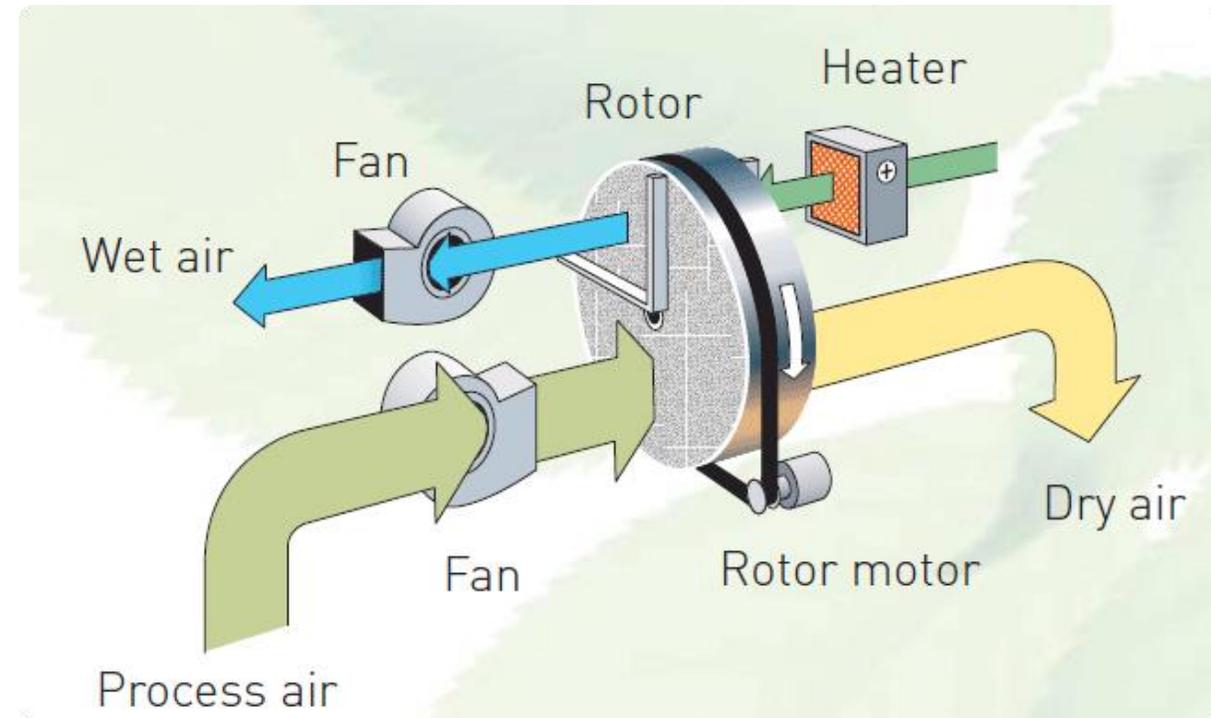


ผลิตภัณฑ์สำหรับการระบายอากาศ และลดการสูญเสียพลังงาน

Ventilation with heat exchanger



Desiccant Humidity



better IAQ
lower COVID-19 infection risk

ขอบคุณครับ

ติดต่อ

ผศ. ดร.ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Mobile: 0816587440

Email: prapat.pon@kmutt.ac.th