รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การระบายอากาศในห้องปิดทึบ

Closed Door Room Ventilation

นางสาววิภาวดี พนมทิพย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การระบายอากาศในห้องปิดทึบ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาววิภาวดี พนมทิพย์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมโยธา

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.ศลิษา ไชยพุทธ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณอลงกต ต้นเนียม

สถานประกอบการ บริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

สภาพอากาศในปัจจุบันนี้ที่ทั้งร้อนและฝุ่น โดยเฉพาะในเมืองที่ควรจะมีการปิดห้องพักอาศัยให้ทึบเพื่อไม่ให้มลพิษเข้ามาได้ นั่นอาจส่งผลให้ไม่มีการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนหมุนเวียน จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยหายใจเอาอากาศเก่าเข้ามาหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพหากได้รับแต่อากาศเสียต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน

ตามมาตรฐาน American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ระบุว่าในที่พักอาศัยที่ไม่ได้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษร้ายแรง สามารถใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวแทนของมลพิษและเป็นตัวบ่งชี้การระบายอากาศภายในอาคารได้ เนื่องจากเมื่อมีคนอยู่ในห้องและปิดประตูทึบก็จะเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจากลมหายใจออกของมนุษย์

จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ ที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการระบายอากาศในห้องนอน ซึ่งเป็นกระบวนการในการนำอากาศเก่าออกไปหรือนำอากาศใหม่เข้ามาในห้อง ที่สามารถเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องได้

คำสำคัญ : ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, การระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative title: Closed Door Room Ventilation

Student intern name: Wiphawadee Phanomthip

Faculty: Engineering **Department:** Civil Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Dr.Salisa Chaiyaput

Mentor name: Mr.Alongkot Tonniam

Company: Supalai Public Company Limited

ABSTRACT

Today's weather that is both hot and dusty. Especially in cities that should be closed to prevent opaque rooms to prevent pollution. That may result in no external air being exchanged for circulation. Therefore causing the residents to breathe in the bad air into circulation all the time Which may adversely affect health if exposed to bad air for a long period of time.

According to the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) standards, specify that "accommodation is not a serious source of pollution, Carbon Dioxide concentration can be used as a representative of pollution and as an indication of indoor ventilation". Due to when people are in the room and close the door, it will accumulate Carbon Dioxide from the human exhale breath.

The purpose of this study were to study about bedroom ventilation which is the process of removing air from or supplying air to the room which can dilute the Carbon Dioxide concentration in the room.

Keywords : Carbon Dioxide, Ventilation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ศลิษา ไชยพุทธ ที่ได้ให้คำปรึกษาตั้งแต่การยื่นสมัครฝึกงานสหกิจศึกษา ณ บริษัทที่ผู้วิจัยสนใจ จนถึงให้คำปรึกษาต่าง ๆ เป็นอย่างดี จนทำให้โครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณบริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้โอกาสผู้วิจัยเข้ามาฝึกงานสหกิจศึกษา ในแผนกตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพ ในสำนักงานใหญ่ของบริษัทฯที่ซึ่งผู้วิจัยก็ได้เก็บเกี่ยวประสบการณ์ความรู้ในหลายๆด้าน โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้หากไม่มีคุณปุณณพันธ์ เหน่งเพ็ชร รองกรรมการผู้จัดการสายงานก่อสร้างแนวราบ บริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน) ที่ได้กำหนดหัวข้อที่เป็นประโยชน์ให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีที่ปรึกษาคือคุณอลงกต ต้นเนียม ผู้จัดการแผนกตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพ ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่คอยให้คำปรึกษาในการทำโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้มอบความรู้ในทุก ๆ ด้าน ทั้งในด้านวิชาการและการทำงานจริงให้แก่ผู้วิจัย ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้นั้น ๆ มาปรับใช้กับโครงงานฉบับนี้และประยุกต์ใช้ในหน้างานจริงได้

สุดท้ายนี้ที่ขาดไม่ได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่คอยให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น ทั้งด้านกำลังใจ กำลังทรัพย์ มาโดยตลอดที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันนี้ ทำให้ผู้วิจัยสามารถศึกษา เรียนรู้ และทำให้โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิภาวดี พนมทิพย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1.1 มาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้	4
2.1.2 หลักการและเหตุผลสำหรับความต้องการทางกายภาพที่ต่ำสุด สำหรับอากาศหายใจ โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4
2.1.3 มาตรฐานระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาคาร	8
2.1.4 ส่วนประกอบของอากาศ	9
2.1.5 การหายใจและระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์	9
2.1.6 ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์	10
2.1.7 การคำนวณอัตราการระบายอากาศที่สัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากลมหายใจออกของมนุษย์	11
2.1.8 อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมง (Air Change per Hour, ACH)	13
2.1.9 การคำนวณอัตราการระบายอากาศ	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
2.1.10การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศที่เหมาะสม	14
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.2.1 วิธีการศึกษา	14
2.2.2 กายภาพของห้องนอนของ 10 กรณีศึกษา	15
2.2.3 ผลการวัดค่าด้วยเครื่องมือทั้ง 10 กรณีศึกษา	16
2.2.4 สรุปผลการศึกษา	17
2.2.5 ข้อจำกัดของการศึกษา	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบปิด	20
3.2 ศึกษามาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้	
3.2.1 อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมง (Air Change per Hour, ACH)	20
3.2.2 ความต้องการอากาศภายนอกต่อคน	20
3.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในห้อง	20
3.4 คำนวณเวลาที่คนจะอยู่ในห้องปิดทึบได้โดยไม่เกิดผลกระทบ	21
3.5 เปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากสูตรกับผลการตรวจวัดจากการวิจัยอื่น	21
3.6 คำนวณอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม	22
3.7 คำนวณและเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับห้องที่ต้องการระบายอากาศ	22
บทที่ 4 สรุปการวิจัย	
4.1 ผลการคำนวณเวลาที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสะสมในห้องถึง 1,000 ppm	23
4.2 เปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับผลการตรวจวัดโดยใช้เซนเซอร์	25
4.3 อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ	26
4.4 การเลือกขนาดของพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับอัตราการระบายอากาศที่ต้องการ	28
4.5 การทำงานของพัดลมระบายอากาศ	30
4.6 สรุปค่าใช้จ่าย	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 5 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	32
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้	32
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก.	36
ข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง : การวัดคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนปรับอากาศ ที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล	
ประวัติผู้เขียน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การปล่อย CO_2 ของคน สัมพันธ์กับกิจกรรมที่ทำ	10
2.2 ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์	10
2.3 กายภาพห้องนอนของ 10 กรณีศึกษา	15
2.4 ผลการวัดค่าด้วยเครื่องมือทั้ง 10 กรณีศึกษา	16
2.5 สรุปผลค่า CO_2 ที่วัดได้	17
3.1 การเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี	21
4.1 ผลการคำนวณเวลาที่ความเข้มข้น CO_2 ถึง 1,000 ppm ที่สัมพันธ์กับขนาดห้องและจำนวนคนที่อยู่ในห้อง	23
4.2 การเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี	25
4.3 ผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศที่ต้องการอย่างต่ำที่สัมพันธ์กับห้องขนาดต่างๆ	26
4.4 การเลือกขนาดพัดลมที่เหมาะสมกับขนาดห้องนั้นๆ และคำนวณเวลาการทำงานของพัดลมระบายอากาศตามปริมาณลมที่ต้องการ	28
4.5 ค่าติดตั้ง	31
4.6 ค่าไฟฟ้า	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แบบจำลองสองห้อง 5

2.2 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนและการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ 6

2.3 ความต้องการการระบายอากาศ 7

2.4 แบบจำลองกระบายอากาศอย่างง่าย 11

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 19

4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ความเข้มข้น CO_2 ถึง 1,000 ppm กับขนาดห้องที่มีคนอยู่ 24

4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศที่ต้องการอย่างต่ำ(ลบ.ม./ชม.) กับขนาดห้องที่มีคนอยู่(ตร.ม.) 27

4.3 กราฟความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศ(ลบ.ม./ชม.) และการเลือกขนาดพัดลม(นิ้ว) 29

4.4 กราฟที่เป็นการทำงานของพัดลมระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

คุณภาพอากาศภายในบ้านเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะส่งผลต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย มลพิษจากภายนอกอาคารที่เข้ามารวมอยู่ในอาคารอาจถูกกำจัดออกไปโดยง่ายถ้ามีระบบระบายอากาศที่ดี ซึ่งตามมาตรฐาน ASHRAE 62-1999 กำหนดให้ที่พักอาศัยที่ไม่ได้กำเนิดสิ่งปนเปื้อนร้ายแรง สามารถใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวแทนของสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ โดยรวม ในการคำนวณอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมได้ และถ้าหากระบบหมุนเวียนอากาศไม่ดี จะทำให้ผู้อยู่อาศัยหายใจเอาอากาศเก่าเข้าร่างกายตลอดเวลาและรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าที่ควรจะเป็น

ตามมาตรฐานระบุว่าค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องไม่ควรเกิน 1,000 ppm ถ้าเกินจากนี้จะถือว่าห้องนั้นมีการระบายอากาศที่ไม่ดีและส่งผลต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยคือทำให้ง่วงซึม ปวดหัว และประสิทธิภาพการทำงานลดลง การอยู่อาศัยในห้องที่ปิดทึบเป็นระยะเวลายาวนานจะทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสะสมเพิ่มสูงขึ้นซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัย

ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจออกของมนุษย์ ซึ่งเมื่อปิดห้องไปในระยะเวลาหนึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 1,000 ppm แล้วจึงให้พัดลมระบายอากาศทำงานด้วยอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมกับขนาดห้องนั้น ๆ เพื่อเจือจางก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อทราบถึงผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมภายในห้องที่ปิดทึบ ซึ่งจะสัมพันธ์กับระดับการเผาผลาญในแต่ละกิจกรรมของมนุษย์

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผู้อยู่อาศัยที่ยอมรับได้

1.2.3 เพื่อกำหนดแนวทางการระบายอากาศที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 เนื่องจากหลายปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากลมหายใจออกของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นเพศ อายุ และกิจกรรมที่ทำ ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการพิจารณา

1.3.2 การศึกษานี้จะเน้นศึกษาเกี่ยวกับการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอน เนื่องจากเป็นห้องที่มีการใช้งานมากที่สุด

1.3.3 ก๊าซอื่น ๆ สารชีวภาพ ฝุ่นละออง เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราในอากาศไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษานี้

1.3.4 คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้อาจไม่เกิดขึ้นกับทุกอาคารเนื่องมาจากเหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

1.3.4.1 เนื่องจากความหลากหลายของมลพิษและแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ภายอาคาร

1.3.4.2 เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อการรับรู้ระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารของผู้อาศัย เช่น อุณหภูมิของอากาศ, ความชื้น, เสียงรบกวน, ไฟส่องสว่าง, และความเครียดทางจิตวิทยา

1.3.4.3 เนื่องจากความแตกต่างของความไวต่อการรับรู้ของผู้อยู่ร่วม

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาปัจจัยที่เป็นผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในห้องปิดทึบ

1.4.2 ศึกษามาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้และรวบรวมข้อมูลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คาดว่าจะมีผลต่อคุณภาพอากาศภายในห้องปิดทึบ

1.4.3 คำนวณเวลาที่คนจะสามารถอยู่ในห้องปิดทึบได้โดยไม่มีผลกระทบ

1.4.4 ศึกษาการวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับรายการที่คำนวณได้

1.4.5 คำนวณอัตราการระบายอากาศที่ห้องปิดทึบที่สนใจนั้นต้องการในการระบายอากาศ

1.4.6 คำนวณและเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับห้องที่ต้องการระบายอากาศ

1.4.7 สรุปผลการวิจัยและรับฟังคำเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงมาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

1.5.2 สามารถออกแบบการระบายอากาศที่สภาวะสบายได้

1.5.3 สามารถลดผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในห้องที่ปิดทึบเป็นระยะเวลายาวนานได้

1.5.4 กำหนดแนวทางการระบายอากาศที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน

1.5.5 นำไปประยุกต์ใช้กับห้องนอนทั่วไปในปัจจุบัน ที่ไม่มีระบบระบายอากาศวิธีกลในการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกับภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 มาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

คุณภาพอากาศภายในอาคารมีความสัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร การออกแบบห้อง การออกแบบระบบระบายอากาศ การใช้งานและการบำรุงรักษา การเกิดของแหล่งกำเนิดมลพิษ และความเข้มข้นของมลพิษในแต่ละแหล่งมาตรฐานที่นำมาพิจารณานี้จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบระบายอากาศ ซึ่งได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้ได้มาซึ่งระดับคุณภาพของอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

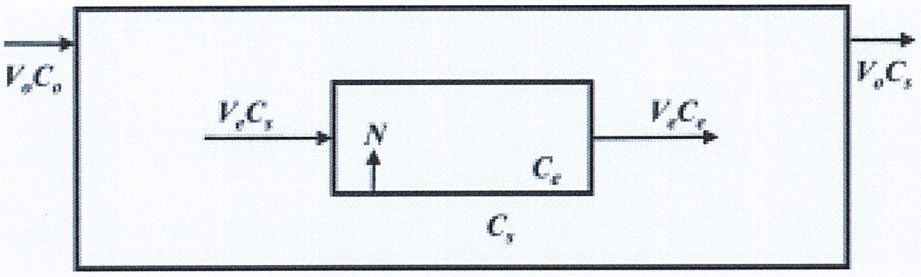
อากาศภายในอาคารไม่ควรมีมลพิษเข้มข้นมากจนถึงระดับที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหรือก่อให้เกิดความไม่สบายต่อผู้อยู่อาศัย มลพิษเหล่านี้รวมถึงก๊าซต่าง ๆ ไอน้ำ จุลินทรีย์ ควัน และกลุ่มอนุภาคต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้อาจมีอยู่ในอากาศเดิมอยู่แล้วหรืออาจเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในอาคาร อุปกรณ์ตกแต่ง วัสดุของอาคาร พื้นผิวที่เคลือบไว้ เครื่องเป่าลมเย็น และเครื่องบำบัดคุณภาพอากาศ องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ควรถูกกำจัดออกให้หมดไปมีหลายประการ เช่น สารที่เป็นพิษ สารกัมมันตรังสี รังสี เชื้อโรค สิ่งที่ทำให้ระคายเคือง สภาวะที่มีความร้อนผิดปกติ และกลิ่นเหม็น

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสาเหตุที่ทำให้ห้องนอนที่ปิดทึบนี้มีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ซึ่งตามมาตรฐาน ASHRAE 62-1999 กำหนดให้ที่พักอาศัยที่ไม่ได้กำเนิดสิ่งปนเปื้อนร้ายแรง สามารถใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวแทนของสิ่งปนเปื้อนอื่นๆโดยรวม ในการคำนวณอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมได้ โดยการคำนึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจออกของผู้อยู่อาศัยเป็นเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

2.1.2 หลักการและเหตุผลสำหรับความต้องการทางกายภาพที่ต่ำสุด สำหรับอากาศหายใจ โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รูปที่ 2.1 ได้แสดงอัตราการหายใจด้วยสมการสมดุลมวลอย่างง่ายและแสดงถึงอัตราการไหลอากาศภายนอกอาคารที่ต้องการ เพื่อที่จะรักษาสภาวะความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะสมดุลให้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอัตราการใช้ออกซิเจนและการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ จะขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่าง ๆ ความสัมพันธ์เหล่านี้ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงแบบจำลองสองห้อง

(ที่มา : ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1, 2013)

$$V_0 = \frac{N}{C_s - C_0} \qquad \text{--------- (2.1)}$$

โดยที่ V_0 = อัตราการไหลของอากาศภายนอกอาคารต่อคน

V_e = อัตราการหายใจ

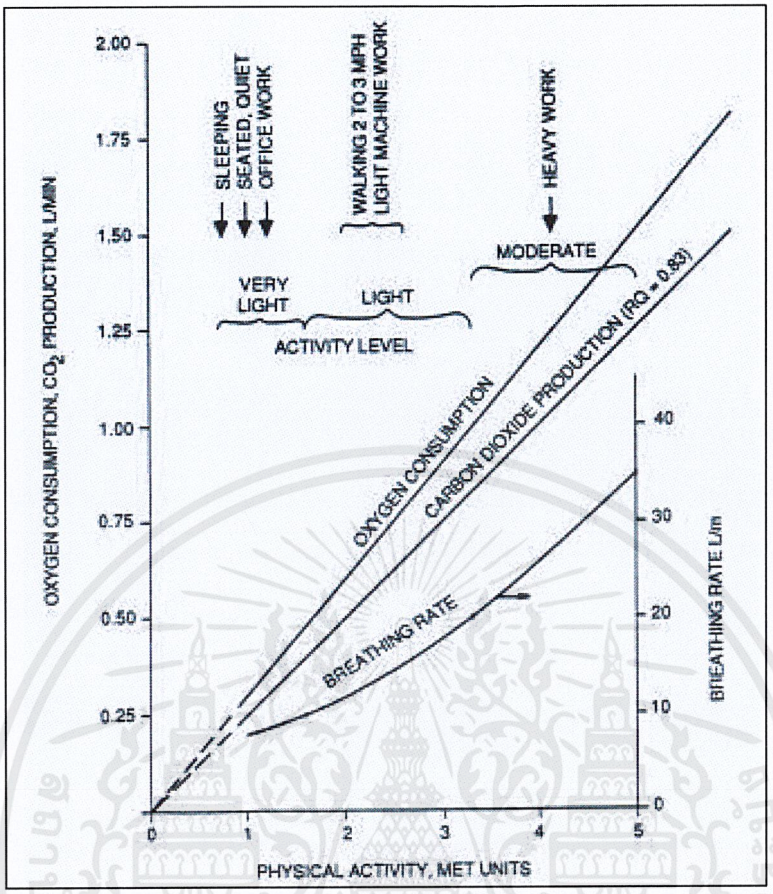
N = อัตราการเกิดของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน

C_e = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในการหายใจออก

C_s = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่

C_O = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนและการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์

(ที่มา : ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1, 2013)

ดังนั้น ที่ระดับกิจกรรม 1.2 Met units (1.0 Met = 18.4 Btu/h.ft^2), อัตราการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.31 L/min ถ้ากำหนดให้ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงสุดคือ 0.1% (1,000 ppm) และมีความเข้มข้นภายนอกเท่ากับ 0.03% (300 ppm) จากสมการที่ 2.1 จะสามารถคำนวณความต้องการอากาศภายนอกได้ดังนี้

$$V_0 = \frac{N}{C_s - C_0}$$

$$V_0 = \frac{0.30}{[(0.001-0.0003)*60]}$$

$$= \text{7.0 ลิตรต่อวินาที หรือ 15 ลูกบาศก์ฟุต ต่อคน}$$

ระดับของกิจกรรมที่ 1.2 met (1.0 Met = 18.4 Btu/h.ft^2) จะมีอัตราการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.31 ลิตรต่อวินาที (โดยจะสอดคล้องกับคนที่นั่งอยู่, อัตราการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ = 0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิตรต่อวินาที) จากการคำนวณข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอากาศที่จ่ายให้กับคนที่นั่งอยู่ประมาณ 7.5 L/min (15 cfm) ต่อคน ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะสมดุลจะสัมพันธ์กับอากาศภายนอกคือ

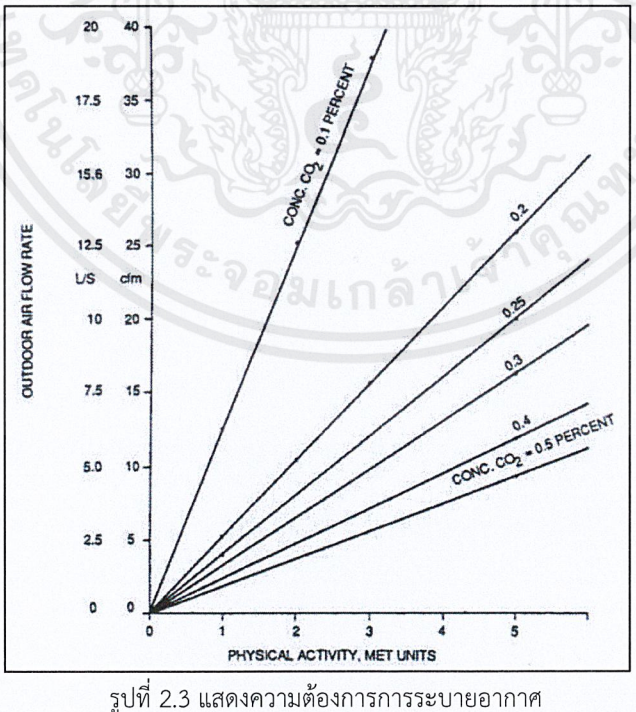
$$C_s - C_0 = \frac{N}{V_0} \qquad \text{---------- (2.2)}$$

$$= \frac{0.31}{7.5*60 \text{ s/min}}$$

$$= 0.000689 \text{ ลิตรของ } CO_2 \text{ ต่อ ลิตรของอากาศ}$$

ดังนั้น ในการรักษาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะสมดุล ให้คาร์บอนไดออกไซด์ภายในมากกว่าภายนอกไม่เกิน 700 ppm ซึ่งจะทำให้ผู้คนที่เข้าไปในพื้นที่พึงพอใจในเรื่องของ Human Bio-effluent (กลิ่นตัว) รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้มคาร์บอนไดออกไซด์และความเข้าใจในเรื่องของ Bio-effluents เช่น การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารเพื่อประมาณอัตราการระบายอากาศของอาคาร ซึ่งถูกระบุไว้ในมาตรฐาน ASTM D624

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 300-500 ppm ถ้าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศสูงจะสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเผาไหม้และเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ



รูปที่ 2.3 แสดงความต้องการการระบายอากาศ

(ที่มา : ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 แสดงอัตราการไหลของอากาศภายนอกที่ต้องการที่สัมพันธ์กับกิจกรรมทางกายภาพและความเข้มข้นของอากาศภายในห้องที่สภาวะสมดุล ถ้าระดับของกิจกรรมมีค่าเกินกว่า 1.2 Met จะต้องมีการระบายอากาศที่มากขึ้น เพื่อรักษาระดับคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสภาวะคงที่

ทั้งนี้ การลดลงของออกซิเจนในห้องก็สามารถหาได้จากสมการ (2.2) เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนถูกแทนที่ด้วยความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ จะได้ว่า

$$C_0 - C_S = \frac{N}{V_0} \qquad \text{----------(2.3)}$$

N จะมีค่าเป็นลบ เมื่อเทียบกับสมการ (2.2) เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้มากกว่าสร้างขึ้นมา ดังนั้น

$$C_S - C_O = \frac{N}{V_0} \qquad \text{----------(2.4)}$$

จากสมการที่ (2.4) จะได้ว่า อัตราการใช้ออกซิเจนคือ 0.36 L/min เมื่อระดับของกิจกรรม = 1.2 Met ในส่วนของการระบายอากาศที่อัตรา 15 cfm (429 L/min) และระดับกิจกรรมเป็น 1.2 met ระดับออกซิเจนภายในห้องจะลดลงจากความเข้มข้นของออกซิเจนที่อยู่ในบรรยากาศเหลือ 20.9% กล่าวคือ ส่วนประกอบของออกซิเจนที่อยู่ภายในห้องลดลงจาก 21% เหลือ 20.9% ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเพียง 0.5% แต่คาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจากปกติ 0.03% ไปเป็น 0.1% โดยมีการเปลี่ยนแปลงถึง 230% ดังนั้นจะเห็นได้ชัดว่า**การเจือจางคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในห้องจะมีความจำเป็นมากกว่าการแทนที่ออกซิเจนที่ลดลงไป**

2.1.3 มาตรฐานระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาคาร

โดยปกติอากาศภายนอกจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ราว 350 ถึง 450 ppm ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอาคารขึ้นอยู่กับจำนวนคน ระยะเวลาที่เข้าอยู่ ปริมาณอากาศภายนอกที่เข้ามา ขนาดของห้อง ผลผลิตเผาไหม้ที่เข้ามาภายใน เช่น ไอเสียรถยนต์ เตาเผา การสูบบุหรี่ และความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอก

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) และ American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGH) ระบุระดับคาร์บอนไดออกไซด์แนะนำสูงสุดที่คนเข้าอยู่ใน ช่วงเวลา 8 ชั่วโมงเฉลี่ย (Time Weighted Average)ไม่เกินระดับ 5,000 ppm

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ได้ออกมาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62-1989 การระบายอากาศสำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งระบุค่าแนะนำ (guideline) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารไม่เกิน 1,000 ppm โดยขึ้นกับสมมุติฐานการนำอากาศภายนอกเข้ามาในอัตรา 15 cfm (cubic feet per minute) ต่อคนและอากาศภายนอกมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 300 ppm ต่อมาในปี ค.ศ. 1999 มาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62-1999 การระบายอากาศสำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับออกมา โดยกำหนดใช้ค่าความแตกต่างความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในและภายนอกที่ 700 ppm กับการระบายอากาศขั้นต่ำแทนที่จะใช้ค่าสัมบูรณ์ (Absolute) 1,000 ppm และค่านี้ถูกระบุเป็นข้อมูลต่อมาจนถึงมาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62.1-2016 การระบายอากาศสำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับ อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวไม่เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แต่ใช้เป็นเกณฑ์ความสบายมนุษย์ด้านกลิ่นและคุณภาพอากาศภายในอาคาร(Indoor Air Quality) ทั้งนี้เนื่องจากการหายใจของคนก่อมลภาวะและกลิ่นออกมา (Odorous Bioeffluents)

ในอาคารที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 1,000 ppm หรือมีคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอก 700 ppm ในระดับคงที่ (steady state) ถือว่าอาคารนั้นมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ควรมีการระบายอากาศโดยนำอากาศภายนอกเข้ามาในอัตรา 15 cfm/person (7.5 L/s/person)

2.1.4 ส่วนประกอบของอากาศ

อากาศประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ ไอน้ำ และอนุภาคฝุ่นละอองปะปนกัน ส่วนผสมของอากาศตามสถานที่ต่าง ๆ อาจแตกต่างกันบ้าง ก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักในอากาศประกอบด้วยไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ ปริมาณของก๊าซหลัก ๆ ในอากาศคิดเป็นสัดส่วนโดยปริมาตรเป็นดังนี้ ก๊าซไนโตรเจน 78.08 % ก๊าซออกซิเจน 20.95 % ก๊าซอาร์กอน 0.93 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 % และ ก๊าซอื่น ๆ อีก 0.02 % ถ้าคิดเป็น ppm (part per million) โดยปริมาตรประมาณได้ดังนี้ ก๊าซไนโตรเจน 209,500 ppm ก๊าซออกซิเจน 780,900 ppm ก๊าซอาร์กอน 9,300 ppm และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 350-450 ppm คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ มีความหนาแน่น 1.98 kg/m3 ซึ่งเป็นประมาณ 1.5 เท่า ของอากาศ

2.1.5 การหายใจและระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่สำคัญของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย มนุษย์หายใจเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปสันดาปกับอาหารภายในเซลล์และให้พลังงานออกมาเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรรมต่าง ๆ การหายใจของคนเราจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายปล่อยออกมาสัมพันธ์กับระดับการเผาผลาญของกิจกรรม ตังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมที่ทำ	ปริมาณอากาศทั้งหมดที่คนหายใจเข้าและออกต่อชั่วโมง (m^3/h)	*ปริมาณ CO_2 จากลมหายใจออกต่อชั่วโมง (m^3/h)
นอนหลับ	0.3	0.013
พักผ่อน หรือ กิจกรรมที่ใช้พลังงานน้อย	0.5	0.02
ทำงานปกติ	2-3	0.08-0.13
ทำงานหนัก	7-8	0.33-0.38

*ในลมหายใจออกมีปริมาณ CO_2 เท่ากับ 4% ของปริมาณลมหายใจเข้า-ออกทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 แสดงการปล่อย CO_2 ของคน สัมพันธ์กับกิจกรรมที่ทำ

(ที่มา : Engineering ToolBox, (2004). *Carbon Dioxide Emission from People*. [online]

Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/co2-persons-d_691.html [Accessed Day Mo. Year].)

2.1.6 ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์

ค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)	ผลกระทบ
350 – 450	ค่าความเข้มข้นปกติที่มีอยู่ในบรรยากาศ
600	คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้
1,000	ค่าที่แนะนำสำหรับที่พักอาศัยทั่วไป
1,000 – 2,000	ก่อให้เกิดอาการปวดหัว มึนงง คลื่นไส้
5,000	ค่าสูงสุดสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงาน (เฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง)
มากกว่า 40,000	เกิดอันตรายต่อสุขภาพและเสียชีวิตทันที

ตารางที่ 2.2 แสดงผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์

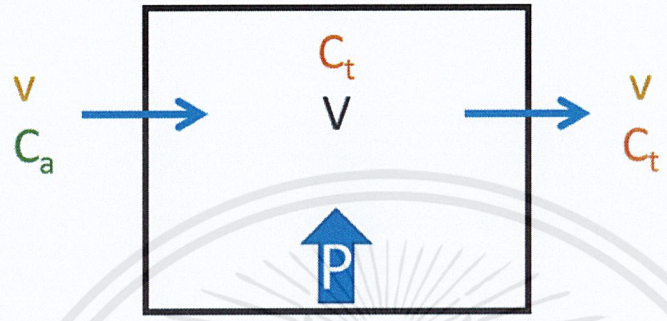
(ที่มา : Engineering ToolBox, (2008). *Carbon Dioxide Concentration - Comfort Levels*. [online]

Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html [Accessed Day Mo. Year].)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 การคำนวณอัตราการระบายอากาศที่สัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากลมหายใจออกของมนุษย์

จากทฤษฎีสมดุลมวลปริมาตร : มวลและอัตราการไหลของอากาศจากช่องทั้งสอง เข้าและออกจะต้องเท่ากัน และในห้องจะมีความดันเท่ากับอากาศภายนอกห้อง



รูปที่ 2.4 แสดงแบบจำลองกระบายอากาศอย่างง่าย

(ที่มา : ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1-2013)

ในช่วงเวลาสั้น dt มวลของมลพิษในห้องเพิ่มขึ้น dm

ดังนั้น dm = มวลอากาศที่ไหลเข้า + มลพิษภายในที่ปล่อยออกมา – มวลอากาศที่ไหลออก

$$dm = Vdc = vc_a dt + Pdt + vcdt \qquad \text{----------(2.5)}$$

โดยที่ V = ปริมาตรห้อง

dc = ความเข้มข้น c ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลา dt

v = อัตราการระบายอากาศ

c_a = ความเข้มข้นของสาร c ในบรรยากาศทั่วไปภายนอก

P = ความเข้มข้นของมลพิษภายใน

ถ้าสารประกอบนี้ไม่เปลี่ยนแปลง มีความเสถียร ไม่ทำปฏิกิริยา ไม่ติดอยู่ตามพื้นผิวในห้อง และอากาศในห้องผสมกันดี ความเข้มข้นของมลพิษ C จะมีค่าเท่ากับในสมการ

$$\frac{dc}{c_a + \frac{s}{v} - c} = \frac{v}{V} dt \qquad \text{---------- (2.6)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเมื่อคำนวณ C_t จะได้ตามสมการ 2.7

$$C_t = C_a + \frac{S}{V} - (C_a + \frac{S}{v} - C_0)e^{-\frac{vt}{V}} \quad \text{---------- (2.7)}$$

โดยที่ C_t = ความเข้มข้นของมลพิษ C ที่เวลา t

C_0 = ความเข้มข้นของมลพิษ C ที่เวลา t=0

C_a = S = 0 (ถ้าไม่คิดมลพิษที่มาจากภายนอก และไม่มีแหล่งกำเนิดภายใน)

$$C_t = C_0 e^{-\frac{vt}{V}} \quad \text{---------- (2.8)}$$

ตามสมการ 2.8 ความเข้มข้นจะลดลงจากค่าเริ่มต้น เป็นสมการทั่วไปที่ใช้วัดอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร ในกรณีที่อากาศภายในผสมกันดี

<u>ตัวอย่างเช่น</u> ระดับความเข้มข้นของ CO_2 หรือ NO_2 ภายในห้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปิดขวด แต่เมื่อปิดขวดระดับความเข้มข้นก็จะลดลง

และเมื่อ $$\log_e C_t = \log_e C_0 - \frac{v}{V}t$$

กราฟของ $\log_e C_t$ กับเวลาจะมีค่า Slope เท่ากับ $-\frac{v}{V}$

ทำให้ค่า v ได้ค่าที่ได้มักอยู่ในรูป $\frac{v}{V}$ เป็นหน่วย s^{-1}

∴ ค่านี้เป็นตัวแทนของอัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องหรือเรียกว่าค่าอากาศที่เปลี่ยนไปต่อชั่วโมง (Air Change per Hour, ACH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น สูตรการคำนวณความเข้มข้นของ CO_2 ในห้องที่มีคนอยู่ จะได้ว่า

$$c_t = \frac{P}{nV}\left(1-\frac{1}{e^{nt}}\right)+\left(c_0-c_a\right)\left(\frac{1}{e^{nt}}\right)+c_a \qquad \text{---------- (2.9)}$$

เมื่อ c_t = ความเข้มข้นของ CO_2 ในห้อง, (m^3/m^3)

P = ปริมาณ CO_2 ที่จ่ายให้กับห้อง, (m^3/h)

n = จำนวนรอบของการไหลเวียนอากาศต่อชั่วโมง, (h^{-1})

(ตามมาตรฐาน วสท. : พื้นที่อยู่อาศัยที่ไม่มีการระบายอากาศทางกลมีค่าเท่ากับ 0.35 h^{-1})

V = ปริมาตรของห้อง, (m^3)

e = ค่าคงที่ มีเท่ากับ 2.718281828

t = เวลา, (hr.)

c_0 = ความเข้มข้น CO_2 ณ เริ่มต้น, (m^3/m^3)

c_a = ความเข้มข้น CO_2 ของอากาศที่ไหลเข้ามาในห้อง, (m^3/m^3)

2.1.8 อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมง (Air Change per Hour, ACH)

เป็นการวัดปริมาณอากาศที่ถูกเพิ่มเข้าไปหรือถูกระบายออกจากพื้นที่ (ภายในห้องหรือบ้าน) หารด้วยปริมาตรของพื้นที่นั้น ๆ หากอากาศในพื้นที่นั้นผสมกันดี(สารประกอบไม่เปลี่ยนแปลง มีความเสถียร ไม่ทำปฏิกิริยา และไม่ติดอยู่ตามพื้นผิวในห้อง)อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมงนี้จะเป็นตัววัดว่าปริมาณอากาศนี้สามารถเข้าไปแทนที่อากาศในห้องได้กี่ครั้งต่อชั่วโมง

แต่ถ้าอากาศภายในพื้นที่นั้นๆ ผสมกันไม่ดีหรือผสมไม่สมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์ที่เกิดขึ้นจริงของอากาศที่แลกเปลี่ยนอยู่ในห้องนั้นจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการไหลของอากาศและวิธีการที่ใช้ในการระบายในห้องนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมักจะใช้เป็นหลักการประมาณง่ายๆ(Rules of Thumb)ในออกแบบการระบายอากาศ แต่ก็ไม่ได้ใช้ได้กับทุกการออกแบบ เช่น การระบุมาตรฐานการระบายอากาศในห้องแล็บได้แนะนำช่วงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการที่เกิดขึ้นจริง การคำนวณอัตราการระบายอากาศในที่พักอาศัยจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของที่พักอาศัยและจำนวนผู้อยู่อาศัย อัตราการระบายอากาศของบริเวณที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ห้องที่สนใจและจำนวนคนที่อยู่อาศัยในห้องนั้นหรือเจือจางสารปนเปื้อนที่รู้ค่า

2.1.9 การคำนวณอัตราการระบายอากาศ

ห้องที่ทำการระบายอากาศจะต้องมีการระบายอากาศที่เหมาะสม อัตราการระบายอากาศที่คำนวณได้จะเป็นปริมาณลมอย่างต่ำที่ห้องนั้นๆต้องการในการระบายอากาศ

อัตราการระบายอากาศ (m^3/h) = ปริมาตรห้อง (m^3) x ค่า ACH มาตรฐาน ($ชม.^{-1}$) -------(2.10)

: ค่า ACH ที่ใช้นี้เป็นค่าสำหรับพื้นที่อยู่อาศัยที่มีการระบายอากาศทางกลซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 6 h^{-1}และใช้กับห้องนอนเท่านั้น หากใช้กับห้องอื่น ๆ ค่าก็จะแตกต่างกันไป

2.1.10 การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศที่เหมาะสม

2.1.10.1 ควรเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศที่มีอัตราการระบายอากาศมากกว่าที่คำนวณได้

2.1.10.2 หากต้องใช้พัดลมระบายอากาศที่มีเครื่องปรับอากาศด้วย ควรเลือกขนาดพัดลมที่มีปริมาณลมใกล้เคียงกับที่ห้องนั้น ๆ ต้องการในการระบายอากาศ ถ้าเลือกเครื่องที่ใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง : การตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนปรับอากาศ ที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล, (ธนิต จินดาวณิค , คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

: เป็นการศึกษาโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์, (ภาคผนวก ก.)

2.2.1 วิธีการศึกษา

2.2.1.1 การศึกษาใช้วิธีการสำรวจภาคสนามเก็บข้อมูลจากการใช้งานจริงของบ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯหรือปริมณฑลจำนวน 10 กรณีศึกษา

2.2.1.2 การเก็บข้อมูลได้รับความร่วมมือจากอาสาสมัครที่เป็นเจ้าของอาคารและเป็นผู้ใช้ห้องนอนเป็นผู้นำเครื่องมือเข้าไปติดตั้งในห้อง ผู้ศึกษาไม่ได้เข้าไปในบ้านและในห้องนอนที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษากายภาพภายในและไม่ได้สังเกตการณ์พฤติกรรมในการใช้ห้องนอนของอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการเนื่องจากเป็นการละเมิดความเป็นส่วนตัวของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3ข้อมูลระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปรากฏเริ่มจากการเปิดเครื่องปรับอากาศจนถึงการปิดเครื่องปรับอากาศ

2.2.1.4การเก็บข้อมูลระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะบันทึกเป็นรายชั่วโมงระยะเวลาต่อเนื่องหนึ่งคืน

2.2.2 กายภาพห้องนอนของ 10 กรณีศึกษา

Case No.	No. of Occupants	Area of Room (m^2)	Volume of Room (m^3)	Crack Length (m)	Type of Opening	Material of Opening
1	2	17.10	44.46	22.30	Slide	UPVC
2	3	12.80	33.28	10.90	Slide	UPVC
3	3	16.32	42.43	12.60	Slide	UPVC
4	4	20.50	53.30	26.90	Slide	UPVC
5	1	12.00	31.00	10.00	Slide	UPVC
6	4	16.00	41.60	13.50	Swing	Wood
7	2	16.32	42.43	13.70	Slide	UPVC
8	3	17.10	44.46	22.30	Slide	UPVC
9	2	12.00	31.20	21.50	Slide	UPVC
10	2	15.00	45.00	10.70	Slide	Aluminium
Average	2.6	**15.514**	**40.916**	**16.44**		

ตารางที่ 2.3 แสดงกายภาพห้องนอนของ 10 กรณีศึกษา

(ที่มา : ธนิต จินดาวณิค, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ผลการวัดค่าด้วยเครื่องมือทั้ง 10 กรณีศึกษา

Case No.	No. of Occupants	Hour of A/C (hr.)	CO_2 > 1000 ppm at Hr.	Ave CO_2 (ppm)	Peak CO_2 (ppm)
1	2	9.33	3	1,114	1,357
2	3	7.00	3	1,366	2,108
3	3	10.50	3	1,559	2,178
4	4	9.75	2	1,701	2,665
5	1	11.5	2.5	1,192	1,360
6	4	8.75	0.1	1,426	1,500
7	2	9.85	0.1	8,87	985
8	3	8.32	8	893	1,010
9	2	10.55	4	986	1,403
10	2	7.05	2	1,320	1,900
Average		**9.26**	**2.77**	**1,284**	**1,647**

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการวัดค่าด้วยเครื่องมือทั้ง 10 กรณีศึกษา

(ที่มา : ธนิต จินดาวณิค, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 สรุปผลการศึกษา

Case No.	จำนวนผู้อยู่อาศัย	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	ปริมาตรห้อง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาตั้งแต่เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ (ชม.)	ความเข้มข้น CO_2 เฉลี่ย (ppm)	เวลาที่ความเข้มข้น CO_2 ถึง 1,000 ppm (ชม.)
1	1	12.00	31.00	11.5	1,192	2.5
2	2	12.00	31.20	10.55	986	4
3	2	16.32	42.43	9.85	887	-
4	2	17.10	44.46	9.33	1,114	3
5	2	15.00	45.00	7.05	1,320	2
6	3	12.80	33.28	7.00	1,366	3
7	3	17.10	44.46	8.32	893	8
8	3	16.32	42.43	10.50	1,559	3
9	4	16.00	41.60	8.75	1,426	0.1
10	4	20.50	53.30	9.75	1,701	2
ค่าเฉลี่ย		**15.51**	**40.92**	**9.26**	**1,284**	**2.77**

ตารางที่ 2.5 สรุปผลค่า CO_2 ที่วัดได้

(ที่มา : ธนิต จินดาวณิค, 2559)

จากตารางที่ 2.5 พบว่า

- **<u>กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 1 คน</u>** ระดับความเข้มข้นของ CO_2 ภายในเริ่มสูงขึ้นเกิน 1,000 ppm หลังการใช้งานได้ประมาณ 2.5 ชั่วโมง ณ จุดนี้ถือได้ว่าการระบายอากาศไม่เพียงพอ
- **<u>กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 2 คน</u>** พบว่าหลังจากการใช้งานไปแล้วประมาณ 3 ชั่วโมง 3 ใน 4 กรณีศึกษามีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงเกิน 1,000 ppm และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1,400 จนถึง 1,900 ppm ในช่วงท้ายของการใช้งานมี<u>กรณีศึกษาที่ 3</u> ที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm อาจเนื่องจากผู้ใช้อาคารเป็นผู้หญิงรูปร่างเล็กกับเด็กอายุ 6 ขวบประกอบกับปริมาตรห้องนอนที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษาทั้งหมด
- **<u>กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 3 คน</u>** พบว่าหลังจากการใช้งานไปแล้วประมาณ 2.5 ชั่วโมง 2 ใน 3 กรณีศึกษามีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงเกิน 1,000 <u>ในกรณีศึกษาที่ 7</u> ที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมไม่สูงมากอาจเนื่องจากในห้องนอนมีประตูห้องน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นประตูบานเลื่อนขนาดใหญ่และหน้าต่างห้องน้ำถูกเปิดไว้ตลอดเวลา อาจมีการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาได้มากกว่ากรณีศึกษาอื่นๆ

- **<u>กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 4 คน</u>**

<u>ในกรณีศึกษาที่ 10</u> พบว่าหลังจากการใช้งาน 2 ชั่วโมงครึ่งระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมเริ่มสูงเกิน 1,000 ppm และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกิน 2,000 ppm หลังการใช้งานเกิน 8 ชั่วโมงและเพิ่มสูงมากกว่า 2,500 ppm เมื่อใช้งานเกิน 10 ชั่งโมง

<u>ในกรณีศึกษาที่ 9</u> เป็นที่น่าสังเกตว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงขึ้นไม่มากเหมือนกรณีศึกษาที่ 10 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะและวัสดุของบานเปิดเป็นบานเปิดที่มีรอยแยกตามกรอบหน้าต่างมากกว่าบานเปิดแบบ UPVC ของกรณีศึกษาที่ 10 ทำให้การรั่วซึมของอากาศเข้ามาในห้องนอนได้มากกว่ากรณีศึกษาอื่นๆ

2.2.5 ข้อจำกัด

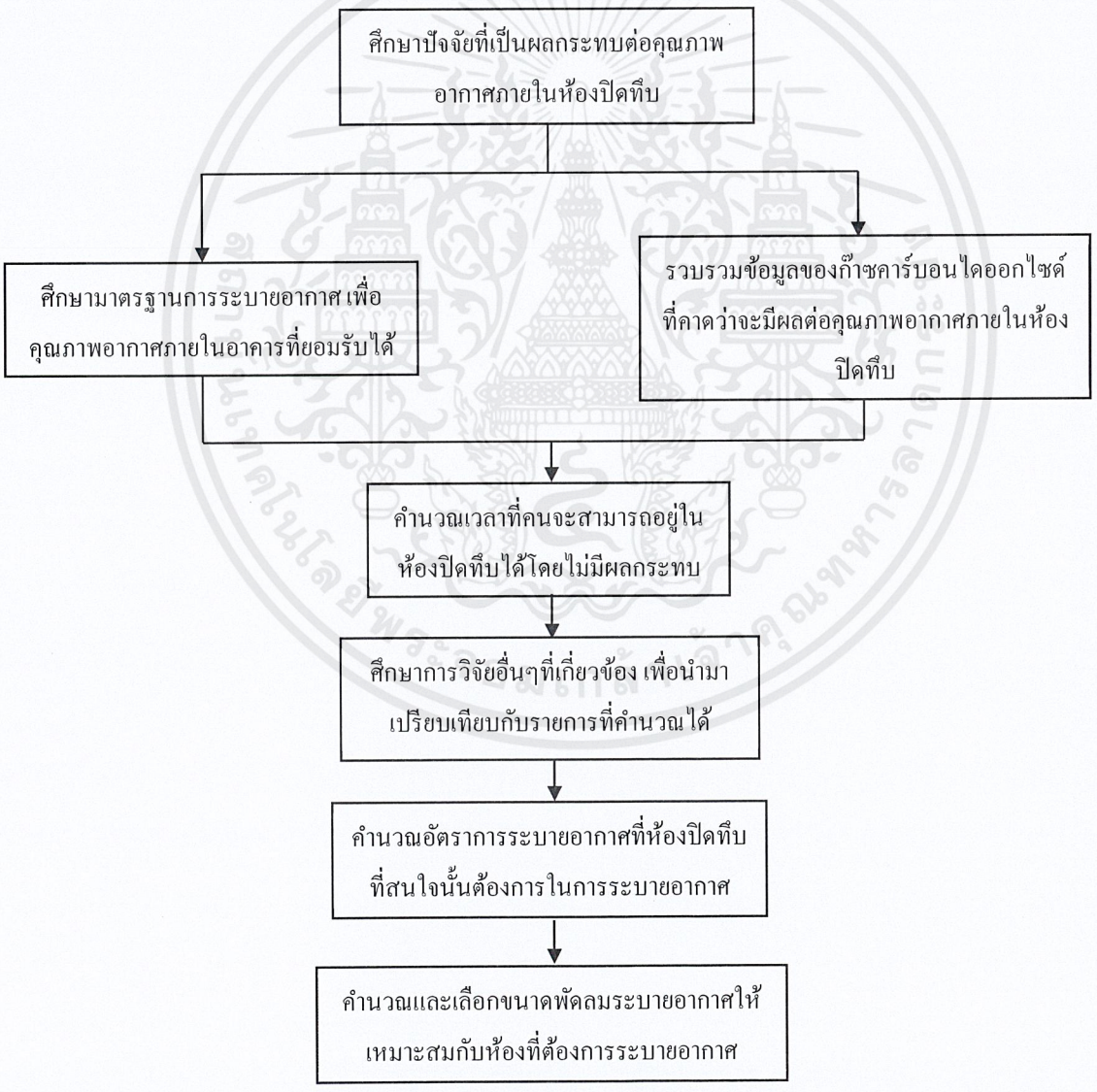
ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภาคสนามเบื้องต้นจากห้องนอนและผู้ใช้งานที่ค่อนข้างหลากหลายตามบ้านทั่วไปที่มีการใช้งานจริง ดังนั้นจึงมีตัวแปรอิสระจำนวนมากที่ผู้ศึกษาไม่สามารถควบคุมได้ ผลการศึกษาที่ได้จึงเป็นเพียงแนวโน้มของระดับการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล ลักษณะการสะสมและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการศึกษาในครั้งนี้อาจไม่ตรงหรือเกิดขึ้นกับกรณีอื่นก็เป็นได้ มีตัวแปรหลายตัวแปรที่สามารถส่งผลกระทบต่อระดับการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เช่น เพศ อายุ ขนาดร่างกาย และระดับการเผาผลาญของกิจกรรม ที่ส่งผลต่อปริมาณที่ร่างกายปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ขนาดและปริมาตรของห้อง ลักษณะและวัสดุของการก่อสร้างของห้อง ประตูและหน้าต่างที่มีผลต่อการรั่วซึมอากาศ ทิศทางของห้องและแรงลมภายนอกที่กระทำต่อห้องที่ส่งผลต่อการรั่วซึมอากาศ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

คุณภาพอากาศภายในบ้านเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะส่งผลต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย สภาพอากาศในปัจจุบันนี้ที่ทั้งร้อนและฝุ่น โดยเฉพาะในเมืองที่ควรจะมีการปิดห้องพักอาศัยให้ทึบเพื่อไม่ให้มลพิษเข้ามาได้ นั่นอาจส่งผลให้ไม่มีการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนหมุนเวียน จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยหายใจเอาอากาศเก่าเข้ามาหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพหากได้รับแต่อากาศเสียต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาการระบายอากาศในห้องนอนที่มีผู้ใช้งานเยอะที่สุด เพื่อสภาวะสบายของผู้อยู่อาศัย โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบปิด

ตามมาตรฐาน American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ระบุว่าค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องไม่ควรเกิน 1,000 ppm ถ้าเกินจากนี้จะถือว่าห้องนั้นมีการระบายอากาศที่ไม่ดีและส่งผลต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยคือทำให้ง่วงซึม ปวดหัว และประสิทธิภาพการทำงานลดลง การอยู่อาศัยในห้องปรับอากาศที่ปิดทึบเป็นระยะเวลายาวนานจะทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสะสมเพิ่มสูงขึ้นซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัย

3.2 มาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้

3.2.1 อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมง (Air Change per Hour, ACH)

3.2.1.1 สำหรับที่อยู่อาศัยทั่วไปที่ระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเท่ากับ 0.35 ACH (แต่ไม่น้อยกว่า 15 cfm) : สำหรับการคำนวณหา Air Change ต่อชั่วโมงปริมาตรพื้นที่อาศัย การรวมพื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ภายในสภาวะปรับอากาศ โดยปกติการระบายอากาศอาจเกิดขึ้นได้โดยการรั่วซึมเข้าจากการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)

3.2.1.2 สำหรับห้องนอนที่ระบายอากาศด้วยวิธีกลจะมีค่า 6ACH : เป็น ACH ที่ต้องการในการระบายอากาศวิธีกล (Mechanical Ventilation) นำมาใช้เมื่อการระบายอากาศวิธีธรรมชาตินั้นไม่เพียงพอในการระบายอากาศ

3.2.2 ความต้องการอากาศภายนอกต่อคน

3.2.2.1 อากาศที่จ่ายให้กับคนที่นั่งอยู่ประมาณ 7.5 L/s (15 cfm) ต่อคน จะสามารถเจือจางกลิ่นจาก Human Bio-effluent จนถึงระดับที่คนในห้องส่วนใหญ่(80%)พึงพอใจ

3.2.2.2 ในการรักษาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะสมดุลที่อยู่ในพื้นที่ ให้มีค่าไม่เกินคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 700 ppm

3.3 ก๊าซคาร์บอนไดดอกไซด์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในห้อง

ในการศึกษานี้จะทำการพิจารณาการระบายอากาศ ที่คำนึงถึงความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ให้เกิน 1,000 ppm ที่เป็นค่าแนะนำสำหรับที่พักอาศัยทั่วไป ซึ่งถ้าเกินนี้จะถือว่าห้องนั้นมีการระบายอากาศที่ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณเวลาที่คนจะอยู่ในห้องปิดทึบได้โดยไม่เกิดผลกระทบ

ตัวอย่างการคำนวณ แบบบ้านศุภกฤต (ห้องนอน 2 ขนาด 3.65 x 5.05 ม.)

: มีคนนอนอยู่ในห้อง 2 คน คนจะสามารถนอนอยู่ในห้องได้นานเท่าไหร่ที่ปริมาณ CO_2 จะถึง 1,000 ppm

วิธีคิด จากสูตรที่ 2.9

จะได้ว่า $$c = \frac{P}{nV}\left(1 - \frac{1}{e^{nt}}\right) + (c_0 - c_i)\left(\frac{1}{e^{nt}}\right) + c_i$$

$$0.001 = \frac{0.02}{0.35 * 50}\left(1 - \frac{1}{e^{0.35t}}\right) + (0.0004 - 0.0004)\left(\frac{1}{e^{0.35t}}\right) + 0.0004$$

t = 50 นาที

แสดงว่า สำหรับห้องนอนขนาด 3.65 x 5.05 ม. และมีคนนอนอยู่ในห้อง 2 คน ความเข้มข้น CO_2 จะถึง 1,000 ppm หลังจากที่ปิดประตูห้องไปได้ 50 นาที

3.5 เปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากสูตรกับผลการตรวจวัดจากการวิจัยอื่น (ภาคผนวก ก.)

จำนวนคนในห้อง	ปริมาตรห้อง (ลบ.ม.)	เวลาที่ความเข้มข้น CO2 ถึง 1,000 ppm (ชม.)	
		กรณีที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ	กรณีที่มีเครื่องปรับอากาศ
1	31	1.13	2.5
2	31.2	0.51 (31 นาที)	4
	42.43	0.72 (43 นาที)	-
	44.46	0.76 (46 นาที)	3
	45	0.77 (46 นาที)	2
3	33.28	0.35 (21 นาที)	3
	42.43	0.46 (28 นาที)	3
	44.46	0.48 (29 นาที)	8
4	41.6	0.33 (20 นาที)	0.1 (6 นาที)
	53.3	0.43 (26 นาที)	2

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 คำนวณอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม

ทำการคำนวณโดยนำปริมาตรห้องขนาดต่าง ๆ ที่ต้องการระบายอากาศ มาหาค่าอัตราการระบายอากาศตามสูตรที่ 2.9 นำค่า 6ACH มาใช้

3.7 คำนวณและเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับห้องที่ต้องการระบายอากาศ

ในการวิจัยเล่มนี้ ได้เลือกขนาดพัดลมยี่ห้อ Panasonic เนื่องจากปริมาณลมใกล้เคียงกับขนาดห้องที่คำนวณได้มากที่สุด โดยมีวิธีการเลือกดังนี้

3.7.1 ควรเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศที่มีอัตราการระบายอากาศมากกว่าที่คำนวณได้ เพื่อให้มั่นใจว่ามีการระบายอากาศที่เพียงพอ

3.7.2 ควรเลือกขนาดพัดลมที่มีปริมาณลมใกล้เคียงกับที่ห้องนั้นๆต้องการในการระบายอากาศเพื่อรักษาความดันภายในห้องให้สมดุลด้วย

3.7.3 หากต้องใช้พัดลมระบายอากาศที่มีเครื่องปรับอากาศด้วย ควรเลือกขนาดพัดลมที่มีปริมาณลมใกล้เคียงกับที่ห้องนั้นๆต้องการในการระบายอากาศ หากใช้เครื่องใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

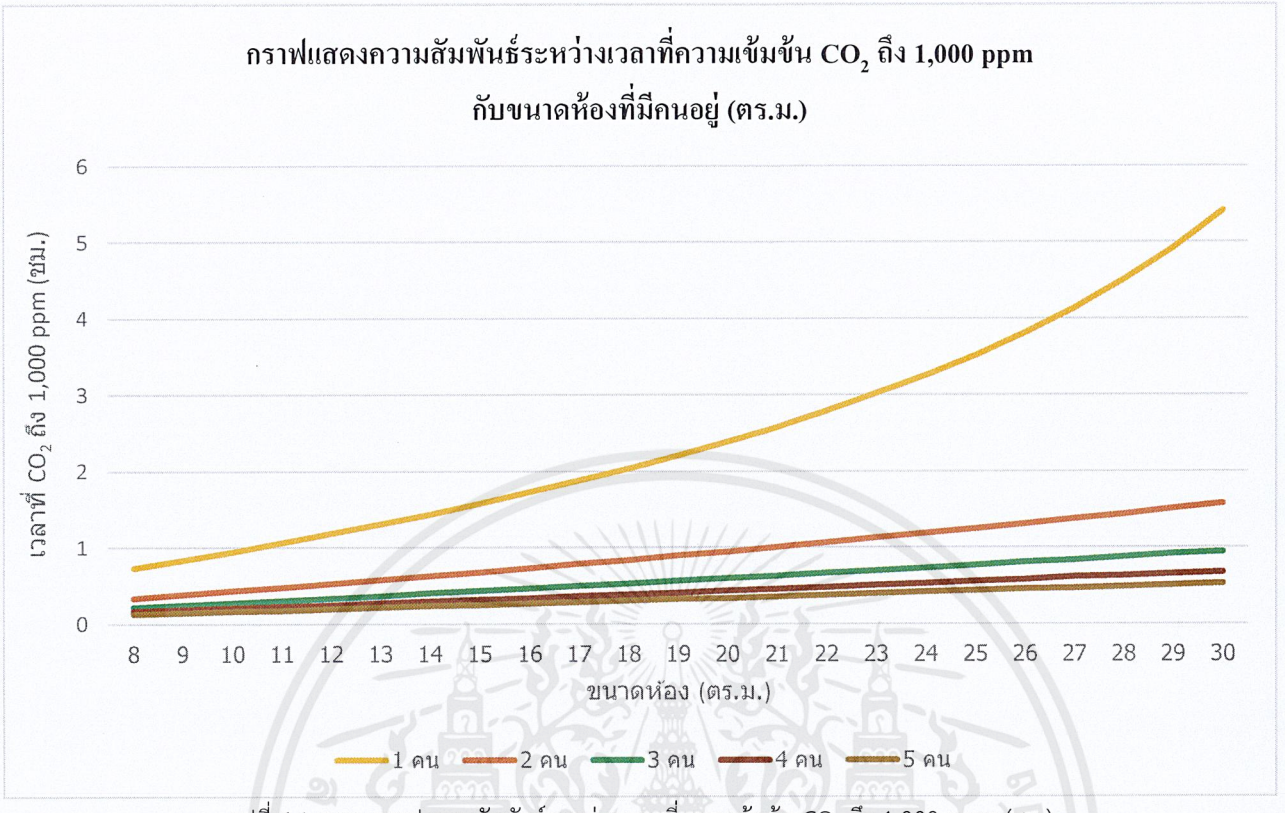
4.1 ผลการคำนวณเวลาที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสะสมในห้องถึง 1,000 ppm

ขนาดของห้องนอน ได้นำมาจากโครงการศุภาลัย ไพรด์ บางนา-ลาดกระบัง ซึ่งเป็นโครงการที่มีแบบบ้านเยอะที่สุด ผู้จัดทำจึงได้นำขนาดห้องนอนที่เล็กที่สุดไปจนห้องที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ของบ้านเดี่ยวทั้งหมดในโครงการมาทำการคำนวณ

ขนาดห้อง (ตร.ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	เวลาที่ถึง 1,000 ppm (ชั่วโมง)				
		1 คน	2 คน	3 คน	4 คน	5 คน
9	24.3	0.84	0.39	0.25	0.19	0.15
10	27	0.95	0.44	0.28	0.21	0.17
11	29.7	1.07	0.48	0.31	0.23	0.18
12	32.4	1.19	0.53	0.34	0.25	0.2
13	35.1	1.31	0.58	0.37	0.28	0.22
14	37.8	1.44	0.63	0.41	0.3	0.24
15	40.5	1.58	0.68	0.44	0.32	0.25
16	43.2	1.73	0.73	0.47	0.34	0.27
17	45.9	1.88	0.79	0.5	0.37	0.29
18	48.6	2.04	0.84	0.53	0.39	0.31
19	51.3	2.21	0.9	0.57	0.41	0.33
20	54	2.39	0.95	0.6	0.44	0.34
21	56.7	2.58	1.01	0.63	0.46	0.36
22	59.4	2.79	1.07	0.67	0.48	0.38
23	62.1	3.02	1.13	0.7	0.51	0.4
24	64.8	3.26	1.19	0.73	0.53	0.42
25	67.5	3.52	1.25	0.77	0.56	0.44
26	70.2	3.82	1.31	0.81	0.58	0.46
27	72.9	4.14	1.38	0.84	0.62	0.47
28	75.6	4.51	1.44	0.88	0.63	0.49
29	78.3	4.93	1.51	0.92	0.66	0.51
30	81	5.42	1.58	0.95	0.68	0.53
31	83.7	6.03	1.65	0.99	0.71	0.55

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณเวลาที่ความเข้มข้น CO_2 ถึง 1,000 ppm ที่สัมพันธ์กับขนาดห้องและจำนวนคนที่อยู่ในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ความเข้มข้น CO_2 ถึง 1,000 ppm (ชม.) กับขนาดห้องที่มีคนอยู่ (ตร.ม.)

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่า ยิ่งขนาดห้องใหญ่ขึ้น เวลาที่ความเข้มข้นของ CO_2 ถึง 1,000 ppm ก็จะใช้เวลานานขึ้น ในขณะเดียวกันก็ขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่อยู่ในห้อง ยิ่งจำนวนคนในห้องมาก ความแออัดก็จะยิ่งมากเมื่อเทียบกับที่ขนาดห้องเดียวกัน ทำให้ความเข้มข้นของ CO_2 ในห้องถึง 1,000 ppm เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับผลการตรวจวัดโดยใช้เซนเซอร์ (ภาคผนวก ก.)

จำนวนคนในห้อง	ปริมาตรห้อง (ลบ.ม.)	เวลาที่ความเข้มข้น CO2 ถึง 1,000 ppm (ชม.)	
		กรณีที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ	กรณีที่มีเครื่องปรับอากาศ
1	31	1.13	2.5
2	31.2	0.51 (31 นาที)	4
	42.43	0.72 (43 นาที)	-
	44.46	0.76 (46 นาที)	3
	45	0.77 (46 นาที)	2
3	33.28	0.35 (21 นาที)	3
	42.43	0.46 (28 นาที)	3
	44.46	0.48 (29 นาที)	8
4	41.6	0.33 (20 นาที)	0.1 (6 นาที)
	53.3	0.43 (26 นาที)	2

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าทั้งสองกรณีมีเวลาที่ความเข้มข้น CO_2 ถึง 1,000 ppm ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากปัจจัยดังนี้

1. **การรั่วซึมจากอากาศภายนอก** : เนื่องจากกรณีที่ 2 เป็นห้องที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ การรั่วซึมเนื่องจากตัวโครงสร้างย่อมมีมากกว่า การที่มีอากาศภายนอกเข้ามาได้มากกว่านั้นหมายถึงประสิทธิภาพการเจือจางความเข้มข้นของ CO_2 ที่เกิดจากลมหายใจคนจะมีมากกว่า
2. **สิ่งแวดล้อมของบริเวณที่อยู่อาศัย** : เนื่องจากที่พักอาศัยแต่ละบริเวณนั้นมีมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยปกติความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรยากาศจะมีค่าอยู่ในช่วง 300-500 ppm[1] ถ้าบริเวณนั้นๆ มีอากาศที่เป็นมลพิษมาก ก็จะมี CO_2 ปนเข้ามาพร้อมกับอากาศที่ซึมเข้ามาในห้องมาก ความเข้มข้นของ CO_2 ก็จะถึงขีดจำกัดคือ1,000ppm เร็วขึ้น เช่น จากการคำนวณในกรณีแรกกำหนดให้ความเข้มข้นของ CO_2 ในห้องเริ่มต้นมีค่าเท่ากับอากาศภายนอก คือ 400 ppm แต่ในกรณีที่ 2 นั้นมีพื้นที่ที่แตกต่างกันและความเข้มข้นของ CO_2 ก็แตกต่างกัน จึงทำให้เวลาที่คำนวณได้นั้นแตกต่างกันไปด้วย
3. **ปริมาณ CO_2 ที่ปล่อยออกมาจากผู้อยู่อาศัย** : ปริมาณ CO_2ที่ปล่อยออกมาจากการหายใจออกของคนนั้นมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความแตกต่างทั้งเพศ อายุ และกิจกรรมที่ทำของผู้อยู่อาศัย เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 1 นั้นใช้ปริมาณ CO_2 จากการหายใจออกที่เฉลี่ยของทุกเพศและช่วงอายุ สำหรับกิจกรรมที่ที่ใช้พลังงานไม่มาก จะมีค่าอยู่ที่ 0.02 m^3/h ส่วนในกรณีที่สองเป็นการศึกษาในห้องนอนที่ไม่ทราบว่าผู้อยู่อาศัยทำกิจกรรมอะไรบ้าง เพียงแค่เป็นการวัดปริมาณ CO_2 ในช่วงที่เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศเท่านั้น

4.3 อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ

ขนาดห้อง (ตร.ม.)	ปริมาตร (สูง 2.7 ม.)	อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ (ลบ.ม./ชม.)
9	24.3	145.8
10	27	162
11	29.7	178.2
12	32.4	194.4
13	35.1	210.6
14	37.8	226.8
15	40.5	243
16	43.2	259.2
17	45.9	275.4
18	48.6	291.6
19	51.3	307.8
20	54	324
21	56.7	340.2
22	59.4	356.4
23	62.1	372.6
24	64.8	388.8
25	67.5	405
26	70.2	421.2
27	72.9	437.4

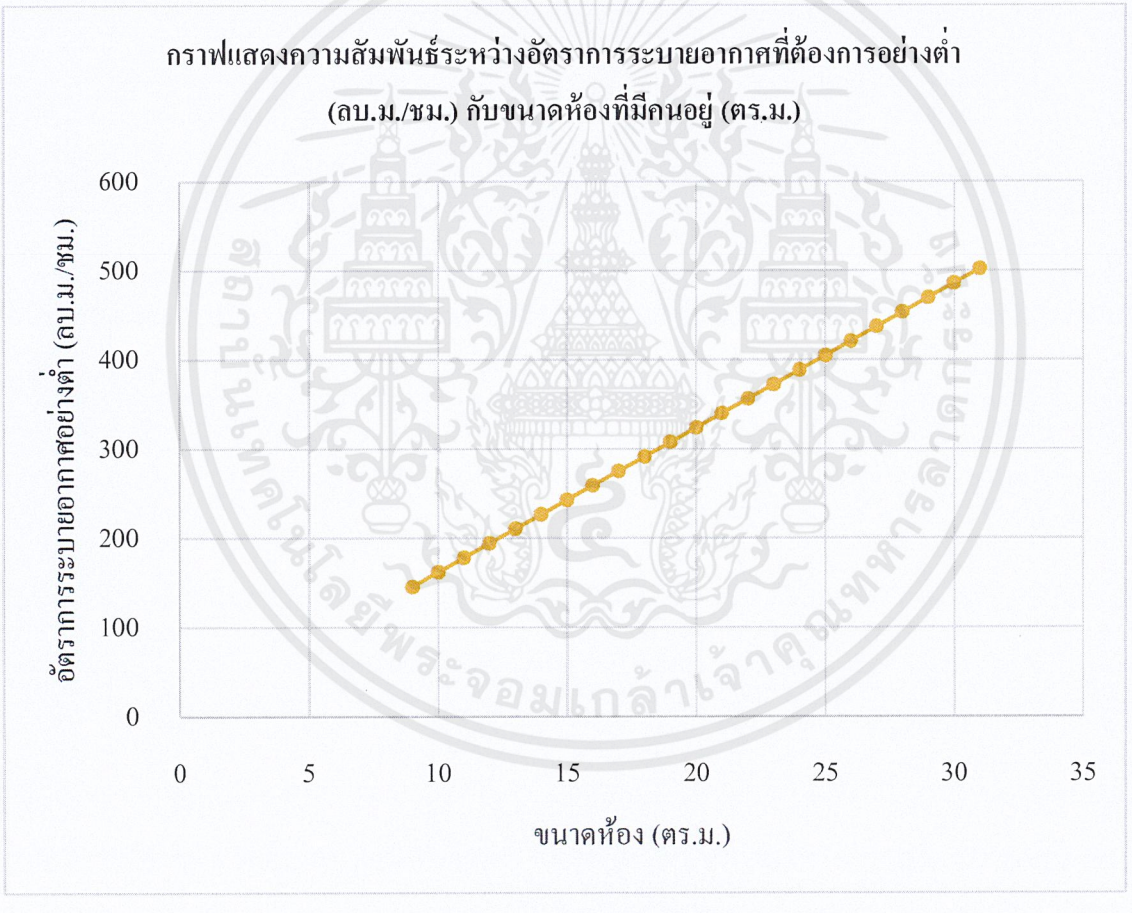
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศที่ต้องการอย่างต่ำ(ลบ.ม./ชม..)

ที่สัมพันธ์กับห้องขนาดต่างๆ(ตร.ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดห้อง (ตร.ม.)	ปริมาตร (สูง 2.7 ม.)	อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ (ลบ.ม./ชม.)
28	75.6	453.6
29	78.3	469.8
30	81	486
31	83.7	502.2

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศที่ต้องการอย่างต่ำที่สัมพันธ์กับห้องขนาดต่างๆ ต่อ)



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศที่ต้องการอย่างต่ำ (ลบ.ม./ชม.)
กับขนาดห้องที่มีคนอยู่ (ตร.ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเลือกขนาดของพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับอัตราการระบายอากาศที่ต้องการ

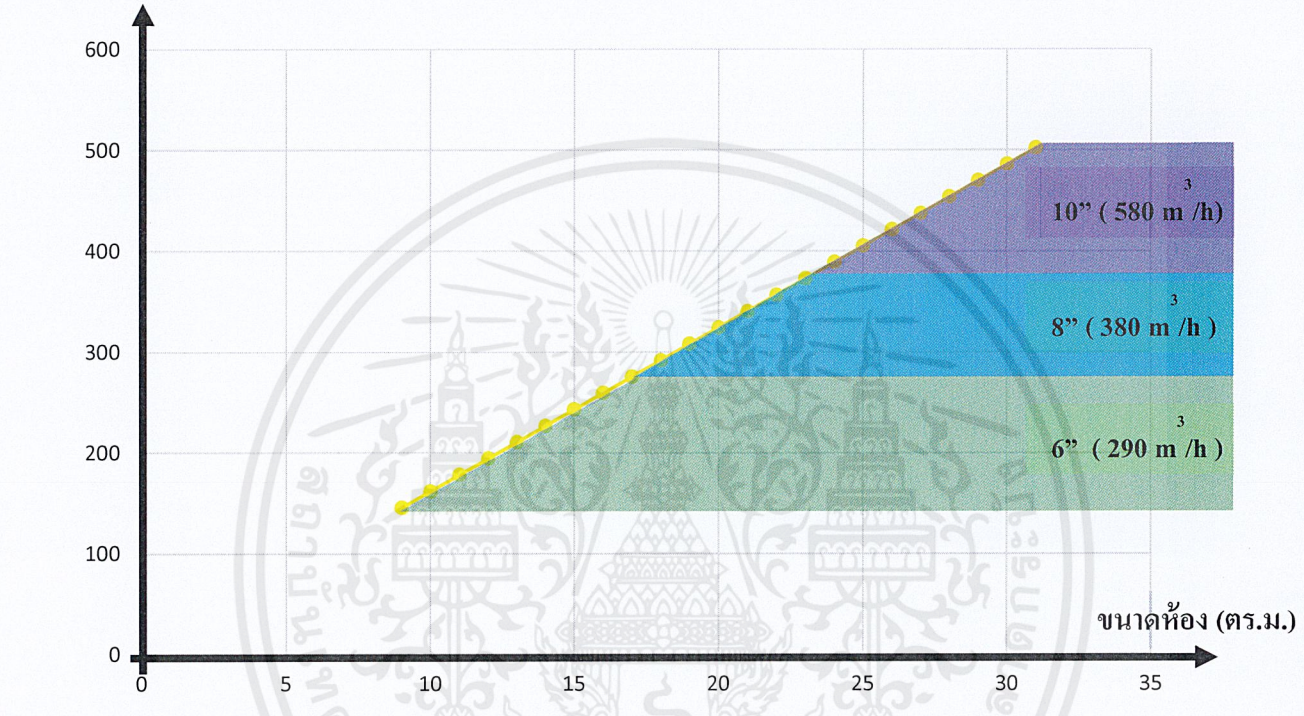
ขนาดห้อง (ตร.ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ (ลบ.ม./ ชม.)	รุ่นพัดลมที่เลือกใช้	ขนาดใบพัด (นิ้ว)	ปริมาณลม (ลบ.ม./ชม.)
9	24.3	145.8	FV-15AST1CP	6	290
10	27	162	"	"	290
11	29.7	178.2	"	"	290
12	32.4	194.4	"	"	290
13	35.1	210.6	"	"	290
14	37.8	226.8	"	"	290
15	40.5	243	"	"	290
16	43.2	259.2	"	"	290
17	45.9	275.4	"	"	290
18	48.6	291.6	FV-20AYT1	8	380
19	51.3	307.8	"	"	380
20	54	324	"	"	380
21	56.7	340.2	"	"	380
22	59.4	356.4	"	"	380
23	62.1	372.6	"	"	380
24	64.8	388.8	FV-20AUT3	"	580
25	67.5	405	"	"	580
26	70.2	421.2	"	"	580
27	72.9	437.4	"	"	580
28	75.6	453.6	"	"	580
29	78.3	469.8	"	"	580
30	81	486	"	"	580
31	83.7	502.2	"	"	580

ตารางที่ 4.4 แสดงการเลือกขนาดพัดลมที่เหมาะสมกับขนาดห้องนั้นๆ

และคำนวณเวลาการทำงานของพัดลมระบายอากาศตามปริมาณลมที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

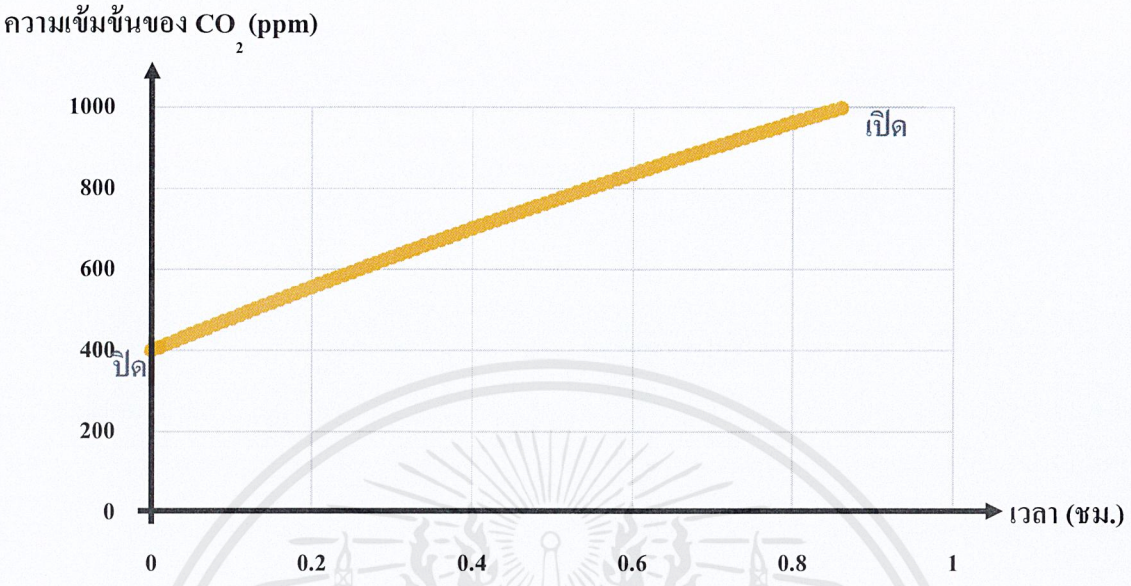
จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่ามีการเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศที่มีอัตราการระบายอากาศมากกว่าที่คำนวณได้ เพื่อให้มั่นใจว่ามีการระบายอากาศที่เพียงพอ และเลือกขนาดที่เหมาะสมคือไม่ใหญ่จนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานและเพื่อรักษาสมดุลของอากาศภายในและภายนอก หรือดังรูปที่ 4.3 ที่แสดงกราฟความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศ(ลบ.ม./ชม.)และการเลือกขนาดพัดลม(นิ้ว)



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศ (ลบ.ม./ชม.)และการเลือกขนาดพัดลม (นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทำงานของพัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟที่เป็นการทำงานของพัดลมระบายอากาศ

จากรูปที่ 4.4 แสดงการทำงานของพัดลมระบายอากาศ จะเห็นการวิจัยนี้กำหนดว่าไม่ได้ให้พัดลมระบายอากาศทำงานตลอดเวลา หากให้พัดลมทำงานตลอดเวลาก็จะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน และอาจเกิดเสียงดังรบกวนได้

เวลาที่พัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานนั้นจะให้เริ่มทำงานตั้งแต่ตอนที่ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังไม่ถึง 1,000 ppm เพราะถ้าหากเริ่มตอนที่ 1,000 ppm แล้วเปิดพัดลม กว่าพัดลมจะเริ่มทำงานได้ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็คงจะเกิน 1,000 ppm ไปแล้ว เนื่องจากมีคนอยู่ในห้องและหายใจออกตลอดเวลา

ช่วงเวลาที่พัดลมทำงานจะได้มาจากการคำนวณปริมาณลมที่ห้องนั้น ๆ ต้องการ สัมพันธ์กับขนาดพัดลมที่เราได้เลือกมา กราฟข้างต้นนี้เป็นเพียงการยกตัวอย่างขนาดของแบบบ้านศุภกฤตและมีคนนอนอยู่ในห้อง 2 คนดังที่ได้กล่าวมาแล้วเท่านั้น หากขนาดห้องและจำนวนคนเข้าอยู่ต่างกันออกไปก็จะทำให้เวลาการทำงานแตกต่างออกไป

และการทำงานของพัดลมตลอดช่วงการนอนหลับ จะถูกควบคุมด้วย Digital Timer ที่ผู้อาศัยได้ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนเดินเข้ามาในห้องแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 สรุปค่าใช้จ่าย

4.6.1 ค่าติดตั้ง

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ราคา/หน่วย		รวมเป็นเงิน
				ค่าวัสดุ	ค่าแรง	
1	พัดลมติดผนัง 8 นิ้ว รุ่น FV-20AYT1	ชุด	1	720.00	150.00	870.00
2	เครื่องตั้งเวลา แบบดิจิตอล รุ่น TB62 SERIES	ชุด	1	3,100.00	50.00	3,150.00
3	สวิตช์ทางเดียว 16A/250VAC Blicino รุ่น Magic Advance พร้อมหน้ากาก	ชุด	1	133.00	50.00	183.00
4	สาย IEC 01-THW 1Cx1.5 Sq.mm.	เมตร	5	6.00	3.00	45.00
	รวมค่าวัสดุและค่าแรง					4,248.00
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม(7%)					297.36
	รวมค่าก่อสร้าง					**4,545.36**

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าติดตั้ง

4.6.2 ค่าไฟฟ้า

รายการ	จำนวนชั่วโมงใช้งาน	จำนวนหน่วย/วัน	จำนวนหน่วย/เดือน	ค่าไฟฟ้า (คิดตามกฟน.)				
				ค่าพลังงาน	F_t	VAT 7%	รวมค่าไฟ (ต่อเดือน)	รวมค่าไฟ (ต่อปี)
พัดลมติดผนัง								
8 นิ้ว รุ่น FV-20AYT1 15W	5	0.08	2.25	6.31	-0.26	0.49	7.54	90.50
เครื่องตั้งเวลา แบบดิจิตอล								
รุ่น TB62 SERIES 2W	8	0.016	0.48	1.56	-0.06	0.11	0.80	19.32
รวม							9.15	109.82

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าไฟฟ้า

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 แสดงตารางค่าใช้จ่ายสำหรับค่าติดตั้งและค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มต่อเดือนและต่อปี ตามลำดับ ค่านี้เป็นเพียงค่าสำหรับขนาดห้องที่ได้ยกตัวอย่างไปแล้วข้างต้น ที่เลือกใช้พัดลมขนาด 8 นิ้ว หากนำไปใช้กับห้องขนาดอื่น ราคาก็จะแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการระบายอากาศ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมเพิ่มขึ้นภายในห้องปิดทึบ ASHRAE ได้ระบุว่าในที่พักอาศัยที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมเกิน 1,000 ppm ถือว่ามีการระบายอากาศไม่เพียงพอ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นจะพิจารณาจากอัตราการะหายใจออกของผู้อยู่อาศัยภายในห้องเท่านั้น

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากการวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งก็คือการวิจัยการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนปรับอากาศ ที่ไม่มีระบายอากาศทางกล พบว่าในห้องนอนปริมาตร 31 ลบ.ม. ที่มีผู้อยู่อาศัยเพียง 1 คน ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมถึง 1,000 ppm ภายในเวลา 2 ชั่วโมงแรกที่ทำการตรวจวัด แต่การทดลองโดยใช้เครื่องวัดนี้ก็มีข้อจำกัดอยู่ เช่น การเก็บข้อมูลเป็นการที่ผู้ใช้ห้องนอนเป็นผู้ทำการนำเครื่องมือเข้าไปติดตั้งในห้องเอง ผู้ที่ศึกษาการวิจัยข้างต้นนี้จึงไม่ทราบพฤติกรรมในการใช้ห้องนอนของอาสาสมัครที่เข้าร่วม ที่ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายปล่อยออกมาสัมพันธ์กับระดับการเผาผลาญของกิจกรรมนั่นเอง

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาถึงอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม ซึ่งก็ได้นำทฤษฎีสมดุลมวลปริมาตรมาพิจารณา เป็นทฤษฎีที่แสดงถึงอัตราการระบายอากาศอย่างง่ายที่มีการนำเอาอากาศเก่าออกไปและนำอากาศใหม่เข้ามาทดแทน ซึ่งก็จะสามารถเจือจางความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมภายในห้องให้ลงลดอยู่ในภาวะสบายของผู้อยู่อาศัยได้

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

5.2.1 สมการที่ได้จากทฤษฎีสมดุลมวลปริมาตรนั้น เป็นการคำนวณในกรณีที่ห้องนั้นๆอยู่ในสภาวะที่อากาศทั้งภายในและภายนอกห้องนั้นเท่ากัน ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกห้อง เช่น การออกแบบห้องแยกเดี่ยวของผู้ป่วยติดเชื้อ โดยเฉพาะเชื้อที่รุนแรงและติดต่อได้รวดเร็ว จำเป็นต้องออกแบบห้องให้มีแรงดันอากาศในห้องต่ำกว่ารอบข้าง (Negative Pressure) ในขณะที่ผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่องภูมิแพ้หรือรับเชื้อได้ง่ายแต่ไม่ใช่โรคติดต่อ จำเป็นต้องอยู่ในห้องที่มีแรงดันอากาศภายในห้องสูงกว่าภายนอก (Positive Pressure) และผู้ป่วยทั่วไปที่ไม่มีปัญหาเรื่องการแพร่เชื้อหรือตีดเชื้อง่าย ก็จะอยู่ในห้องแรงดันอากาศปกติ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ค่าที่คำนวณได้จากสูตรเป็นเพียงค่าประมาณไม่ใช่ค่าแม่นตรง เนื่องจากด้วยปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น ความดัน อุณหภูมิ สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นๆ และลักษณะของผู้อยู่อาศัยด้วย เป็นต้น

5.2.3 หากมีการนำไปใช้จริงควรจะมีการคำนวณในเชิงลึกกว่านี้ เช่น ปริมาณอากาศบริสุทธิ์เติมอากาศเสียที่จะถ่ายเทออก ทิศทางลม และมีการออกแบบตัวอาคารที่ดี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร. (2545). ***มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้***. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย

[2] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล. (2540). ***มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ.*** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

[3] มณีรัตน์ องค์วรรณดี. (2556). ***การจัดการคุณภาพอากาศใน***อาคาร. มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[4] ธนิต จินดาวณิค. (2559). ***คาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล.*** ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[5] ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2013: ***Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings***. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2013.

[6] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-1989: ***Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality***. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1989.

[7] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013: ***Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality***. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2013.

[8] Engineering ToolBox, (2008). ***Carbon Dioxide Concentration - Comfort Levels***. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html [Accessed Day Mo. Year].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] Engineering ToolBox, (2004). ***Carbon Dioxide Concentrations in Rooms with People***. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/pollution-concentration-rooms-d_692.html [Accessed Day Mo. Year].

[10] Engineering ToolBox, (2004). ***Carbon Dioxide Emission from People***. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/co2-persons-d_691.html [Accessed Day Mo. Year].

[11] Engineering ToolBox, (2003). ***Pollution Concentration in Rooms***. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/room-polution-concentration-d_120.html [Accessed Day Mo. Year].

[12] Engineering ToolBox, (2005). ***Air Change Rates in typical Rooms and Buildings***. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/air-change-rate-room-d_867.html [Accessed Day Mo. Year].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง : การวัดคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล

ธนิต จินดาวณิค *

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

cthanit@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในห้องนอนปรับอากาศของบ้านพักอาศัยเนื่องจากห้องนอนเป็นห้องที่มีการใช้งานและเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลานาน วิธีดำเนินการศึกษาใช้วิธีสำรวจภาคสนามในบ้านใช้งานจริงจำนวน 10 กรณีศึกษา การเก็บข้อมูลใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ตรวจวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นรายชั่วโมงขณะที่มีการใช้งานปรับอากาศ จากการศึกษาพบว่าหลังการใช้งานได้ประมาณ 2-3ชั่วโมงระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเริ่มสูงขึ้นเกิน 1,000-1,100 ppm ณ จุดนี้ถือได้ว่าการระบายอากาศไม่เพียงพอ ในกรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 2 คน 3 คนและ 4 คน พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสูงสุดถึง 1,900 ppm 2,178 ppm และ 2,665 ppm ตามลำดับ ณ จุดดังกล่าวเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้น ห้องนอนควรมีการระบายอากาศโดยนำอากาศใหม่ภายนอกเข้ามา

คำสำคัญ: ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คุณภาพอากาศภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carbon Dioxide in Air-Conditioned Bedrooms without Mechanical Ventilation

Thanit Chindavanig *

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

cthanit@chula.ac.th

Abstract

This research had an objective to study carbon dioxide gas accumulating in air-conditioned bedrooms without mechanical ventilation in houses since they were occupied in an air-conditioning stage for a long period. The methodology of the study was investigation in actual ten occupied houses. A scientific instrument was installed to measure hourly carbon dioxide level during occupation under air-conditioning stage. It was found that after two to three hours of occupation the carbon dioxide level reached over 1,000-1,100 ppm. At this point it was considered that the ventilation of those rooms were not enough. In cases of two, three and four occupants in bedrooms the carbon dioxide levels could reach 1,900 ppm, 2178 ppm and 2,665 ppm accordingly. These carbon dioxide levels had impact to occupants' health. Therefore ventilation, bringing outside fresh air, in air-conditioned bedrooms was necessary.

Keywords: Carbon Dioxide, Indoor Air Quality

บทนำ

ในสังคมปัจจุบันผู้คนหันมาสนใจต่อสุขภาพตัวเองมากขึ้นและต้องการมีคุณภาพชีวิตที่ดี คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะส่งผลต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นการดำรงชีวิตในเขตเมือง เช่นกรุงเทพฯและปริมณฑล ผู้คนจำนวนมากนิยมใช้เครื่องปรับอากาศในอาคารพักอาศัยเพื่อปรับอากาศทำความเย็นภายในบ้านให้อยู่ในสภาวะสบาย ห้องที่นิยมติดตั้งเครื่องปรับอากาศมากที่สุดคือห้องนอนเนื่องจากเป็นห้องที่ใช้งานบ่อยและผู้อยู่อาศัยต้องการความสบายในการนอนหลับพักผ่อนช่วงกลางคืนจากการสำรวจสอบถามเบื้องต้นพบว่า บ้านส่วนใหญ่ที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศมักจะไม่มีระบบการระบายอากาศด้วยวิธีกลที่นำอากาศใหม่จากภายนอกเข้ามาในห้องขณะทำการปรับอากาศ การปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำความเย็นให้กับอากาศภายในห้องเพียงอย่างเดียวโดยวิธีหมุนเวียนอากาศภายในห้องให้ผ่านคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ อากาศภายนอกที่จะเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศได้จึงมีพียงแค่การรั่วซึม (infiltration) ผ่านรอยแยกตามกรอบประตูและหน้าต่างภายนอกเท่านั้น อย่างไรก็ตามการนำอากาศใหม่ภายนอกที่ร้อนและชื้น เข้ามาก็ส่งผลต่อภาระในการปรับอากาศ และหากมีการนำอากาศใหม่ภายนอกเข้ามามากเกินความจำเป็นก็จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ในการหายใจของคนเราร่างกายจะใช้ก๊าซออกซิเจนในการสันดาปและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การอยู่อาศัยในห้องปรับอากาศที่ปิดทึบเป็นระยะเวลายาวนาน เช่น ห้องนอนจะทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสะสมเพิ่มสูงขึ้นซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ส่วนประกอบของอากาศ

อากาศประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ ไอน้ำ และอนุภาคฝุ่นละอองปะปนกัน ส่วนผสมของอากาศตามสถานที่ต่าง ๆ อาจแตกต่างกันบ้าง ก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักในอากาศประกอบด้วย ไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ ปริมาณของก๊าซหลัก ๆ ในอากาศคิดเป็นสัดส่วนโดยปริมาตรเป็นดังนี้ ก๊าซไนโตรเจน 78.08 % ก๊าซออกซิเจน 20.95 % ก๊าซอาร์กอน 0.93 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 % และก๊าซอื่น ๆ อีก 0.02 % ถ้าคิดเป็น ppm (part per million) โดยปริมาตรประมาณได้ดังนี้ ก๊าซไนโตรเจน 209,500 ppm ก๊าซออกซิเจน 780,900 ppm ก๊าซอาร์กอน 9,300 ppm และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 ppm ด้วยน้ำหนักแล้วก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่สุดคือ 44.009 รองลงมาคือ ก๊าซอาร์กอน ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจนมีน้ำหนักโมเลกุลที่ 38.948 31.998 และ 28.012 ตามลำดับ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ มีความหนาแน่น 1.98 kg/m3 ซึ่งเป็นประมาณ 1.5 เท่าของอากาศ

การรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาตามรอยแยกของกรอบประตูและหน้าต่างนั้นไม่น่าจะเพียงพอที่ทำให้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตที่มีสุขลักษณะดีได้

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกลขณะที่มีการใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน ก๊าซอื่น ๆ สารชีวภาพ ฝุ่น ละออง เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษานี้

บ้านกรณีศึกษาที่เข้าทำการเก็บข้อมูลเป็นบ้านร่วมสมัยทั่วไปในยุคปัจจุบันที่มีการใช้งานแบบปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล และตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครหรือปริมณฑล พื้นที่ในบ้านที่ทำการศึกษาจะจำกัดอยู่ที่ห้องนอน เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลายาวนานที่สุดในบ้านพักอาศัยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหายใจและระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่สำคัญของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย มนุษย์หายใจเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปสันดาปกับอาหารภายในเซลล์และให้พลังงานออกมาเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรรมต่าง ๆ การหายใจของคนเราจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายปล่อยออกมาสัมพันธ์กับระดับการเผาผลาญของกิจกรรม ลมหายใจออกของมนุษย์มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 5.6 ผู้ใหญ่โดยเฉลี่ยลมหายใจออกมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 35,000 ถึง 50,000 ppm (สูงกว่าอากาศภายนอก 100 เท่า) ในอาคารมนุษย์เป็นต้นกำเนิดหลักที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่สูงเพิ่มขึ้นมีผลมาจากจำนวนผู้ใช้อาคาร ระยะเวลาที่อยู่ในอาคาร และการนำอากาศใหม่ภายนอกเข้ามา ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องปิดขนาด 3.5 x 4 ตารางเมตรสามารถเพิ่มขึ้นจาก 500 ถึง 1,000 ppm ภายใน 45 นาที The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ระบุว่าอากาศภายในที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 1,000 ppm ถือว่ามีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่สูงจะก่อให้เกิดอาการง่วงซึม ปวดหัว และทำงานได้ไม่ดี การขาดออกซิเจนหรือได้รับคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมากจะทำให้เลือดเป็นกรด เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดกระตุ้นระบบการหายใจเร็วขึ้นทำให้หัวใจเต้นเร็ว และกดสมอง อาการทางคลินิกเป็นดังนี้ อาการระยะยาวผลของการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติไปนาน ๆ อาจทำให้ปวดหัวบ่อย กดสมอง มึนงง ง่วงซึม เครียด ความดันโลหิตและอัตราการหายใจอาจเพิ่มสูงขึ้นได้ อาการเฉียบพลันจากการสูดหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมากในระยะแรกทำให้เกิดอาการหายใจเร็ว หายใจลึกขึ้น ความดันโลหิตสูงขึ้น หัวใจเต้นเร็ว ชีพจรเร็ว หากได้รับในปริมาณมากขึ้นจะเริ่มมีผลกดสมอง ทำให้ซึมลง ปวดศีรษะ วิงเวียนศีรษะ มึนงง สับสน การได้ยินลดลง และรบกวนการมองเห็นเนื่องจากสมองถูกกดการทำงาน ที่ผิวหนังจะเกิดหลอดเลือดขยายตัว เหงื่อออก กล้ามเนื้อกระตุก (tremor) อาจพบมีคลื่นไส้อาเจียน และท้องเสีย บางรายอาจมีอาการคลั่ง (panic) หากได้รับปริมาณสูงมากจะทำให้หมดสติและเสียชีวิตในที่สุด ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2,500 ppm ถึง 5,000 ppm ก่อให้เกิดอาการปวดหัว มึนงง คลื่นไส้ และอาการอื่น ๆ เกิดขึ้นได้เมื่ออยู่ในที่ที่มีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 5,000 ppm เป็นเวลาหลายชั่วโมง ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ 40,000 ppm เกิดอันตรายต่อสุขภาพและเสียชีวิตทันที Lipsett, Shusterman และ Beard ได้บันทึกผลของคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง(มากกว่าที่พบในอาคารทั่วไป)ที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ว่า ที่ระดับมากกว่า20,000 ppm จะทำให้หายใจลึกขึ้น ที่ระดับ 40,000 ppm เพิ่มระดับการหายใจอย่างชัดเจน ที่ระดับ 100,000 ppm ก่อให้เกิดการรบกวนการมองเห็น กล้ามเนื้อกระตุกและหมดสติ และที่ระดับ 250,000 ppm (ความเข้มข้น 25%) ทำให้ตายได้ Satish และคณะได้ทำการศึกษาความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นในอาคารต่อสมรรถนะการทำงานด้วยการทดลองใช้อาสาสมัคร 22 คนให้ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 600 1,000 และ 2,500 ppm ในห้องทดลองที่เสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงาน โดยแบ่งอาสาสมัครออกเป็น 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มอยู่ในสภาวะระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดเป็นระยะเวลา 2.5 ชั่วโมง ทั้งหมดทดลองภายในหนึ่งวัน ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการตัดสินใจลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญเชิงสถิติห้องที่มีระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm เปรียบเทียบกับในห้องที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 600 ppm สมรรถนะในการตัดสินใจลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญที่สเกล 6 ใน 9 เมตริก และห้องที่มีระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 2,500 ppmเปรียบเทียบกับในห้องที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 600 ppm สมรรถนะในการตัดสินใจลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญที่สเกล 7 ใน 9 เมตริก

มาตรฐานระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร

โดยปกติอากาศภายนอกจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ราว 300 ถึง 400 ppm ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารขึ้นอยู่กับจำนวนคน ระยะเวลาที่เข้าอยู่ปริมาณอากาศภายนอกที่เข้ามา ขนาดของห้อง ผลผลิตเผาไหม้ที่เข้ามาภายใน เช่น ไอเสียรถยนต์ เตาเผา การสูบบุหรี่และความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอก Occupational Safety and Health Administration (OSHA) และ American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGH) ระบุระดับคาร์บอนไดออกไซด์แนะนำสูงสุดที่คนเข้าอยู่ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมงเฉลี่ย (time weighted average)ไม่เกินระดับ 5,000 ppm ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี)พ.ศ. 2520 กำหนดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 5,000 ppm ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ได้ออกมาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62-1989 การระบายอากาศสำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับ ซึ่งระบุค่าแนะนำ (guideline) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารไม่เกิน 1,000 ppm โดยขึ้นกับสมมุติฐานการนำอากาศภายนอกเข้ามาในอัตรา 15 cfm (cubic feet per minute) ต่อคนและอากาศภายนอกมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 300 ppm ต่อมาในปี ค.ศ. 1999 มาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62-1999 การระบายอากาศ สำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับ ออกมาโดยกำหนดใช้ค่าความแตกต่างความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในและภายนอกที่ 700 ppm กับการระบายอากาศขั้นต่ำแทนที่จะใช้ค่าสัมบูรณ์ (absolute) 1,000 ppm และค่านี้ถูกระบุเป็นข้อมูลต่อมาจนถึงมาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62.1-2016 การระบายอากาศสำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับ อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวไม่เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพแต่ใช้เป็นเกณฑ์ความสบายมนุษย์ด้านกลิ่นและคุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality) ทั้งนี้ เนื่องจากการหายใจของคนก่อมลภาวะและกลิ่นออกม(odorous bioeffluents) ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ASHRAE ออกมาเป็นค่าแนะนำ (guideline) ไม่ใช่ค่ามาตรฐาน (standard) ในอาคารที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 1,000 ppm หรือมีคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอก 700 ppm ในระดับคงที่ (steadystate)ถือว่าอาคารนั้นมีการระบายอากาศไม่เพียงพอควรมีการระบายอากาศโดยนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศภายนอกเข้ามาในอัตรา 15 cfm/person (7.5 L/s/person) การใช้เครื่องวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อควบคุมอัตราการระบายอากาศ หรือการนำอากาศภายนอกเข้ามาในระบบปรับอากาศเป็นวิธีที่เรียกว่า DCV (demand controlled ventilation) การหาอัตราการระบายอากาศสามารถคำนวณได้โดยอัตราการระบายอากาศเท่ากับค่า 10,500 หารด้วยความแตกต่างความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายนอกกับภายใน อัตราการระบายอากาศที่ได้มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (cfm) ต่อคน

วิธีการศึกษา

การศึกษาใช้วิธีการสำรวจภาคสนามเก็บข้อมูลจากการใช้งานจริงของบ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯ หรือปริมณฑล จำนวน 10 กรณีศึกษาและนำผลที่ได้มาประมวลและสรุปผล การเก็บข้อมูลได้รับความร่วมมือจากอาสาสมัครที่เป็นเจ้าของอาคารและเป็นผู้ใช้ห้องนอนเป็นผู้นำเครื่องมือเข้าไปติดตั้งในห้อง ผู้ศึกษาไม่ได้เข้าไปในบ้านและในห้องนอนที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษากายภาพภายในและไม่ได้สังเกตการณ์พฤติกรรมในการใช้ห้องนอนของอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการเนื่องจากเป็นการละเมิดความเป็นส่วนตัวของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการ ข้อมูลระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปรากฏเริ่มจากการเปิดเครื่องปรับอากาศจนถึงการปิดเครื่องปรับอากาศ การเก็บข้อมูลระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะบันทึกเป็นรายชั่วโมงระยะเวลาต่อเนื่องหนึ่งคืน

ผลการศึกษา

ห้องนอนที่ทำการศึกษามีจำนวนผู้ใช้งาน 1-4 คน ขนาดพื้นที่ประมาณ 12.00-20.50 ตารางเมตร (เฉลี่ย 15.51 ตารางเมตร) ปริมาตรห้อง 31.00-53.30 ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 40.92 ลูกบาศก์เมตร) ความยาวรอยแยกช่องเปิดเครื่องมือจะถูกติดตั้งในห้องนอนปรับอากาศของตัวอย่างกรณีศึกษา หัววัดก๊าซจะติดตั้งในระดับความสูงของศีรษะ ณ โต๊ะข้างหัวนอนขณะนอนหลับที่ความสูงประมาณ 45-60 เซนติเมตร นอกเหนือจากนั้นข้อมูลสภาพแวดล้อมทั่วไปได้รับการบันทึกด้วย เช่น เจ้าของอาคาร สถานที่ตั้ง วันที่ติดตั้งเครื่องมือ จำนวนผู้ใช้งาน เวลาเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเครื่องปรับอากาศ พื้นที่และปริมาตรห้อง ชนิดและขนาดหน้าต่างหรือช่องเปิด เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้เก็บค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเครื่องมือที่ผลิตโดย Lutron รุ่น MCH-383SD หัววัด NDIR มีช่วงการวัด 0 ถึง 4,000 ppm ความละเอียดการแสดงผล(resolution) 1 ppm และมีความแม่นยำ (accuracy) ± 40 ppm (≤ 1,000 ppm) ฟังก์ชั่นบันทึกข้อมูลด้วย SD Card ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สรุปกายภาพห้องนอนของ 10 กรณีศึกษา

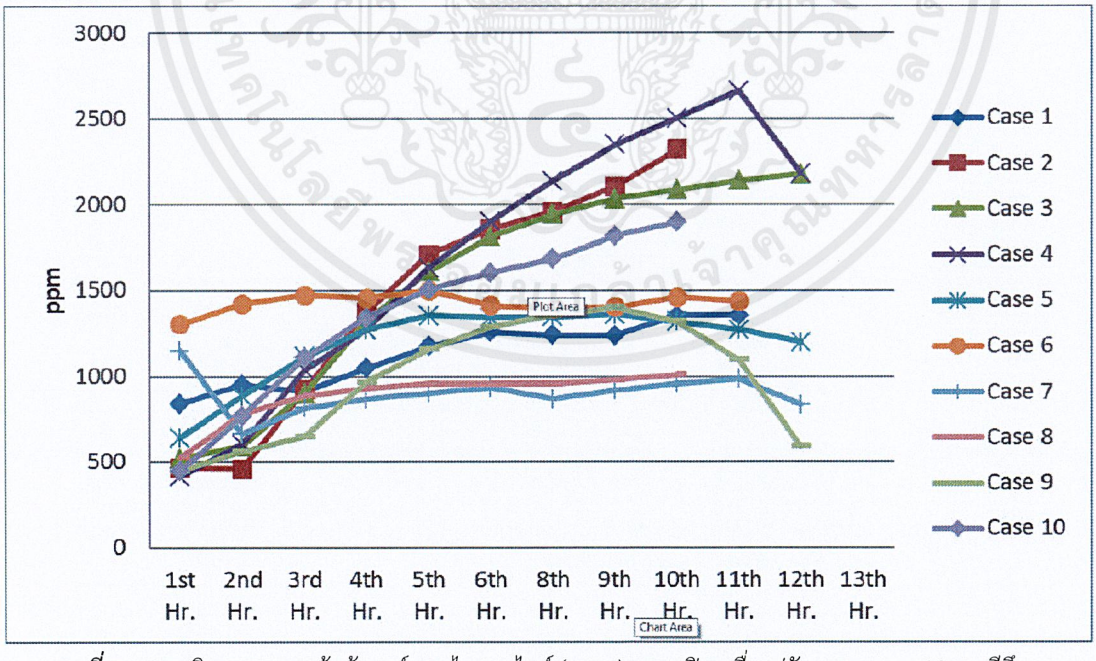
Case No.	No. of Occupants	Area of Room (m^2)	Volume of Room (m^3)	Crack Length (m)	Type of Opening	Material of Opening
1	2	17.10	44.46	22.30	Slide	UPVC
2	3	12.80	33.28	10.90	Slide	UPVC
3	3	16.32	42.43	12.60	Slide	UPVC
4	4	20.50	53.30	26.90	Slide	UPVC
5	1	12.00	31.00	10.00	Slide	UPVC
6	4	16.00	41.60	13.50	Swing	Wood
7	2	16.32	42.43	13.70	Slide	UPVC
8	3	17.10	44.46	22.30	Slide	UPVC
9	2	12.00	31.20	21.50	Slide	UPVC
10	2	15.00	45.00	10.70	Slide	Aluminium
Average		**15.51**	**40.91**	**16.44**		

10.00-26.90 เมตร (เฉลี่ย 16.44 เมตร) ลักษณะช่องเปิดเป็นบานเลื่อนเปิดสวนสองทางเป็นส่วนใหญ่กับบานเปิดวัสดุบานกรอบเป็น UPVC ไม้ และอลูมิเนียม ดังแสดงในตารางที่ 1 จากการสำรวจพบว่าระยะเวลาชั่วโมงในการใช้ห้องนอนขณะปรับอากาศอยู่ที่ 7.00 ชั่วโมง จนถึง 11.50 ชั่วโมง โดยประมาณหรือเฉลี่ย 9.26 ชั่วโมง จาก 10 กรณีศึกษาพบว่ามี 2 กรณีศึกษาที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1,000-1,100 ppm นั่นคือกรณีศึกษาที่ 7 ซึ่งมีผู้ใช้งาน 2 คนเป็นผู้หญิงรูปร่างเล็กและเด็กอายุ 6 ขวบ และกรณีศึกษาที่ 8 ที่อาจมีการรั่วซึมจากประตูบานเลื่อนภายในห้องนอนจากกรณีศึกษาส่วนใหญ่หลังจากเปิดเครื่องปรับอากาศและเข้าใช้ห้องนอน 2 ถึง 3 ชั่วโมงระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มสูงเกิน 1,000 ppm ในกรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 1 คน 2 คน 3 คนและ 4 คนพบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสูงสุดถึง 1,360 ppm 1,900 ppm 2178 ppm และ 2,665 ppm ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดการใช้งานอยู่ที่ 1,244 ppm และค่าเฉลี่ยสูงสุดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 1,607 ppm ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนปรับอากาศกรณีใช้งานจริงจำนวน 10 กรณีศึกษาสรุปออกมาดังในตารางที่ 2 และแผนภูมิในภาพที่ 2, 3, 4 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

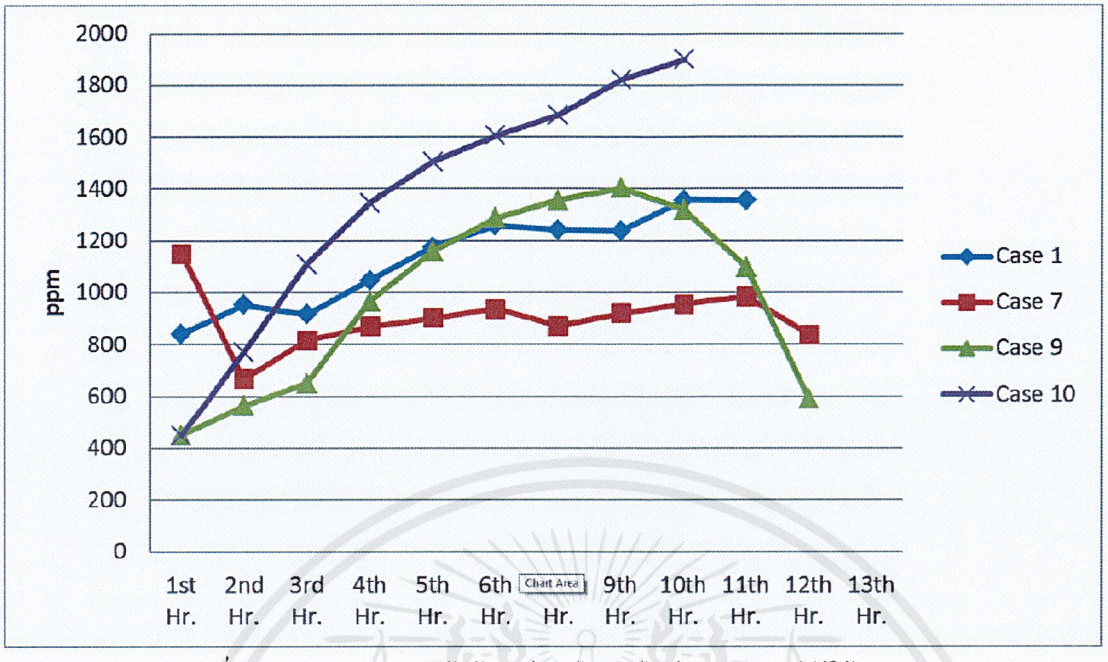
ตารางที่ 2 ผลสรุปการศึกษาของ 10 กรณีศึกษา

Case No.	No. of Occupants	Hour of A/C (hr.)	CO_2 > 1000 ppm at Hr.	Ave CO_2 (ppm)	Peak CO_2 (ppm)
1	2	9.33	3	1,114	1,357
2	3	7.00	3	1,366	2,108
3	3	10.50	3	1,559	2,178
4	4	9.75	2	1,701	2,665
5	1	11.5	2.5	1,192	1,360
6	4	8.75	0.1	1,426	1,500
7	2	9.85	0.1	8,87	985
8	3	8.32	8	893	1,010
9	2	10.55	4	986	1,403
10	2	7.05	2	1,320	1,900
Average	**2.6**	**9.26**	**2.77**	**1,284**	**1,647**



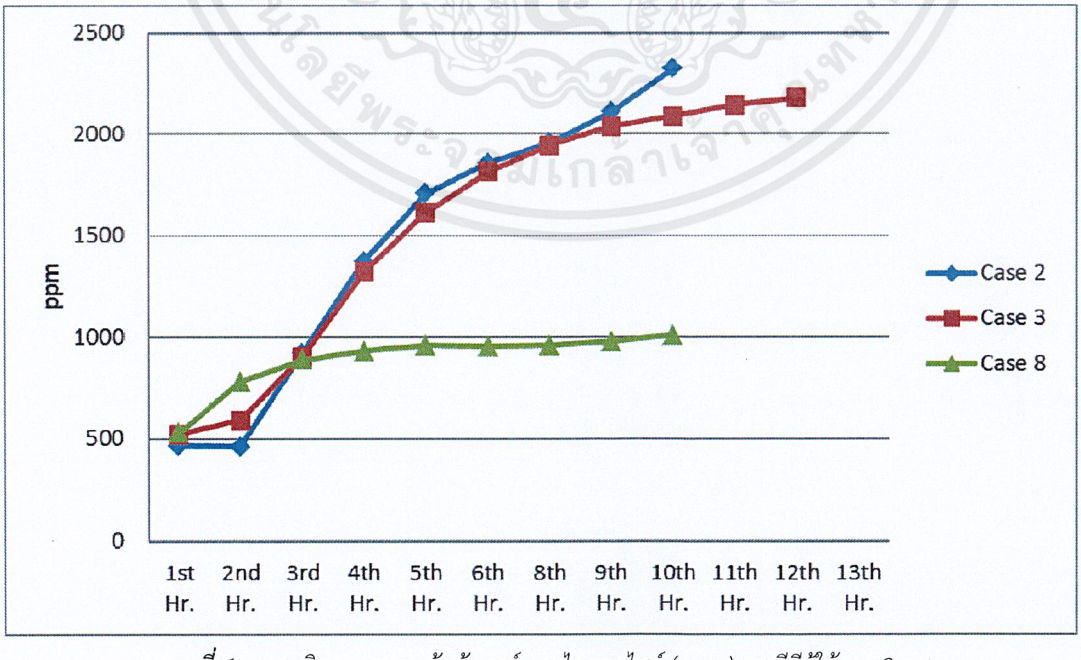
ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) ขณะเปิดเครื่องปรับอากาศของ 10 กรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) กรณีมีผู้ใช้งาน 2 คน

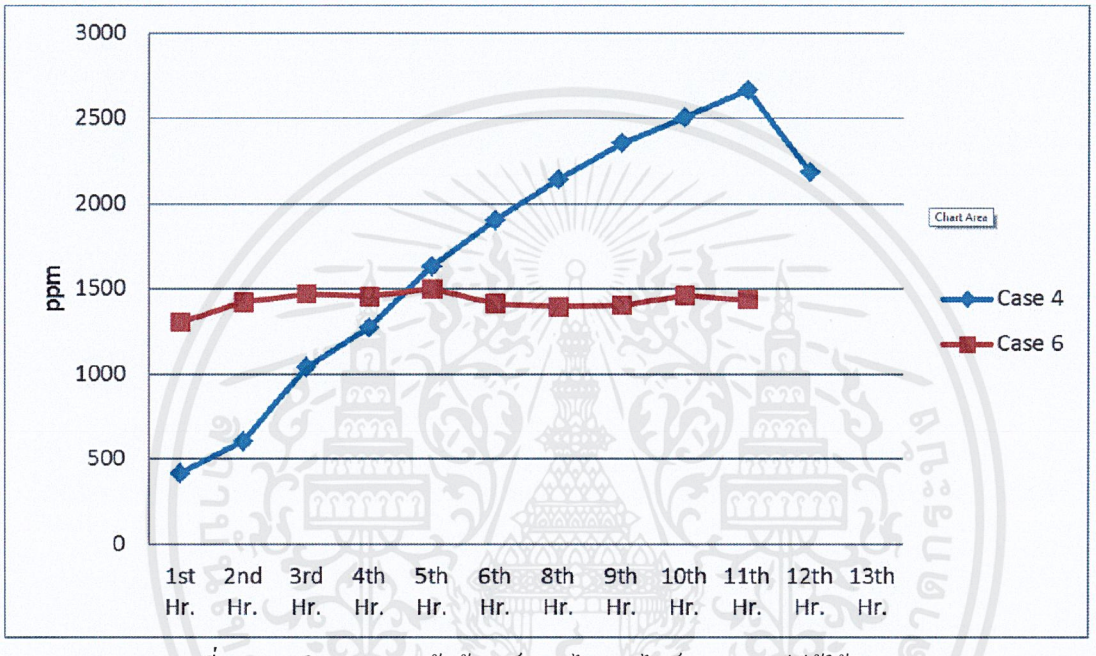
กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 2 คน พบว่าหลังจากการใช้งานไปแล้วประมาณ 3 ชั่วโมง 3 ใน 4 กรณีศึกษามีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงเกิน 1,000 ppm และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1,400 จนถึง 1,900 ppm ในช่วงท้ายของการใช้งาน มีกรณีศึกษาที่ 7 ที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm อาจเนื่องจากผู้ใช้อาคารเป็นผู้หญิงรูปร่างเล็กกับเด็กอายุ 6 ขวบ ประกอบกับปริมาตรห้องนอนที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษาทั้งหมด



ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) กรณีมีผู้ใช้งาน 3 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 3 คน พบว่าหลังจากการใช้งานไปแล้วประมาณ 2.5 ชั่วโมง 2 ใน 3 กรณีศึกษามีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงเกิน 1,000 ppm และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงมากกว่า 2,000 ppm และสามารถขึ้นไปถึงประมาณ 2,300 ppm หลังการใช้งานเกิน 8 ชั่วโมง ในกรณีศึกษาที่ 8 ที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมไม่สูงมาก อาจเนื่องจากในห้องนอนมีประตูห้องน้ำเป็นประตูบานเลื่อนขนาดใหญ่และหน้าต่างห้องน้ำถูกเปิด ไว้ตลอดเวลา อาจมีการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาได้มากกว่ากรณีศึกษาอื่น ๆ



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) กรณีมีผู้ใช้งาน 4 คน

กรณีที่มีผู้ใช้งานในห้องนอน 4 คน ในกรณีศึกษาที่ 4 พบว่าหลังจากการใช้งาน 2 ชั่วโมงครึ่งระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมเริ่มสูงเกิน 1,000ppm และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกิน 2,000 ppm หลังการใช้งานเกิน 8 ชั่วโมง และเพิ่มสูงมากกว่า 2,500 ppm เมื่อใช้งานเกิน 10 ชั่งโมง ในกรณีศึกษาที่ 6 เป็นที่น่าสังเกตว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงขึ้นไม่มากเหมือนกรณีศึกษาที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะและวัสดุของบานเปิดเป็นบานเปิดไม้ที่มีรอยแยกตามกรอบหน้าต่างมากกว่าบานเปิดแบบ UPVC ของกรณีศึกษาที่ 4 ทำให้การรั่วซึมของอากาศเข้ามาในห้องนอนได้มากกว่ากรณีศึกษาอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล 8 ใน 10กรณีศึกษามีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงเกิน 1,000-1,100 ppm ส่วนใหญ่หลังการใช้งานไปประมาณ 2-3 ชั่วโมงระดับ ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเริ่มสูงขึ้นเกิน 1,000-1,100 ppm ณ จุดนี้ถือได้ว่ามีการระบายอากาศไม่เพียงพอตามค่าแนะนำของ ANSI/ASHRAE 62.1-2016 การระบายอากาศสำหรับคุณภาพอากาศภายในที่ยอมรับ และมาตรฐานของ The National Institute for Occupational Safety and Health ส่วนอีก 2 กรณีศึกษาที่ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สะสมไม่เกิน 1,000-1,100 ppm อาจเนื่องมาจากผู้ใช้ห้องนอนมีขนาดร่างกายเล็ก ในบางกรณีอาจมีการรั่วซึมจากประตูภายในของห้องนอนที่มีมากกว่ากรณีศึกษาอื่น ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งาน 2 คนพบว่า ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1,400 จนถึง 1,900 ppm ในกรณีที่มีผู้ใช้งาน 3 คน ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจเพิ่มสูงมากกว่า 2,000 ppm และสามารถขึ้นไปถึงประมาณ 2,300 ppm ได้หลังการใช้งานเกิน 8 ชั่วโมง และในกรณีที่มีผู้ใช้งาน 4 คน ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกิน 2,000 ppm ได้หลังการใช้งานเกิน 8 ชั่วโมง และสามารถเพิ่มสูงมากกว่า 2,500 ppm เมื่อใช้งานเกิน 10 ชั่งโมง ณ ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงมากกว่า 2,000-2,500 ppm จะมีผลต่อสุขภาพอาจก่อให้เกิดอาการง่วงซึม และปวดหัวได้ ดังนั้น เพื่อคงคุณภาพอากาศภายในห้องนอนที่ดีและเพื่อสุขภาพของผู้ใช้งานห้องนอนควรจะมีการระบายอากาศ โดยนำอากาศใหม่ภายนอกเข้ามา การระบายอากาศสามารถทำได้โดยการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติหรือด้วยวิธีกล สำหรับห้องนอนปรับอากาศการระบายอากาศควรใช้วิธีกล และควบคุมปริมาณอากาศใหม่ภายนอกเข้ามาในปริมาณที่เหมาะสม การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศให้สมดุลย์กับลักษณะห้องนอนและจำนวนผู้ใช้จะช่วยทำให้คุณภาพอากาศภายในอยู่ในระดับมาตรฐานและประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ หากเลือกพัดลมระบายอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไปก็จะเป็นภาระกับเครื่องปรับอากาศทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ส่วนการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติโดยการเปิดหน้าต่างขณะใช้เครื่องปรับอากาศสามารถกระทำได้โดยเปิดช่องเปิดจนระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้อย่างไรก็ตามจะไม่สามารถควบคุมปริมาณอากาศใหม่เข้ามาในระดับที่คงที่ได้และอาจสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภาคสนามเบื้องต้นจากห้องนอนและผู้ใช้งานที่ค่อนข้างหลากหลายตามบ้านทั่วไปที่มีการใช้งานจริง ดังนั้น จึงมีตัวแปรอิสระจำนวนมากที่ผู้ศึกษาไม่สามารถควบคุมได้ ผลการศึกษาที่ได้จึงเป็นเพียงแนวโน้มของระดับการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล ลักษณะการสะสมและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการศึกษาในครั้งนี้อาจไม่ตรงหรือเกิดขึ้นกับกรณีอื่นก็เป็นได้ มีตัวแปรหลายตัวแปรที่สามารถส่งผลกระทบต่อระดับการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เช่น เพศ อายุ ขนาดร่างกายและระดับการเผาผลาญของกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณที่ร่างกายปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ขนาดและปริมาตรของห้อง ลักษณะและวัสดุของการก่อสร้างของห้อง ประตูและหน้าต่างที่มีผลต่อการรั่วซึมอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางของห้องและแรงลมภายนอกที่กระทำต่อห้องที่ส่งผลต่อการรั่วซึมอากาศ เป็นต้น หากมีการศึกษาต่อไปในอนาคตด้วยวิธีการทดลองในห้องทดลองที่สามารถควบคุมตัวแปรอิสระต่าง ๆ ดังกล่าวได้ จะทราบถึงอิทธิพลของแต่ละตัวแปรต่อระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในห้อง และได้ผลการศึกษาที่ละเอียด ลึก และแม่นยำกว่านี้

บรรณานุกรม

"ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ข้อมูลทั่วไปอันตรายที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์." สืบค้น 14 มิถุนายน 2559. http://www.thaieditorial.com/tag/.

"คาร์บอนไดออกไซด์." สืบค้น 14 มิถุนายน 2559. https://th.wikipedia.org/wiki/.

จุฑารัตน์ ฉัตรวิริยาวงศ์และวิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์.

"Carbon Dioxide." สืบค้น 14 มิถุนายน 2559. http://www.summacheeva.org/index_thaitox_carbon_dioxide.htm.

"ส่วนประกอบของอากาศ." สืบค้น 14 มิถุนายน 2559.http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Internal%20Combustion%20Engine%20Part%20I/3_1.html.

"องค์ประกอบของอากาศ." สืบค้น 14 มิถุนายน 2559.http://physicsworld.nanacity.com/physicsworld/lesson/world4.htm?ckattempt=1.

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). ***TLVs and BEIs.*** Cincinnati, OH.: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2011.

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

ANSI/ASHRAE 62.1-2016: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, GA.: ASHRAE Headquarters, 2016.

"ASHRAE Technical FAQ." AccessedJuly1, 2016.https://www.ashrae.org/File%20Library/docLib/.../TC-04-03-FAQ-35.pd.

"Carbon Dioxide (CO2)." AccessedJuly12, 2016.http://www.health.state.mn.us/divs/eh/indoorair/co2/.Greiner, Tom.

"Indoor Air Quality: Carbon Monoxide and Carbon Dioxide (AEN-125)." Accessed July 1, 2016. http://www.abe.iastate.edu/extension-and-outreach/indoor-air-qualitycarbon-monoxide-and-carbon-dioxide-aen-125/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Indoor Air Quality." Accessed June14, 2016.https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_air_quality.Lipsett, M.J., Shusterman, D.J. and Beard, R.R."Inorganic Compounds of Carbon, Nitrogen, and Oxygen." In ***Patty's Industrial Hygiene and Toxicology***, G.D. Clayton and F.D. Clayton, eds. New York: John Wiley & Sons, 1994. National Institute for Occupational Safety and Health.

"Indoor Environmental Quality: Building Ventilation." Accessed October 8, 2008. http://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/BuildingVentilation.html. OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

"Sampling and Analytical Methods: Carbon Dioxide in Workplace Atmospheres." Accessed May 7, 2012. http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id172/id172.html.Petty, Stephen.

*"Summary of ASHRAE's Position on Carbon Dioxide (CO2) Levels in Spaces".*Accessed July 1, 2016. www.eesinc.cc/downloads/CO2positionpaper.pdf. Prill, Rich.

"Why Measure Carbon Dioxide Inside Buildings?" Accessed July 1, 2016. www.energy.wsu.edu/Documents/CO2inbuildings.pdf.

"Study: Bad In-Flight Air Exacerbated by Passengers." Talk of the Nation, National Public Radio. September 21, 2007. Usha, Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy, Shekhar, Toshifumi, Hotchi, Douglas, Sullivan, Siegfried, Streufert and William J., Fisk. "Is CO2 an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO2 Concentrations on Human Decision-Making Performance.

"***Environ Health Perspect.***" Accessed July 13, 2016. DOI:10.1289/ehp.1104789. http://ehp.niehs.nih.gov/1104789/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้า นางสาววิภาวดี พนมทิพย์ รหัสนักศึกษา 59011234 ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้เข้าร่วมฝึกงานสหกิจศึกษา ปีการศึกษา 2562 กับบริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นบริษัทประกอบธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและเพื่อการพาณิชย์ ได้ให้โอกาสผู้วิจัยในการทำโครงงานสหกิจศึกษาในแผนกตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพ ณ สำนักงานใหญ่ของบริษัทฯที่ซึ่งผู้วิจัยก็ได้เก็บเกี่ยวประสบการณ์ความรู้ในหลายๆด้าน ถือเป็นประสบการณ์ที่ดีครั้งหนึ่งในชีวิตของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าหวังว่างานวิจัย การระบายอากาศในห้องปิดทึบ (Closed Door Room Ventilation) ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้สนใจ ไม่ว่าจะเป็นนักศึกษา ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่ต้องการนำไปศึกษาต่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่มากก็น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้