วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา (ISSN: 1905-9450)
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2563

การปรับปรุงคุณภาพของอากาศช่วงเวลากลางคืนภายในห้องนอนของบ้านพักอาศัยด้วยการระบายอากาศ

นินนาท ราชประดิษฐ์[1]*, ประยุทธ ภูวรัตนาวิวิธ[2] และ ธานี โกสุม[3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2]ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

**Corresponding author e-mail: ninnart@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การระบายอากาศเป็นมาตรการสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor Air Quality; IAQ) เนื่องจากเป็นการเติมอากาศเพื่อการหายใจแล้วยังช่วยเจือจางมลพิษในอากาศ สำหรับอาคารรวมถึงที่พักอาศัยในประเทศไทยหลายแห่งยังอาจละเลยการใช้งานระบบระบายอากาศทำให้มีปัญหา IAQ ตามมา งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปรับปรุง IAQ ส่วนห้องนอนที่มีการปรับอากาศในบ้านพักอาศัยที่มักมีการใช้งานช่วงเวลากลางคืนซึ่งเป็นช่วงเวลาพักผ่อน จึงควรมีสภาวะ IAQ ที่ดี โดยได้ทำการศึกษาในห้องนอนขนาด 24 m^2 ใช้ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ จากการทดลองได้แสดงผลของการระบายอากาศที่มีต่อความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่ลดลง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเพิ่มขึ้นตามบรรยากาศภายนอก รวมถึงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้น และแสดงผลเปรียบเทียบระหว่างการระบายอากาศแบบดึงอากาศเข้ากับดูดอากาศออกจากห้อง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการระบายอากาศของห้องนอนในที่พักอาศัย สุดท้ายได้จัดทำชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมอัตราการระบายอากาศตามความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 สำหรับเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน รวมถึงทำให้ห้องนอนของที่พักอาศัยมีสภาวะ IAQ ที่ดีขึ้น

คำสำคัญ : การระบายอากาศ, คุณภาพอากาศภายในอาคาร, ระบบปรับอากาศ

ข้อมูลบทความ : วันรับพิจารณา 8 มิถุนายน 2563 / วันแก้ไข 8 กรกฎาคม 2563 / วันตอบรับ 8 กรกฎาคม 2563 / วันตีพิมพ์ 10 กรกฎาคม 2563

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION (ISSN: 1905-9450)

FACULTY OF EDUCATION, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY, Volume 14 No.1 January-June 2020

IMPROVEMENT OF INDOOR AIR QUALITY WITH VENTILATION DURING NIGHTTIME IN BEDROOMS IN RESIDENTIAL HOUSE

Ninnart Rachapradit[1]*, Prayuth Poowaruttanawiwit[2] and Tanee Kosum[3]

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

[2]Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmaceutical Science, Naresuan University

[3]Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

**Corresponding author e-mail: ninnart@hotmail.com*

Abstract

Ventilation is an important part for solving indoor air quality (IAQ) problems, as it adds air for breathing as well as dilutes pollution in the air. The use of ventilation tends to be neglected in many buildings in Thailand including residential houses and thus lead to IAQ problems. This study aims to improve the air quality of air-conditioned bedroom in the house, especially at night, which is a resting time, therefore requires good IAQ condition. The study was conducted in a 24 m^2 bedroom using CO_2 concentration as a parameter indicating ventilation adequacy. The results have shown the effect of ventilation on a decrease CO_2 concentration and increases in temperature and relative humidity of the room in accordance with the external environment as well as an increase in electricity consumption for air conditioners. The comparison between fresh air intake and exhaust release ventilation is also presented. The results of the study can be used as guidance for the ventilation of the bedroom in the residences. Finally, a microcontroller has been set to control the ventilation rate according to the CO_2 concentration for saving energy and improving IAQ in the bedroom of the accommodation.

Keywords : Ventilation, Indoor air quality, Air conditioning system

Article Info: Received; June 8, 2020 / Revised; July 8,2020 / Accepted; July 8, 2020 / Published; July 10, 2020

บทนำ

ปัจจุบันเนื่องจากจากปัญหาของฝุ่นละออง PM 2.5 และต่อมาในสถานการณ์ ไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในปัจจุบันทำให้มีการคำนึงถึงปัญหาด้านสุขภาพที่สืบเนื่องมาจากคุณภาพของอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality; IAQ) กันอย่างมาก ซึ่งโดยหลักการแล้ว IAQ จะมีการพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อความสบายและความพึงพอใจในสภาวะอากาศของคนที่อาศัยภายในอาคาร รวมถึงระดับของสารพิษต่าง ๆ อยู่ในอากาศระดับที่ยอมรับได้ ปัญหาที่เกิดจากคุณภาพอากาศที่ไม่ดีจะส่งผลต่อ อาการเจ็บป่วยที่มีสาเหตุมาจากอาคาร (sick Building syndrome) รวมทั้งโรคอาการสุขภาพทั่วไป ทางตา จมูก ลำคอ รวมถึงโรคจากระบบทางเดินหายใจ (Wolkof, 2018) สำหรับอาคารและบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่ในประเทศไทย เนื่องจากมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นจำเป็นต้องมีการปรับสภาวะอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศจะสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ ซึ่งจะเป็นแต่การคำนึงถึงด้านของสภาวะสบายทางความร้อน (Thermal comfort) แต่หากไม่คำนึงถึงเรื่องของ IAQ ก็จะทำให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารส่งผลต่อสุขภาพได้ ปกติโดยส่วนใหญ่การรักษาระดับของ IAQ ของอาคารที่มีการปรับอากาศ มักจะใช้การระบายอากาศโดยการใช้อากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคาร โดยจุดประสงค์หลักของการระบายอากาศสำหรับอาคารและที่พักอาศัยนั้นเพื่อให้มีอากาศเพียงพอกับการหายใจและเจือจางมลภาวะต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอากาศเดิมภายในห้อง (Yu et al., 2009) การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอก็จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้มี การเจริญเติบโตของเชื้อรา ไวรัส แบคทีเรีย รวมถึงไรฝุ่น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคภูมิแพ้ (Sun et al., 2019) สำหรับการพิจารณาอัตราการระบายอากาศที่อย่างน้อยที่ควรจะมีในอาคารมักจะพิจารณาตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 หรือสำหรับประเทศไทย จะใช้มาตรฐานของ วสท. ส่วนพารามิเตอร์ที่มักจะใช้เป็นตัวแปรในการวัดเพื่อพิจารณาถึงการระบายอากาศเพียงพอหรือไม่มักจะวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีภายในอาคาร (Sekhar and Goh, 2011; Batterman, 2017: Shin et al.,2018) การลดระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 จากการระบายอากาศในช่วงการนอนหลับ ก็จะส่งผลกับคุณภาพของการนอนหลับและความสดชื่นของอากาศในห้องนอนที่มี IAQ ที่ดีขึ้น ทำไห้มีสมาธิในการทำงานในวันถัดไป (Tejsen et al., 2016) สำหรับการออกแบบระบบการระบายอากาศในอาคารขนาดใหญ่ที่มีการปรับอากาศจะมีการออกแบบที่ดี มีการคำนวณอัตราการระบายอากาศและมีการเติมอากาศจากภายนอกเข้าอาคารโดยตรงผ่านเครื่องปรับอากาศเพื่อการควบคุมความสะอาดและความชื้นก่อนเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศ แต่สำหรับบ้านพักอาศัยในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องนอนที่ส่วนใหญ่เป็นห้องที่มีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและมักใช้งานในช่วงเวลากลางคืน การระบายอากาศจะใช้การระบายอากาศจากการรั่วซึมตามธรรมชาติ โดยใช้การแทรกซึมของอากาศเข้าออกตามช่องประตูหน้าต่างซึ่งอาจจะไม่เพียงพอ หรืออาจใช้การระบายอากาศโดยวิธีกลโดยใช้พัดลมดูดอากาศออกจากห้อง ซึ่งจะทำให้อากาศภายนอกแทรกซึมเข้ามาแทนที่ในห้องซึ่งอากาศที่เข้ามานี้อาจจะมาจากส่วนอื่นของห้องที่มีช่องเปิดหริอรูรั่วก็ได้ ซึ่งบางทีจะไม่สะอาดและมีความชื้นสะสมค้างอยู่

งานวิจัยนี้จึงจะหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในบ้านพักอาศัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องนอนช่วงเวลากลางคืนภายในที่พักอาศัย ด้วยการเพิ่มอัตราการระบายอากาศโดยการเติมอากาศเข้าสู่ห้องเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของการระบายอากาศที่มีต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ กับกรณีปกติที่ไม่มีระบบระบายอากาศทางกล รวมถึงจะใช้แนวทางการควบคุมปริมาณการระบายอากาศด้วยการเติมอากาศจากภายนอกโดยจะพิจารณาถึงระดับเข้มข้นของก๊าซ CO_2 เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศสำหรับบ้านพักอาศัยต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงคุณภาพอากาศช่วงเวลากลางคืนภายในห้องนอนของบ้านพักอาศัยด้วยการระบายอากาศ
2. เพื่อพัฒนาแนวทางการควบคุมการระบายอากาศสำหรับบ้านพักอาศัยในประเทศไทย

ความสำคัญของการวิจัย

1. ชี้ให้เห็นผลของการปรับปรุงคุณภาพอากาศช่วงเวลากลางคืนภายในห้องนอนของบ้านพักอาศัยด้วยการระบายอากาศ
2. เป็นแนวทางพื้นฐานสำหรับพัฒนาแนวทางการควบคุมการระบายอากาศสำหรับบ้านพักอาศัยในประเทศไทย

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยการวิจัยนี้ทำการทดลองในสภาวะจริงกับส่วนห้องนอนของบ้านพักอาศัยขนาด 24 ตารางเมตร โดยทำการทดลองในช่วงเวลากลางคืน โดยพิจารณาตั้งค่าอุณหภูมิระบบปรับอากาศไว้ที่ 25°C แล้วทำการศึกษาผลของการระบายอากาศที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง รวมถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และพิจารณาผลจากการควบคุมอัตราการระบายอากาศด้วยปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่จัดทำขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

โดยปกติหลักเกณฑ์ในการพิจารณา IAQ (Indoor Air Quality: IAQ) ที่ยอมรับได้นั้นหมายถึงต้องไม่มีมลพิษในอากาศที่มีปริมาณความเข้มข้นมากพอจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์การหายใจเป็นไปอย่างสะดวก คนในอาคารอย่างน้อย 80% ต้องไม่แสดงออกถึงความไม่พอใจในสภาพอากาศนั้น สำหรับอาคารหรือบ้านพักอาศัยซึ่งโดยปกติในการจะปรับปรุงสภาวะของ IAQ ให้ดีขึ้นมักจะใช้การระบายอากาศ (Mesenholler et al., 2020) Sun et al. (2017) ได้ทำการลงพื้นที่สังเกตุการณ์ภาคสนามเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร จากตัวอย่างครอบครัว 32 ครัวเรือน เมืองเทียนจิน ประเทศจีน โดยได้ทำการทดสอบความเข้มข้นของมลพิษภายในบ้านระหว่างสภาพแวดล้อมปกติและสภาพแวดล้อมปิด จากนั้นวัดค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ และความเข้มข้นของสารมลพิษอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ ฝุ่นละออง PM 2.5, PM 1 และ PM 0.1 และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) จากผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสภาพแวดล้อมปิดที่ขาดการระบายอากาศ มีค่าสูงกว่าในสภาพแวดล้อมที่มีการแลกเปลี่ยนอากาศภายนอก มีงานบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการระบายอากาศ กับการเจริญเติบโตของเชื้อโรค (Baures et al., 2018) โดยการประเมินความเข้มข้นของสารเคมีและจุลชีววิทยาของอากาศภายในโรงพยาบาลฝรั่งเศส ด้วยวิธีการวัดความเข้มข้นของสารเคมี ความเข้มข้นของอนุภาค ทั้ง PM 10 และ PM 2.5 เชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา แบคทีเรียและไวรัส และพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันและ CO_2 จากการศึกษาพบว่า อากาศภายในอาคารมีการปนเปื้อนของสารเคมีและเชื้อโรคในระดับสูง และมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการระบายอากาศ มากกว่าผลจากค่าพารามิเตอร์พารามิเตอร์อื่น ๆ ภายในอาคาร Ramaswamy et al. (2010) ทำการตรวจสอบระบบปรับอากาศและคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล ทำให้พบว่ากว่า 50% ของการป่วยมีในเรื่องของสิ่งปนเปื้อนในอากาศเป็นปัจจัยสำคัญ จึงทำการวิเคราะห์ปัญหา IAQ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง และแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มการระบายอากาศ ซึ่ง

เป็นการลดสิ่งปนเปื้อนในอาคารลงได้ Chen et al. (2016) ทำการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารที่สถานีรถไฟใต้ดิน 10 แห่งของระบบขนส่งมวลชนไทเป ในไต้หวันรวมถึง ความชื้น อุณหภูมิ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ฟอร์มาลดีไฮด์ (HCHO) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด ($TVOC_s$) โอโซน (O_3) ฝุ่นละอองในอากาศ (PM10 และ PM2.5) แบคทีเรียและเชื้อรา ผลการศึกษาพบว่า ระดับ CO_2, CO และ HCHO เป็นไปตามมาตรฐาน เนื่องจากมีการระบายอากาศตรงตามที่กำหนดของการควบคุมโดยพระราชบัญญัติการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารของไต้หวัน ดังนั้นจะเห็นว่าการแก้ปัญหา IAQ ควรจะเริ่มที่ระบบการระบายอากาศภายในอาคารในการวิเคราะห์แก้ปัญหา

สำหรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการวัดเพื่อเป็นตัวบ่งชี้สภาพอากาศภายในอาคาร มีหลายพารามิเตอร์ Scheepers et al. (2017) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของมลพิษทางอากาศตามโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัย โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการวัดใช้เปรียบเทียบสภาพของ IAQ มีทั้ง สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ฝุ่นละออง PM 4.0 และ PM 2.5 Jung et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศคือ CO, CO_2, HCHO, PM 2.5, PM 10 แบคทีเรีย และ เชื้อราในอากาศ ที่มีภายในอาคารในพื้นที่ต่าง ๆ กันของโรงพยาบาล แยกเป็นลักษณะการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดของระบบปรับอากาศ ลักษณะการใช้งานของพื้นที่ กับกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ ของโรงพยาบาล พบว่าสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งระบบปรับอากาศระบบรวมศูนย์มีแนวโน้มที่จะลดฝุ่นละอองได้ ส่วนในโรงพยาบาลที่มีระบบปรับอากาศแบบไม่ใช้ระบบรวมศูนย์ PM 2.5, PM 10 และความเข้มข้นของเชื้อราจะสูงกว่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการพิจารณา IAQ จะมีพารามิเตอร์ใช้ศึกษาหลายพารามิเตอร์ เพื่อดูว่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้หรือไม่ แต่อย่างไรก็ตามในการประเมิน IAQ สำหรับประเมินเพื่อแก้ไขปริมาณการระบายอากาศมักจะใช้การตรวจวัดก๊าซ CO_2 เป็นการทดสอบ เนื่องจากสะดวกกับการตรวจวัดปริมาณก๊าซ โดยความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่ยอมรับได้สำหรับ IAQ ควรจะมีค่าต่ำกว่า 1000 ppm หรือ ไม่มากกว่าอากาศภายนอกเกินกว่า 700 ppm (ASHARE 62.1, 2013) โดยความเข้มข้นของ CO_2 ในระดับดังกล่าว อาจจะไม่ได้หมายความว่าเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยแต่เป็นเพียงระดับของความเข้มข้นที่จะทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ที่เข้าสู่พื้นที่จะยังได้รับความพึงพอใจ Heiselberg และ Perino (2010) ใช้ความเข้มข้นของ CO_2 วัดปริมาณการระบายอากาศแบบธรรมชาติด้วยการปิดเปิดหน้าต่าง โดยการพิจารณาในห้องทดลอง เพื่อศึกษาผลของความแตกต่างของอุณหภูมิและขนาดต่าง ๆ ของช่องเปิดหน้าต่างจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการระบายอากาศ เพื่อมาช่วยในแง่ของความสบายเชิงความร้อนและ IAQ พบว่าการวางแผนในการระบายอากาศเป็นปัจจัยสำคัญกับค่า IAQ ของอาคาร Tungjai and Kubaha (2016) ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารในโรงพยาบาลของรัฐ 11 แห่ง โดยการตรวจวัดและวิเคราะห์ CO_2 คาร์บอนมอนอกไซด์ CO สารประกอบอินทรีย์ระเหยได้ VOC ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และ ความเร็วลม จากการศึกษาโดยถือมาตรฐาน CO_2 ที่ 1000 ppm พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศไม่เกินมาตรฐานโดยมีค่าเฉลี่ย 609.81 ppm แต่บางกรณีก็พบว่าเกินโดยมีค่าเฉลี่ย 1,022.92 ppm Hussin et al. (2015) ใช้การประเมินความเข้มข้นของ CO_2 สำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของ CO_2 บางแห่งนั้นสูงมากกว่า 1000 ppm ซึ่งระบุว่ามีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ในขณะที่ห้องปฏิบัติการอื่น ๆ แสดงความเข้มข้นของ CO_2 น้อยกว่า 1000 ppm ส่วนผลของความเข้มข้นของ CO_2 ที่กระทบต่อมนุษย์ได้นั้น มีการศึกษาผลกระทบต่อการปล่อยเมตาบอลิซึมของมนุษย์และผลทางกายภาพต่าง ๆ ที่มีต่อก๊าซ CO_2 โดยทำการทดลองกัดอาสาสมัครยี่สิบห้าคนได้รับการสัมผัสกับ CO_2 ที่ถูกปรับระดับภายในห้องทดลอง โดยการศึกษาล่าสุดชี้ให้เห็นว่าการได้รับ CO_2 บริสุทธิ์ที่ความเข้มข้น 3000 ppm ซึ่งเป็นระดับที่เกิดขึ้นในอาคารเป็นระยะ มีผลต่อการเต้นของหัวใจและความดันเลือดอย่างมีนัยยะสำคัญ (Zhang et al., 2016) นอกจากการวัดค่าของก๊าซ CO_2 ยังมีการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยซอฟต์แวร์ CFD ศึกษาการไหลของก๊าซ CO_2 ด้วยการเจือจางอากาศในห้องเพื่อลดความเข้มข้นของ CO_2 ด้วยการระบายอากาศ (Qu et al., 2017) รวมถึงยังมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของห้องต่าง ๆ ในแฟลตที่พักอาศัยที่มีแบบแปลนรวมห้องน้ำและห้องนอน โดยในส่วนห้องน้ำติดพัดลมระบายอากาศ มีการสำรวจอุณหภูมิความชื้นแต่ก็ยังเน้นไปที่ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO_2

โดยจากการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 จะเป็นไปตามช่วงเวลาที่มีคนอยู่และตามการเปิดปิดพัดลมระบายอากาศโดยในการศึกษานี้จะมีการคำนวณค่า อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Exchange Rate) ตามความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 เพื่อใช้ในการพิจารณาอีกด้วย (Pereiraet al., 2017)

จากที่กล่าวมาแม้ว่าการระบายอากาศจะมีส่วนสำคัญมากกับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยภายใน แต่เนื่องจากพลังงานที่ใช้ปรับสภาวะอากาศจากภายนอกที่นำเข้ามาก็มีค่าสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอากาศภายนอกในภูมิภาคในเขตร้อนชื้น ยิ่งต้องใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศมากขึ้น เนื่องจากมีค่าความแตกต่างของเอนทัลปี (enthalpy) ระหว่างอากาศภายในและภายนอกนอกห้องมาก มีการนำเทคโนโลยีของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศภายในและภายนอกมาใช้ ทั้งแบบอาศัยเครื่องจักรกล (active design) และแบบเน้นพึ่งพาธรรมชาติ (passive design) เพื่อลดพลังงานที่สูญเสียโดยใช้หลักการของอุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อนแบบต่าง ๆ (Liu al., 2019) แต่อย่างไรก็ตามในการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวก็ยังมีราคาที่สูงอยู่ หรือสำหรับบางภูมิภาคสามารถใช้การวางแผนการระบายอากาศที่ไม่คงที่ (intermittent ventilation) โดยในขณะที่เป็นช่วงที่อุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอกต่ำก็จะเพิ่มอัตราการระบายอากาศและลดการระบายอากาศในช่วงที่สภาวะอากาศภายนอก มีอุณหภูมิสูง (Ran และ Tang, 2017) นอกจากนั้นสำหรับอาคารขนาดใหญ่จะมีการหาค่าความเหมาะสมระหว่างการใช้พลังงานกับการระบายอากาศที่เพียงพอกับมาตรฐาน เพื่อให้อาคารมี IAQ ที่ดีและใช้พลังงานน้อยที่สุด cheng et al. (2019) ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำลองความเข้มข้น CO_2 สำหรับพื้นที่การใช้งานของอาคารที่มีการปรับอากาศ การใช้อัตราส่วนของการปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐานร่วมกับความเข้มข้นของ CO_2 ในแต่ละพื้นที่ของอากาศที่แตกต่างกัน และประเมินประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศโดยใช้สมการสมดุลพลังงานและสมดุลมวล ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อหาอัตราส่วนของการระบายอากาศที่เหมาะสมหรือใช้พลังงานน้อยที่สุด

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการจะปรับปรุง IAQ สำหรับห้องนอนในส่วนบ้านพักอาศัยในช่วงเวลากลางคืนจึงควรจะใช้วิธีการเพิ่มเติมอัตราการระบายอากาศ โดยพิจารณาระดับความเข้มข้นของ CO_2 พร้อมกับคำนึงถึงการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศควบคู่กันไปด้วย

สมมติฐานการวิจัย

1. การระบายอากาศจะช่วยลดปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ภายในห้องนอนในส่วนบ้านพักอาศัยในช่วงเวลากลางคืน
2. การระบายอากาศจะมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในห้องรวมถึงการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ
3. ผลจากทิศทางของการระบายอากาศ จะส่งผลต่อทิศทางของการแทรกซึมของอากาศในช่องเปิดอื่นของห้อง
4. สามารถใช้การควบคุมอัตราการระบายอากาศ ตามปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ได้

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การทดลองงานวิจัยนี้จะใช้บ้านทดลองดังแสดงตามภาพประกอบที่ 1 โดยห้องนอนที่มีขนาดขนาด 24 m^2 สูง 2.6 m มีคนจำนวน 2 คน เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 BTU/h ส่วนพัดลมระบายอากาศจะใช้พัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 10 cm จำนวน 2 ตัว อัตราการระบายอากาศตัวละ 110 m^3/h ติดตั้งประกอบกับเฟรมของหน้าต่างอลูมิเนียม

ในการทดลองจะทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิความชื้นและความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องและภายนอกห้องอัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้ช่วงเวลาการทดลองในช่วงกลางคืน ทำการทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2562 โดยสลับการทดลองในเงื่อนไขต่าง ๆ สำหรับเงื่อนไขการทดลองของงานวิจัยจะมีอยู่ 3 ส่วน

ในส่วนแรกจะบันทึกค่าต่าง ๆ โดยการใช้งานของห้องนอนโดยปกติซึ่งไม่มีการระบายอากาศ และทำการทดลองเก็บข้อมูลบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในกรณีที่เปิดพัดลมระบายอากาศจำนวน 1 ตัว เพื่อให้มีการระบายอากาศกับห้อง และหาข้อมูลวันที่มีลักษณะของสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกันเพื่อทำการเปรียบเทียบศึกษาข้อมูล

ในการทดลองส่วนที่ 2 จะทำการทดลองโดยเปิดและปิดระบบระบายอากาศเป็นช่วงเวลา ช่วงละประมาณ 1 ชั่วโมง โดยการทดลองจะมีการกลับทิศทางของพัดลมที่ดึงอากาศเข้าสู่ห้อง (Fresh Air) หรือเป็นการดึงอากาศออกจากห้อง (Exhaust Air) เพื่อพิจารณาผลของการระบายอากาศกับการไม่มีการระบายอากาศรวมถึงดูผลกระทบเมื่อมีการระบายอากาศแบบอากาศเข้าสู่ห้องกับดึงอากาศออกจากห้อง โดยในการทดลองจะทำช่องเปิดขนาด 5 cm × 5 cm ที่จุด 3 บริเวณหน้าต่าง ด้านนอกบ้านตามภาพประกอบที่ 1 เพื่อพิจารณาผลของอากาศที่เข้าและออกจากช่องเปิดนี้

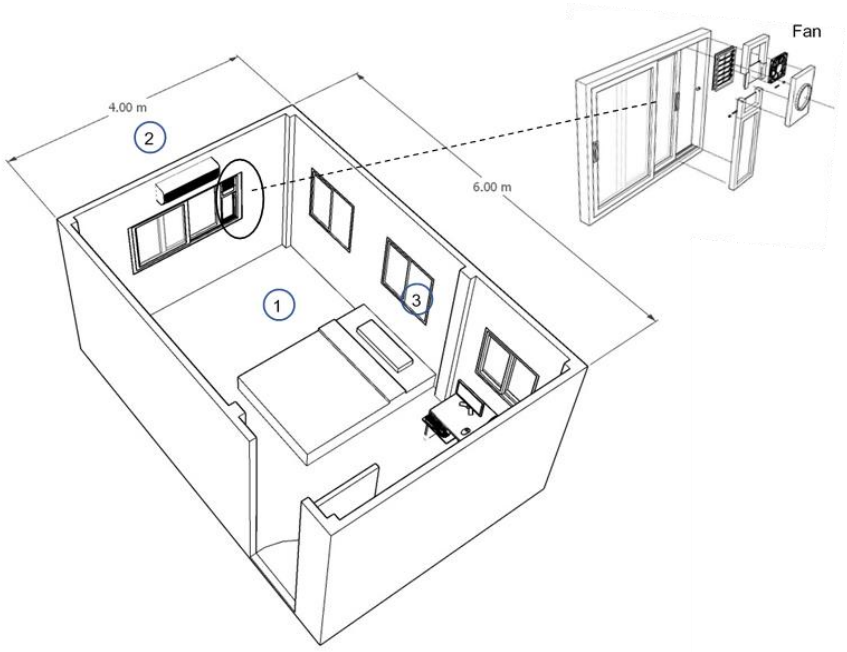
สำหรับการทดลองในส่วนที่ 3 จะเป็นการทดลองใช้การควบคุมอัตราการไหลของอากาศจากพัดลม 2 ตัว ตามค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่วัดได้และได้ตั้งค่าการควบคุมไว้ โดยในการบันทึกค่าพารามิเตอร์ จะใช้เครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

การบันทึกค่าของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายในห้องจุดที่ 1 และ ความเร็วลม จะใช้ Multifunction indoor air quality meter ของ testo รุ่น 435

การบันทึกค่าของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายนอกห้อง จุดที่ 2 จะใช้ Multifunction indoor air quality meter ของ testo รุ่น 485

การบันทึกค่าของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ช่องเปิดภายนอกห้องจุดที่ 3 จะใช้ AP-105 บอร์ด วัดอุณหภูมิ และ หัววัดแบบดิจิตอล

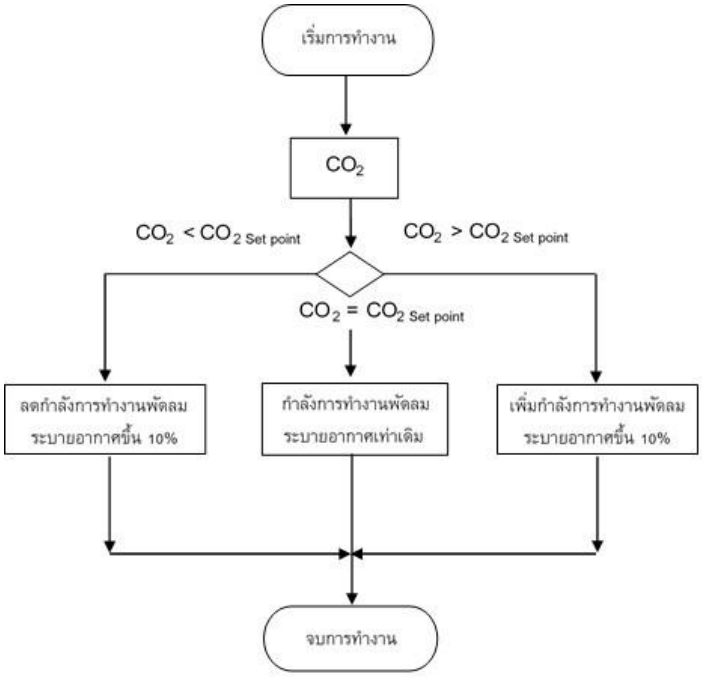
อัตราการใช้ไฟฟ้า และ อุณหภูมิจุดที่ 3 จะใช้ Power Quality Clamp-On ของ Amprove รุ่น ACD-41PQ



ภาพประกอบ 1 ห้องที่ใช้ทำการทดลองและตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด

สำหรับชุดควบคุมอัตราการไหลอากาศตามความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 จะใช้เซ็นเซอร์เซ็นเซอร์วัดความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในอากาศรุ่น MH-Z14 CO_2 NDIR ซึ่งจะประมวลผลแล้วส่งข้อมูลเป็นสัญญาณอนาล็อกมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการแปลงสัญญาณดังกล่าวเป็นตัวเลข โดยสามารถเซ็ตช่วงค่าความเข้มข้น

คาร์บอนไดออกไซด์ตามต้องการ โดยโปรแกรมที่ใช้ควบคุมพัดลมมี ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของอากาศตามภาพประกอบที่ 2 โดยการทำงานเริ่มต้นด้วยการรับสัญญาณจากค่าของความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 จากห้องมาเปรียบเทียบค่าที่ได้ตั้งค่าไว้โดยจะทำการอ่านค่าทุก 1 นาที ในกรณีที่ ค่าของความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าค่าที่ได้ตั้งค่าไว้ โปรแกรมจะทำการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเพิ่มกำลังพัดลมขึ้นอีก 10% ในกรณีที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าค่าที่ได้ตั้งค่าไว้โปรแกรมจะให้พัดลมทำงานลดการทำงานของพัดลมลง 10% ในกรณีที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วงของการตั้งค่าไว้โปรแกรมจะคงการทำงานของพัดลมไว้ที่ตำแหน่งทำงานที่เดิมเดิม เนื่องจากปัญหาเรื่องเสียงของตัวพัดลมในการทดลองจึงจะเริ่มการทำงานพัดลมตั้งต้นไว้ที่ 30% โดยในการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลประมาณ 10% นี้ได้ใช้หลักการในการเพิ่มหรือลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าพัดลมกระแสตรง

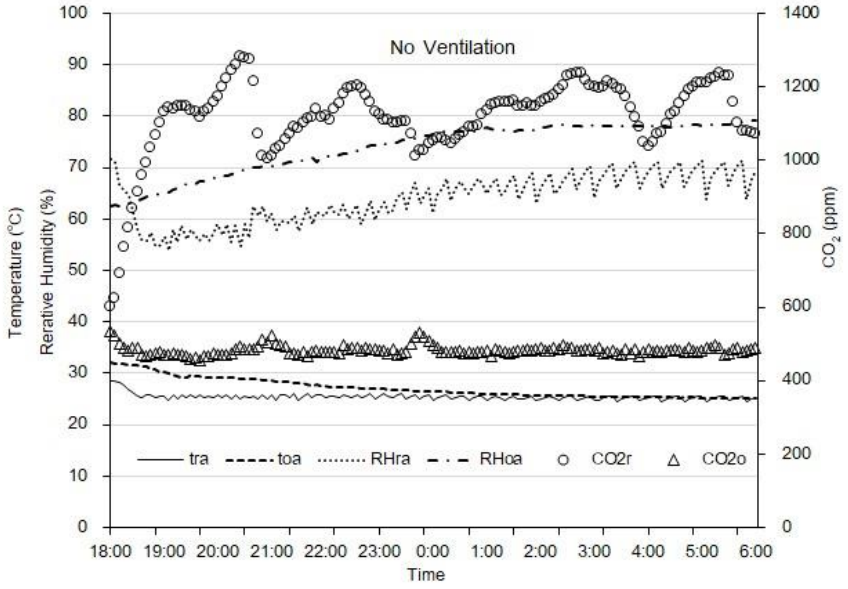


ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ

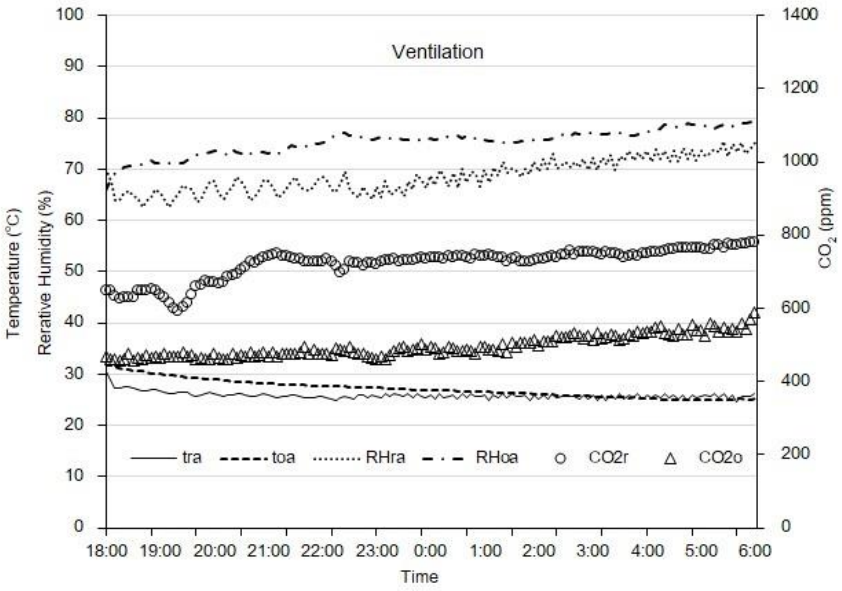
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

จากการทดลองจะนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบในวันที่มีสภาวะแวดล้อมที่มีผลกับสภาวะอากาศของห้องปรับอากาศ คืออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกที่ใกล้เคียงกัน โดยจะการเปรียบเทียบระหว่างห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศ กับมีการระบายอากาศ จะแสดงได้ตามภาพประกอบที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยจากรูปที่ 3 จะแสดงค่าของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ทั้ง ภายใน และภายนอกห้อง โดยใช้ข้อมูลของวันที่ วันที่ 30 สิงหาคม 2562 ซึ่งไม่มีการเปิดพัดลมระบายอากาศโดยจะเป็นปกติจากแต่เดิมที่ผ่านมาในห้องนี้จะไม่มีการระบายอากาศ และ วันที่ 14 กันยายน 2562 ซึ่งจะมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 110 m^3/h จำนวน 1 ตัว จากรูปจะเห็นได้ชัดเจนว่าขณะที่ไม่มีการระบายอากาศ ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายในห้อง จะเพิ่มขึ้นสูงโดยในบางช่วงมีความเข้มข้นสูงถึง 1200 ppm ซึ่งจะสูงกว่าค่ามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร และมีการแกว่งตัวขึ้นลงบ้างอาจจะเกิดขึ้นจากมีการเปิดประตูห้อง ทำให้ปริมาณ CO_2 ภายในห้องถูกเจือจางลง ในขณะที่ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายนอกห้อง จะอยู่ที่ประมาณ 500 ppm ตลอดคืน แต่เมื่อมีการระบายอากาศตามรูปที่ 4

จะเห็นว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดต่ำลงมากโดยมีค่าไม่ถึง 800 ppm ในขณะที่อากาศภายนอกมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 500 ppm เช่นเดียวกันกับกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศ ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องในกรณีที่มีการระบายอากาศจะมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่ได้ระบายอากาศเล็กน้อย ซึ่งอาจจะยังไม่ชัดเจนโดยในส่วนนี้ โดยจะได้ทำการวิเคราะห์รายละเอียดในส่วนการทดลองถัดไป สำหรับการแกว่งตัวขึ้นลงของอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องจากทั้งสองกรณีนั้นเกิดจากช่วงการเปิดปิดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตามอุณหภูมิห้องที่ได้ตั้งค่าไว้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และมีข้อสังเกตว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในส่วนห้องนอนของพักที่พักอาศัยในช่วงเวลากลางคืน จะมีค่าสูงตามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะทำงานตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้เท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงค่าความชื้นของห้อง ซึ่งในช่วงเวลากลางคืนภาระการทำความเย็นซึ่งเกิดจากความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ห้องมีน้อย เครื่องปรับอากาศจะทำงานน้อยลงส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสูงขึ้นตามอากาศภายนอกที่แทรกซึมเข้ามาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการระบายอากาศความชื้นจากการระบายอากาศก็จะเข้าห้องได้มากขึ้น เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีค่าความสามารถในการทำความเย็นและลดความชื้นหรือ ค่าอัตราส่วนความร้อนสัมผัส (Sensible Heat ratio; SHR) ของเครื่อง ซึ่งน่าจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศสำหรับท้องถิ่นที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยช่วงเวลากลางคืน ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ เครื่องปรับอากาศให้มีความสามารถในการดึงความชื้นได้สูงขึ้นหรือมีการผลิตเครื่องที่ทำให้คอยล์เย็นมีค่า อัตราส่วนความร้อนสัมผัสที่ต่ำลง เพื่อความเหมาะสมกับสภาวะของภูมิอากาศของประเทศไทยต่อไป

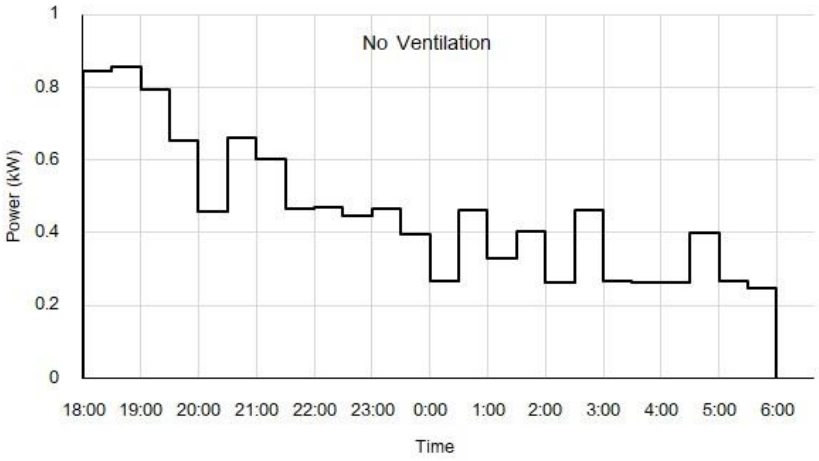


ภาพประกอบ 3 ข้อมูลการทดลองห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศ

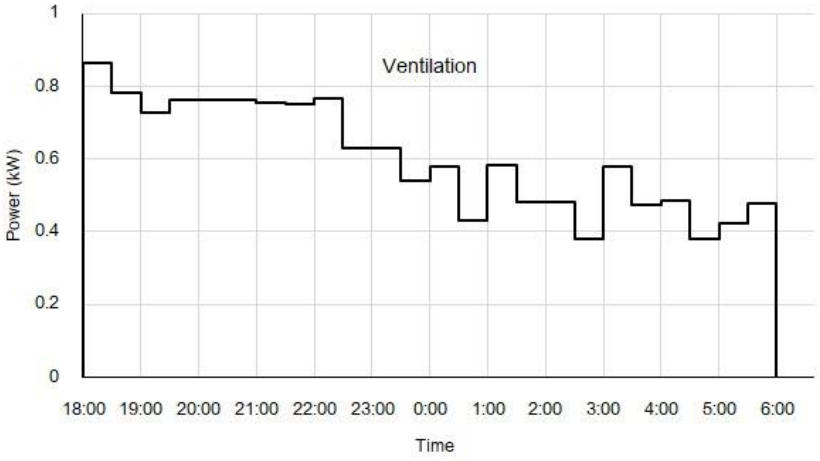


ภาพประกอบ 4 ข้อมูลการทดลองห้องนอนที่มีการระบายอากาศ

สำหรับอัตราการใช้ไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามากในช่วงที่มีการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นในการเปรียบเทียบจะใช้ค่าอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรายครึ่งชั่วโมงซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีทั้งช่วงที่มีการทำงานและหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ เมื่ออุณหภูมิของห้องได้ค่าตามที่ได้ตั้งค่าไว้รวมอยู่ด้วยกัน ดังนั้นถ้ามีการทำงานของคอมพิวเตอร์มากอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยก็จะสูง โดยอัตราการใช้ไฟฟ้าในวันที่ไม่มีการระบายอากาศ และเมื่อมีการระบายอากาศแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 5 ข้อมูลอัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในวันที่ไม่มีการระบายอากาศ

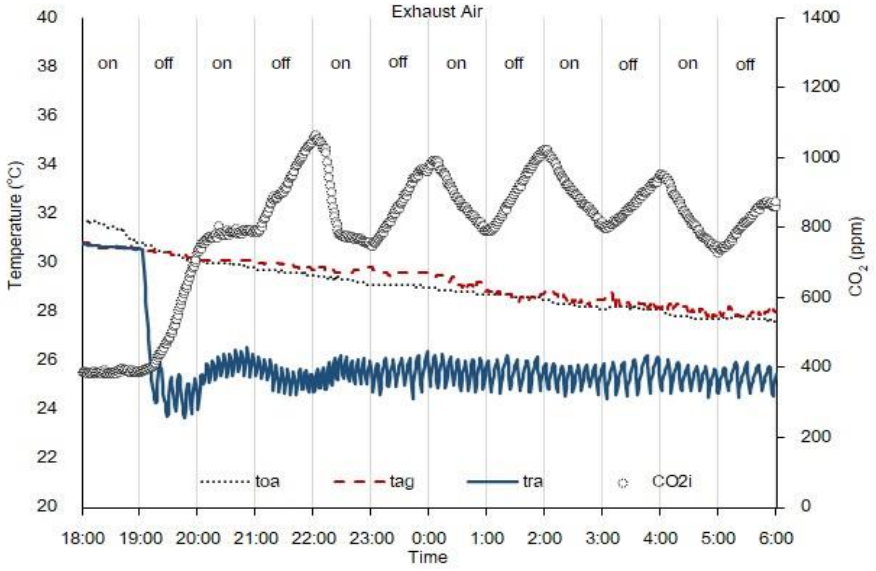


ภาพประกอบ 6 อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในวันที่มีการระบายอากาศ

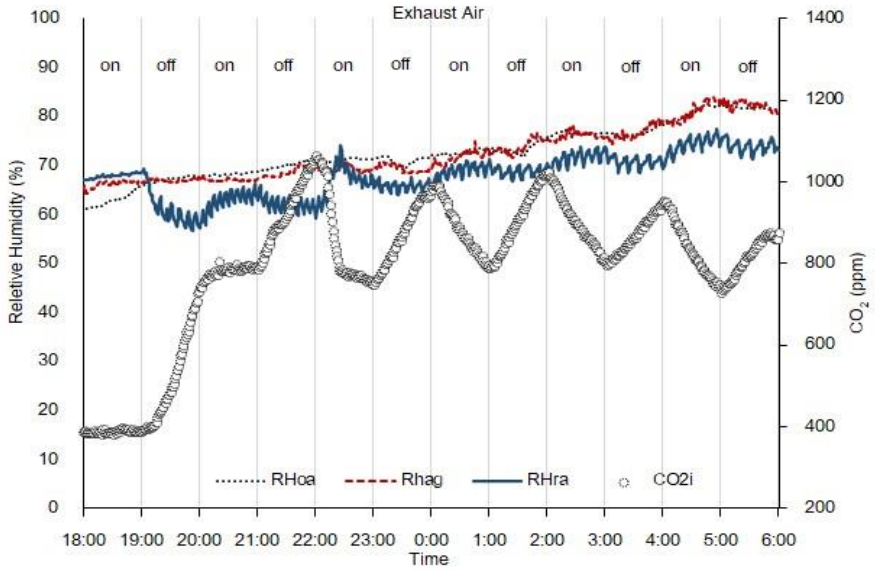
โดยจากรูปจะเห็นว่าในช่วงต้นของการใช้เครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศจะกำจัดภาระการทำความเย็นที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของห้องตั้งแต่ช่วงกลางวันและจะค่อยๆ ลดลงจนช่วงหลังเที่ยงคืนภาระการทำความเย็นจะลดลง ส่งผลให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศลดน้อยลงดังจะเห็นได้จากกราฟ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในส่วนของวันที่มีการระบายอากาศจะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าอย่างชัดเจนเนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพื่อใช้ในการลดอุณหภูมิ และความชื้นของห้องจากการระบายอากาศ โดยข้อมูลจากรูปกราฟในวันที่ไม่มีการระบายอากาศจะมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46 kW และมีการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงการทดลองอยู่ที่ 3.67 kWh ส่วนในรูปกราฟในวันที่มีการระบายอากาศจะมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 0.60 kW และมีการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงการทดลองอยู่ที่ 4.83 kWh ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 30 %

เนื่องจากในการระบายอากาศคือการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกับภายนอกห้อง ซึ่งโดยปกติสำหรับอาคารขนาดใหญ่จะมีการเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าภายในอาคาร (Fresh Air) เพื่อผสมกับอากาศหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศก่อนส่งกลับเข้าพื้นที่ปรับอากาศ และจะมีอากาศบางส่วนถูกดึงออกจากห้อง (Exhaust Air) โดยอากาศที่ใช้ระบายทั้ง 2 ส่วนดังกล่าวจะใช้พัดลมเป็นอุปกรณ์หลักในการใช้ระบายอากาศ แต่เนื่องจากเป็นการลดค่าใช้จ่ายในบางอาคารขนาดเล็กหรือบ้านพักอาศัย ในส่วนพื้นที่ปรับอากาศอาจจะมีเฉพาะการดึงอากาศออกจากห้องหรือไม่มีเลย ส่วนลักษณะของการดึงอากาศออกจะใช้งานเฉพาะในส่วนที่เป็นห้องน้ำ นอกจากนั้นมีหลายอาคารที่มีระบบระบายอากาศดังกล่าวทั้ง 2 ส่วนแต่ไม่มีการเปิดใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยในส่วนนี้จะทำการทดลองทั้ง 2 แบบเปรียบเทียบกัน โดยในแต่ละการทดลองจะทำการเปิดและปิดพัดลมระบายอากาศ เพื่อพิจารณาผลของการระบายอากาศแต่ละแบบร่วมด้วย จากผลการทดลองที่มีการควบคุมการ เปิด-ปิด พัดลมระบายอากาศในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงในกรณีการใช้วิธีดึงอากาศออกจากห้อง (Exhaust Air) สามารถแสดงได้ตามภาพประกอบที่ 7 ซึ่งแสดงข้อมูลของอุณหภูมิจุดต่าง ๆ และภาพประกอบที่ 8 แสดงข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ CO2 ภายในห้อง จากรูปที่ 7 เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของห้องจะเห็นว่า อุณหภูมิของอากาศภายในห้อง จะมีระดับขึ้นลงตามการทำงานของเครื่องปรับอากาศและเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศจะทำให้อุณหภูมิของห้องจะสูงขึ้นเล็กน้อยเป็นช่วง ๆ สัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของ CO_2 ภายในห้อง โดยเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศจะเห็นว่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 จะลดลงและจะเพิ่มขึ้นเมื่อปิดพัดลมระบายอากาศ เช่นเดียวกันกับความชื้นสัมพัทธ์ ในรูปที่ 8 เมื่อมีการเปิดพัดลมระบายอากาศก็จะมีผลต่อทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสูงขึ้นเช่นเดียวกัน และจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก นอกจากนั้นในส่วนของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่ด้านนอกของช่องเปิด ก็ยังใกล้เคียงกับอากาศภายนอก

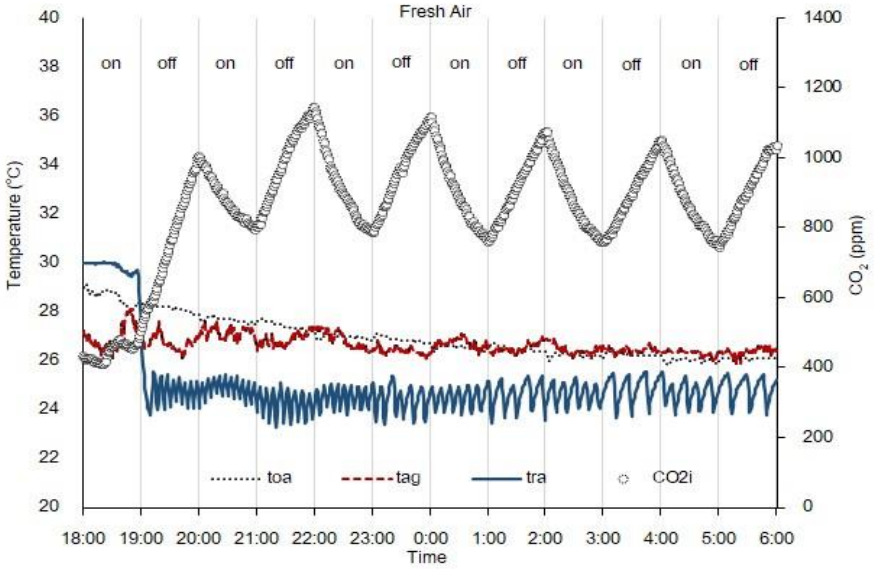
สำหรับกรณีการใช้วิธีการเติมอากาศเข้าห้อง (Fresh Air) ที่มีการควบคุมการ เปิด-ปิด พัดลมระบายอากาศในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง สามารถแสดงได้ภาพประกอบที่ 9 และ 10 แสดงข้อมูลของอุณหภูมิจุดต่าง ๆ และความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดต่าง ๆ ตามลำดับโดยเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ CO_2 ภายในห้อง จะเห็นว่าผลจากการระบายอากาศมีผลต่อสภาพอากาศภายในห้อง มีผลคล้ายกับกรณีการระบายอากาศด้วยวิธีดึงอากาศออก โดยระดับความเข้มข้นของ CO2 ภายในห้อง จะลดลงเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศและจะเพิ่มขึ้นเมื่อปิดพัดลมระบายอากาศ เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของห้องจะสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศ แต่ที่มีความแตกต่างกันอยู่ที่ส่วนของ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในตำแหน่งที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ด้านนอกของช่องเปิด จะเห็นว่าอุณหภูมิบริเวณช่องเปิดด้านนอกในกรณีที่ใช้การระบายอากาศแบบเติมอากาศเข้า อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลง ตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเมื่อมีการเปิดพัดลมระบายอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดพัดลมระบายอากาศเข้าสู่ห้องจะทำให้ห้องมีความดันสูงกว่าภายนอกเล็กน้อยจึงจะทำให้มีอากาศบางส่วนถูกดันออกที่บริเวณช่องเปิด ซึ่งแตกต่างจากกรณีที่เปิดพัดลมระบายอากาศออกจากห้องอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของด้านนอกบริเวณช่องเปิดนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเปิดและปิดพัดลมระบายอากาศทั้งนี้เนื่องจากว่าการเปิดพัดลมระบายอากาศในลักษณะที่ดึงอากาศออกจากห้องจะทำให้ความดันของห้องมีความดันเป็นลบเล็กน้อย ช่องเปิดในส่วนต่าง ๆ ของห้องด้านอื่น ๆ จึงจะเป็นส่วนที่อากาศภายนอกถูกดูดข้ามาแทนที่นั่นเอง จากผลการวิจัยในส่วนนี้ทำให้เห็นถึงแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารในรูปแบบการระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องนอนของที่พักอาศัยนั่นคือสมควรใช้วิธีการลักษณะของการระบายอากาศแบบเติมอากาศเข้าสู่ห้อง (อาจจะติดแผงกรองอากาศ) เพื่อทำให้ห้องมีแรงดันเป็นบวกเล็กน้อยเพื่อคอยดันสิ่งสกปรกด้วยฝุ่นละอองที่เราไม่ต้องการออกไปตลอดเวลา ต่างจากการระบายอากาศออก โดยจะทำให้ห้องมีสิ่งสกปรกที่ปนมากับอากาศซึ่งแทรกซึมเข้ามาทางช่องเปิดหรือรอยต่อต่าง ๆ ที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งจะแตกต่างกับหลักการของการระบายอากาศในห้องที่มีอากาศที่ไม่สะอาดเช่นในส่วนของห้องน้ำยังควรใช้การระบายอากาศแบบดึงอากาศออกจากห้องเพื่อจะควบคุมทิศทางของอากาศที่ไม่สะอาด ออกจากตัวอาคารหรือบ้านพักอาศัย



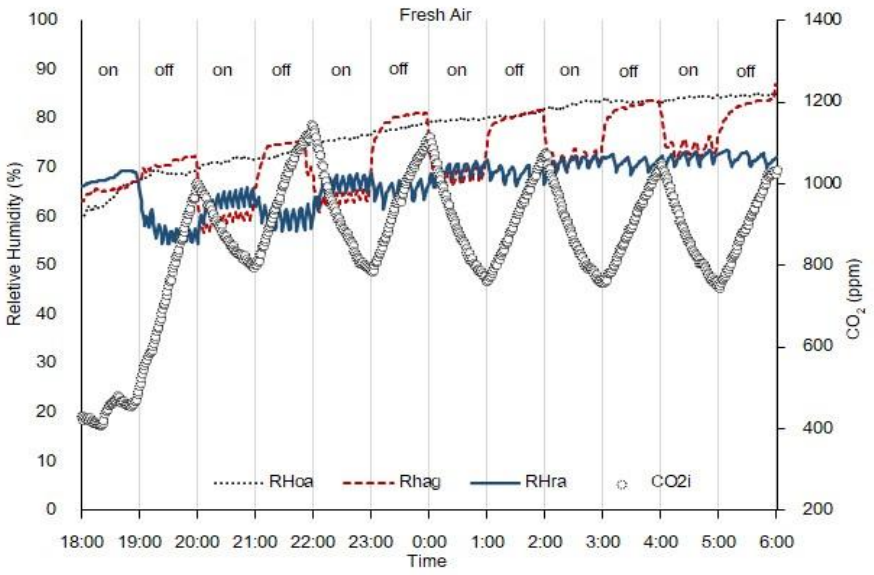
ภาพประกอบ 7 อุณหภูมิจุดต่าง ๆ ในกรณีการใช้วิธีดึงอากาศออกจากห้อง (Exhaust Air) เปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ CO_2



ภาพประกอบ 8 ความชื้นสัมพัทธ์จุดต่าง ๆ ในกรณีการใช้วิธีดึงอากาศออกจากห้อง (Exhaust Air) เปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ CO_2

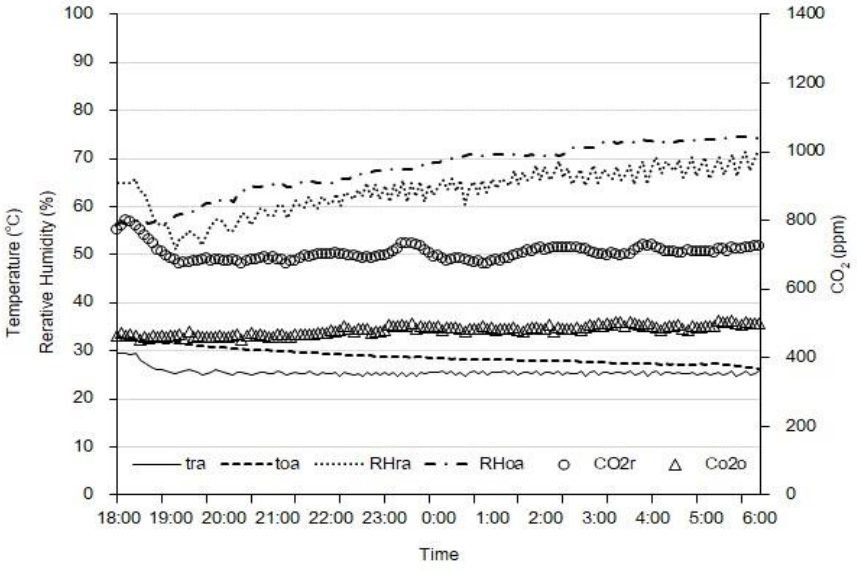


ภาพประกอบ 9 อุณหภูมิจุดต่าง ๆ ในกรณีการการใช้วิธีเติมอากาศเข้าห้อง (Fresh Air) เปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ CO_2



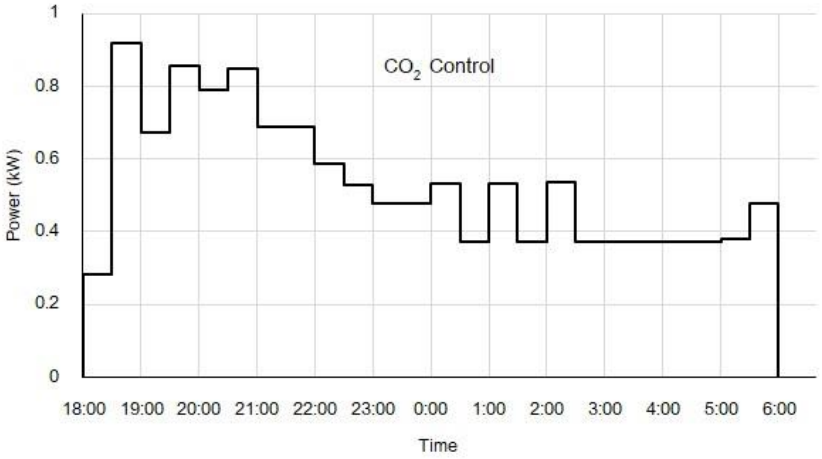
ภาพประกอบ 10 ความชื้นสัมพัทธ์จุดต่าง ๆ ในกรณีการใช้วิธีเติมอากาศเข้าห้อง (Fresh Air) เปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ CO_2

ในส่วนสุดท้ายของงานวิจัยจะการใช้งานชุดควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในห้อง โดยในการทดลองเพื่อให้เห็นผลการทำงานได้ชัดเจนเนื่องจากการทดลองโดยส่วนใหญ่ถ้าไม่มีพัดลมระบายอากาศ ห้องนี้จะมีค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 อยู่ในช่วง 1000 ppm ถึง 1,200 ppm ดังนั้นจึงตั้งค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ที่ 700 ppm แล้วตั้งช่วงของการทำงานไว้ที่ 50 ppm โดยชุดควบคุมจะปรับเพิ่มลดกำลังการทำงานของพัดลมระบายอากาศ ให้ค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 อยู่ในช่วงตั้งแต่ 675 ถึง 725 ppm จากผลการทดลองในวันที่ 20 กันยายน 2562 แสดงได้ตามภาพประกอบที่ 11



ภาพประกอบ 11 ผลการทดลองเมื่อควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อมีการควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 จะทำให้ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในห้อง มีค่าตามช่วงที่ตั้งไว้ตลอดเวลา เนื่องจากมีการคอยเจือจางก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องจากการนำอากาศภายนอกซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า



ภาพประกอบ 12 อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเมื่อควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2

สำหรับอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อมีการควบคุมการระบายอากาศตามความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 สามารถแสดงได้ตามภาพประกอบที่ 12 จากรูปจะเห็นว่ามีมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นการทำงานช่วงหัวค่ำสูงเช่นเดียวกับกรณีต่าง ๆ ที่ผ่านมา และเมื่อเครื่องปรับอากาศทำลายภาระการทำความเย็นที่มีอยู่สะสมตั้งแต่ช่วงกลางวันแล้ว หลังจากนั้นก็ยังต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับทำลายภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เข้าสู่ห้องในช่วงเวลากลางคืนร่วมกับภาระการทำความเย็นจากการระบายอากาศซึ่งก็ยังจะสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการระบายอากาศ โดยข้อมูลจากรูปกราฟจะมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.54 kW และมีการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงการทดลองอยู่ที่ 4.29 kWh ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถจะตั้งค่าเพิ่มขึ้นได้การทดลองนี้เป็นเพียงให้เห็นถึงการทำงานของชุดควบคุม ดังนั้นจะเห็นว่าเราสามารถใช้ระดับความเข้มข้นของ CO2 มาควบคุมการระบายอากาศได้ เนื่องจากแม้ว่าการระบายอากาศจะมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร แต่อย่างไรก็ตามการระบายอากาศก็มีผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่นำเข้ามาเจือจางอากาศภายในห้องเช่นเดียวกัน ดังนั้นการควบคุมการระบายอากาศด้วยระดับของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีความเหมาะสม ทั้งในแง่ของ IAQ และการประหยัดพลังงาน

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงคุณภาพอากาศในส่วนของห้องนอนของพักอาศัย ซึ่งพิจารณาจากระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 และพบว่าควรจะมีการปริมาณอัตราการระบายอากาศ โดยเมื่อเพิ่มการระบายอากาศซึ่งทำให้ลดความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายในห้องได้ แต่ผลของการระบายอากาศก็จะกระทบต่ออุณหภูมิและความชื้นของห้องเนื่องจากสภาวะอากาศภายนอกในประเทศไทยมีความชื้นสูง จึงทำให้ความชื้นภายในห้องนอนของที่พักอาศัยมีความชื้นสูงขึ้นตามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก เนื่องจากเครื่องปรับอากาศทำงานตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้เท่านั้นไม่ได้คำนึงถึงค่าความชื้นของห้อง และการระบายอากาศจะส่งผลกับอัตราการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศทำให้มีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น และสำหรับรูปแบบการระบายอากาศควรมีการระบายอากาศแบบเติมอากาศเข้าสู่ห้องเพื่อไม่ให้มีสิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองแทรกเข้าตามช่องเปิดที่ไม่ได้ควบคุมความสะอาดซึ่งจะมีผลกับ

คุณภาพอากาศภายในห้องนอนของที่พักอาศัยได้ สุดท้ายสามารถใช้ระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายในห้องมาทำการควบคุมการระบายอากาศเพื่อไม่ให้มีการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่มากเกินความจำเป็น เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาการควบคุมการระบายอากาศสำหรับบ้านพักอาศัยในประเทศไทยต่อไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้ระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 เป็นตัวแปรที่แสดงถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอและเพิ่มปริมาณการระบายอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม หากมีความสัมพันธ์ของปริมาณการระบายอากาศกับความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่มีการอ้างอิงร่วมกับสภาวะภายนอกพื้นที่ห้อง รวมถึงจำนวนผู้อยู่อาศัยในแต่ละช่วงเวลาก็จะทำให้ห้องมีสภาวะ IAQ ที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น และงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลของการระบายอากาศแบบการเติมอากาศเข้าสู่ห้องซึ่งจะเป็นการช่วยให้สามารถควบคุมความสะอาดของห้องที่มีการปรับอากาศได้ แต่ยังไม่ได้วิจัยในส่วนของการป้องกันฝุ่นละออง PM 2.5 ที่มีปัญหาอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถนำหลักการของการระบายอากาศแบบนี้ประยุกต์เข้ากับระบบการกรองที่มีประสิทธิภาพน่าจะสามารถช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองของห้องลงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

สัญลักษณ์ คำย่อ และ ดรรชนีล่าง

t	อุณหภูมิ
RH	ความชื้นสัมพัทธ์
ra	อากาศภายใน
oa	อากาศภายนอก
i	ภายใน
o	ภายนอก

บรรณานุกรม

Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health–An overview. International journal of hygiene and environmental health, 221(3), 376-390.

Yu, B. F., Hu, Z. B., Liu, M., Yang, H. L., Kong, Q. X., & Liu, Y. H. (2009). Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. International journal of refrigeration, 32(1), 3-20.

Sun, Y., Hou, J., Cheng, R., Sheng, Y., Zhang, X., & Sundell, J. (2019). Indoor air quality, ventilation and their associations with sick building syndrome in Chinese homes. Energy and Buildings, 197, 112-119.

Sekhar, S. C., & Goh, S. E. (2011). Thermal comfort and IAQ characteristics of naturally/mechanically ventilated and air-conditioned bedrooms in a hot and humid climate. Building and Environment, 46(10), 1905-1916.

Batterman, S. (2017). Review and extension of CO2-based methods to determine ventilation rates with application to school classrooms. International journal of environmental research and public health, 14(2), 145.

Strøm-Tejsen, P., Zukowska, D., Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2016). The effects of bedroom air quality on sleep and next-day performance. Indoor Air, 26(5), 679-686.

Shin, M. S., Rhee, K. N., Lee, E. T., & Jung, G. J. (2018). Performance evaluation of CO2-based ventilation control to reduce CO2 concentration and condensation risk in residential buildings. Building and Environment, 142, 451-463.

Sun, Y., Cheng, R., Hou, J., Song, Y., & Luo, S. (2017). Investigation on indoor air quality in Tianjin residential buildings. Procedia Engineering, 205, 3811-3815.

Mesenhöller, E., Vennemann, P., & Hussong, J. (2020). Unsteady room ventilation–A review. Building and Environment, 169.

Baurès, E., Blanchard, O., Mercier, F., Surget, E., Le Cann, P., Rivier, A., ... & Florentin, A. (2018). Indoor air quality in two French hospitals: measurement of chemical and microbiological contaminants. Science of the total environment, 642, 168-179.

Ramaswamy, M., Al-Jahwari, F., & Al-Rajhi, S. M. M. (2010, October). IAQ in Hospitals–Better Health through Indoor Air Quality Awareness. In Proceedings of the Tenth International Conference Enhanced Building Operations, Kuwait.

Chen, Y. Y., Sung, F. C., Chen, M. L., Mao, I., & Lu, C. Y. (2016). Indoor air quality in the metro system in North Taiwan. International journal of environmental research and public health, 13(12), 1200.

Scheepers, P. T., Van Wel, L., Beckmann, G., & Anzion, R. (2017). Chemical characterization of the indoor air quality of a university hospital: Penetration of outdoor air pollutants. International journal of environmental research and public health, 14(5), 497.

Jung, C. C., Wu, P. C., Tseng, C. H., & Su, H. J. (2015). Indoor air quality varies with ventilation types and working areas in hospitals. Building and Environment, 85, 190-195.

ASHRAE, A. (2013). Standard 62.1-2013 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 40.

Heiselberg, P., & Perino, M. (2010). Short-term airing by natural ventilation–implication on IAQ and thermal comfort. Indoor Air, 20(2), 126-140.

Tungjai, A., & Kubaha, K. (2017). Indoor Air Quality Evaluation of Isolation Room for Hospital in Thailand. Energy Procedia, 138, 858-863.

Hussin, M., Ismail, M. R., & Ahmad, M. S. (2017). Air-conditioned university laboratories: comparing CO2 measurement for centralized and split-unit systems. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 29(2), 191-201.

Zhang, X., Wargocki, P., & Lian, Z. (2017). Physiological responses during exposure to carbon dioxide and bioeffluents at levels typically occurring indoors. Indoor Air, 27(1), 65-77.

Qu, A., Yang, K., Fu, X., & Lu, Z. (2017). Numerical Simulation of Pollutants dilution in a ventilation system. Procedia Engineering, 205, 345-351.

Pereira, P. F., Ramos, N. M., Almeida, R. M., Simões, M. L., & Barreira, E. (2017). Occupant influence on residential ventilation patterns in mild climate conditions. Energy Procedia, 132, 837-842.

Liu, Z., Li, W., Chen, Y., Luo, Y., & Zhang, L. (2019). Review of energy conservation technologies for fresh air supply in zero energy buildings. Applied Thermal Engineering, 148, 544-556.

Cheng, Y., Zhang, S., Huan, C., Oladokun, M. O., & Lin, Z. (2019). Optimization on fresh outdoor air ratio of air conditioning system with stratum ventilation for both targeted indoor air quality and maximal energy saving. Building and Environment, 147, 11-22.

Ran, J., & Tang, M. (2017). Effect of green roofs combined with ventilation on indoor cooling and energy consumption. Energy Procedia, 141, 260-266.