ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการระบายอากาศในสำนักงาน

พัณณิตา ม่วงจีบ[1], สุดารัตน์ สิทธิพล[1], ศิริพร วรศิลป์ชัย[1] ภารดี อาษา[1], ประยุกต์ เดชสุทธิกร[1], ทิษฏยา เสมาเงิน[2], ทัดดาว พาหาทรัพย์อนันต์[1]และ รจฤดี โชติกาวินทร์[1*]

[1]ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี
[2]ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี
*rotruedee@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

คุณภาพอากาศในอาคารภายในสำนักงานปัจจุบันมีความสำคัญมากเพราะสามารถส่งผลต่อผู้อยู่อาศัยหรือผู้ปฏิบัติงานได้โดยตรงทั้งจากมลพิษที่เกิดขึ้นและเชื้อโรค การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการระบายอากาศในสำนักงานที่เป็นระบบปิดมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาการทำงาน ภายในมหาวิทยาลัยบูรพา และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสำนักงานในช่วงเวลาที่มีคนอยู่และช่วงพัก ทำการเก็บตัวอย่างห้องสำนักงาน จำนวน 5 ห้อง โดยทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและอุณหภูมิและทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ pair t-test

ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ของห้องสำนักงานส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องสำนักงานคณะสาธารณสุขศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์และคณะศึกษาศาสตร์ ในช่วงเวลาที่มีคนทำงานมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินเกณฑ์ข้อแนะนำ และในช่วงพักมีเพียงห้องสำนักงานคณะสหเวชศาสตร์และคณะศึกษาศาสตร์เท่านั้นที่ยังคงมีค่าเกินเกณฑ์ข้อแนะนำเล็กน้อย โดยที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกสำนักงานช่วงเวลาที่มีคนอยู่ภายในห้องมีปริมาณสูงกว่าช่วงพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวชี้วัดหนึ่งในการประเมินการระบายอากาศในอาคาร

คำสำคัญ: ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การระบายอากาศ สำนักงาน

Carbon dioxide concentration and ventilation in office environment

Pannita Muangjeeb[1], Sudarat Sitthiphon[1], Siriporn Vorasinchai[1], Paradee Asa[1], Prayook Detsuttikorn[1], Tistaya Semangoen[2], Taddao Pahasupanan[1] and Roturedee Chotigawin[1*]

[1]Department of environmental health, Faculty of public health, Burapha University, Chonburi
[2]Department of medical technology, Faculty of Allied health sciences, Burapha University, Chonburi
*rotruedee@go.buu.ac.th

Abstract

Indoor air quality is a major concern to office room because it can impact directly from pollutants and risk of infection in the office. This survey study of Carbon dioxide concentration and ventilation in office environment during COVID-19 situation aim to determine CO_2 concentration and the ventilation in a closed office room and turning on the air conditioner during working and to compare the carbon dioxide concentration in the office room at different time. The samples were collected in 5 office rooms. Parameters were measured CO_2 concentration, relative humidity, wind speed, and temperature. The data were analyzed by using pair t-test.

The results found that the temperature, relative humidity and wind speed value in almost room still in the guideline. In addition, CO_2 concentration of office rooms during working time in the Faculty of Public Health, Faculty of Allied Health Sciences, and Faculty of Education and during relaxing time in the Faculty of Allied Health Sciences and Faculty of Education exceed slightly the guideline. CO_2 concentration in all office room during working time was higher than the during time statistically significant at the 0.05 level which CO_2 concentration can indicated for ventilation assessment

Keywords: CO2 concentration, Ventilation, office room

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ชีวิตของประชาชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่มีความเปลี่ยนแปลงไปจากในอดีตอย่างมาก จากการใช้ชีวิตด้วยการพึ่งพาการระบายอากาศจากธรรมชาติ หันมาใช้เครื่องปรับอากาศในการระบายอากาศมากขึ้น จึงทำให้เกิดวิกฤตการขาดแคลนพลังงาน ทำให้ต้องมีการออกแบบอาคารให้แน่นหนา (Air-tight building) เพื่อลดการแทรกซึมของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในและลดปริมาณการหมุนเวียนของอากาศ เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศ และลดค่าใช้จ่าย แต่ปัญหาที่ตามมาคือ การสะสมของสารมลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ อีกทั้งการเคลื่อนของมลพิษทางอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารผ่านขอบประตู หน้าต่าง รอยรั่วต่าง ๆ การใช้พัดลมดูดอากาศ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลพิษภายในอาคารมากขึ้น ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัย หรือคนทำงานภายในอาคารป่วยเป็นกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (Sick building syndromes; SBS) เช่น ไม่สบายตัว ปวดเมื่อยตามร่างกาย วิงเวียน ศีรษะ ปวดหัว อ่อนล้า ระคายเคืองที่ตา และผิวหนัง เป็นต้น [1]

คุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor air quality: IAQ) เป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับในการออกแบบอาคารเพื่อสร้างความสบาย โดยเฉพาะในอาคารที่เป็นระบบปิดมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ มีงานวิจัยจำนวนมากที่ยืนยันว่าคุณภาพอากาศมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการเรียนของนักเรียน ในทางตรงกันข้ามสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของนักเรียนอีกด้วย [2] การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมาจากการที่บุคคลอาศัยอยู่ภายในอาคาร ห้องเรียน หรือห้องสำนักงานที่มีคนใช้บริการจำนวนมาก โดย American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ได้กำหนดค่ามาตรฐานระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่มีผู้ใช้งานไม่ควรเกิน 1,000 ppm หากมากกว่านี้จะทำให้เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และหากมากกว่า 5000 ppm ทำให้เกิดภาวะการคั่งสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด ทำให้ปวดศีรษะ เสี่ยงต่อการหมดสติชั่วคราว และหากนานเกิน 8 ชั่วโมง อาจเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ การสะสมของก๊าซหรือการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังสามารถสะท้อนถึงโอกาสที่จะมีการสะสมของเชื้อก่อโรคอื่น ๆ อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่มีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จากการติดเชื้อไวรัส SARS-CoV 2 ซึ่งเป็นโคโรนาไวรัสสายพันธุ์ใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน โดยองค์การอนามัยโลกกล่าวว่าไวรัสนี้ก่อให้เกิดอาการในระบบทางเดินหายใจ โดยผู้ติดเชื้อมีอาการตั้งแต่ระดับความรุนแรงน้อย เช่น คัดจมูก เจ็บคอ ไอ และมีไข้ บางรายมีอาการรุนแรง เช่น ปอดอักเสบ หายใจลำบาก และเสียชีวิต โดยเฉพาะผู้สูงอายุและคนที่มีโรคประจำตัว เช่น ความดัน เบาหวาน และโรคหัวใจ โดยไวรัส SARS-CoV 2 สามารถติดต่อจากคนสู่คนได้โดยการหายใจเอาละอองฝอยที่มีเชื้อไวรัส จากการไอ จาม รวมไปถึงการสัมผัสวัตถุที่มีการปนเปื้อนสารคัดหลั่งจากผู้ติดเชื้อ [3]

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น พบว่าการระบายอากาศภายในห้องที่เป็นระบบปิดมีความสำคัญต่อสุขอนามัยของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งในด้านความสามารถในการเรียน ประสิทธิภาพในการทำงาน และการเจ็บป่วยจากเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในอากาศ ดังนั้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการระบายอากาศในห้องสำนักงานที่มีการติดเครื่องปรับอากาศและอยู่เป็นระบบปิด ภายในมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความรุนแรง และเป็นแนวทางในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และปรับปรุงคุณภาพอากาศได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey research design) เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการระบายอากาศในห้องสำนักงาน ที่เป็นระบบปิดมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาการทำงานในช่วงที่มีคนทำงานและในช่วงที่พักและใฝเพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงที่มีคนทำงานและในช่วงที่พัก ทำการเก็บตัวอย่างห้องสำนักงานจำนวน 5 ห้อง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ห้องสำนักงานส่วนกลางของคณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 16 หน่วยงาน

กลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเข้า

1. ห้องสำนักงานของคณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยที่มีบุคลลากรทำงานอย่างน้อย 5 คนขึ้นไป ในช่วงเดือนพฤษภาคม -มิถุนายน พ.ศ. 2564

2. เป็นสำนักงานที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดการทำงาน

3. ยินดีให้ความร่วมมือตลอดการเก็บรวบรวมข้อมูล

ซึ่งจากเกณฑ์การคัดเข้าดังกล่าว ทำให้ได้ประชากรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 สำนักงาน ได้แก่ สำนักงานของคณะสาธารณสุขศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ และคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

วิธีการศึกษา

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 ติดต่อประสานงานกับสำนักงานของคณะต่าง ๆ เพื่อบอกถึงจุดประสงค์ของการดำเนินงานในครั้งนี้ และขอความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่าง

1.2 จัดเตรียมอุปกรณ์ และเครื่องมือการเก็บตัวอย่าง ทำการตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ ความพร้อมแบตเตอรี่ของเครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (ยี่ห้อ Rotronic CP11) และเครื่องตรวจวัดความเร็วลม (KIMO รุ่น VT 100)

1.3 เตรียมแบบบันทึกข้อมูลทางกายภาพ เช่น จำนวนคน, จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์, จำนวนเครื่องปรับอากาศ, จำนวนครั้งการเปิด-ปิดห้อง ฯลฯ

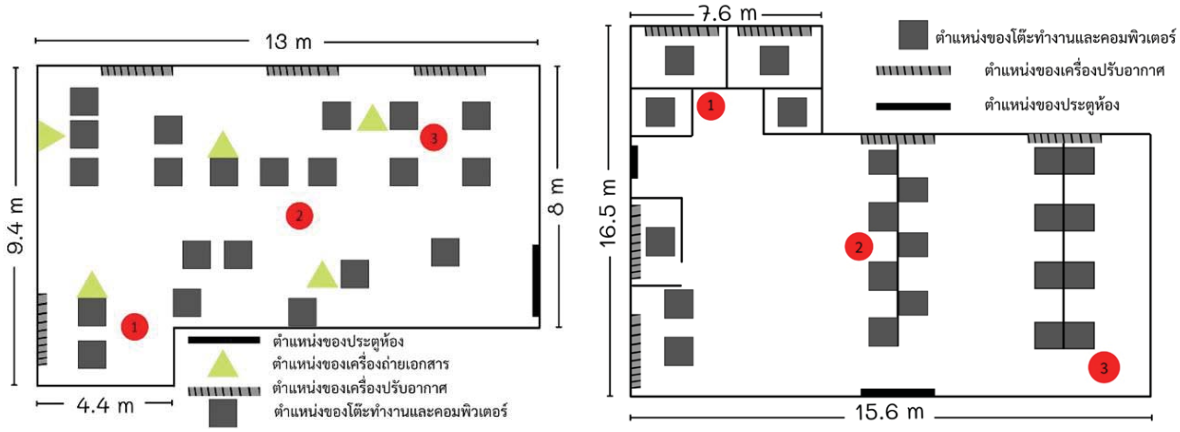
1.4 กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง แผนผังจุดเก็บตัวอย่างและกำหนดเวลาการเก็บตัวอย่าง โดย กำหนดจุดเก็บตัวอย่างแบบทแยงมุมจำนวน 3 จุด ดังภาพที่ 1 เพื่อเป็นตัวแทนของห้อง [4] และดำเนินการเก็บตัวอย่างตามข้อเสนอแนะของสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย [5] แต่ละจุดระยะห่างจากกำแพง 1 เมตร ห่างจากประตูทางเข้า-ออกอย่างน้อย 2 เมตร สูงจากพื้นประมาณ 75-120 เซนติเมตร ไม่ควรตั้งในจุดที่เป็นทางเดินหรือกีดขวางทางเข้า-ออก เพื่อลดการรบกวนผู้ใช้บริการ

2. ขั้นดำเนินงาน

2.1 ติดตั้งเครื่องมือและตรวจสอบความพร้อมเพื่อเริ่มทำการเก็บตัวอย่าง

2.2 ทำการเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ช่วง คือช่วงที่มีเจ้าหน้าที่มาทำงานจะทำการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละจุด ทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง และในช่วงพัก ทำการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทุก ๆ 15 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยแต่ละที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ละ 3 จุด ทำการเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 3 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 1 พฤษภาคม – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2564

2.3 ในขณะที่ทำการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะดำเนินการทำการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และความเร็วลม ไปพร้อม ๆ กันด้วย



ภาพที่ 1 ตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างในรูปแบบทแยงมุมดังแสดงหมายเลข 1,2 และ 3

3. วิเคราะห์ผล

3.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และความเร็วลมนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงานของคณะสาธารณสุขศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ และคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ช่วงเวลาต่างกันโดยใช้สถิติ Paired Simple t-test

3.3 การระบายอากาศ คิดจาก อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ โดยใช้สูตรดังนี้

$$ACH = [\ln (Co/Ct)]/t$$

เมื่อ ACH คืออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซมีหน่วยเป็นต่อชั่วโมง

Co คือปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์นาทีสุดท้ายที่ยังมีคนอยู่ภายในห้อง

Ct คือปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์หลังจากคนออกจากห้อง

t คือจำนวนชั่วโมง

3. ผลการศึกษา

3.1 ข้อมูลทางกายภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลทางกายภาพของห้องสำนักงานจำนวน 5 ห้อง คือ สำนักงานคณะสาธารณสุขศาสตร์ (PH1) คณะสหเวชศาสตร์ (AHS2) คณะแพทยศาสตร์ (MD3) คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (HUSO4) และคณะศึกษาศาสตร์ (EDU5) ผลการศึกษาพบว่าห้องสำนักงาน EDU5 มีปริมาตรของห้องสูงที่สุด ในขณะที่สำนักงาน PH1 มีจำนวนผู้ใช้บริการในช่วงเวลาตั้งแต่ 11.00-12.00 น. สูงที่สุด เฉลี่ยจำนวน 18 คน และมีจำนวนคอมพิวเตอร์ที่เปิดใช้งาน เครื่องปริ้นเตอร์/ถ่ายเอกสาร มากที่สุด คือ 16 และ 5 เครื่อง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางกายภาพจำแนกตามสำนักงานรายคณะ

ตัวแปร	ผลการสำรวจ				
	PH1	AHS2	MD3	HUSO4	EDU5
1. ปริมาตรของห้อง (m^3)	364	457	288	294	895
2. จำนวนผู้ใช้บริการ (คน)					
- ช่วงที่มีคนทำงาน (11.00-12.00 น.)	18	15	8	6	14
- ช่วงพัก	8	13	5	4	6
3. จำนวนพัดลมที่เปิดใช้งาน (ตัว)	1	1	-	2	-
4. จำนวนเครื่องปรับอากาศที่เปิดใช้งาน (เครื่อง)	3	3	2	2	5
5. จำนวนคอมพิวเตอร์ที่เปิดใช้งาน (เครื่อง)	16	11	7	5	11
6. จำนวนเครื่องปริ้นเตอร์และถ่ายเอกสารที่เปิดใช้งาน (เครื่อง)	5	2	1	2	-
7. จำนวนการเปิด-ปิด ประตูระยะเวลา 15 นาที (ครั้ง)					
- ช่วงเวลาที่มีคนทำงาน	15	10	3	6	9
- ช่วงเวลาพัก	14	8	4	4	5
8. ความหนาแน่นของพื้นที่การใช้งาน (คน/m^2)	0.0357	0.0306	0.0226	0.0170	0.0112

หมายเหตุ PH; สำนักงานคณะสาธารณสุขศาสตร์, AHS; สำนักงานคณะสหเวชศาสตร์, MD; สำนักงานคณะแพทยศาสตร์, HUSO; สำนักงานคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และ EDU; สำนักงานคณะศึกษาศาสตร์

3.2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม

ผลการตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอุณหภูมิของห้องสำนักงาน ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดค่าคุณภาพอากาศภายในอาคาร ตาม (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร ปี พ.ศ. 2559 ที่กำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50-60% ค่าความเร็วลม (การเคลื่อนที่ของอากาศ) 0.10-0.30 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิควรมีค่าตั้งแต่ 24-26 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจวัดความเร็วลมของ PH มีค่าสูงเกินค่าแนะนำ 0.52 ± 0.48 m/s

ตารางที่ 2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมจำแนกตามสำนักงานรายคณะ

คณะ	ผลการตรวจวัด		
	ค่าอุณหภูมิ, °C Mean ± SD	ความชื้นสัมพัทธ์, % Mean ± SD	ความเร็วลม, m/s Mean ± SD
PH	24.08 ± 0.38	56.70 ± 1.86	0.52 ± 0.48
AHS	24.34 ± 0.13	46.64 ± 1.19	0.14 ± 0.08
MD	27.42 ± 0.91	54.11 ± 1.83	0.17 ± 0.13
HUSO	26.29 ± 0.38	59.03 ± 1.20	0.26 ± 0.35
EDU	25.07 ± 0.27	56.02 ± 1.40	0.21 ± 0.12
ค่าแนะนำ*	24 - 26	50 - 65	0.10-0.30

*ค่าแนะนำ เป็นค่าคุณภาพอากาศภายในอาคาร ตาม(ร่าง)ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร ปี พ.ศ. 2559

3.3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องสำนักงาน

ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของห้องสำนักงานคณะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าสำนักงาน AHS EDU และ PH มีค่าเกินปริมาณที่กำหนดโดยกรมอนามัยปี พ.ศ. 2559 ที่กำหนดไว้ว่าควรมีค่าไม่เกิน 1,000 ppm และเมื่อจำแนกปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามช่วงเวลาคนทำงานตั้งแต่เวลา 11.00-12.00 กับช่วงพักของคณะต่าง ๆ เวลา 12.01-13.00 น. พบว่า ห้องสำนักงาน PH AHS และ EDU ในช่วงเวลาที่มีคนทำงานมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินเกณฑ์ข้อกำหนดของประกาศกรมอนามัยปี พ.ศ. 2559 ในขณะที่สำนักงาน MD และ HUSO มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องสำนักงานในช่วงพักพบว่ามีเพียงห้องสำนักงาน AHS และ EDU เท่านั้นที่มีค่าเกินเกณฑ์ข้อแนะนำเล็กน้อย ภายนอกห้องสำนักงานมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 1,000 ppm

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดจำแนกตามรายคณะ

คณะ	ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm.) (mean±SD)			
	ภายในห้องสำนักงาน			ภายนอกห้องสำนักงาน
	ช่วงที่มีคนทำงาน	ช่วงพัก	ค่าเฉลี่ย	
PH	1093.06±46.16	918.28±39.92	1005.67±43.04	607±39.654
AHS	1199.50±33.88	1144.33±19.22	1271.92±26.55	600±32.102
MD	685.56±12.63	652.47±35.63	669.02±24.13	571±37.145
HUSO	704.38±31.49	669.13±56.31	686.76±43.90	593±22.415
EDU	1010.50±57.87	1004.33±69.64	1007.42±63.76	579±29.324
ค่าแนะนำ*	< 1,000 ppm			

3.4 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสำนักงานในช่วงเวลาต่าง ๆ

การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสำนักงาน ในขณะที่มีคนอยู่ภายในห้องและช่วงเวลาพัก ในช่วงเวลาต่าง ๆ จำแนกตามรายคณะ ผลการศึกษาพบว่าทุกห้องสำนักงาน ที่ทำการศึกษามีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วงที่มีคนทำงานอยู่สูงกว่าช่วงพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นสำนักงาน MD ที่มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องสำนักงานในช่วงทำงานและช่วงพัก

สำนักงาน	ช่วงเวลา	จำนวนครั้ง	Mean	SD	Paired t-test	
					t	p-value
PH	-ช่วงทำงาน	48	1093.06	46.16	9.893	0.0001
	-ช่วงพัก	48	918.28	39.92		
AHS	-ช่วงทำงาน	54	1199.50	33.88	5.353	0.0001
	-ช่วงพัก	54	1144.33	19.22		
MD	-ช่วงทำงาน	48	685.56	12.63	0.397	0.696
	-ช่วงพัก	48	652.47	35.63		
HUSO	-ช่วงทำงาน	48	704.38	31.49	7.495	0.0001
	-ช่วงพัก	48	669.13	56.31		
EDU	-ช่วงทำงาน	36	1010.50	57.87	4.508	0.0001
	-ช่วงพัก	36	1004.33	69.64		

3.5 การระบายอากาศในห้องสำนักงาน ภายในมหาวิทยาลัยบูรพา

เมื่อประเมินการระบายอากาศโดยใช้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำแนกตามรายคณะ ผลการศึกษาพบว่าห้องสำนักงานคณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่ที่ทำการตรวจวัดการระบายอากาศ มีค่าไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ เป็นข้อกำหนดอัตราการระบายอากาศของอาคาร กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ที่กำหนดไว้ว่าห้องประชุมไม่น้อยกว่า 6 ACH (Air change per hours) และห้องสำนักงานไม่น้อยกว่า 2 ACH ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การระบายอากาศในห้องสำนักงาน จำแนกตามรายคณะ

คณะ	ACH (/h)
PH	0.49
AHS	0.30
MD	0.42
HUSO	0.33
EDU	0.40
ค่าแนะนำ*	สำนักงาน ต้องไม่น้อยกว่า 2

*ค่าแนะนำ เป็นข้อกำหนด อัตราการระบายอากาศของอาคาร กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522

4. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

1. อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ของห้องสำนักงานส่วนใหญ่ที่ได้ทำการตรวจวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของค่าแนะนำ ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 40-60% ส่งผลต่อการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศต่ำที่สุด และส่งผลกระทบต่อผู้ที่อยู่ภายในอาคารน้อยที่สุด และห้องสำนักงานคณะสาธารณสุขศาสตร์มีค่าความเร็วลมเกินกว่าเกณฑ์ค่าแนะนำ ความเร็วลมที่สูงเกินไปทำให้รู้สึกหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากลมนั้นมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ เพราะความร้อนจากร่างกายจะถูกพาออกไปได้มากและเร็วเกินไป [4]

2. เมื่อจำแนกตามช่วงเวลาคนทำงานกับช่วงพักของคณะต่าง ๆ พบว่า ห้องสำนักงานคณะสาธารณสุขศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์และคณะศึกษาศาสตร์ ในช่วงเวลาที่มีคนทำงานมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินเกณฑ์ข้อแนะนำเล็กน้อย ในขณะส่วนงานที่เหลือยังมีค่าไม่เกินเกณฑ์ข้อแนะนำ และสำหรับในช่วงพัก พบว่า ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินข้อแนะนำ ยกเว้นห้องสำนักงานคณะสหเวชศาสตร์และคณะศึกษาศาสตร์เท่านั้นที่ยังคงมีค่าเกินเกณฑ์ข้อแนะนำเล็กน้อย ทั้งนี้การปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกินเกณฑ์ข้อแนะนำสามารถเป็นตัวบ่งบอกถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอได้ส่วนหนึ่ง และจากการศึกษาของ Turanjanin et al. [6] ที่ตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงเรียนประถมศึกษาจำนวน 5 แห่งในประเทศเซอร์เบีย ช่วงฤดูร้อนทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนของโรงเรียนทั้ง 5 แห่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1100-1500 ppm เนื่องจากโรงเรียนใช้ระบบระบายอากาศแบบปิดและมีอายุการใช้งานอาคารมากกว่า 40 ปี ทำให้ไม่สามารถระบายอากาศได้อย่างเพียงพอ ซึ่งผลการศึกษาที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ ระบบปรับอากาศภายในอาคารสามารถช่วยสร้างความเย็นสบายให้กับผู้อยู่อาศัย แต่ไม่ได้ช่วยในการเจือจางสารมลพิษต่าง ๆ ในอาคารได้ ดังนั้นการระบายอากาศเป็นเรื่องที่สำคัญในการสร้างเสริมความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานอาคาร ประกอบกับในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการแพร่กระจายของเชื้อโควิด-19 ร่วมด้วย การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอสามารถมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสการเกิดโรคได้

3. เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่มีคนอยู่ภายในห้องและช่วงเวลาพัก พบว่า ทุกห้องสำนักงานปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วงที่มีคนทำงานอยู่มีปริมาณสูงกว่าช่วงพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากในขณะที่มีคนทำงานอยู่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมาจากการหายใจของคน ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญภายในร่างกายและถูกปล่อยออกมาพร้อมกับลมหายใจของมนุษย์ [5] ประกอบกับในขณะที่มีคนทำงานอยู่ยังมีกิจกรรมต่าง ๆ

หลายอย่างร่วมได้ เช่น การเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้แก่ คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร และเครื่องปรับอากาศ จำนวนและกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของสำนักงาน [7] โดย ASHRAE 62-1999 กำหนดปริมาณ CO_2 ภายในอาคารไม่ควรสูงเกินกว่าภายนอกอาคาร 700 ppm หากพื้นที่ใดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่านี้ แสดงว่าพื้นที่นั้นจำเป็นต้องเพิ่มการระบายอากาศ และถ้าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงส่งผลต่อสุขภาพของคนใช้บริการ กล่าวคือถ้าสูดดมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงมากร่างกายจะตอบสนองโดยเริ่มจากการหายใจลึกมากกว่าเดิม หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน คือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น [8]

4. การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละคณะในภาพรวม พบว่า คณะสหเวชศาสตร์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดและมากกว่าคณะอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคณะแพทย์ศาสตร์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดและน้อยกว่าคณะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องจากห้องสำนักงานคณะสหเวชศาสตร์มีมีคนทำงานอยู่ภายในห้องจำนวนมากทำให้มีการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าพร้อมกันหลายเครื่อง ทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมาก และภายในห้องสำนักงานมีความหนาแน่นของพื้นที่การใช้งาน ทำให้การระบายอากาศน้อย ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องมีค่ามาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิวุฒิ และคณะ [9] ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นในห้องเรียน พบว่าตัวแปรที่ส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนมีการเปลี่ยนแปลงในค่าที่แตกต่างกันมากสุด คือจำนวนผู้ใช้งาน และจำนวนครั้งในการเปิดปิดประตู และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบเล็กน้อยและคงที่ จะขึ้นอยู่กับรอยรั่วของวัสดุ

5. การระบายอากาศในทุกห้องสำนักงาน พบว่า มีค่าไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐานของค่าแนะนำซึ่งสามารถผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่ภายในสำนักงาน อาการที่สามารถพบได้ คือ ผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่จะมีความรู้สึกอึดอัด เกิดการสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ วิงเวียนศีรษะ ง่วงนอน ไม่สบายตัว วิงเวียน ศีรษะ อ่อนล้า ระคายเคืองที่ตาและผิวหนัง ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงและอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ภายในสำนักงานนั้นได้ในระยะยาวหรืออาจเป็นโรค Sick Building Syndrome [10]

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือตลอดการทดลอง และ ขอขอบพระคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ และคณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ในการทำการศึกษาในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริรัตน์ เรืองเกษา, สุพิชชา เอื้ออรัญโชติ และภารดี ช่วยบำรุง. (2560). การประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในโรงพยาบาลด้วยการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,** 22(2) พฤษภาคม – สิงหาคม, 74-91.

[2] สุรีพรรณ์ สุพรรณสมบูรณ์. (2560). การศึกษาคุณภาพสภาวะแวดล้อมภายในห้องเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จากความเห็นของผู้ใช้. ใน **การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, ครั้งที่ 4 BTAC**, 337-339.

[3] วรรษมน จันทรเบ็ญจกุล. (2563). การป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). **เอกสารประกอบการบรรยายเวทีจุฬาเสวนาครั้งที่ 23 เรื่อง ตระหนักดีกว่าตระหนก เรียนรู้และป้องกันโคโรนาไวรัส 2019**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] กมลชนก จัดนอก, ธนภัทร ราช้อน, ธิดารัตน์ เสี่ยมแหลม, มนัสนันท์ พิบาลวงค์, ภารดี อาษาและรจฤดี โชติกาวินทร์. (2559). ระยะเวลาและตำแหน่งที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียในอากาศภายในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดชลบุรี. ใน **การประชุมวิชาการราชภัฏสุราษฎร์ธานีวิจัย ครั้งที่ 12 เมื่อวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2559** (หน้า 367-376). สุราษฎร์ธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

[5] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. (2559). **คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่.** กรุงเทพฯ: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

[6] Turanjanin, V., Vučićević, B., Jovanović, M., Mirkov, N., & Lazović, I. (2014). Indoor CO_2 measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation. **Energy**, 77, 290-296.

[7] หทัยรัตน์ ปาลาศ. (2558). **การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในสำนักงาน.** วิทยานิพนธ์สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[8] มณีรัตน์ องค์วรรณดี. (2556). **การจัดการคุณภาพอากาศในอาคาร.** มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[9] อธิวุฒิ ทิมา และชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2563). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนปรับอากาศ.** การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2563 ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[10] เชิดชัย นิลผาย. (2558). การเจ็บป่วยจากอาคารกับคนทำงานในสำนักงาน. **ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์**, 15(1),13-23.