

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศในอาคารกับอัตราการระบายอากาศ ความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร และระดับความพึงพอใจในผู้ใช้ อาคารใหม่

จันทิมา สาขามูละ¹ วรกมล บุญโยธิน¹ ณัฐนารี เอมยงค์² สายศรัทธา นุ่มนวล¹ และ วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์¹

¹ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ²ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารใหม่ถือเป็นสิ่งสำคัญมาก เนื่องจากคนเมืองส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ภายในอาคารเกือบทั้งวัน การสัมผัสมลพิษอากาศที่ผ่านการหายใจหรือผิวหนัง จึงเกิดขึ้นได้ขณะที่อยู่ภายในอาคาร การสัมผัสกับคุณภาพอากาศ การระบายอากาศที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อการเกิด SBS ได้ **วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศในอาคาร กับอัตราการระบายอากาศ ความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารใหม่ **วัสดุและวิธีการ** การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง โดยตรวจวัด อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม แสงสว่าง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ฟORMALดีไฮด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOC) และฝุ่นขนาดเล็ก รวมทั้งเก็บข้อมูลส่วนบุคคล ประวัติการทำงาน การเจ็บป่วยด้วยกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร และความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารต่อคุณภาพอากาศในอาคารโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ด้วย Chi-Square Test และ Fisher's exact Test **ผลการศึกษา** อัตราความชุกของอาการเหนื่อยล้ามีค่าสูงที่สุดคือร้อยละ 47.3 ผู้ที่มีอาการนี้ส่วนใหญ่เป็นผู้ที่อยู่ในพื้นที่ที่อัตราการระบายอากาศต่ำกว่ามาตรฐานแนะนำของสถาบัน American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) มาตรฐาน ASHRAE 62.1-2019, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality และคุณภาพอากาศที่ต่ำกว่ามาตรฐานนี้มีความสัมพันธ์กับอาการปวดศีรษะ นอกจากนี้อาการป่วยเหตุอาคารยังมีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศในอาคารอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คือ อาการป่วยเหตุอาคารมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจด้านอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม **สรุป** อุณหภูมิ CO₂ และอัตราการระบายอากาศเป็นตัวบ่งชี้อาการป่วยและความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารที่สำคัญ

คำสำคัญ: ● กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร ● คุณภาพอากาศในอาคาร ● ความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร

เวชสารแพทย์ทหารบก 2567;77(2):95-106.

ได้รับต้นฉบับ 7 กุมภาพันธ์ 2567 แก้ไขบทความ 23 พฤษภาคม 2567 รับลงตีพิมพ์ 30 พฤษภาคม 2567

ต้องการสำเนาต้นฉบับติดต่อ นางจันทิมา สาขามูละ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

Original article

The relationship between indoor air quality and ventilation rate, the prevalence of sick building syndrome, and occupants' satisfaction in new buildings

Jantima Sakhamula¹, Vorakamol Boonyayothin¹, Natnaree Aimyong², Saisattha Noomnual¹ and Wantanee Phanprasit¹

¹Department of Occupational Health and Safety; ²Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University

Abstract:

Background: The problem of air quality in new buildings is very important. People spend most of their time inside a building. Air pollution exposure through skin or breathing may occur within these structures. Air quality exposure due to inadequate airflow may have an impact on sick building syndrome (SBS) incidences. **Objectives:** This cross-sectional study aimed to explore the relationship among IAQ, ventilation rate, the prevalence of sick building syndrome (SBS), and occupants' satisfaction in two new buildings: an office building and outpatient building. IAQ parameters, i.e., temperature, humidity, velocity, light, Carbon dioxide (CO₂), formaldehyde, Total volatile organic compounds (TVOCs), and respirable dust concentrations, were measured. The demographic data, work experience, job information, SBS symptoms, and occupants' satisfaction in IAQ were collected using a questionnaire. Chi-Square Test and Fisher's exact Test were used to test the relationship between the parameters mentioned above. **Results** The highest prevalence rate was 47.3% for tiredness. Most of these occupants work in an area where the ventilation rates were lower than the recommended standard of ASHRAE 62.1-2019, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, standard of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Furthermore, it was found that non-complied IAQ parameters were significantly associated with symptoms ($p < 0.05$), e.g., temperature and CO₂ were correlated with headaches, while sickness was correlated with satisfaction of inappropriate temperature ($p < 0.05$). **Conclusion** IAQ indicators, namely, temperature, CO₂, and ventilation rate were associated with occupants' symptoms and their IAQ satisfaction levels.

Keywords: ● Sick building syndrome ● Indoor air quality ● Occupants' satisfaction
RTA Med J 2024;77(2):95-106.

Received 7 February 2024 Corrected 23 May 2024 Accepted 30 May 2024

Correspondence should be addressed to Jantima Sakhamula, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University, Ratchawithi Rd., Ratchathewi Bangkok 10400

บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคารนับวันจะมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากคนเมืองส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ภายในอาคารเกือบทั้งวัน ประกอบกับมลภาวะทางอากาศ ที่เกิดขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ขณะที่ปัจจุบันอาคารส่วนใหญ่มีระบบปรับอากาศเพื่อความสบายของผู้ใช้อาคาร และเพื่อประหยัดพลังงาน แนวทางหนึ่งที่นิยมปฏิบัติคือ ออกแบบให้มีอากาศเข้าออกอาคารน้อยที่สุด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) มลพิษที่สะสมในอาคารอาจมาจากแหล่งภายในอาคาร เช่น วัสดุก่อสร้างและวัสดุตกแต่งภายในอาคาร อุปกรณ์สำนักงาน ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดพื้นในอาคาร และแหล่งมลพิษจากภายนอกอาคาร เช่น การจราจร การก่อสร้าง และอุตสาหกรรม¹

ในเมืองใหญ่ที่มีพื้นที่จำกัดและราคาแพง เช่น กรุงเทพมหานคร อาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารสูงและใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการควบคุมระบบปรับอากาศ และนำอากาศเข้าสู่อาคารในปริมาณจำกัดเพื่อประหยัดพลังงาน จึงอาจมีปัญหา IAQ เป็นเหตุให้เกิดอาการป่วยเหตุอาคาร (Sick Building Syndrome: SBS) ในกลุ่มผู้ใช้อาคาร² อาการป่วยเหตุอาคาร เป็นกลุ่มอาการที่ไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอนได้ มักจะหายไปเองเมื่อออกนอกอาคาร อาการที่พบบ่อย เช่น ปวดศีรษะ ระบายเคืองตา จมูก และลำคอ จาม น้ำมูกไหล คันตามผิวหนัง หน้ามืด คลื่นไส้ โดยทั่วไปอาการเหล่านี้ไม่ส่งผลถึงแก่ชีวิต แต่อาจทำให้รู้สึกอ่อนเพลีย ง่วงนอน ขาดความกระตือรือร้นในการทำงาน เกิดความเครียด ส่งผลต่อความพึงพอใจในงานได้ รวมถึงอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและอาจรุนแรงถึงขั้นก่อให้เกิดโรคมะเร็ง^{3,4} นอกจากนี้มลพิษอากาศภายในอาคารยังอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม การระบายอากาศ และทำให้อาคารดูเก่าและสกปรกได้ด้วย⁵

การศึกษาค้นคว้านี้ทำการศึกษาในอาคารใหม่สองอาคารของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศในอาคารกับอัตราการระบายอากาศ ความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร รวมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อนำผลการศึกษามาใช้ปรับปรุงคุณภาพอากาศ และปรับอัตราการระบายอากาศให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ภายในอาคารใหม่ของโรงพยาบาล รวมถึงการหาแนวทางป้องกัน และควบคุมปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลให้เกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารได้

วิธีดำเนินงานวิจัย

รูปแบบการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยแบบ Cross-Sectional Study โดยกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานประจำภายในอาคาร และบุคคลภายนอกที่เข้ามาใช้อาคารในวันที่เก็บตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่างภายในอาคารหนึ่ง (A) เป็นอาคารสำนักงานสูง 6 ชั้น แต่ศึกษาเฉพาะชั้นที่ 2-4 ซึ่งเป็นแผนกการคลัง งานสื่อสาร งานธุรการ ฝ่ายทรัพยากรบุคคล ฝ่ายวิชาการ และฝ่ายการศึกษา และอีกอาคารหนึ่ง (B) เป็นอาคารผู้ป่วยนอก สูง 9 ชั้น ศึกษาเฉพาะชั้น B1, B3, G, 2, และ 4 ซึ่ง ชั้น B1 เป็นห้องทำฟัน ชั้น B3 เป็นห้องตรวจผู้ป่วยจิตเวชและห้องตรวจเวชศาสตร์ครอบครัว ชั้น G เป็นห้องจ่ายยาและงานเวชระเบียน ชั้น 2 เป็นห้องตรวจนรีเวชกรรมและศูนย์ตรวจสุขภาพ และชั้น 4 เป็นห้องตรวจคัดกรองและห้องตรวจกุมาร ซึ่งดำเนินการในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 อาคารทั้งสองเปิดใช้งานไม่เกิน 2 ปี นับถึงวันที่เก็บข้อมูล จำนวนตัวอย่างคำนวณจากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม สำหรับกลุ่มเจ้าหน้าที่คำนวณโดยใช้สูตร

$$n = \frac{NZ^2(P)(1-P)}{Ne^2 + Z^2(P)(1-P)}$$

และกลุ่มบุคคลภายนอก ใช้สูตร

$$n = \frac{Z\alpha/2^2(P)(1-P)}{d^2}$$

ได้จำนวนตัวอย่างรวม 531 คน เป็นเจ้าหน้าที่อาคาร A จำนวน 118 คน เจ้าหน้าที่อาคาร B 125 คน และบุคคลภายนอกอาคาร B จำนวน 288 คน อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันมิให้มีจำนวนตัวอย่างน้อยกว่าที่คำนวณได้ ซึ่งอาจเกิดจากข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือสูญเสียในระหว่างการดำเนินการ จึงได้เก็บตัวอย่างผู้ใช้อาคารเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 575 คน (อาคาร A 148 คน อาคาร B 142 คน และบุคคล ภายนอก 285 คน) ด้านสิ่งแวดล้อมได้ตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง จำนวน 9 พารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คือ ก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น โดยที่ CO_2 เกิดจากลมหายใจออกของผู้ที่อยู่ในอาคาร CO_2 จะถูกปล่อยมากับลมหายใจออก เป็นก๊าซที่บ่งชี้ถึงคุณภาพอากาศในอาคารได้ว่าการระบายอากาศเพียงพอหรือไม่ ถ้าค่าความเข้มข้นของ CO_2 สูงกว่าปกติ แสดงว่าการระบายอากาศออกสู่ภายนอกอาคาร และการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารไม่เพียงพอ มีผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้มีอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้า และมีปัญหาทางเดินหายใจส่วนบน ค่ามาตรฐานของ CO_2 ภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดให้ไม่เกิน 1000 ppm^{6,8}

ฟอร์มาลดีไฮด์ คือ สารอินทรีย์ระเหยง่าย ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ภายในอาคารจะพบฟอร์มาลดีไฮด์ ในอาคารที่มีการก่อสร้างใหม่ เปลี่ยนเฟอร์นิเจอร์ใหม่ หรือปรับปรุงใหม่ ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงกว่ามาตรฐานมีผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา ระคายเคืองเยื่อทางเดินหายใจส่วนบน เช่น จมูก และคอ ระคายเคืองต่อผิวหนัง ทำให้เกิดภูมิแพ้ และหอบหืด ค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดให้ ไม่เกิน 1 ppm¹²

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOC) คือ สารอินทรีย์ระเหยภายในอาคาร โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากวัสดุก่อสร้างหรือวัสดุตกแต่งภายในอาคาร และอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ภายในสำนักงาน ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารอินทรีย์ระเหย ได้แก่ ระคายเคืองตา แสบร้อน ระคายเคืองคอ คอแห้ง ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ หายใจถี่ โรคหอบหืดหลอดลม ปวดหัว สมาธิไม่ดี เวียนศีรษะ อ่อนเพลียและหงุดหงิดค่ามาตรฐานของ TVOC ภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดให้ ไม่เกิน 1 ppm^{14,15}

ฝุ่นขนาดเล็ก คือ อนุภาคแขวนลอยในอากาศ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.00 1ไมครอน จนถึงขนาดใหญ่ระหว่าง 1-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดมาจากควันบุหรี่ ฝุ่นทั่วไป เส้นใยแร่ใยหิน สปอร์เชื้อรา ละอองเกสร แบคทีเรียและไวรัส มีผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ไอ จาม หลอดลมอักเสบเรื้อรัง หอบหืด และควันบุหรี่เป็นสาเหตุของการเจ็บป่วย เช่น เยื่อจมูกอักเสบ กล้องเสียงอักเสบ คัดจมูก ไอ ระคายเคืองเยื่อปอด ปวดศีรษะ ค่ามาตรฐานของฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดให้ ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร⁶

อุณหภูมิของอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร และส่งผลกระทบต่อสภาวะทางอารมณ์และการทำงานของร่างกาย ผลกระทบต่อสุขภาพจากอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิของอากาศสูงเกินไป จะทำให้เส้นเลือดในร่างกายขยายตัว เพื่อระบายความร้อนออกทางเหงื่อ อาจทำให้รู้สึกอึดอัด และอุณหภูมิเย็นจัดจนเกินไป ก็จะทำให้เส้นเลือดหดตัว เพื่อลดการคายความร้อนออกจากร่างกาย ทำให้รู้สึกหนาวสั่น ค่ามาตรฐานของอุณหภูมิภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดให้อยู่ระหว่าง 24-26 องศาเซลเซียส^{7,15}

ความชื้น คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ แสดงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 20 จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและจมูก ในทางตรงกันข้าม หากความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้เหงื่อระเหยยาก รู้สึกร้อนและอึดอัด ค่ามาตรฐานของความชื้นภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดอาคารใหม่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 65⁸

ความเร็วลม หรือการเคลื่อนไหวของอากาศภายในอาคารมีผลกระทบต่อปัจจัยด้านความสบายของมนุษย์ ความเร็วลมในพื้นที่ส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพาความร้อนระหว่างผู้ใช้อาคารและสภาพแวดล้อมภายในอาคาร การเคลื่อนไหวของอากาศจะช่วยพาความร้อนที่อยู่รอบตัวออกจากร่างกาย ทำให้รู้สึกเย็น และพาความชื้นออกจากผิวของร่างกายจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากความเร็วลมน้อยเกินไป จะทำให้รู้สึกอึดอัด ไม่มีอากาศถ่ายเท ค่ามาตรฐานของความเร็วลมภายในอาคารโดยกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ปี พ.ศ. 2565 กำหนดให้น้อยกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที⁵

แสงสว่าง แสงภายในอาคารส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ไฟส่องสว่างภายในอาคารที่ไม่เหมาะสม เช่น แสงมากเกินไป แสงน้อยเกินไป แสงจ้า และแสงสะท้อน ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้ความเข้มข้นของแสงแตกต่างกัน ทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารรู้สึกรำคาญ อาการที่พบเมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับแสงสว่าง เช่น ตาเมื่อยล้า ระคายเคืองตา มองภาพไม่ชัด ตาแห้ง และปวดศีรษะ¹¹

อัตราการระบายอากาศ คือ การเคลื่อนที่ของอากาศจากภายนอกเข้าไปในอาคาร วัตถุประสงค์ทั่วไปของการระบายอากาศในอาคารคือ เพื่อให้มีอากาศที่ดีต่อการหายใจ รวมถึงเจือจางสารมลพิษที่เกิดในอาคารและกำจัดมลพิษออกจากอาคาร ค่ามาตรฐานที่แนะนำของปริมาณอากาศจากภายนอกที่ต้องนำเข้าสู่ภายในอาคารโดยสถาบัน American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: ASHRAE ฉบับที่ ASHRAE 62.1-2019, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality โดยปริมาณอากาศที่นำเข้าสู่อาคารจะขึ้นกับชนิดของพื้นที่ในอาคารและกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร สามารถคำนวณได้จากสูตร โดยใช้ปริมาณอากาศจากภายนอกต่อพื้นที่ห้อง และ Az หมายถึง พื้นที่ห้องเป็นตารางเมตร^{9,15}

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วยแบบสอบถาม แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลการทำงาน ส่วนที่ 3 อาการ SBS ที่เกิดขึ้นในขณะที่อยู่ในอาคาร และ ส่วนที่ 4 ความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารซึ่งแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ เหมาะสม และไม่เหมาะสม สำหรับแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเอง โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก 1 ท่าน และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมจำนวน 2 ท่าน และนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง (Try out) จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มเจ้าหน้าที่ 30 คน และกลุ่มบุคคลภายนอก จำนวน 30 คน ผลการทดสอบความสอดคล้องด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค สำหรับกลุ่มเจ้าหน้าที่เท่ากับ 0.906 และกลุ่มบุคคลภายนอกเท่ากับ 0.761 สำหรับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น CO₂ และTVOC ตรวจวัดด้วย Q-TRAK IAQ MONITOR TSI model 987 วัดความเร็วลมด้วย TSI Model 966 ตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ด้วย Formaldemeter htV- M วัดแสงสว่างด้วย Tenmar light meter เก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับหายใจใช้ personal pump และ cyclone เพื่อวิเคราะห์หาฝุ่นขนาดเล็ก โดยได้ปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือและชุดเก็บตัวอย่างอากาศก่อนทำการเก็บตัวอย่าง และส่งสอบเทียบกับบริษัทผู้ผลิต TSI Incorporated ในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาฝุ่นขนาดเล็กได้ปรับเทียบบีมเก็บตัวอย่างอากาศด้วย TSI Cal รุ่น 4146 หมายเลขซีเรียล B136229464 ที่ผ่านการสอบเทียบโดย NSC-TISI-TIS ปี พ.ศ. 2563 และในระหว่างการตรวจวัดแสงสว่างได้ทำการปรับศูนย์ (Zeroing) ก่อนการตรวจวัดเป็นระยะๆ เก็บตัวอย่างและตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร พร้อมๆ กับเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามในแต่ละพื้นที่ โดยอธิบายวัตถุประสงค์และขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามแก่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่มาใช้อาคารในชั้นที่ทำการศึกษา ก่อนแจกแบบสอบถามให้แก่ผู้ที่ยินดีให้ข้อมูล และเก็บแบบสอบถามในวันเดียวกัน การตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม CO₂ และ TVOC ตรวจวัดชั่วโมงละ 1 ครั้ง ตั้งแต่ 08:00-15:00 น. โดยเดินหมุนเวียนในจุดที่ตรวจวัดในแต่ละวัน สำหรับการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กในอากาศได้เก็บตัวอย่าง 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการไหลอากาศ 2.5 ลิตรต่อนาที โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่ความสูง 75-120 เซนติเมตรจากพื้น การตรวจวัดแสงสว่างทำการตรวจวัดแบบจุดที่พนักงานทำงาน จำนวนจุดที่ตรวจวัดและจำนวนตัวอย่างอากาศที่เก็บในแต่ละพื้นที่พิจารณาจากขนาดของพื้นที่โดยเฉลี่ยพื้นที่ 4x4 ตารางเมตรต่อตัวอย่าง/จุด สำหรับอัตราการระบายอากาศ ทำการคำนวณอัตราการระบายอากาศจากการ

ประมาณค่าร้อยละของอากาศจากภายนอก (%OA) โดย Indirect method ทำการวัดค่า CO_2 ภายในที่ Return Air Grille และ Supply Air Grille และภายนอกอาคารใกล้กับจุดที่อากาศไหลเข้าอาคาร เนื่องจากไม่สามารถวัดอัตราการไหลเข้าและออกจากอาคารได้โดยตรง และคำนวณ %OA โดยใช้สูตร $[(C_{SA} - C_{RA}) / (C_{OA} - C_{RA})] * 100$ โดย C_{SA} หมายถึง ความเข้มข้นของ CO_2 ใน Supply air จุดใดจุดหนึ่งหลังอากาศภายนอกผสมกับ Return air, C_{RA} หมายถึง ความเข้มข้นของ CO_2 ใน Return air, C_{OA} หมายถึง ความเข้มข้นของ CO_2 นอกอาคาร เปรียบเทียบกับ ASHRAE 62.1-2019 และคำนวณปริมาณอากาศจากภายนอกที่ระดับการหายใจโดยใช้สูตร⁴ $Vbz = (Rp * Pz) + (Ra * Az)$ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยใช้ Descriptive statistics และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศในอาคารกับความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารโดยใช้ Fisher's exact test และความชุกของกลุ่มอาการป่วยกับระดับความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารใหม่โดยใช้ Chi-squared test

การรับรองจริยธรรมการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัย นวมินทราชินี เอกสารรับรองเลขที่ 033/64

ผลการศึกษา

ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งตามประเภท ดังนี้ เจ้าหน้าที่อาคาร A จำนวน 148 คน เป็นเพศหญิง ร้อยละ 75.68 ร้อยละ 84.46 มีอายุน้อยกว่า 45 ปี และมีการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 68.92 ทั้งหมดเป็นเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานสำนักงานในงานต่างๆ เช่น งานธุรการ งานบริการสถานที่ งานสื่อสารส่งเสริมภาพลักษณ์ งานคลัง งานการศึกษา งานทรัพยากรบุคคล

เจ้าหน้าที่อาคาร B จำนวน 142 คน เป็นเพศหญิง ร้อยละ 86.62 มีอายุน้อยกว่า 45 ปี ร้อยละ 51.41 และมีการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 50.70 เจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่เป็นบุคลากรทางการแพทย์ปฏิบัติงานในฝ่ายต่างๆ เช่น ห้องตรวจเวชศาสตร์ครอบครัว สุขภาพชุมชน สังคมสงเคราะห์ คลินิกจิตเวช งานทันตกรรม การเงิน 3 คน เกสซ์กรรม เวชระเบียน และศูนย์ตรวจสุขภาพ บุคคลภายนอกที่เข้ามาใช้บริการภายในอาคาร B จำนวน 285 คน เป็นเพศหญิง ร้อยละ 62.46 มีอายุน้อยกว่า 45 ปี ร้อยละ 64.21 และมีการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 51.58 บุคคลในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่อยู่บริเวณโรงพักคอยคลินิกจิตเวช ฝ่าย ทันตกรรม ห้องตรวจเวชศาสตร์ครอบครัว โรงพักคอยศูนย์ตรวจสุขภาพ คลินิกนรีเวช ชั้น 2 และชั้น 4 โรงพักคอยห้องตรวจคัดกรอง และห้องตรวจกุมาร

ในส่วนของข้อมูลการทำงาน อาคาร A เป็นอาคารสำนักงาน ร้อยละ 77.03 ของผู้ปฏิบัติงานทำงานอยู่ภายในอาคารประมาณ 5-8 ชั่วโมงต่อวัน และร้อยละ 22.97 ปฏิบัติงานล่วงเวลา และร้อยละ 46.62 ปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ 4-8 ชั่วโมงต่อวัน ในขณะที่อาคาร B เป็นอาคารหอผู้ป่วยนอก ผู้ปฏิบัติงานร้อยละ 69.01 ทำงานอยู่ภายในอาคาร ประมาณ 5-8 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 28.17 ปฏิบัติงานล่วงเวลาคลินิกพิเศษ และร้อยละ 42.47 ปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ 4 ชั่วโมงต่อวัน

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารในด้าน อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม แสงสว่าง CO_2 ฟอर्मัลดีไฮด์ TVOC และฝุ่นขนาดเล็ก เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน IAQ ของกรมอนามัยเรื่อง เกณฑ์ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร และ Singapore Standard SS554:2016⁸ สำหรับแสงสว่างเปรียบเทียบกับประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง พ.ศ. 2560 พบว่า อาคาร A ทำการตรวจวัด 16 พื้นที่ มีค่าเฉลี่ยคุณภาพอากาศไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ CO_2 และฟอर्मัลดีไฮด์ โดยพบว่าพื้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จำนวน 14 พื้นที่ CO_2 สูงกว่าค่ามาตรฐานใน 13 พื้นที่ และฟอर्मัลดีไฮด์สูงกว่าค่ามาตรฐาน 8 พื้นที่ (ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร A รายละเอียดดังตารางที่ 1) ในขณะที่อาคาร B นั้น ทำการตรวจวัด 17 พื้นที่ มีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ โดยมีพื้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์ 15 พื้นที่ (ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร B รายละเอียดดังตารางที่ 2) ในขณะที่ผลการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ASHRAE 62.1-2019 พบว่า อาคาร A ตรวจวัด 16 พื้นที่ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 3 พื้นที่ อาคาร B ตรวจวัด 14 พื้นที่ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 7 พื้นที่ ผลการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศ รายละเอียดดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามพื้นที่ของอาคาร A

ชั้น	พื้นที่	อุณหภูมิ °C 24-26 ^a	ความชื้น % < 65 ^a	ความเร็วลม m/s 0.1-0.3 ^a	CO ₂ ppm < 1,000 ^b	CH ₂ O ppm < 0.1 ^b	TVOCs ppm < 1 ^b	ฝุ่นขนาดเล็ก g/m ³ 50 ^b
2	งานธุรการ	22.28*	71.72	0.30	915	0.12*	0.44	5.60
	งานสื่อสารภาพลักษณ์	23.36*	66.46	0.30	934	0.12*	0.42	6.40
	ฝ่ายการคลัง 212	21.83*	59.62	0.27	1287*	0.10*	0.58	18.40
	ฝ่ายการคลัง 213	21.50*	60.38	0.29	1261*	0.11*	0.40	33.79
2	ศูนย์ก่อสร้าง	22.07*	56.96	0.32*	1029*	0.09	0.26	33.59
	ฝ่ายพัสดุ 1	22.20*	63.81	0.33*	1106*	0.09	0.29	50.25*
	ฝ่ายพัสดุ 2	22.98*	61.40	0.34*	1024*	0.10*	0.30	37.51
	ฝ่ายพัสดุ 3	24.33	60.58	0.34*	1063*	0.10*	0.29	36.30
	ฝ่ายพัสดุ 4	21.68*	55.88	0.32*	1185*	0.10*	1.24*	51.94*
	ฝ่ายวิศวกรรม	24.09*	56.28	0.35*	1189*	0.09	0.48	51.88*
	งานบริการสถานที่	20.78*	60.25	0.1	1245*	0.07	0.63	53.16*
	ฝ่ายวิชาการ 1	23.94*	67.95*	0.31*	1244*	0.09	0.84	11.59
	ฝ่ายวิชาการ 2	22.05*	66.36*	0.31*	1201*	0.10*	0.41	11.77
3	ฝ่ายทรัพยากรบุคคล	21.61*	70.69*	0.30*	1341*	0.09	0.73	41.16
	ฝ่ายการศึกษา 1	23.46*	62.41	0.21	910	0.09	0.37	18.78
	ฝ่ายการศึกษา 2	24.23	68.63*	0.31	1107*	0.08	0.39	37.58
ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD		22.65 $\pm$ 1.09*	63.09 $\pm$ 4.89	0.29 $\pm$ 0.04	1128 $\pm$ 133*	0.1 $\pm$ 0.01*	0.50 $\pm$ 0.25	29.05 $\pm$ 15.92

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามพื้นที่ของอาคาร B

ชั้น	พื้นที่	อุณหภูมิ °C 24-26 ^a	ความชื้น % < 65 ^a	ความเร็วลม m/s 0.1-0.3 ^a	CO ₂ ppm < 1,000 ^b	CH ₂ O ppm < 0.1 ^b	TVOCs ppm < 1 ^b	ฝุ่นขนาดเล็ก g/m ³ 50 ^b
B3	คลินิกจิตเวช	22.53*	63.56	0.10	974	0.11*	0.40	21.15
	งานสุขภาพชุมชน	23.91*	62.23	0.15	976	0.10*	0.36	9.60
	ห้องตรวจเวชศาสตร์ครอบครัว	21.24*	62.65	0.14	970	0.10*	0.36	39.52
	งานบริการสังคม	22.07*	64.82	0.11	974	0.11*	0.37	34.36
B1	ฝ่ายทันตกรรม	19.64*	70.41*	0.19	886	0.08	1.05	49.05
G	เวชระเบียน	24.18	62.80	0.30	884	0.07	0.36	8.39
	การเงิน	21.78*	62.00	0.16	734	0.09	0.34	12.42
	ฝ่ายเภสัช	20.68*	60.23	0.30	899	0.10*	0.33	31.46
	ห้องให้คำปรึกษา	23.35*	67.77	0.30	1,236*	0.12*	0.32	24.50
2	ห้องตรวจคลื่นไฟฟ้า	21.05*	62.23	0.21	705	0.07	0.46	16.03
	ศูนย์ตรวจสุขภาพ	21.27*	66.12*	0.23	708	0.08	0.39	16.97
	วางแผนครอบครัว	21.79*	63.77	0.20	776	0.06	0.39	16.42
	ห้องอัลตราซาวด์	21.03*	59.51	0.12	802	0.08	0.31	4.80
	ห้องตรวจนรีเวช	22.05*	56.35	0.11	809	0.07	0.32	18.15
4	ห้องตรวจกุมาร	21.63*	61.94	0.11	737	0.05	0.30	37.72
	ห้องตรวจคัดกรอง	21.16*	63.29	0.13	805	0.05	0.58	38.25
ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD		21.83 $\pm$ 1.15*	63.10 $\pm$ 3.15	0.18 $\pm$ 0.08	868 $\pm$ 134	0.08 $\pm$ 0.02	0.39 $\pm$ 0.16	23.37 $\pm$ 12.40

^aค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารตาม Singapore Standard SS554:2016^bประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565

*ผลการตรวจวัดมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศจำแนกตามพื้นที่ของอาคาร A

ชั้น	พื้นที่ตรวจวัด	จำนวน ผู้ใช้ อาคาร	ขนาด ห้อง (m ²)	Estimated Ventilation rate (l/s)	ASHRAE recommendation value (l/s)	เปรียบเทียบ ASHRAE recommendation value
2	งานธุรการ	7	109.9	34.69	28.90	ผ่าน
	งานสื่อสารภาพลักษณ์	8	64	49.20	41	ผ่าน
	ฝ่ายการคลัง 212	16	102	66.56	68.40	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายการคลัง 213	18	121.6	83.10	84.80	ไม่ผ่าน
	ศูนย์ก่อสร้าง	7	31.35	22.01	26.9	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายพัสดุ 1	7	62.4	11.13	36.22	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายพัสดุ 2	6	62.4	7.77	33.72	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายพัสดุ 3	5	60.8	16.73	30.74	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายพัสดุ 4	3	20.9	7.70	13.77	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายวิศวกรรม	8	101.6	30.59	50.48	ไม่ผ่าน
	งานบริการสถาน	4	13.75	9.87	14.12	ไม่ผ่าน
3	ฝ่ายวิชาการ 1	7	30.4	18.05	26.62	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายวิชาการ 2	13	60.8	119.71	50.74	ผ่าน
	ฝ่ายทรัพยากรบุคคล	34	190	138.66	142	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายการศึกษา 1	13	81.6	26.09	56.98	ไม่ผ่าน
	ฝ่ายการศึกษา 2	24	263.2	115.01	138.96	ไม่ผ่าน

หมายเหตุ Ventilation rate l/s calculation from equation $Vbz = (Rp * Pz) + (Ra * Az)$

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศจำแนกตามพื้นที่ของอาคาร B

ชั้น	พื้นที่ตรวจวัด	จำนวน ผู้ใช้ อาคาร	ขนาด ห้อง (m ²)	Estimated Ventilation rate (l/s)	ASHRAE recommendation value (l/s)	เปรียบเทียบ ASHRAE recommendation value
B3	คลินิกจิตเวช	113	244.25	279.83	529.1	ไม่ผ่าน
	งานสุขภาพชุมชน	10	42.3	26.88	37.69	ไม่ผ่าน
	ห้องตรวจเวชศาสตร์ครอบครัว	56	134.25	57.05	299.43	ไม่ผ่าน
	งานบริการสังคม	3	5.85	7.85	9.26	ไม่ผ่าน
B1	ฝ่ายทันตกรรม	160	365.33	429.15	765.67	ไม่ผ่าน
G	เวชระเบียน					
	การเงิน	3	6	44.96	9.3	ผ่าน
	ฝ่ายเภสัช	20	363	1226.58	376.7	ผ่าน
2	ห้องตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	3	12	2.51	18.6	ไม่ผ่าน
	ศูนย์ตรวจสุขภาพ	80	215	1673.78	439.81	ผ่าน
	ห้องวางแผนครอบครัว	56	134.25	2.35	23.55	ไม่ผ่าน
	ห้องอัลตราซาวด์	8	54	64.56	62.8	ผ่าน
	ห้องตรวจจรรยาเวช	78	263.25	345.85	454.35	ผ่าน
4	ห้องตรวจกุมาร	165	509.75	1153.56	929.3	ผ่าน
	ห้องตรวจศัลยกรรม	117	425.25	685.06	679.75	ผ่าน

หมายเหตุ Ventilation rate l/s calculation from equation $Vbz = (Rp * Pz) + (Ra * Az)$

สำหรับความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารนั้น จากข้อมูลอาการ SBS ในแบบสอบถามส่วนที่ 4 มีเกณฑ์สำหรับใช้วินิจฉัยกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร ดังนี้^{10,33,34} สำหรับกลุ่มเจ้าหน้าที่ คือ มีอาการผิดปกติอย่างน้อย 1 อาการ อาการเหล่านี้เกิดขึ้นภายใน 1 เดือนที่ผ่านมา อาการเหล่านี้มีลักษณะที่บ่งชี้ว่าสัมพันธ์กับการทำงาน เช่น อาการปรากฏขึ้นเฉพาะทำงานในอาคาร จะดีขึ้นเมื่อออกนอกอาคาร หรือหยุดงาน, ไม่มีโรคหรือภาวะอื่นๆ เช่น ภูมิแพ้ ผื่นผิวหนังอักเสบ ไมเกรน การติดเชื้อที่โพรงไซนัส โรคหอบหืดและตั้งครรภ์ และสำหรับบุคคลภายนอก มีอาการอย่างน้อยหนึ่งอาการในระหว่างวันที่เข้ามาใช้อาคาร นับว่า มีอาการผลการสำรวจความชุกอาคาร A พบว่า กลุ่มเจ้าหน้าที่มีอาการป่วยเหตุอาคาร จำนวน 70 ราย จาก 148 ราย ความชุกของอาการป่วยเหตุอาคารคิดเป็นร้อยละ 47.30 อาการที่พบส่วนใหญ่ คือ เหนื่อยล้า ง่วงนอน เชื่องซึม (ร้อยละ 39.19) รองลงมาคือ ตาแห้ง แสบตา และระคายเคืองตา (ร้อยละ 25.68) อาคาร B พบว่า กลุ่มเจ้าหน้าที่มีอาการป่วยเหตุอาคารรวม 52 ราย จาก 142 ราย ความชุกของอาการป่วยเหตุอาคารคิดเป็นร้อยละ 36.62 อาการที่พบส่วนใหญ่คือ ระคายเคืองตา (ร้อยละ 19.01) รองลงมาคือ ระคายเคืองจมูก ไอ จาม (ร้อยละ 14.08) และผิวแห้ง ระคายเคือง (ร้อยละ 14.08) ขณะที่กลุ่มบุคคลภายนอกมีอาการป่วยเหตุอาคาร 58 ราย จาก 285 ราย ความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารคิดเป็นร้อยละ 20.35 อาการที่พบคือ เหนื่อยล้า ง่วงนอน เชื่องซึม (ร้อยละ 9.47) รองลงมาคือ คัดจมูก (ร้อยละ 6.67) และผิวแห้ง ระคายเคือง (ร้อยละ 4.91)

ในส่วนของความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่พึงพอใจอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม กลิ่น ปริมาณฝุ่น ความเข้มของแสงสว่าง และเสียง โดยเห็นว่า “เหมาะสม” อย่างไรก็ตาม พนักงานในอาคาร B ประมาณครึ่งหนึ่งรู้สึกว่าคุณภาพอากาศต่ำเกินไป ดังนั้น โดยรวมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในทั้งสองอาคารมีความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารในระดับปานกลาง ส่วนบุคคลภายนอกมีความพึงพอใจมาก

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร สำหรับอาคาร A ได้แก่ อาการปวดศีรษะของพนักงานมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและระดับ คาร์บอนไดออกไซด์ ($p = 0.034$), ($p = 0.028$) ขณะที่อาการเหนื่อยล้า ง่วงนอน เชื่องซึม มีความสัมพันธ์กับฝุ่นขนาดเล็ก ($p = 0.033$) (ผลการศึกษาย่อยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของอาคาร A รายละเอียดตารางที่ 5) ในขณะที่อาคาร B อาการปวดศีรษะของเจ้าหน้าที่มีความสัมพันธ์กับฟอร์มาลดีไฮด์ ($p = 0.022$) โดยที่ความชุกของอาการปวดศีรษะนั้นพบสูงสุดบริเวณชั้น G โซน 2 บริเวณดังกล่าวมีปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ระหว่าง 0.10-0.12 ppm สูงกว่าค่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อย และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับอาการป่วยเหตุอาคารในกลุ่มบุคคลภายนอก (ผลการศึกษาย่อยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของอาคาร B ดังรายละเอียดตารางที่ 6)

วิจารณ์

จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารใหม่ทั้ง 2 อาคาร ซึ่งเป็นอาคารปิด มีระบบปรับอากาศแบบรวม ผู้ใช้อาคารไม่สามารถปรับอุณหภูมิได้เอง และผลการตรวจวัดไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ฟอร์มาลดีไฮด์ และ CO_2 ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสามนี้สัมพันธ์กับอัตราการระบายอากาศภายในอาคารด้วย กล่าวคือ เมื่อมี CO_2 และฟอร์มาลดีไฮด์ ถูกปลดปล่อยหรือเกิดจากแหล่งภายในอาคาร เช่น ลมหายใจออกของผู้ที่ใช้อาคาร วัสดุในอาคาร เช่น เพอร์นิเจอร์ไม้อัด ไฟเบอร์บอร์ด สีทาภายในอาคาร ฯลฯ ตามลำดับตลอดเวลา แต่อัตราการระบายออกต่ำกว่าเกณฑ์ ทำให้สารเหล่านี้สะสมในอาคารได้ดัง จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่ที่อัตราการระบายอากาศที่ต่ำกว่าค่าเสนอแนะของ ASHRAE 62.1-2019 นั้น ค่าของพารามิเตอร์เหล่านี้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเป็นส่วนใหญ่ในทั้งสองอาคาร ปัจจัยที่ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร ได้แก่ อุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอาการปวดศีรษะ กล่าวคือ ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมีอาการปวดศีรษะมากขึ้น และผู้ป่วย SBS เพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยด้านความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร หากอุณหภูมิภายในอาคารเย็นเกินไป จะทำให้เส้นเลือดหดตัว เพื่อลดการคายความร้อนออกจากร่างกาย ทำให้รู้สึก

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง IAQ กับ SBS ในกลุ่มเจ้าหน้าที่อาคาร A (p-value)

อาการป่วย	อุณหภูมิ	ความชื้น	CO ₂	ฟอร์มาลดีไฮด์	TVOCs	ฝุ่นขนาดเล็ก	อัตราการระบายอากาศ
ผิวแห้ง ระคายเคือง	1	0.601	1	0.456	1	0.398	0.776
คันผิวหนัง	0.485	0.789	1	1	0.623	0.683	1
ระคายเคืองตา	0.224	0.087	0.174	0.405	0.738	1	0.412
ตาแห้ง แสบตา	0.054	0.579	1	1	0.741	0.379	1
น้ำตาไหล	0.209	1	0.684	0.61	0.573	0.599	0.721
คัดจมูก	0.413	0.827	0.598	0.749	0.461	1	0.815
ระคายเคืองจมูก ไอ จาม	0.321	0.554	1	0.392	1	0.535	1
ระคายคอ คอแห้ง	0.768	0.357	1	1	0.692	0.72	0.805
แน่นหน้าอก หายใจลำบาก	1	0.2	0.459	1	1	0.605	0.725
ปวดศีรษะ	0.034	0.855	0.028	1	0.114	0.077	0.425
วิงเวียน	1	1	0.364	1	1	0.227	0.186
เหนื่อยล้า ง่วงนอน เชื่องซึม	0.131	0.239	0.312	0.807	0.767	0.033	0.586
คลื่นไส้	1	0.235	1	1	1	0.217	1
ขาดสมาธิในการทำงาน	0.085	0.848	0.347	0.781	1	0.543	0.301

*The Fisher's exact test is significant at the .05 level

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง IAQ กับ SBS ในกลุ่มเจ้าหน้าที่อาคาร B (p-value)

อาการป่วย	อุณหภูมิ	ความชื้น	CO ₂	ฟอร์มาลดีไฮด์	TVOCs	อัตราการระบายอากาศ
ผิวแห้ง ระคายเคือง	0.215	1	0.095	0.22	0.076	0.116
คันผิวหนัง	1	1	0.087	0.619	0.075	0.165
ระคายเคืองตา	0.462	1	0.574	0.617	0.766	1
ตาแห้ง แสบตา	1	0.293	1	1	1	0.742
น้ำตาไหล	1	0.294	1	0.761	1	0.533
คัดจมูก	0.373	0.149	0.422	0.307	0.72	1
ระคายเคืองจมูก ไอ จาม	0.694	0.579	0.459	1	0.308	0.295
ระคายคอ คอแห้ง	0.692	0.784	0.477	0.631	0.738	0.441
แน่นหน้าอก หายใจลำบาก	1	1	1	0.567	1	0.29
ปวดศีรษะ	0.373	1	1	0.022	0.076	0.116
วิงเวียน	0.59	0.689	1	0.082	1	0.473
เหนื่อยล้า ง่วงนอน เชื่องซึม	0.642	0.543	0.383	0.28	0.47	0.553
คลื่นไส้	1	0.434	1	0.513	1	1
ขาดสมาธิในการทำงาน	0.603	0.73	0.3	0.229	0.217	1

*The Fisher's exact test is significant at the .05 level

หนาว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ D.D.Mitsikostas¹⁰ ได้ทำการศึกษาความชุกของอาการปวดศีรษะรายวัน พบว่า อาการปวดศีรษะสัมพันธ์กับอุณหภูมิต่ำ CO₂ มีความสัมพันธ์กับอาการปวดศีรษะ ความเข้มข้นของ CO₂ สูงกว่าค่ามาตรฐาน เกิดจากการระบายอากาศไม่พอเพียง สารเคมีเช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ จึงสะสมในพื้นที่ได้ เป็นเหตุให้เกิดอาการปวดศีรษะ อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ที่ฟอร์มาลดีไฮด์มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอาการปวดศีรษะ แต่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานนั้น อาจเนื่องมาจากปัจจัยร่วม เช่น การทำงานล่วงเวลาหรือชั่วโมงการทำงานที่มากกว่าปกติอาจเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดอาการปวดศีรษะ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Andreas Moses Appel³ ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานล่วงเวลากับอาการปวดศีรษะ และผลชี้ว่าพนักงานที่ทำงานล่วงเวลามีความเสี่ยงสูงต่ออาการปวดศีรษะและไม่เกรน

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับระดับความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารใหม่

ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารใหม่	กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (ร้อยละ)					
	อาคาร A (เจ้าหน้าที่)		อาคาร B (เจ้าหน้าที่)		บุคคลภายนอก	
	ป่วย	ไม่ป่วย	ป่วย	ไม่ป่วย	ป่วย	ไม่ป่วย
อุณหภูมิ						
เหมาะสม	72.86	74.36	44.23	47.78	27.59	59.91
ไม่เหมาะสม	27.14	25.64	55.77	52.22	72.41	40.09
<i>p</i> -value	0.836		0.683		< .001*	
ความชื้น						
เหมาะสม	80.00	88.46	76.92	60.00	63.79	81.06
ไม่เหมาะสม	20.00	11.54	23.08	40.00	36.21	18.94
<i>p</i> -value	0.156		0.040*		0.005*	
การเคลื่อนไหวของอากาศ						
เหมาะสม	50.00	64.10	59.62	46.67	79.31	87.22
ไม่เหมาะสม	50.00	35.90	40.38	53.33	20.69	12.78
<i>p</i> -value	0.083		0.137		0.125	
กลิ่นรบกวน						
เหมาะสม	65.71	76.92	57.69	58.89	77.59	87.22
ไม่เหมาะสม	34.29	23.08	42.31	41.11	22.41	12.78
<i>p</i> -value	0.131		0.889		0.065	
ปริมาณฝุ่น						
เหมาะสม	41.43	46.15	44.23	42.22	74.14	82.38
ไม่เหมาะสม	58.57	53.85	55.77	57.78	25.86	17.62
<i>p</i> -value	0.563		0.816		0.156	
ปริมาณแสงสว่าง						
เหมาะสม	72.86	73.08	80.77	81.11	96.55	96.48
ไม่เหมาะสม	27.14	26.92	19.23	18.89	3.45	3.52
<i>p</i> -value	0.976		0.960		0.978	
เสียงรบกวน						
เหมาะสม	48.57	60.26	63.46	56.67	70.69	70.04
ไม่เหมาะสม	51.43	39.74	36.54	43.33	29.31	29.96
<i>p</i> -value	0.154		0.427		0.924	

*The Chi-square statistic is significant at the .05 level

สรุป

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า อัตราการระบายอากาศต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยืนยันได้จากระดับ CO₂ ที่เกินมาตรฐานด้วย และผลการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิ และ CO₂ มีสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอาการปวดศีรษะ โดยปัจจัยสาเหตุจากสภาพแวดล้อมการทำงานที่สำคัญ อาจเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ที่สะสมในพื้นที่เมื่ออัตราการระบายอากาศต่ำหรือชั่วโมงการทำงานที่ยาวนานเกินไป สำหรับอุณหภูมิที่ต่ำอาจทำให้เกิดความเครียดทางร่างกาย และส่งผลถึงอาการปวดศีรษะได้ ดังนั้น ในการจัดการปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับอาคารทั้งสองนี้ควรควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการระบายอากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยพิจารณาทั้งการประหยัดพลังงานควบคู่กับเรื่องสุขภาพของผู้ใช้อาคารด้วย

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในรูปแบบภาคตัดขวาง ทำการเลือกเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศในอาคารกับอัตราการระบายอากาศ ความสุขของกลุ่มอาคารป่วยเหตุอาคาร และระดับความพึงพอใจในผู้ใช้อาคารใหม่ การเก็บตัวอย่างจึงอาจไม่ครอบคลุมในทุกช่วงฤดูกาลภายใน 1 ปี

เอกสารอ้างอิง

1. Bandhukun A. *Textbook of occupational medicine*. Bangkok: Nopparat Ratchathani Hospital, Department of Medical Services, Ministry of Public Health; 2011.
2. Thetkathuek A. *Occupational health and safety*. 3rd editions. Bangkok: Odeon Store; 2013. Thai.
3. Appel AM, Török E, Jensen MA, Garde AH, Hansen ÅM, Kaerlev L, et al. The longitudinal association between shift work and headache: results from the Danish PRISME cohort. *Int Arch Occup Environ Health*. 2020;93(5):601-10.
4. ASHRAE. *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Georgia, United States: ASHRAE; 2019. p. 15–24.
5. Attia S. Chapter 5 - Occupants Well-Being and Indoor Environmental Quality. In: Attia S, editor. *Net Zero Energy Buildings (NZEB)*. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann; 2018. p. 117-53.
6. Bureau of Occupational and Environmental Diseases (BOED). *Guide to measuring indoor air quality for entry and exit channels into the country*. Bangkok, Thailand: Aksorn Graphic and Design; 2018.
7. Department of Health. *Recommended values for air quality inside public buildings*. Department of Health, 1 Nov 21, 2022. Nonthaburi: Department of Health; 2022. Thai.
8. Niyomthu I, Boonchu W, Ngammook K. *Promoting indoor air quality*. Nonthaburi: Department of Health; 2010. Thai.
9. Jones B, Molina C. *Indoor Air Quality*. In: Abraham MA, editor. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. 2nd editions. Oxford: Elsevier; 2024. p. 322-35.
10. Mitsikostas DD, Tsaklakidou D, Athanasiadis N, Thomas A. The prevalence of headache in Greece: correlations to latitude and climatological factors. *Headache*. 1996;36(3):168-73.
11. Sawanpanyalert P, Benjawang Y, Bovornkitti S. *Occupational medicine*. Bangkok : JSK printing; 2542.
12. Sajeev V, Anand P, George A. Chapter 12 - Indoor air pollution, occupant health, and building system controls—a COVID-19 perspective. In: Assadi A, Amrane A, Nguyen TA, editors. *Hybrid and Combined Processes for Air Pollution Control*. Oxford: Elsevier; 2022. p. 291-306.
13. Suphatra. *Building allergy, silent danger from buildings = Sick building syndrome (SBS)*. Bangkok: Sangdown; 2010. Thai.
14. The Government of Hong Kong Special Administrative Region; Indoor Air Quality Management Group. *A Guide in Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places*. Hong Kong: The Government of Hong Kong Special Administrative Region; 2019.
15. Phanprasit W. *Indoor Air Pollution Action Manual*. Bangkok: Bureau of Health. Environmental Health Division. General Sanitation Department; 2000. Thai.
16. Punprasit W, Boonyayothin V. Estimating the percentage of air from outside flowing into the room or building (%OA). *Thailand Journal of Health Promotion and Environmental Health*. 2002;96-104. Thai.
17. *Operational Manual for Indoor Air Quality Assessment For officials*. Nonthaburi: Bureau of Environmental Health, Department of Health; 2016. Thai.