คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4

ณรงค์เดช พิมพรรณ
สาวิตรี ภมร
อัจฉราลักษณ์ แคนลา
ภูริดา อินทะสร้อย

กลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี
กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

ปี พ.ศ. 2566

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ในครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก นายแพทย์เอนก มุ่งอ้อมกลาง ผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี ดร.เดชา บัวเทศ นักวิชาการสาธารณสุขเชี่ยวชาญ รองผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี ดร.อรพันธ์ อันติมานนท์ นักวิชาการสาธารณสุขเชี่ยวชาญ รองผู้อำนวยการกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม นายวุฒิศักดิ์ รักเดช นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ ดร.ศรสิทธิ์ จิรังดา นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการ และดร.ทองสุข สีชุมแสง นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนนทบุรี สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดลพบุรี สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสระบุรี สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสิงห์บุรี ที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวก และผู้อำนวยการ คณะผู้บริหาร เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลทั้ง 6 แห่ง ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและเก็บตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่กลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรีทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกและสนับสนุนช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

บทคัดย่อ

การจัดการคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล ทั้งผู้เข้ารับบริการและผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลโดยเฉพาะหอผู้ป่วยใน ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง พารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) กลุ่มตัวอย่างและพื้นที่ศึกษา คือ หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขต สุขภาพที่ 4 โดยทำการคัดเลือกจากการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ประกอบด้วยโรงพยาบาลศูนย์ 1 แห่ง โรงพยาบาลทั่วไป 1 แห่ง โรงพยาบาลชุมชน 2 แห่ง และโรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวง สาธารณสุข 2 แห่ง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ระหว่างเดือนตุลาคม 2564 ถึง กันยายน 2565 ด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางด้านอาชีวสุขศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด รวมทั้งวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง พารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการศึกษา พบว่า โรงพยาบาลที่ศึกษาทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐานไม่มีปัญหาคุณภาพอากาศ ภายในอาคาร ในพารามิเตอร์ดังนี้ 1) พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) ได้แก่ ปริมาณ แบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) และปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) 2) พารามิเตอร์ฝุ่นละออง (Particulate Matter) ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และ 3) พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ก๊าซโอโซน (O_3) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) มีเพียงโรงพยาบาล 1 แห่ง ผลตรวจวัด ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกินค่ามาตรฐาน คือ ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น 3 (IPD) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารพบปัญหาที่พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) มีโรงพยาบาล 4 แห่ง อุณหภูมิ (Temperature) เกินค่ามาตรฐาน จำนวน 6 จุด และมีโรงพยาบาล 4 แห่ง ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) เกินค่ามาตรฐาน จำนวน 14 จุด ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อาจจะส่งผลต่อความรู้สึกไม่สบาย อึดอัด และอบอ้าว ของผู้ใช้ อาคาร เสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบทางด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้เข้ารับบริการ ดังนั้นโรงพยาบาลจึง ควรปรับปรุงระบบปรับอากาศ และระบายอากาศอาคารหอผู้ป่วยในให้เหมาะสมต่อภาวะสบายเชิงความร้อน รวมถึงควรเฝ้าระวังเรื่องของความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หากค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน อาจทำ ให้เกิดเชื้อราและอาจก่อให้เกิดโรคได้

คำสำคัญ : คุณภาพอากาศภายในอาคาร, ผู้ปฏิบัติงานหอผู้ป่วยใน, สภาวะสบายเชิงความร้อน

Abstract

Air quality management in hospitals is an important factor in controlling hospital infections for both service recipients and the health protection of healthcare workers, especially in inpatient wards. Therefore, the objectives of this research were to study the indoor air quality and to analyze the relationship between the indoor air quality parameters of the inpatient wards by the quantitative research. The sample group and study area were the wards of six hospitals in health region 4 by purposive sampling, consisting of one regional and general hospitals, two community hospitals, and two hospitals outside the control of the Office of the Permanent Secretary for Public Health. The primary data were collected between October 2021 to September 2022 by using occupational hygienic tools and were analyzed using descriptive statistics including percentage, mean, standard deviation, minimum, and maximum values. In addition, the relationship between the indoor air quality parameters of the wards was carried out by using the Pearson Correlation Coefficient (r).

The results found that those six hospitals passed the standard values for every measuring points meaning that there were no problems with indoor air quality in the following parameters: 1) biological parameters including total bacteria and total mold in the atmosphere; 2) dust parameters including the amounts of particulate matter with a diameter of less than 10 microns ($PM_{1\ 0}$) and 2.5 microns ($PM_{2.5}$); and 3) chemical parameters including the amount of carbon dioxide (CO_2), formaldehyde (CH_2O), ozone (O_3) and total volatile organic compounds (Total VOCs). However, there was only one hospital that carbon monoxide (CO) in the staff office on the 3rd floor was found to excess the standard level. The result of the indoor air quality measurements demonstrated that there were thermal comfort parameter problems with an excess of temperature in 4 hospitals for 6 measuring points and relative humidity in 4 hospitals for 14 measuring points. These two parameters might affect the users' discomfort and stuffiness, including the risk of health effects on both workers and service recipients in the wards. Consequently, hospitals should improve their air conditioning systems and ventilation in the inpatient ward buildings to be appropriate for thermal comfort. Also, the surveillance of relative humidity should be paid attention if the relative humidity is higher than the standard level which could cause fungus and disease.

Keywords: indoor air quality, inpatient ward healthcare workers, thermal comfort

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..........ก

บทคัดย่อ..........ข

สารบัญ..........ง

สารบัญตาราง..........ฉ

สารบัญรูปภาพ..........ซ

บทที่ 1 บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา..........1
2. คำถามการวิจัย..........2
3. วัตถุประสงค์การวิจัย..........2
4. ขอบเขตการวิจัย..........3
5. ความสำคัญของการวิจัย..........3
6. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย..........3
7. กรอบแนวคิดในการวิจัย..........4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้คุณภาพอากาศและปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ..........5
2. การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร..........11
3. แนวทางการตรวจประเมินและวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร..........23
4. ลักษณะการการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล..........26
5. แนวคิดการสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล.....28
6. คุณภาพอากาศที่ส่งผลเสียต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล............33
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..........38

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ขอบเขตการวิจัย..........42
2. วิธีดำเนินการวิจัย..........42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาล......46

ส่วนที่ 2 ผลวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล......47

ส่วนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน......59
ของโรงพยาบาล

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย......67
2. อภิปรายผลการวิจัย......69
3. ข้อเสนอแนะ......73

บรรณานุกรม......ฌ

ภาคผนวก......ฎ

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อันตรายของฝุ่นละอองต่อร่างกายมนุษย์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ..10
ตารางที่ 2 หน้าที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั่วไป...11
ตารางที่ 3 ค่าอัตราการระบายอากาศภายในอาคารประเภทต่าง ๆ..16
ตารางที่ 4 ชนิดของพัดลมระบายอากาศ และปริมาณการระบายอากาศ...21
ตารางที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานค่าจุลินทรีย์แขวนลอยในอากาศตามมาตรฐาน EU GMP..................................25
ตารางที่ 6 สาเหตุการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศภายในอาคารซึ่งก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย..................35
ต่อผู้ใช้อาคาร
ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาล...46
ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้าน...........................49
สภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) แยกตามโรงพยาบาล
ตารางที่ 9-1 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านเคมี.................51
(Chemical parameters) แยกตามโรงพยาบาล
ตารางที่ 9-2 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านเคมี.................53
(Chemical parameters) ต่อ แยกตามโรงพยาบาล
ตารางที่ 10 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านฝุ่นละออง..........55
(Particulate Matter) แยกตามโรงพยาบาล
ตารางที่ 11 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ................57
(Biological parameters) แยกตามโรงพยาบาล
ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)............................59
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO).............................60
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (Temperature)....................................60
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Relative humidity).....61
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O)....................................62
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซโอโซน (O_3)..62
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs)......63
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน.....64
(PM_{10}) กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน........64
($PM_{2.5}$) กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ..........................65
(Total Bacteria)กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
ตารางที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total Mold)........66
กับพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 1 ตัวอย่างระบบอากาศแบบ Split type....................12
รูปภาพที่ 2 ตัวอย่างระบบปรับอากาศแบบ Package....................13
รูปภาพที่ 3 ตัวอย่างระบบปรับอากาศแบบ chiller....................13
รูปภาพที่ 4 ตัวอย่างระบบปรับอากาศแบบ VRF....................14
รูปภาพที่ 5 การระบายอากาศโดยธรรมชาติ....................15
รูปภาพที่ 6 การระบายอากาศแบบเชิงกล....................16
รูปภาพที่ 7 เกณฑ์การยอมรับตาม ASHRAE 170....................19
รูปภาพที่ 8 แผนผังแสดงความสัมพันธ์และเส้นทางสัญจรระหว่างพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ ในหอผู้ป่วยใน...........27
รูปภาพที่ 9 แสดงทิศทางการไหลของกระแสลมสำหรับห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย....................28
รูปภาพที่ 10 ตัวอย่างการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยแบบแรงดันลบ....................29

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นปัจจัยกำหนดภาวะสุขภาพปัจจัยหนึ่งของมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์ใช้ชีวิตประจำวันส่วนใหญ่อยู่ภายในอาคารประมาณร้อยละ 90.00 (ปานทิพย์ ธิโนชัย และคณะ, 2561) ได้แก่ บ้าน โรงเรียน หรือสถานที่ทำงาน ทั้งนี้องค์การอนามัยโลก (WHO) คาดว่าร้อยละ 30.00 ของอาคารทั่วโลกอาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร สภาพแวดล้อมที่เป็นสถานที่ปิดของอาคารทำให้เกิดการสัมผัสสารปนเปื้อนในอากาศภายในอาคาร การปนเปื้อนคุณภาพอากาศภายในอาคารอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ปัจจัยทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ ซึ่งสิ่งปนเปื้อนอากาศภายในอาคารประกอบด้วย ฝุ่น เส้นใย ก๊าซ ไอระเหยสารเคมี แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส เป็นต้น แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จากอากาศภายนอกอาคารและการระบายอากาศภายในอาคาร (ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข, 2552) อีกทั้งภายในตัวอาคารยังมีวัสดุตกแต่ง เครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ล้วนแล้วสิ่งเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดมลพิษภายในอาคารได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เมื่อผู้ที่เข้ามาใช้งานหรือปฏิบัติงานอยู่ในอาคารสูดเอาอากาศจากสภาพแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนเข้าไปจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งมลพิษเหล่านี้จะทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพโดยแสดงอาการที่แตกต่างกันไป (พิพัฒน์ ลักษมีจรัลกุล และคณะ, 2554) เช่น ภูมิแพ้ หอบหืด ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง อาการเจ็บป่วยระบบทางเดินหายใจ และอาการเจ็บป่วยไม่ทราบสาเหตุของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารเรียกว่า กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (Burge, 2004; Norback and Nordstrom, 2008) สำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ ประวัติการเจ็บป่วย การสูบบุหรี่ และลักษณะงานที่ทำ (Brasche et al., 2001; Runeson et al., 2006) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เช่น ด้านกายภาพ ได้แก่ อุณภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การระบายอากาศ ด้านชีวภาพ ได้แก่ จุลชีพ(แบคทีเรีย เชื้อรา) ด้านเคมี ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซโอโซน (O_3) และก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) (ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข และคณะ, 2553)

การปนเปื้อนคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีสาเหตุมาจากสารชีวภาพ โดยเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและเชื้อรา) มีปัจจัยความชื้นในอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งการปนเปื้อนจุลินทรีย์ภายในอาคารนั้นเกี่ยวข้องกับการเกิดอาการระบบทางเดินหายใจ อาการแพ้ หอบหืดและมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย การปนเปื้อนคุณภาพอากาศสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทตามความรุนแรงและ

ความสามารถในการฟื้นตัว ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (sick building syndrome) และอาการจากปฏิกิริยาการแพ้ต่าง ๆ กลุ่มที่ 2 การเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร (Building-related illness) การเจ็บป่วยจากภูมิคุ้มกันและการเจ็บป่วยจากการติดเชื้อ และกลุ่มที่ 3 เป็นผลกระทบระยะยาวและเป็นผลกระทบที่นักวิจัยกำลังให้ความสนใจมากขึ้น เช่น การเกิดมะเร็ง ระบบหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น โรงพยาบาลเป็นแหล่งที่มีกิจกรรมการดูแลผู้ป่วย ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ และเป็นสถานที่รวมผู้ที่อาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้มาก เช่น ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง ผู้สูงอายุและเด็ก การจัดการคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลทั้งแก่ผู้เข้ารับบริการและเป็นการปกป้องสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลด้วย (รชนีกร วีรเจริญ และคณะ, 2563) โดยเฉพาะหอผู้ป่วยใน ซึ่งต้องมีการจัดระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและลดความเสี่ยงที่สำคัญที่อาจเกิดต่อผู้เข้ารับบริการ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน ตามแนวทางการตรวจวัดตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร SS554 : Code of practice for indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore (Singapore. SS554, 2013) และข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศตามแนวทาง NIOSH Method : 0800 BIOAEROSOL (Indoor air) ดำเนินการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัด วิเคราะห์ และแปลผลข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) ในการสรุปลักษณะคุณภาพอากาศหอผู้ป่วยใน และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)

2. คำถามการวิจัย

1. คุณภาพอากาศหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล มีคุณลักษณะอย่างไร
2. พารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล ปีงบประมาณ 2565
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล ปีงบประมาณ 2565

4. ขอบเขตการวิจัย

1. ตัวแปรต้นหรืออิสระ (Independent variables) ได้แก่

1.1 พารามิเตอร์ด้านเคมี ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ก๊าซโอโซน (O_3) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs)

1.2 พารามิเตอร์ด้านฝุ่นละออง ประกอบด้วย ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

1.3 พารามิเตอร์ด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน ประกอบด้วย อุณหภูมิ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

1.4 พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ ประกอบด้วย ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) และปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold)

2. ตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่

คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน

3. พื้นที่ศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

การศึกษาครั้งนี้ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ในกลุ่มตัวอย่างอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลที่มีผลตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรารวมในบรรยากาศ

พื้นที่ศึกษา ได้แก่ หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล ปีงบประมาณ 2565 จำนวน 6 แห่ง ประกอบด้วย โรงพยาบาลศูนย์ 1 แห่ง โรงพยาบาลทั่วไป 1 แห่ง โรงพยาบาลชุมชน 2 แห่ง และโรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข 2 แห่ง

4. ระยะเวลา ใช้ระยะเวลา 1 ปี ตุลาคม 2564 ถึง กันยายน 2565

5. ความสำคัญของการวิจัย

1. ข้อมูลผลการศึกษาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขและวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโรงพยาบาล เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคารของผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาล

2. ใช้ในการวางแผนการดูแลรักษาสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานหอผู้ป่วยในและผู้มารับบริการในโรงพยาบาล

6. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality หรือ IAQ) หมายถึง สภาวะของอากาศภายในอาคารและบริเวณโดยรอบอาคารที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ และสภาวะความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร

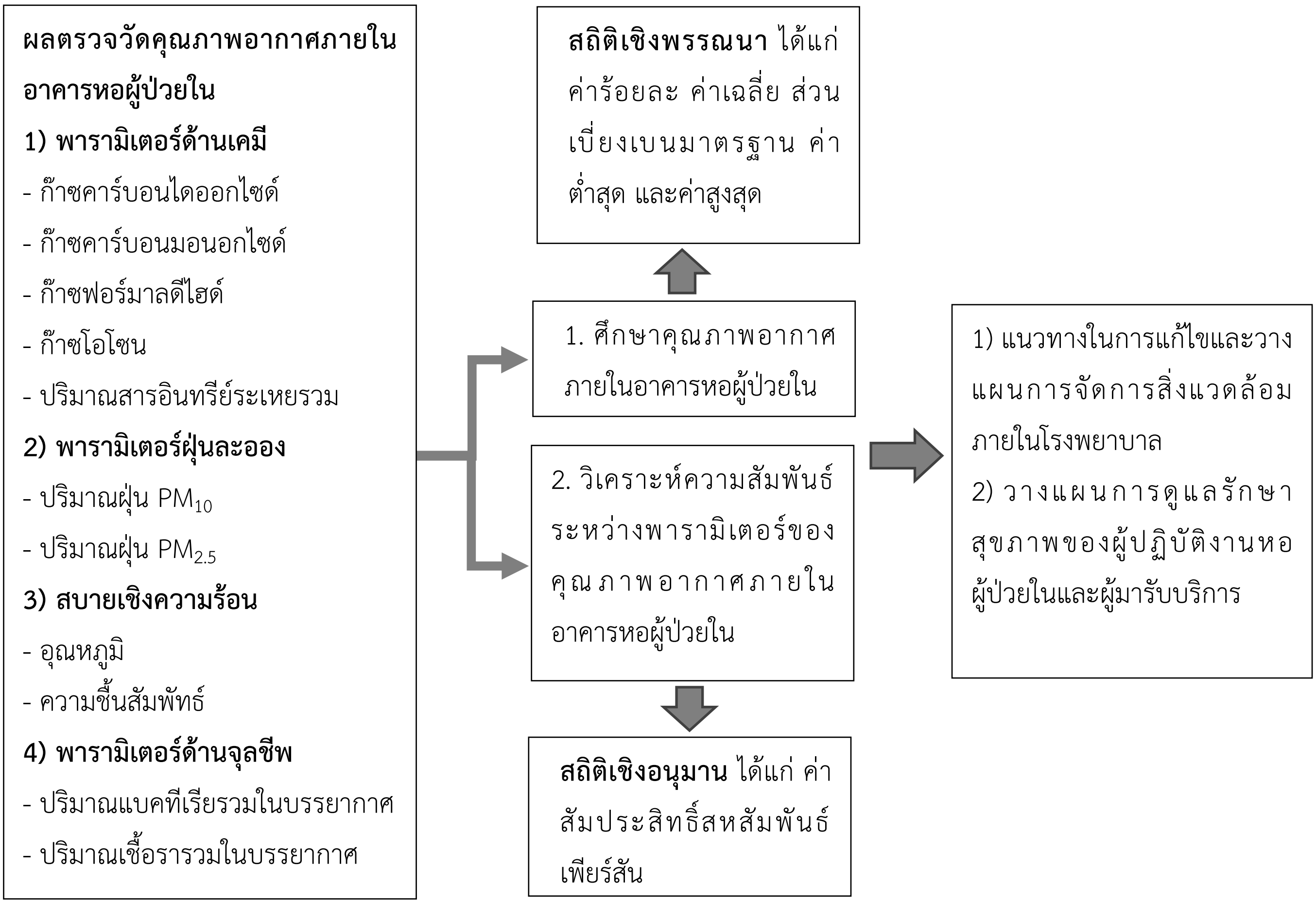
ผู้ปฏิบัติงานพยาบาลหอผู้ป่วยใน หมายถึง บุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่บริการพยาบาลอยู่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล เช่น แพทย์ เภสัชกร พยาบาลวิชาชีพ กายภาพบำบัด ผู้ช่วยพยาบาล เป็นต้น

อาคารหอผู้ป่วยใน หมายถึง สถานที่สำหรับผู้ป่วยที่พักค้างคืนเพื่อรักษาตัวในโรงพยาบาล ได้รับการรักษาพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรคที่ได้มาตรฐาน และการฟื้นฟูสภาพ

พารามิเตอร์คุณภาพอากาศ หมายถึง คุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นจะมีผลต่อสภาวะความสบาย รวมถึงสุขภาพอนามัย และประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้งานในอาคารนั้น ๆ โดยมีพารามิเตอร์ที่จะถูกนำมาใช้พิจารณาเพื่อแสดงถึงคุณภาพของอากาศภายในอาคารประกอบด้วย พารามิเตอร์ด้านเคมี พารามิเตอร์ฝุ่นละออง พารามิตอร์สบายเชิงความร้อน และพารามิเตอร์ด้านจุลชีพ

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังต่อไปนี้



บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) ซึ่งใช้วิธีการศึกษารวบรวมข้อมูลปฐมภูมิด้วยเครื่องมือการตรวจวัดทางด้านอาชีวสุขศาสตร์ และการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิประเภทเอกสารทางวิชาการเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการจัดการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า รวบรวม และเรียบเรียงข้อมูลที่เป็นสาระสำคัญจากเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในเชิงกว้างและเฉพาะกับคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล ผู้วิจัยขอนำเสนอตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. ความรู้คุณภาพอากาศและปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ
2. การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร
3. แนวทางการตรวจประเมินและวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร
4. ลักษณะการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
5. แนวคิดการสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
6. คุณภาพอากาศที่ส่งผลเสียต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้คุณภาพอากาศและปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ

1.1 มลพิษทางอากาศภายในอาคาร (คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559)

สิ่งเจือปนที่สะสมอยู่ภายในอาคารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ส่วนใหญ่เป็นสารมลพิษต่างๆ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารมีประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมหรือทำงานลดลง และมีการขาดงานมากขึ้น เนื่องจากคุณภาพอากาศภายในอาคารไม่เป็นไปตามมาตรฐานหรือคำแนะนำที่กำหนด โดยสารมลพิษทางอากาศภายในอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ มีดังนี้

1.1.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ผลกระทบทางสุขภาพเมื่อสัมผัสก๊าซชนิดนี้ เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ จะเกิดอาการพิษเฉียบพลันได้ ในกรณีที่ก๊าซแทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่จำกัด ทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ ถ้าสูดดมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงมากร่างกายจะตอบสนองโดยเริ่มจากการหายใจลึกมากกว่าเดิม หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน คือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ถ้าความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 12.00 หรือมากกว่าจะหมดสติภายใน 1-2 นาที ดังนั้นภายในอาคารควรมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่เกิน 1,000 ppm สำหรับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน ข้อเสนอแนะเพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีดังนี้

- รณรงค์ให้ผู้ใช้อาคารทราบถึงอันตรายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง
- ควรติดตั้งระบบระบายอากาศที่เหมาะสม เพื่อลดการสะสมของมลพิษทางอากาศจากการระบายอากาศ การกรองอากาศ และระบบบำบัดอากาศ
- ควรเพิ่มหรือขยายพื้นที่ห้องทำงาน ให้เพียงพอต่อจำนวนเจ้าหน้าที่ ที่เข้ามาปฏิบัติงานในห้อง ถ้าไม่สามารถเพิ่มหรือขยายพื้นที่ห้องทำงานได้ ควรลดจำนวนเจ้าหน้าที่ ที่เข้ามาปฏิบัติงานในห้อง เนื่องจากถ้ามีเจ้าหน้าที่จำนวนมากและมีการทำกิจกรรมในห้อง จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากยิ่งขึ้น
- ในช่วงเวลาพักงาน หรือพักเที่ยง ควรปิดเครื่องปรับอากาศ และเปิดหน้าต่างหรือประตูเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หมุนเวียนหรือตกค้างในห้อง

1.1.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) หากผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารได้รับหรือสัมผัสกับก๊าซชนิดนี้ จะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายได้ เนื่องจากก๊าซชนิดนี้สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเลือดได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนประมาณ 200-250 เท่า จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่ออวัยวะที่สำคัญของร่างกายได้ เช่น หัวใจ สมอง และกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดอาการมึนงง ปวดหรือวิงเวียนศีรษะ อาเจียน แน่นหน้าอก เสียการทรงตัว อ่อนเพลีย หมดแรง รู้สึกสับสนและเกิดสภาวะสมองขาดออกซิเจน และถ้าได้รับหรือสัมผัสในปริมาณมากอาจทำให้หมดสติและเสียชีวิตได้ ดังนั้นภายในอาคารควรมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 9 ppm สำหรับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน โดยแนวทางการป้องกันอันตรายจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีดังนี้

- รณรงค์ให้ผู้ใช้อาคารทราบถึงอันตรายของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และหลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูง
- ควรระมัดระวังการหุงต้มในครัวเรือน เช่น การใช้เตา เครื่องทำน้ำอุ่น และอุปกรณ์ทำความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงทุกชนิด รวมทั้งควรติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวให้อยู่ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกและควรเปิดหน้าต่างระบายอากาศทุกครั้งหลังการหุงต้ม นอกจากนี้ผู้ที่ใช้อาคารที่เป็นสตรีมีครรภ์ เด็กเล็ก ผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับโรคหลอดเลือดหัวใจ ควรหลีกเลี่ยงการอยู่ในอาคารหรือสถานที่ที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูง
- อาคารต่างๆ รวมถึงห้างสรรพสินค้าที่มีลานจอดรถ เช่น สำนักงาน ร้านค้า ร้านอาหาร และห้องสัมมนา เป็นต้น โดยสถานที่เหล่านี้ต้องมีการระบายอากาศที่เพียงพอ เนื่องจากลานจอดรถภายในอาคารมีความเสี่ยงสูงที่จะมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ รวมทั้งร่วมกันรณรงค์ห้ามติดเครื่องยนต์ขณะจอดรถในบริเวณลานจอดรถ

1.1.3 อุณหภูมิภายในอาคาร (Operative temperature) มาตรฐานอุณหภูมิภายในอาคารที่เหมาะสมตามมาตรฐาน SS554:2013ของ SPRING SINGAPORE ประเทศสิงคโปร์และมาตรฐาน

ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 ซึ่งกำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานอุณหภูมิในอาคารที่เหมาะสมในอาคารที่ 24-26 องศาเซลเซียส สำหรับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน ในกรณีที่อุณหภูมิในอาคารเกินค่ามาตรฐาน ควรบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศสม่ำเสมอ

1.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : RH) ควรเฝ้าระวังเรื่องของความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน อาจทำให้เกิดเชื้อราและอาจก่อให้เกิดโรคได้ แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ก่อให้เกิดเชื้อราและการขยายพันธุ์ของเชื้อราต้องอาศัยสปอร์ที่ล่องลอยไปตามอากาศและไปตกในสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ รวมทั้งมีแหล่งอาหารที่ดี อุณหภูมิประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส ความชื้นมากกว่า 60%RH นอกจากนี้ยังพบว่าในที่ที่แสงแดดส่องไม่ถึงและมีการระบายอากาศไม่ดี จะเป็นปัจจัยที่ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีความชื้นเกิน 60%RH ในแต่ละพื้นที่มีความน่าจะเป็นที่ทำให้เกิดเชื้อราขึ้นได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ดังนั้น วิธีการแก้ปัญหาเชื้อราที่ดีที่สุดคือการควบคุมความชื้นไม่ให้เกิน 60%RH ซึ่งจะทำให้เชื้อราไม่สามารถเติบโตและขยายพันธุ์ได้ในระดับที่เป็นอันตราย โดยมีข้อเสนอแนะทั่วไปดังต่อไปนี้

- ลดวัสดุที่เป็นแหล่งอาหารของรา เช่น ฝุ่น ผ้าเปียก กระดาษ พรม และวอลเปเปอร์ เป็นต้น
- บำรุงรักษาอ่างล้างอุปกรณ์หรือล้างมือในห้องทำหัตถการหรือห้องทำงานอื่น ๆ ให้พร้อมใช้งานเสมอ อาจจะมีน้ำรั่วซึมบริเวณข้อต่อท่อน้ำได้
- ในกรณีที่พบแหล่งความชื้น เช่น น้ำรั่วหรือน้ำขังให้รีบแก้ไขและทำให้พื้นที่ดังกล่าวแห้งสนิทซึ่งถ้าปัญหาดังกล่าวถูกแก้ไขภายใน 24-48 ชั่วโมง เชื้อราจะยังไม่เจริญเติบโต
- ตรวจสอบ และปรับปรุงระบบหมุนเวียนอากาศ และระบายอากาศให้ได้ตามมาตรฐาน
- ควรจัดการคุณภาพอากาศก่อนนำไปใช้งาน เช่น มีระบบ Dehumidifier เพื่อลดความชื้นในพื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคาร

1.1.5 ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde : CH_2O) เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุนที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาจากวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง หรือวัสดุตกแต่งอาคารที่มีส่วนประกอบของสารเคมี ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์จะมีฤทธิ์กัดกร่อน ลักษณะอาการจะขึ้นอยู่กับการสัมผัส โดยถ้าสัมผัสทางการหายใจจะทำให้เกิดอาการไอ เจ็บคอ และหายใจติดขัด ถ้าสัมผัสทางผิวหนังจะทำให้เกิดผื่นแดง ปวดแสบปวดร้อน และผิวหนังไหม้ และหากกินหรือกลืนเข้าไปจะทำให้เจ็บคอ ปวดท้อง และท้องร่วง รวมทั้งถ้าสัมผัสทางตาจะทำให้เป็นตาแดง เจ็บตา และทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน ซึ่งถ้าร่างกายได้รับการสะสมเป็นระยะเวลานานจะทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อนต่อเยื่อบุตา ผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ การหายใจเข้าไปจะทำให้ปอดอักเสบ การกลืนกินเข้าไปจะทำให้ทำลายตับ ไต และหัวใจ รวมทั้งอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม และเป็นสารก่อมะเร็งได้

ถ้าได้รับการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้นสูงจะส่งผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ได้ โดยถ้าร่างกายได้รับการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 15 ppm จะทำให้เกิดการระคายเคือง ทำให้มีอาการหอบหืด และโรคทางเดินหายใจได้ (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2555) แต่ถ้าร่างกายได้รับการสัมผัส

ฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งมีความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ระหว่าง 0.04 - 0.1 ppm จะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ เนื่องจากถ้าเข้าสู่ร่างกายก็จะถูกขจัดออกจากโลหิตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นควรควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารให้มีความเข้มข้นของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ได้ไม่เกิน 0.1 ppm เพื่อป้องกันอันตรายที่จะส่งผลกระทบต่อร่างกายได้

นอกจากนี้วัสดุที่เป็นแหล่งที่มาหลักของฟอร์มาลดีไฮด์ ได้แก่ ไม้อัด และผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากไม้อัด โดยประเทศตะวันตกได้มีการกำหนดเกณฑ์แยกไม้อัดตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีอยู่ในไม้อัด ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มคือ E0-E5 โดยที่กลุ่ม E0 จะเป็นไม้อัดที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ หรือมีฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราที่น้อยมาก และไม่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ ต่อผู้ที่ใช้งาน แต่ในทางตรงกันข้ามกลุ่ม E5 จะเป็นไม้อัดที่มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์สูง นอกจากนี้อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมจะยิ่งเพิ่มการปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณที่สูงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นแนวทางการป้องกันอันตรายจากก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ มีดังนี้

- ผู้ออกแบบอาคาร ผู้ใช้อาคารหรือผู้อาศัยอยู่ภายในอาคารควรเลือกใช้วัสดุที่ปราศจากการปล่อยก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์หรือมีการปลดปล่อยก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณน้อย เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์
- ควรลดปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ในแผ่นไม้ โดยการปรับปรุงและพัฒนากาวหรือสารยึดติด ให้มีความปลอดภัยต่อสุขภาพมากกว่ากาวที่มีฟอร์มาลีน ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์
- การใช้ไม้ประดับดูดสารมลพิษ จากการวิจัยของ Dr. B.C. Wolverton เป็นนักวิจัยของนาซ่า พบว่า ดอกไม้ประดับหลายชนิดสามารถดูดไอระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ในเฟอร์นิเจอร์ได้ดีเป็นพิเศษ ซึ่งไม้ประดับส่วนใหญ่สามารถปลูกได้ดีในประเทศไทย
- ควรใช้เครื่องปรับอากาศและเครื่องลดความชื้น เพื่อรักษาอุณหภูมิในระดับปานกลาง และลดระดับความชื้น
- ผู้ใช้อาคารที่เป็นโรคภูมิแพ้ไม่ควรทำงานกับฟอร์มาลดีไฮด์
- เพิ่มการระบายอากาศหลังจากนำเฟอร์นิเจอร์ใหม่เข้ามาตกแต่งภายในอาคารและควรมีระบบระบายอากาศที่เพียงพอสำหรับสถานที่ทำงานและมีระบบดูดอากาศเฉพาะที่
- หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ หรือถ้ามีความจำเป็นต้องสัมผัสให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกันทางเดินหายใจ ถุงมือ และกระบังหน้า เป็นต้น
- ถ้าเป็นไปได้ควรใช้สารอื่น ๆ ที่มีพิษน้อยกว่ามาทดแทนการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์

1.1.6 ก๊าซโอโซน (Ozone : O_3) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา Photochemical ภายใต้แสงอาทิตย์ จากการทำปฏิกิริยาของสาร Precursor เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds : VOCs) โอโซนดังกล่าวอาจเกิดจากภายนอกเดินทางเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากนี้โอโซนยังเกิดจากการแตกตัวของก๊าซออกซิเจนเมื่อมีกระแสไฟฟ้าแรงสูงเดินทางผ่าน เช่น ในกระบวนการถ่ายเอกสาร และการทำงานของเครื่องเลเซอร์ปริ้นท์เตอร์ โอโซนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ได้สัมผัสในปริมาณสูง ทั้งนี้อันตรายของโอโซนต่อร่างกายมนุษย์

ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ค่ามาตรฐานปริมาณก๊าซโอโซนภายในอาคาร ตามมาตรฐาน SS554:2013 ของ SPRING SINGAPORE ประเทศสิงคโปร์ และมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 ซึ่งกำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานค่าปริมาณก๊าซโอโซนในอาคารที่เหมาะสมสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน ต้องไม่เกิน 0.1 ppm

1.1.7 สารอินทรีย์ระเหย (Volitile Organic Compounds : VOCs) สารอินทรีย์ระเหยมีหลายชนิด โดยมีแหล่งกำเนิดทั้งภายในและภายนอกอาคาร สารอินทรีย์ระเหยส่วนใหญ่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว เช่น เบนซีน ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง หากได้รับการสัมผัสเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน นอกจากนี้สารอินทรีย์ระเหยส่วนใหญ่ยังก่อให้เกิดกลิ่นฉุนที่รุนแรง หากมีอยู่ในอากาศในปริมาณสูง และอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจแบบเฉียบพลัน อย่างไรก็ตามการกำหนดค่ามาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยในอาคาร จะมุ่งเน้นเพื่อปกป้องให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารไม่ได้รับสัมผัสกลิ่นที่อาจก่อให้เกิดความรำคาญ ปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดระดับของสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดในอากาศภายในอาคาร เพื่อป้องกันการสัมผัสระยะยาวอย่างชัดเจน มาตรฐานค่าปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวมภายในอาคาร ตามมาตรฐาน SS554:2013 ของ SPRING SINGAPORE ประเทศสิงคโปร์ และมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 ซึ่งกำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยรวมในอาคารที่เหมาะสมสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคารตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน ต้องไม่เกิน 3 ppm

1.1.8 ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matters : PM) เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่ลอยอยู่ภายในอากาศ โดยมีองค์ประกอบทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์และมีขนาดที่แตกต่างกันไป มักพบอยู่ในช่วงขนาด 10 ไมครอน และ 2 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 ไมครอน เป็นจำนวนมาก หากภายในอาคารมีการเผาไหม้วัตถุ เช่น ธูป เทียน ประกอบอาหาร เป็นต้น ทั้งนี้พารามิเตอร์ของฝุ่นละอองที่กำหนดให้ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ชนิดคือ PM_{10} (ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน) และ $PM_{2.5}$ (ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กกว่า 2.5 ไมครอน) ทั้งนี้มีงานวิจัยจำนวนมากสนับสนุนว่า หากฝุ่นมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะมีแนวโน้มเข้าสู่ปอด และสะสมอยู่ภายในร่างกายของมนุษย์ได้ ในขณะที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนจะเข้าสู่ปอดได้ลึกกว่า และมีแนวโน้มส่วนใหญ่มาจากปฏิกิริยาทางเคมี รวมถึงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์อีกด้วย มาตรฐานค่าปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนภายในอาคาร และ 2.5 ไมครอนภายในอาคาร ตามมาตรฐาน SS554:2013 ของ SPRING SINGAPORE ประเทศสิงคโปร์และมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 ซึ่งกำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนภายในอาคาร และ 2.5 ไมครอนภายในอาคารตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน ต้องไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$ และ 25 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ อันตรายของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อร่างกายมนุษย์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อันตรายของฝุ่นละอองต่อร่างกายมนุษย์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (WHO, 2005)

PM_{10} (µg/m^3)	$PM_{2.5}$ (µg/m^3)	**ผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์**
150	75	เพิ่มอัตราการเสียชีวิตระยะสั้น 5%
100	50	เพิ่มอัตราการเสียชีวิตระยะสั้น 2.5%
75	37.5	เพิ่มอัตราการเสียชีวิตระยะสั้น 1.2%
50	25	ระดับที่กำหนดไว้ใน Air Quality Guildeline

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

1.1.9 ละอองชีวภาพหรือจุลชีวะทางอากาศ (Bioaerosols) เป็นสิ่งมีชีวิตที่แขวนลอยในอากาศส่วนใหญ่มาจากจุลชีพต่าง ๆ เช่น รา แบคทีเรีย ไวรัส ไรฝุ่น รวมถึงชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่หลุดออกจากสิ่งมีชีวิต เช่น ละออง เกสร สปอร์ของรา และชิ้นส่วนที่หลุดจากผิวหนังหรือขนสัตว์ เป็นต้น สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้หากอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะสามารถเจริญเติบโต แบ่งตัวเพิ่มจำนวนลอยปะปนในอากาศ และเข้าสู่ระบบปรับอากาศเมื่อคนที่อยู่ในอาคารหายใจเอาสิ่งเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยสามารถเกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1.) เกิดอาการแพ้ ส่วนใหญ่เกิดจากชิ้นส่วนเล็ก ๆ จากสัตว์ ไรฝุ่น และละอองเกสร การแสดงอาการแพ้ ได้แก่ น้ำตาไหล น้ำมูกไหล ไอ คัดจมูก ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย เป็นต้น

2.) การติดเชื้อ มักเกิดจากแบคทีเรียและไวรัส เช่น เชื้อไข้หวัด เชื้อวัณโรค ที่แพร่จากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง สภาพที่ส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อ คือ ความหนาแน่นของคนในห้อง และการระบายอากาศไม่ดี เชื้อเหล่านี้บางครั้งเจริญเติบโตภายในอาคาร และแพร่หรือเคลื่อนที่ไปตามระบบระบายอากาศ เช่น แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคลีเจียนแนร์ และอาจทำให้เกิดความเจ็บป่วยอย่างรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ เป็นต้น

3.) การเกิดพิษท็อกซินของจุลชีพสามารถทำลายเนื้อเยื่อ และอวัยวะในร่างกายได้ เช่น ตับ ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบทางเดินอาหาร และระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น

สำหรับภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลชีวะทางอากาศ ได้แก่

- บริเวณที่มีแหล่งน้ำขังในระบบระบายอากาศ เช่น ถาดรองน้ำในห้องจัดการอากาศ และมีแหล่งอาหารที่เป็นอินทรีย์สารในถาดรองน้ำ
- มีแหล่งน้ำที่มีการแตกกระจายหรือฟุ้งกระจายกลายเป็นอนุภาคขนาดเล็กแขวนลอยในอากาศ
- ระบบท่อน้ำมีปัญหารั่วซึม ทำให้มีน้ำขัง เกิดความชื้นที่ฝ้าเพดาน
- อาคารที่เกิดปัญหาน้ำท่วม หรือมีน้ำขังเป็นเวลานาน

ปัญหาที่มักพบภายในอาคารคือ เชื้อรา ถือเป็นปัญหาสำคัญและพบบ่อยในอาคารที่ขาดการบำรุงรักษาที่ดี โดยเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีบนพื้นผิวของวัตถุที่มีความชื้นสูง ทำลายพื้นผิวที่เกาะอยู่ ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นอับได้ หากผู้ป่วยสูดอากาศที่ปนเปื้อนเชื้อราเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดโรคหอบหืด

ไข้ละอองฟาง แน่นหน้าอก คัดจมูก จาม ระคายเคืองตา เจ็บคอ หรือเมื่อผิวหนังอยู่ในสภาพเปียกชื้นเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดโรคน้ำกัดเท้าจากรา โรคหูดในใต้ร่มผ้า โรคกลากเกลื้อน เป็นต้น

2. การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร

(คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559)

2.1 ระบบปรับอากาศ

2.1.1 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ ส่วนใหญ่มีการใช้สารเคมีทำความเย็นจำพวก R22 หรือ r134a ในระบบปิด โดยทำหน้าที่เป็นสารดูดและคายความร้อนจากอากาศ เมื่อสารทำความเย็นได้รับความร้อนภายในห้อง จากการส่งผ่านความร้อนในห้องเข้าสู่สารทำความเย็นในท่อแล้ว สารทำความเย็นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายนอกอาคาร (คอนเด็นเซอร์และคอมเพรสเซอร์) และเมื่อสารทำความเย็นมีการเย็นตัวลง สารดังกล่าวจะถูกลำเลียงไปยังภายในอาคารอีกครั้ง เพื่อใช้พัดลมในการส่งผ่านความเย็นจากสารทำความเย็นนั้นสู่ภายในห้องต่อไป ทั้งนี้สารทำความเย็นทั้งหมดจะอยู่ในท่อทองแดงปิดและใช้การแลกเปลี่ยนความร้อนในการนำพาความร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร

ตารางที่ 2 หน้าที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั่วไป

ชนิดอุปกรณ์	หน้าที่	ลักษณะการทำงาน
อีวาโปเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (Evaporator)	ดึงความร้อนจากอากาศ	ดึงความร้อนโดยการใช้สารทำความเย็นที่อยู่ในคอยล์เย็น ทำให้อากาศร้อนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอากาศที่เย็น
แอ็คเพนชั่นวาล์ว (Expansion valve)	ควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็น	ควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลไปยังอีวาโปเรเตอร์ตามต้องการซึ่งจะควบคุมโดยการรับสัญญาณอุณหภูมิที่ท่อทางออก
คอมเพรสเซอร์ (Compressor)	ทำหน้าที่เพิ่มความดันและอุณหภูมิ	อัดไอสารทำความเย็นซึ่งมีความดันและอุณหภูมิ
คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser)	ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น	โดยเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นจากไอที่ความดันสูง อุณหภูมิสูงให้เป็นของเหลวความดันสูง อุณหภูมิสูง
วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)	ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็น	โดยเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นจากของเหลวที่ความดันสูง อุณหภูมิสูงให้เป็นของเหลวผสมความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

อย่างไรก็ตามการทำความเย็นของอาคารขนาดใหญ่ อาจมีความแตกต่างกันไปเพื่อลดค่าใช้จ่าย อาคารขนาดใหญ่จึงเลือกใช้น้ำสำหรับการหล่อเย็นเพื่อทดแทนสารทำความเย็นที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และใช้หอทำความเย็น (Cooling tower) ในการถ่ายเทความร้อนออกจากนำแทนคอนเด็นเซอร์

และคอมเพรสเซอร์ น้ำเย็นดังกล่าวจะถูกลำเลียงเข้าสู่อาคารและส่งไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit) ที่มีการจ่ายความเย็นเข้าสู่ภายในอาคาร และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ส่งผลให้น้ำมีความร้อนสูงขึ้น แล้วไหลกลับไปยังระบบหอทำความเย็นต่อไป เช่นเดียวกับระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

2.1.2 ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศถูกออกแบบขึ้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณนั้น ทั้งนี้สามารถแบ่งประเภทของระบบปรับอากาศได้ ดังนี้

1.) ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็ก (<40,000 BTU/Hour) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ คอยล์ทำความเย็น (Fan coil unit) ซึ่งจะติดตั้งในพื้นที่ปรับอากาศ และคอยล์ร้อน (Condensing unit) ที่มีเครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor) อยู่ภายใน มักติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร

รูปภาพที่ 1 ตัวอย่างระบบอากาศแบบ Split type

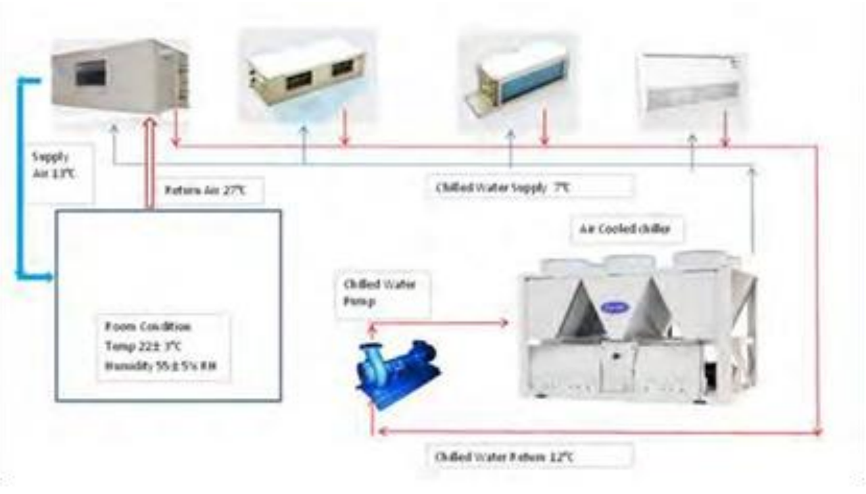
แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

2.) ระบบปรับอากาศแบบชุด (Package) เป็นระบบปรับอากาศที่นิยมใช้กับอาคารธุรกิจขนาดเล็ก โดยมีความจำเป็นต้องมีการปรับอากาศหลายห้อง ในระบบประกอบด้วย แผงคอยล์เย็น คอยล์ร้อน และเครื่องอัดสารทำความเย็น ซึ่งรวมอยู่ในชุดเดียวกัน โดยมีท่อส่งลมเย็น (Supply air duct) และท่อลมกลับ (Return air duct) ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านในแล้วต่อผ่านทะลุออกมานอกอาคาร การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายปริมาณลมเย็น (Variable air volume) จะมีการควบคุมให้ปริมาณลมเย็นเหมาะสมกับภาระที่ต้องทำความเย็นในแต่ละพื้นที่ เพื่อการประหยัดพลังงาน ระบบปรับอากาศแบบชุด สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การระบายความร้อนด้วยอากาศ และการระบายความร้อนด้วยน้ำ

รูปภาพที่ 2 ตัวอย่างระบบปรับอากาศแบบ Package

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

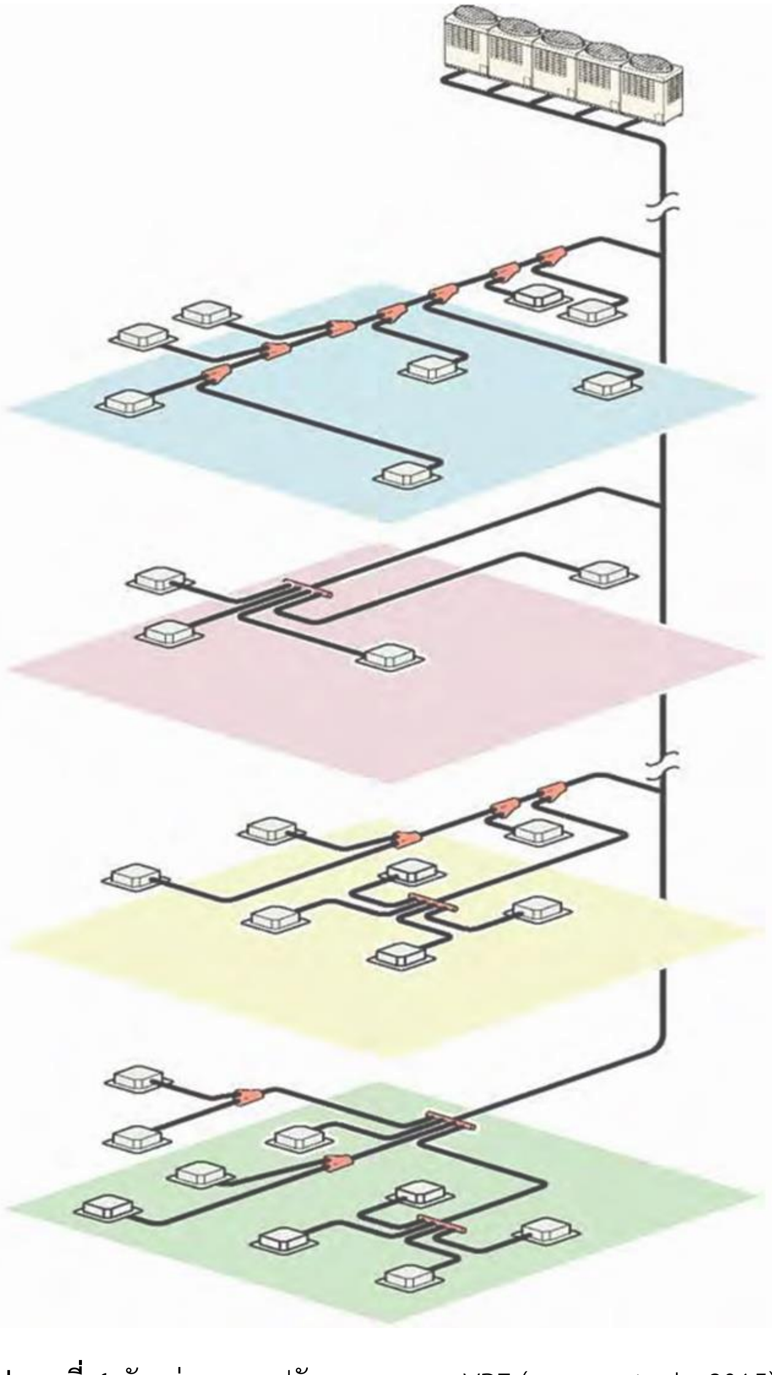
3.) ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ เหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศในห้องขนาดใหญ่ เช่น โรงแรม โรงพยาบาล อาคารห้องโถง ส่วนมากใช้น้ำเย็นเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนหรือความเย็น โดยมีส่วนประกอบของระบบดังนี้ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ถือว่าเป็นตัวสำคัญของระบบ ส่วนมากในการออกแบบจะใช้เครื่องทำน้ำเย็นทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิน้ำที่เข้าออกเครื่องระเหย (Evaporator) ให้อยู่ระหว่าง 7-12 องศาเซลเซียส โดยจะใช้วงจรการทำความเย็น ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็นสามารถแบ่งตามการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นได้ 2 ประเภทคือ การระบายความร้อนด้วยน้ำ และการระบายความร้อนด้วยอากาศ



รูปภาพที่ 3 ตัวอย่างระบบปรับอากาศแบบ Chiller (thaiapollo.com)

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

4.) ระบบปรับอากาศแบบ VRF (Variable Refrigerant Flow system) คือระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศญี่ปุ่น ใช้ในการควบคุมปริมาณการไหลของน้ำยาที่ใช้ในคอยล์เย็นแต่ละตัวอย่างอิสระ มีเป้าหมายในการปรับอากาศในอาคารที่มีความต้องการความเย็นไม่เท่ากัน โดยใช้วิธี Variable speed compressor ในการควบคุมปริมาณน้ำยาในส่วนต่าง ๆ และเดินท่อเพื่อกระจายน้ำยาไปยังคอยล์เย็นชุดต่าง ๆ วิธีนี้จะทำให้สามารถติดตั้งคอยล์เย็นหลาย ๆ ชุด กับคอยล์ร้อนเพียงชุดเดียวได้



รูปภาพที่ 4 ตัวอย่างระบบปรับอากาศแบบ VRF (synergy-tech, 2015)
แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

2.2 การระบายอากาศ

การระบายอากาศ เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคาร เพื่อให้สภาพอากาศภายในอาคารไม่มีความเข้มข้นของสารมลพิษมากเกินไป อีกทั้งเป็นการระบายสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ภายในอาคารออกสู่ภายนอก สามารถแบ่งวัตถุประสงค์หลักได้ ดังนี้

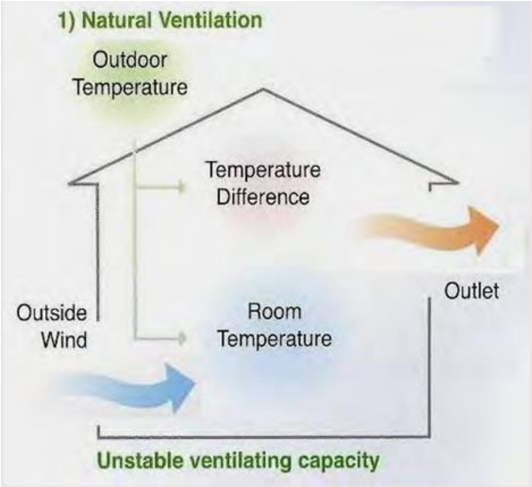
1.) เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัย

2.) ลดความเข้มของกลิ่นหรือขจัดให้หมดไป

3.) ทำให้ความชื้นที่พื้นผิวระเหยง่ายขึ้น

การระบายอากาศสามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพเป็น 2 รูปแบบ คือ การระบายอากาศโดยธรรมชาติและการระบายอากาศเชิงกล

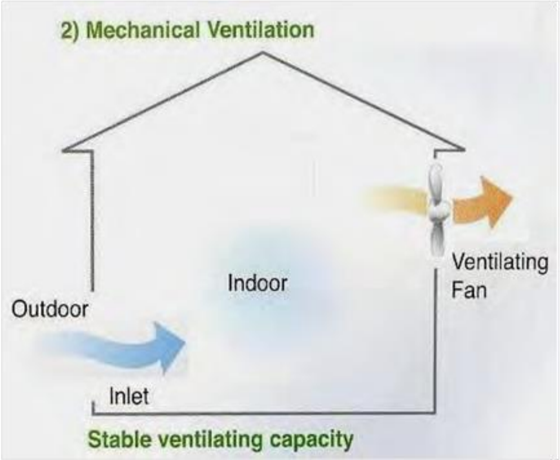
1. การระบายอากาศโดยธรรมชาติ คือ การระบายอากาศในห้องโดยมีช่องเปิดสู่ภายนอกได้ ซึ่งจะต้องเปิดให้อากาศผ่านในขณะใช้สอยพื้นที่นั้น ๆ ต้องมีพื้นที่ลมผ่านไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับพื้นที่



รูปภาพที่ 5 การระบายอากาศโดยธรรมชาติ (rpci, 2015)

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

2. การระบายอากาศแบบเชิงกล คือ การระบายอากาศโดยให้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องหรือบริเวณห้อง โดยมีอัตราไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงฯ ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร



รูปภาพที่ 6 การระบายอากาศแบบเชิงกล (rpci, 2015)
แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

ระบบระบายอากาศแบบวิธีกล ทำได้โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการระบายอากาศ การออกแบบขึ้นอยู่กับค่าการคำนวณปริมาณอัตราการระบายอากาศ (Air change rate) ซึ่งสามารถคำนวณอัตราการระบายอากาศ (Air Change per Hour; ACH) เพื่อให้ได้ค่าตามมาตรฐานระบบปรับอากาศ และระบายอากาศได้จาก ACH = Flow / RC

เมื่อ ACH = อัตราการระบายอากาศ

RC = ปริมาตรห้องทั้งหมด

Flow = ปริมาณการระบายอากาศ

ตารางที่ 3 ค่าอัตราการระบายอากาศภายในอาคารประเภทต่าง ๆ

ตารางการระบายอากาศ (กรณีที่มีระบบปรับอากาศ)		
ลำดับที่	**สถานที่**	**อัตราการระบายอากาศ (m^3/(h-m^2))**
1	ห้างสรรพสินค้า	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2
4	สถานอาบอบนวด	2
5	ชั้นติดต่อธุระกับธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานโบว์ลิ่ง	4
10	โรงมหรสพ	4

ตารางการระบายอากาศ (กรณีที่มีระบบปรับอากาศ)		
ลำดับที่	**สถานที่**	**อัตราการระบายอากาศ ($m^3/(h\text{-}m^2)$)**
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ	10
16	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	10
17	สถานที่ท่องเที่ยวกลางคืน	10
18	ห้องครัว	30
19	โรงพยาบาล	2
20	ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	8
21	ห้อง ICU	5

(อ้างอิง : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2551)

2.3 การทดสอบคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล

2.3.1 Cleanroom Performance Testing (CPT)

ประเภทของห้อง Cleanroom ในโรงพยาบาล

1. Operating room
2. Isolation room
3. AIIR / PE room
4. IVF room
5. Cath lab
6. Chemical room

การทดสอบ Cleanroom Performance Testing (CPT)

- ความเร็วลม (Airflow volume) อัตราการไหล (Velocity) และการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง (Air change rate) : Maintain for airflow design, Dilution/Remove particle, Reduce particle recovery
- การทดสอบรอยรั่วของแผ่นกระดาษ (Filter Installation leak) : เพื่อทดสอบรอยรั่วที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ และยืนยันว่าตัวกรองที่ติดตั้งแล้วไม่มีตำหนิ
- การวัดอนุภาคของฝุ่น (Airborne particle count) : เพื่อวัดจำนวนของฝุ่นในห้องและกำหนดระดับความสะอาดของห้องโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO14644-1

- การทดสอบแรงดันของห้อง (Room pressurization) : เพื่อตรวจสอบความสามารถของการรักษาแรงดันของอากาศภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ และเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามระหว่างห้อง
- การทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature & Relative humidity) : เพื่อตรวจสอบความสามารถของระบบปรับอากาศ ในการรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง
- Room recovery : เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการกลับคืนมาสู่ระดับความสะอาดของห้อง เช่น ระยะเวลาการเปิดใช้งานระบบปรับอากาศก่อนลงมือผ่าตัด
- การทดสอบทิศทางการไหลของอากาศ (Airflow visualization : เพื่อดูทิศทางการไหลของอากาศ และเพื่อป้องกันการติดเชื้อทางอากาศ

เกณฑ์การยอมรับตาม ASHRAE 170

Table 7.1 Design Parameters—Hospital Spaces

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ach	Minimum Total ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	Design Relative Humidity (k), %	Design Temperature (l), °F/°C
SURGERY AND CRITICAL CARE							
Critical and intensive care	NR	2	6	NR	No	30–60	70–75/21–24
Delivery room (Caesarean) (m), (o)	Positive	4	20	NR	No	20–60	68–75/20–24
Emergency department decontamination	Negative	2	12	Yes	No	NR	NR
Emergency department exam/treatment room (p)	NR	2	6	NR	NR	Max 60	70–75/21–24
Emergency department public waiting area	Negative	2	12	Yes (q)	NR	Max 65	70–75/21–24
Intermediate care (s)	NR	2	6	NR	NR	Max 60	70–75/21–24
Laser eye room	Positive	3	15	NR	No	20–60	70–75/21–24
Medical/anesthesia gas storage (r)	Negative	NR	8	Yes	NR	NR	NR
Newborn intensive care	Positive	2	6	NR	No	30–60	72–78/22–26
Operating room (m), (o)	Positive	4	20	NR	No	20–60	68–75/20–24
Operating/surgical cystoscopic rooms (m), (o)	Positive	4	20	NR	No	20–60	68–75/20–24
Procedure room (o), (d)	Positive	3	15	NR	No	20–60	70–75/21–24
Radiology waiting rooms	Negative	2	12	Yes (q), (w)	NR	Max 60	70–75/21–24
Recovery room	NR	2	6	NR	No	20–60	70–75/21–24
INPATIENT NURSING							
All anteroom (u)	(e)	NR	10	Yes	No	NR	NR
All room (u)	Negative	2	12	Yes	No	Max 60	70–75/21–24
Contained care nursery	N/R	2	6	N/R	No	30–60	72–78/22–26
Labor/delivery/recovery (LDR) (s)	NR	2	6	NR	NR	Max 60	70–75/21–24
Labor/delivery/recovery/postpartum (LDRP) (s)	NR	2	6	NR	NR	Max 60	70–75/21–24
Newborn nursery suite	NR	2	6	NR	No	30–60	72–78/22–26
Nourishment area or room	NR	NR	2	NR	NR	NR	NR
Patient corridor	NR	NR	2	NR	NR	NR	NR
Patient room	NR	2	4 (y)	NR	NR	Max 60	70–75/21–24
PE anteroom (t)	(e)	NR	10	NR	No	NR	NR
Protective environment room (t)	Positive	2	12	NR	No	Max 60	70–75/21–24
Toilet room	Negative	NR	10	Yes	No	NR	NR

Table 7.1 Design Parameters—Hospital Spaces

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ach	Minimum Total ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	Design Relative Humidity (k), %	Design Temperature (l), °F/°C
RADIOLOGY							
Darkroom (g)	Negative	2	10	Yes	No	NR	NR
X-ray (diagnostic and treatment)	NR	2	6	NR	NR	Max 60	72–78/22–26
X-ray (surgery/critical care and catheterization)	Positive	3	15	NR	No	Max 60	70–75/21–24

รูปภาพที่ 7 เกณฑ์การยอมรับตาม ASHRAE 170

แหล่งที่มา : National Environmental Balancing Bureau (NEBB)

2.3.2 Indoor Air Quality Testing (IAQ)

ประเภทของห้อง Non-Cleanroom ในโรงพยาบาล

1. OPD
2. โถงต้อนรับ/โถงพักคอย
3. ห้องตรวจ Exam
4. สำนักงาน
5. ห้องพักแพทย์/พยาบาล
6. ห้องอาหาร

การทดสอบ Indoor Air Quality Testing (IAQ)

- Thermal comfort parameters
    - การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement/Airflow direction) : 0.10-0.30 m/s
    - อุณหภูมิ (Temperature) : 24-26 องศาเซลเซียส
    - ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) : 50-60 %RH
- Chemical parameters
    - คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) : มากกว่าภายนอก 700 ppm
    - คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) : < 9 ppm
    - ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) : < 0.1 ppm
    - สารระเหยอินทรีย์ (Total VOCs) : 3 ppm
    - ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน (Particle 2.5 Micron) : < 35 ug/m^3
    - ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน (Particle 10 Micron) : < 50 ug/m^3
- Biological parameters
    - แบคทีเรียรวม (Total viable bacteria) : < 500 CFU/m^3
    - เชื้อรารวม (Total viable mold count) : < 500 CFU/m^3

การเตรียมความพร้อมก่อนทดสอบ

1. งานผนัง ฝ้าเพดาน พื้น ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ และระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องถูกติดตั้งอย่างสมบูรณ์ และมีการทดสอบปรับสมดุลเบื้องต้น เพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานเป็นไปตาม Function ที่ได้กำหนดไว้ตาม Specification
2. ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศขั้นต้น
3. ทำความสะอาดฝ้าเพดาน ผนัง พื้น โดยใช้ผ้าถูและน้ำยาดันฝุ่นให้เรียบร้อย
4. เปิดระบบ HVAC ทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ
5. ปิดระบบ Smoke กรณีที่มีการทดสอบ Filter installation leak
6. การขออนุญาตเข้าพื้นที่ และทำความเข้าใจกับผู้ดูแลพื้นที่

พัดลมระบายอากาศ ถูกใช้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการระบายอากาศภายในอาคารหรือสำนักงานต่าง ๆ ที่ต้องการการระบายอากาศเชิงกล โดยพัดลมระบายอากาศทั่วไปจะมีอัตราการระบาย และความเหมาะสมในการติดตั้งแตกต่างกันสามารถประเมินได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ชนิดของพัดลมระบายอากาศ และปริมาณการระบายอากาศ

ชนิด	อัตราการระบาย	หมายเหตุ
พัดลมระบายอากาศชนิดเพดาน	ตั้งแต่ 400 ลบ.ม/ชม.	ส่วนมากใช้ระบายอากาศที่อับไม่สามารถระบายอากาศออกผนังข้าง ๆ ได้ เช่น ติดพัดลมไว้กับเพดาน แล้วต่อท่อส่งลมไปทิ้งนอกอาคาร
พัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง	ตั้งแต่ 300 ลบ.ม/ชม. ขึ้นไป ไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ	ส่วนมากใช้ระบายอากาศห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับผนัง เช่น ห้องผ่าตัด ห้องผู้ป่วยพิเศษ สำนักงาน
พัดลมระบายอากาศชนิดติดกระจก	ตั้งแต่ 200 ลบ.ม/ชม. ไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ	ส่วนมากใช้ระบายอากาศห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับกระจก เช่น ห้องผู้ป่วยพิเศษ สำนักงาน
พัดลมระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์	ตั้งแต่ 200 ลบ.ม/ชม. สามารถต่อท่อระบายอากาศได้	ส่วนมากใช้ระบายอากาศห้องทั่วไปต้องต่อท่อ โดยติดพัดลมไว้กับเพดาน เช่น ห้องผู้ป่วยในผู้ป่วยนอก อาคารชั้นล่าง

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

2.4 แนวทางปฏิบัติในการส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ในการส่งเสริมคุณภาพอากาศในอาคาร ASHRAE (2009) มีคำแนะนำที่เกี่ยวกับการกำหนดแผนในการลดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ดังนี้

2.4.1 การควบคุมการออกแบบอาคารที่เหมาะสม เพื่อให้มีคุณภาพอากาศที่ดี

- วางแผนการออกแบบและการแก้ไขปัญหา ในกรณีที่เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร
- ประชุมร่วมกับเจ้าของอาคาร เพื่อกำหนดคุณภาพอากาศที่เหมาะสมภายในอาคาร
- เลือกระบบควบคุมอากาศภายในอาคารที่เหมาสมและประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบระบายอากาศ
- ควบคุมการก่อสร้างให้เป็นไปตามแผนงาน
- จัดตั้งทีมงานดูแลรักษาและซ่อมบำรุงอาคาร เพื่อให้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

2.4.2 การควบคุมความชื้นภายในอาคาร

- ป้องกันหยดน้ำไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร
- ป้องกันการควบแน่นของหยดน้ำในอาคาร และบนพื้นผิวต่าง ๆ ภายในอาคาร
- ควบคุมความดันภายในอาคารให้เหมาะสม
- ควบคุมความชื้นภายในอาคาร
- เลือกวัสดุที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของหยดน้ำ

- พิจารณาถึงผลกระทบจากความชื้นจากภายนอก และการปลูกต้นไม้ภายในอาคาร

2.4.3 การป้องกันมลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคาร

- ศึกษาคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร
- ติดตั้งระบบดูดอากาศจากภายนอกให้ห่างจากแหล่งกำเนิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- ป้องกันการเดินทางของเรดอนเข้าสู่อาคาร
- ป้องกันไอระเหยเข้าสู่อาคารจากใต้พื้นผิวต่าง ๆ
- ติดตั้งระบบการตรวจจับมลพิษภายนอกอาคารก่อนเข้าสู่ภายในอาคาร
- ออกแบบระบบที่เหมาะสมในการลดการใช้ยาฆ่าแมลง

2.4.4 ควบคุมความชื้นและมลพิษทางอากาศ ที่เกี่ยวข้องกับระบบทางกลศาสตร์

- ควบคุมความชื้นและฝุ่นในระบบจ่ายอากาศส่วนกลาง
- ควบคุมความชื้นที่ท่อระบบปั๊ม และท่ออากาศ
- ทำช่องเปิดที่เหมาะสมในการตรวจสอบ ทำความสะอาด และดูแลรักษาระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศ
- ควบคุมเชื้อ Legionella ในระบบน้ำ
- พิจารณาการใช้แสง UV ในการฆ่าเชื้อโรค

2.4.5 ควบคุมมลพิษทางอากาศที่เกิดจากแหล่งกำเนิดภายในอาคาร

- ควบคุมจากการเลือกวัสดุในอาคารที่มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศน้อย
- วางแผนในการลดผลกระทบจากการสัมผัส
- ทำความสะอาดและดูแลรักษาเป็นประจำ

2.4.6 ดักจับไอเสียจากอุปกรณ์ภายในอาคารและกิจกรรมต่าง ๆ

- ติดตั้งระบบระบายอากาศที่เหมาะสม
- ติดตั้งระบบดูดอากาศที่แหล่งกำเนิด
- ออกแบบระบบปล่อยอากาศเสียเพื่อไม่ให้ไอเสียต่าง ๆ เข้าสู่พื้นที่ใช้งานของผู้อาศัย
- รักษาระดับความดันอากาศในแต่ละพื้นที่ให้เหมาะสม

2.4.7 ลดการสะสมของมลพิษทางอากาศจากการระบายอากาศ การกรองอากาศ และระบบบำบัดอากาศ

- ให้มีอากาศสะอาดเข้าสู่พื้นที่แต่ละส่วนอย่างเหมาะสม
- ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นประจำ
- มีการจ่ายอากาศที่เหมาะสมสู่ระดับการหายใจ
- มีการจ่ายอากาศที่เหมาะสมในพื้นที่ต่าง ๆ
- ติดตั้งระบบกรองฝุ่นละออง และระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ เพื่อให้ได้คุณภาพอากาศตามวัตถุประสงค์
- กำหนดระดับคุณภาพอากาศที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความพึงพอใจ

2.4.8 ติดตั้งระบบระบายอากาศขั้นสูง

- เลือกนำอากาศภายนอกอาคารที่ระดับที่เหมาะสมเข้าสู่ภายในอาคาร
- ติดตั้งระบบอนุรักษ์พลังงานที่ระบบระบายอากาศ (การนำความเย็นกลับมาใช้ประโยชน์)
- ใช้ระบบการดึงอากาศจากภายนอกตามความต้องการจริง
- ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ หรือแบบร่วมในพื้นที่ที่เหมาะสม

3. แนวทางการตรวจประเมินและวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร

(คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559)

3.1 การตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับอาคารเก่า (อาคารที่สร้างเสร็จแล้ว) แนะนำให้ทำการตรวจสอบคุณภาพอากาศอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยกระทำควบคู่ไปกับการประเมินความเสี่ยงภายใต้กฎหมายด้านความปลอดภัย (Workplace safety and health (Risk assessment) Regulations) สำหรับอาคารใหม่หรืออาคารเก่าที่ปรับปรุงใหม่ควรกระทำหลังจากที่สร้างเสร็จหรือปรับปรุงเสร็จ แต่ต้องกระทำการตรวจสอบก่อนมีผู้เข้าใช้งานอาคาร

โดยจะแบ่งลักษณะการประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ การตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารเบื้องต้น และการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยละเอียด

3.1.1 การตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารเบื้องต้น จะกระทำโดยการเดินสำรวจสถานที่ ดูการทำงานของระบบ ACMV (Air-Conditioning and Mechanical Ventilation system) ในการสำรวจนี้จำเป็นต้องใช้ผู้ที่ได้รับการอบรมหรือฝึกฝน นอกจากนี้ควรทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1.) แปลนอาคารที่แสดงรายละเอียดทุกชั้นตำแหน่งของ Cooling towers และตำแหน่งนำอากาศภายนอกเข้าสู่อาคาร

2.) แปลน ACMV system หรือ Schematics

3.) ตารางการทำงานของ ACMV system และบันทึกการซ่อมบำรุง

ทั้งนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวมีไว้เพื่อใช้ในการวางแผนในการเข้าตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยละเอียด พร้อมทั้งสามารถประเมินสาเหตุที่อาจส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมถึงทบทวนพื้นที่ร้องเรียนที่เกิดขึ้นสำหรับอาคารนั้น ๆ และเพื่อตรวจสอบความผิดปกติของระบบปรับอากาศ และระบบระบายอากาศ

3.1.2 การตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยละเอียด จะใช้ผลของการตรวจประเมินเบื้องต้นในการวางแผนสุ่มเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคาร ทั้งนี้ในการประเมินโดยละเอียดจำเป็นต้องตรวจวัดพารามิเตอร์ทางคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ parameters) การตรวจวัด IAQ

parameters ควรทำการตรวจวัดต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในกรณีที่ไม่สามารถตรวจวัดต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงได้นั้น ให้ทำการตรวจวัดหาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงาน ตัวอย่างเช่น การตรวจวัดแบบไม่ต่อเนื่องโดยการเฉลี่ยเวลาของการตรวจวัดออกเป็นสี่ช่วงเวลา ช่วงเวลาละครึ่งชั่วโมง โดยช่วงเวลาดังกล่าวต้องครอบคลุมระยะเวลาที่มีผู้ใช้งานอาคาร เป็นต้น โดยวิธีการตรวจวัดดังกล่าวถือเป็นที่ยอมรับได้ ทั้งนี้การประเมินจะเป็นการสุ่มเก็บในสถานที่ที่มีความเสี่ยงที่จะมีค่าสูงสุด หรืออีกทางหนึ่งให้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญและทำการตรวจวัดโดยผู้ที่รับการฝึกฝน

3.1.2.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

1.) ค่ามาตรฐานของ Singapore Standard SS554: 2009, Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned buildings กำหนดค่าคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี ที่ยอมรับได้กับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวันในแต่ละพารามิเตอร์ ประกอบด้วยดังต่อไปนี้

- CO_2 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ต้องไม่มากกว่าภายนอกอาคารเกิน 700 ppm
- O_3 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนในอาคาร ต้องไม่เกิน 0.1 ppm
- CH_2O ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ในอาคาร ต้องไม่เกิน 0.1 ppm
- CO ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอาคาร ต้องไม่เกิน 9 ppm
- total VOCs ค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในอาคาร ต้องไม่เกิน 3 ppm
- Ta (Temperature) ช่วงค่าอุณหภูมิในอาคารที่บ่งบอกถึงความพึงพอใจและความสบายของผู้ใช้พื้นที่อยู่ในช่วง 24.0-26.0 องศาเซลเซียส
- RH (Relative Humidity) ช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอาคารที่บ่งบอกถึงความพึงพอใจและความสบายของผู้ใช้พื้นที่รวมทั้งเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราน้อยกว่า 70 % กำหนดโดย ASHRAE Standard 55-2013 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA.
- $PM_{2.5}$ ค่าความเข้มข้นสูงสุดของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายในสิ่งแวดล้อมต้องไม่เกิน 35 $\mu g/m^3$
- PM_{10} ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ในอาคารต้องไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$

2.) ค่ามาตรฐานตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 เรื่อง มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ในประเทศไทยซึ่งกำหนดค่าคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี ที่ยอมรับได้ในการทำงานตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน

- CO_2 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ต้องไม่มากกว่าภายนอกอาคารเกิน 1,000 ppm
- O_3 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนในอาคาร ต้องไม่เกิน 0.05 ppm
- CH_2O ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ในอาคาร ต้องไม่เกิน 0.08 ppm
- CO ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอาคาร ต้องไม่เกิน 9 ppm

- total VOCs ค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในอาคาร ต้องไม่เกิน 1 ppm
- Ta (Temperature) ช่วงค่าอุณหภูมิในอาคารที่บ่งบอกถึงความพึงพอใจและความสบายของผู้ใช้พื้นที่อยู่ในช่วง 24.0-26.0 องศาเซลเซียส
- RH (Relative Humidity) ช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอาคารที่บ่งบอกถึงความพึงพอใจและความสบายของผู้ใช้พื้นที่รวมทั้งเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราอยู่ในช่วง 50-65% กำหนดโดย ASHRAE Standard 55-2013 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA.
- $PM_{2.5}$ ค่าความเข้มข้นสูงสุดของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายในสิ่งแวดล้อมต้องไม่เกิน 25 $\mu g/m^3$
- PM_{10} ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ในอาคารต้องไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$

3.1.2.2 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ

1) Recommended Limits for microbial contamination by EU GMP, FS 209D, ISO 14644 and IMA (based on CFU/m^3 and settle plates)

ตารางที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานค่าจุลินทรีย์แขวนลอยในอากาศตามมาตรฐาน EU GMP

EU GMP grades	FS 209D classes	ISO 14644-1	EU GMP		Maximum acceptable level of IMA ✶
			air sample (CFU/m^3)	settle plates CFU/4 hours ❋	
A	100	5	< 1	< 1	0
B	100	5	10	5	5
C	10,000	7	100	50	-
D	100,000	8	200	100	25

❋ colony forming unit counts on settle plates 9 cm in diameter exposed to air not over 4 hours

✶ colony forming unit counts on settle plates 9 cm in diameter exposed to air for 1 hours

2) ข้อกำหนดระดับความสะอาดในโรงพยาบาลตามมาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องผ่าตัดตามสภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ระดับ 1 มีระดับเชื้อโรคต่ำมาก (< 10 CFU/m^3) เช่น ห้องผ่าตัดพิเศษ/ ห้องปลูกถ่ายกระดูก/ หัวใจ/ รักษาโรค Leukemia/ แผลไฟไหม้รุนแรง เทียบประมาณ Class ISO 5 ถึง 7 (100 ถึง 10,000)

ระดับ 2 มีระดับเชื้อโรคต่ำ ระหว่าง 50-200 CFU/m^3 เช่น ห้องผ่าตัดทั่วไป/ แผนกทารกคลอดก่อนกำหนด/ ทางเดินในแผนกผ่าตัด/ แผนกดูแลด้านศัลยกรรม/ แผนกที่เกี่ยวกับแผลไฟไหม้ เทียบประมาณ Class ISO 8 ถึง 8.7 (100,000 ถึง 500,000)

ระดับ 3 มีระดับเชื้อโรคปกติระหว่าง 200-500 CFU/m^3 เช่น ห้องคลอดและหน่วยทารกแรกเกิด/ ห้องฉายรังสี/ แผนกพยาบาล/ หอผู้ป่วยใน/ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า/ ห้องนวดทางกายภาพบำบัดและออกกำลังกาย/ ห้องชำแหละเทียบระดับตาม ASHRAE 52.1-1992

3) ค่ามาตรฐานของ SPRING SINGAPORE กำหนดค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total viable bacterial count & Total viable mold count) สำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีที่ยอมรับได้กับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ไว้ต้องไม่เกิน 500 CFU/ m^3 (Colony-forming Units/ ลูกบาศก์เมตรอากาศ)

4. ลักษณะการการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

(คู่มือการออกแบบอาคารสถานบริการสุขภาพและสภาพแวดล้อม : หอผู้ป่วยใน กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2558)

หอผู้ป่วยใน (Ward) เป็นสถานที่สำหรับผู้ป่วยที่พักค้างคืนเพื่อรักษาตัวในโรงพยาบาล โดยจะได้รับการรักษาพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพ และป้องกันโรคที่ได้มาตรฐานและปลอดภัย ตลอด 24 ชั่วโมง ตามสภาพปัญหาและความเจ็บป่วยของผู้ป่วยแต่ละรายและได้รับคำแนะนำ ให้คำปรึกษาผู้ป่วยและญาติเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการฟื้นฟูสภาพเพื่อให้กลับไปดูแลตนเองและนำความรู้ที่ได้นี้ไปใช้กับบุคคลอื่น ๆ ในครอบครัวและสังคม

4.1 พื้นที่ใช้สอย

พื้นที่ใช้สอยที่จำเป็นสำหรับการให้บริการและการปฏิบัติงานของแผนกผู้ป่วยในสามารถจำแนกได้เป็น 3 ส่วนหลัก รวม 23 พื้นที่การใช้งานในโรงพยาบาลระดับทุติยภูมิระดับต้นถึงระดับกลาง และ 28 พื้นที่การใช้งานในโรงพยาบาลระดับทุติยภูมิระดับสูงถึงระดับตติยภูมิ ดังนี้

ส่วนที่ 1 : พื้นที่บริการสำหรับผู้ป่วยและญาติ ได้แก่

1) พักรอผู้ป่วย - ญาติ *

2) ให้คำปรึกษาผู้ป่วย - ญาติ

3) สอน/สาธิต

4) พักผู้ป่วยสามัญ

5) พักผู้ป่วยพิเศษ

6) พักผู้ป่วยแยกโรค - ผู้ป่วยภูมิต้านทานต่ำ (Positive pressure)

7) พักผู้ป่วยแยกโรค - ผู้ป่วยโรคติดต่อ/แพร่เชื้อ (Negative pressure) *

8) เตรียมอาหาร - ล้างภาชนะ (ญาติ/ผู้เฝ้าไข้) *

9) สุขาผู้ป่วย - ญาติ

ส่วนที่ 2 : พื้นที่ปฏิบัติงานหลักของแผนกโดยผู้ให้บริการและเจ้าหน้าที่ ได้แก่

10) ทำงานหัวหน้าหอผู้ป่วย *

11) ทำงานพยาบาล (Nurse station)

12) รักษาพยาบาล (Treatment)

13) เตรียมการพยาบาล

ส่วนที่ 3 : พื้นที่สนับสนุนการให้บริการและการปฏิบัติงาน ได้แก่

14) เก็บยา/เวชภัณฑ์และวัสดุการแพทย์

15) เก็บผ้าสะอาด

16) เก็บรถเข็นเครื่องมือ/อุปกรณ์การแพทย์

17) เก็บเก้าอี้เข็น/เตียงเข็น *

18) เก็บวัสดุสำนักงาน

19) เอนกประสงค์/พักเจ้าหน้าที่

20) เตรียมเครื่องดื่ม/อาหารว่าง

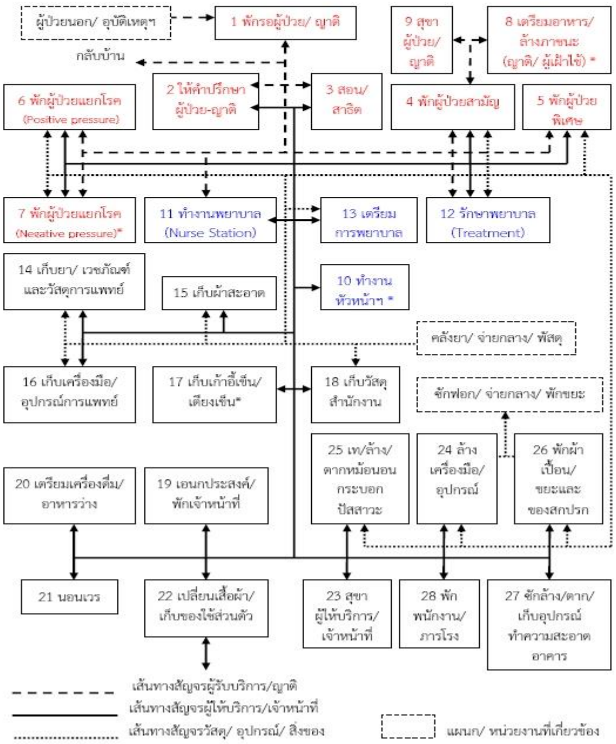
21) นอนเวร

22) เปลี่ยนเสื้อผ้า/เก็บของใช้ส่วนตัว

23) สุขาผู้ให้บริการ/เจ้าหน้าที่

หมายเหตุ รายการที่มีเครื่องหมาย (*) หมายถึง พื้นที่การใช้งานที่อาจมีเพิ่มเติมในโรงพยาบาลระดับทุติยภูมิระดับสูงถึงระดับตติยภูมิ

4.2 ความสัมพันธ์และเส้นทางสัญจรระหว่างพื้นที่ใช้สอยในหอผู้ป่วยใน



รูปภาพที่ 8 แผนผังแสดงความสัมพันธ์และเส้นทางสัญจรระหว่างพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ ในหอผู้ป่วยใน

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

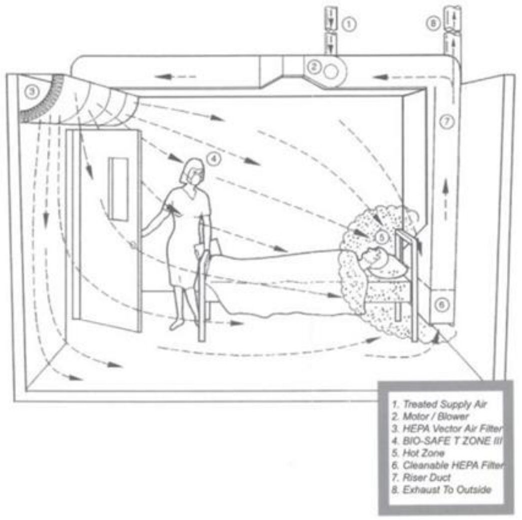
5. แนวคิดการสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล
(คู่มือการออกแบบอาคารสถานบริการสุขภาพและสภาพแวดล้อม : หอผู้ป่วยใน กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2558)

5.1 การป้องกันการติดเชื้อในหอผู้ป่วยใน (Infection Control : IC)

การปฏิบัติการป้องกันการติดเชื้อในหอผู้ป่วยในนั้น เป็นการปฏิบัติเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อจากผู้ป่วยหรือผู้ติดเชื้อไปยังผู้ป่วยอื่น ญาติผู้ป่วยและเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ดังนั้นการจัดการในหลักการของ IC จึงเน้นไปที่การจัดแบ่งพื้นที่ตามการป้องกันแบบทั่วไป (Standard precautions) และมาตรการป้องกันตามวิธีที่เชื้อแพร่กระจายออกไป โดยแบ่งออกเป็น 1.) การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศ (Airborne precautions) 2.) การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคจากละอองฝอย (Droplet precautions) 3.) การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคที่ติดต่อได้โดยการสัมผัส (Contact precautions) โดยการจัดพื้นที่ต่าง ๆ ให้มีการจัดการการระบายอากาศที่ดี ตำแหน่งเหมาะสม ปลอดภัย เช่น จากเขตสะอาดมากไปเขตสะอาด หรือมีห้องแยกโรคไว้ต่างหาก เป็นต้น

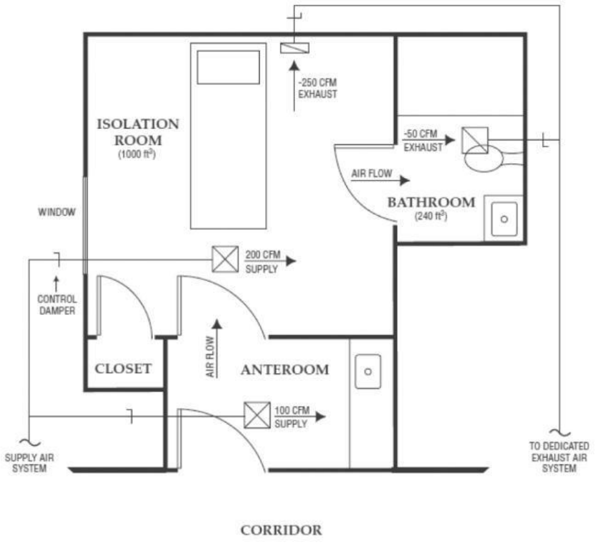
5.1.1 การจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยกับการป้องกันการติดเชื้อ

5.1.1.1 ห้องแยกโรค ต้องจัดแบ่งให้เป็นพื้นที่ปิด แบ่งเป็น 1.) ผู้ป่วยที่มีความต้านทานต่ำกำหนดให้ภายในห้องมีความดันอากาศเป็นบวก 2.) ผู้ป่วยโรคติดต่อ/แพร่เชื้อ กำหนดให้มีความดันอากาศในห้องเป็นลบ และภายในห้องต้องไม่ปิดกั้นหรือขวางการไหลของระบบเติมอากาศ โดยให้อากาศไหลผ่านจากด้านสะอาดไปด้านปนเปื้อน และมีระบบเติม/ปรับอากาศ ระบบดูดอากาศเป็นของตัวเอง



รูปภาพที่ 9 แสดงทิศทางการไหลของกระแสลมสำหรับห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559



รูปภาพที่ 10 ตัวอย่างการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยแบบแรงดันลบ

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

5.1.1.2 พักผู้ป่วย

1.) พักผู้ป่วยสามัญ ภายในพื้นที่ต้องไม่ปิดกั้นหรือขวางการไหลของระบบระบายอากาศ/เติมอากาศ โดยให้อากาศไหลผ่านจากด้านสะอาดไปด้านปนเปื้อน (Nurse station to patient) มีระบบดูดอากาศ (หากจำเป็น)

2.) พักผู้ป่วยพิเศษ ภายในห้องต้องไม่ปิดกั้นหรือขวางการไหลของระบบระบายอากาศ โดยให้อากาศไหลผ่านจากด้านสะอาดไปด้านปนเปื้อน

5.1.1.3 ส่วนสนับสนุน

ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อและเสื้อผ้าสะอาดสำหรับผู้ป่วย ชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อและเสื้อผ้าสะอาดสำหรับผู้ป่วยควรแยกห้องจัดเก็บ หากแยกห้องไม่ได้ควรแยกบริเวณจัดเก็บห้องหรือพื้นที่ดังกล่าว ควรควบคุมตรวจสอบความสะอาดและความอับชื้นอย่างสม่ำเสมอ และมีระบบควบคุมความสะอาดและอับชื้น

5.1.2 การจัดการของเสียทางการแพทย์

ทั้งนี้ควรจะต้องมีการจัดการของเสียทางการแพทย์ภายในแผนก คือ 1.) มีการแยกของเสียประเภทต่าง ๆ เช่น ของเสียที่ติดเชื้อ ของเสียที่ไม่ติดเชื้อ และของเสียอื่น ๆ 2.) มีพื้นที่รวบรวมของเสียภายในแผนกเพื่อรอการขนย้ายที่แยกมาไว้เฉพาะโดยไม่ปะปนกันอย่างเหมาะสม 3.) มีเส้นทางและช่องทางการเคลื่อนย้ายของเสียจากภายในแผนก ไปสู่สถานที่รวมของโรงพยาบาลที่เหมาะสม

5.1.3 ส่วนประกอบอาคารและวัสดุประกอบอาคาร

ส่วนประกอบอาคาร ประกอบด้วย พื้น ผนัง เพดาน ประตู และหน้าต่าง (ช่องเปิดและช่องแสง) โดยทั่วไปภายในหอผู้ป่วยในเป็นสถานที่สำหรับพักรักษาผู้ป่วย ซึ่งให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง จึงต้องมีความ

สะอาดพอสมควร และปลอดภัยต่อผู้ป่วย ทั้งนี้การกำหนดคุณลักษณะของส่วนประกอบอาคารและวัสดุประกอบอาคารภายใน หอผู้ป่วยใน สามารถจำแนกลักษณะการใช้งานของบริเวณต่าง ๆ ดังนี้

- **บริเวณที่ใช้งานทั่วไป** ได้แก่ โถงพักคอย ทางเดิน ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ ห้องประชุม เป็นต้น พื้นที่ส่วนนี้มีการใช้งานไม่หนักมาก คุณลักษณะของวัสดุต่าง ๆ จะเน้นที่มีความทนทานต่อการใช้งานยาวนาน ดูแลรักษาได้ง่าย
- **บริเวณที่เกี่ยวข้องกับสิ่งสกปรก** ได้แก่ ห้องเตรียมยา ห้องน้ำ ส่วนล้างเครื่องมือ-อุปกรณ์ พักขยะ เก็บผ้าเปื้อน หรือพื้นที่ต่าง ๆ ที่เปียกน้ำบ่อย เป็นต้น ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้จะมีความสกปรกจึงต้องมีการล้างน้ำ และทำความสะอาดด้วยน้ำยาที่เป็นสารเคมีที่มีการกัดกร่อน คุณลักษณะของวัสดุต่าง ๆ จะเน้นที่มีความแข็งแรงทนทานต่อน้ำ ทนสารเคมี และทำความสะอาดง่าย
- **บริเวณที่ต้องรักษาความสะอาด** ได้แก่ บริเวณเตียงผู้ป่วยหรือห้องพักผู้ป่วย ห้องแยกโรค ห้องทำหัตถการ ห้องเก็บอุปกรณ์หรือผ้าสะอาด เป็นต้น ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้ต้องมีการรักษาความสะอาด ดูแลรักษาง่ายและปลอดภัยไม่เสี่ยงต่อการลื่นหกล้มได้ง่าย

5.2 งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

5.2.1 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ หมายถึง การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น คุณภาพของอากาศ ความดันอากาศ ทิศทางการไหล การหมุนเวียนของอากาศ และควบคุมการแพร่เชื้อโรคในพื้นที่ปฏิบัติงาน

รายละเอียดระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับแผนกผู้ป่วยใน

1.) **พื้นที่ปฏิบัติงานสำหรับเจ้าหน้าที่** เช่น ห้องให้คำปรึกษาผู้ป่วย-ญาติ ห้องสอน/สาธิต ห้องทำงานหัวหน้า หอผู้ป่วย ห้องทำงานพยาบาล ห้องเก็บยา/เวชภัณฑ์และวัสดุทางการแพทย์ ห้องเอนกประสงค์/พักเจ้าหน้าที่ ห้องนอนเวร แนะนำให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่สามารถติดตั้งแบบแขวนใต้ฝ้าเพดานหรือแบบติดผนัง ที่สามารถซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศได้สะดวก มีแผงกรองอากาศอย่างน้อยระดับ Pre filter ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า 25-30 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส มีการเติมอากาศบริสุทธิ์และมีการดูดอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานออกสู่ภายนอก

2.) **พื้นที่สำหรับตรวจรักษาพยาบาลผู้ป่วย** เช่น ห้องผู้ป่วยพิเศษ ห้องรักษาพยาบาล ห้องเตรียมการพยาบาล แนะนำให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่สามารถติดตั้งแบบแขวนใต้ฝ้าเพดานหรือแบบติดผนังที่สามารถซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศได้สะดวก มีแผงกรองอากาศอย่างน้อยระดับ Pre filter ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า 25-30 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส มีการเติมอากาศบริสุทธิ์และมีการดูดอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานออกสู่ภายนอก โดยมีการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากที่สะอาดมากไปยังที่สะอาดน้อย

3.) **พื้นที่รักษาและควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค** เช่น ห้องพักผู้ป่วยแยกโรค-ผู้ป่วยภูมิต้านทานต่ำ ห้องพักผู้ป่วยแยกโรค-ผู้ป่วยโรคติดต่อ/แพร่เชื้อ แนะนำให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่สามารถ

ติดตั้งเหนือฝ้าเพดานแบบที่ต่อท่อส่งลมเย็น จ่ายลมเย็นผ่านหัว จ่ายลมเย็นที่ฝ้าเพดานและลมกลับก็ติดตั้งที่ฝ้าเพดานพร้อมช่องสำหรับไว้ซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ มีแผงกรองอากาศอย่างน้อยระดับ Pre filter ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า 25-30 เปอร์เซ็นต์ และระดับ Medium filter ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า 85-90 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส และสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ปริมาณ 50 -/+10% มีการเติมอากาศบริสุทธิ์และมีการดูดอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานออกสู่ภายนอก โดยมีการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากที่สะอาดมากไปยังที่สะอาดน้อย

หมายเหตุ การระบายอากาศของแผนกผู้ป่วยนอกทำได้ 2 วิธีคือ

1.) การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เงื่อนไขห้องหรือบริเวณมีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้านโดยมีช่องเปิดสู่ภายนอกได้ ซึ่งจะต้องเปิดให้อากาศผ่านในขณะใช้สอยพื้นที่นั้น ๆ ต้องมีพื้นที่ลมผ่านสุทธิไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับพื้นที่ห้อง

2.) การระบายอากาศโดยวิธีกล ใช้กับพื้นที่ใดก็ได้โดยให้มีพัดลมระบายอากาศคอยขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้เกิดการนำอากาศออกสู่ภายนอกเข้าสู่ห้องหรือบริเวณโดยมีอัตราไม่น้อยกว่า ที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงฯ ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

5.2.2 ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์ (Medical Gas System)

ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์ หมายถึง เป็นระบบจ่ายก๊าซเพื่อใช้ในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยและใช้ช่วยการทำงานของเครื่องมือแพทย์ระบบก๊าซทางการแพทย์สำหรับห้องผู้ป่วยสามัญ ผู้ป่วยพิเศษ ห้องพักผู้ป่วยแยกโรค-ผู้ป่วยภูมิต้านทานต่ำ ห้องพักผู้ป่วยแยกโรค-ผู้ป่วยโรคติดต่อ/แพร่เชื้อ อย่างน้อยประกอบด้วย

- หัวจ่ายก๊าซออกซิเจนจำนวน 1 หัวจ่าย
- สุญญากาศจำนวน 1 หัวจ่าย
- ที่แขวนอุปกรณ์ทางการแพทย์ 1 จุด/ต่อหนึ่งเตียงผู้ป่วย

5.3 ระบบวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

5.3.1 ระบบประปา

1.) มีระบบจ่ายน้ำที่สะอาด ไม่ปนเปื้อนสิ่งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ไม่มีการรั่วซึมและมีแรงดันเพียงพอต่อการใช้งาน

2.) มีระบบสำรองน้ำประปาที่สามารถให้บริการได้ตลอดระยะเวลาการรักษา

5.3.2 ระบบสุขาภิบาล

1.) มีระบบรวบรวมน้ำทิ้งที่ไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายหรือสะสมเชื้อโรคทางน้ำและอากาศ

2.) มีการแยกประเภทท่อต่าง ๆ ตามระบบการใช้งานอย่างชัดเจน เช่น ท่อส้วม ท่อน้ำทิ้ง ท่อระบายอากาศ ท่อระบายน้ำฝน ท่อระบายน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศโดยไม่มีการรั่วซึม

3.) ท่อระบบสุขาภิบาล ในห้องพักผู้ป่วยแยกโรค/ ผู้ป่วยโรคติดต่อ ให้แยกระบบท่อสุขาภิบาลจากระบบท่อสุขาภิบาลในอาคาร และแยกไประบบบำบัดเฉพาะก่อน รวบรวมเข้าระบบรวบรวมน้ำเสียรวม

5.3.3 ระบบดับเพลิง

มีเครื่องดับเพลิงชนิดที่สามารถดับเพลิง เหมาะสมกับประเภทและชนิดของเพลิง แต่ละประเภท

1.) ถังดับเพลิงเคมีชนิดหิ้ว (Patable fire extinhguisher) (A , B & C Type) สำหรับห้องทั่วไป

2.) ถังดับเพลิงชนิดสารสะอาด (Clean agent) เช่น ก๊าซไนโตเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5.3.4 ระบบบำบัดน้ำเสีย

มีระบบรวบรวมน้ำเสียของท่อระบบสุขาภิบาลไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม หรือระบบบำบัดน้ำเสียเฉพาะที่ ที่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียและบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

5.3.5 การจัดการมูลฝอย

จัดให้มีที่พักมูลฝอย โดยมีภาชนะรองรับมูลฝอย แยกมูลฝอยตามประเภทมูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยอันตราย มีฝาปิดมิดชิด ไม่รั่วซึม ทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดง่าย

5.4 ความปลอดภัยของผู้ป่วยกับคุณภาพบริการพยาบาล

(สายสมร เฉลยกิตติ และคณะ, 2557)

5.4.1 ความสำคัญความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย

1.) ความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยมีความสำคัญในการสร้างความมั่นใจในการรักษาพยาบาลให้แก่ผู้ป่วยและป้องกันความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นกับผู้ป่วย บุคลากรทางด้านสุขภาพ พร้อมทั้งส่งเสริมประสิทธิภาพและคุณภาพในระบบบริการสุขภาพ

2.) ภาวะแทรกซ้อนไม่พึงประสงค์จะเกิดกับผู้รับบริการและมีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ

3.) ระบบคุณภาพในการทำงานจะไม่ถูกพัฒนา

4.) เกิดความผิดพลาดทั้งผู้ป่วยและแพทย์เกิดความเสี่ยงนำไปสู่การฟ้องร้องและเสียความเชื่อมั่นต่อการบริการสุขภาพ

5.) ผู้ป่วยหกล้มได้รับบริการที่ไม่ปลอดภัย ทั้งจากการสื่อสาร การพลัดตก ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิต

6.) เนื่องจากปัจจุบันผู้ป่วยมีความรู้ และรู้สิทธิผู้ป่วยมากขึ้น การดูแลผู้ป่วยแบบเดิมอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ป่วยที่มากขึ้น จึงควรมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน

7.) ความสูญเสียด้านการรักษาจะเพิ่มขึ้นโดยต้นทุนค่ารักษาพยาบาลเพิ่มขึ้นตามความเสี่ยงที่เกิดกับผู้ป่วย การฟ้องร้องหรือร้องเรียนด้านบริการจากผู้ป่วยและญาติ นอกจากนั้นส่งผลต่อภาพลักษณ์ขององค์กรอีกด้วย

5.4.2 ความปลอดภัยกับการรักษาพยาบาล

ในการปฏิบัติการพยาบาล พยาบาลต้องเผชิญสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย ซึ่งต้องใช้การตัดสินใจที่รอบคอบไม่ให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อผู้ป่วยหรือต่อตัวยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อรับการรักษาหรือไม่ร่วมมือในการรักษา ทั้งนี้เพื่อปกป้องคุ้มครองสิทธิของผู้ป่วยและพิทักษ์ความปลอดภัยในบทบาทของพยาบาล พยาบาลวิชาชีพควรปฏิบัติงานตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัด พัฒนาการปฏิบัติงานเน้นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อการพัฒนา ประเมินค้นหาความเสี่ยง และรายงานอุบัติการณ์ความเสี่ยงอย่างชัดเจน ตรงไปตรงมาลดความอคติเกี่ยวกับการบันทึกรายงานอุบัติการณ์การเกิดความเสี่ยง โดยตระหนักถึงความสำคัญของสิทธิผู้ป่วยและจรรยาบรรณวิชาชีพ สำหรับผู้บริหารระดับสูงของสถานบริการควรกำหนดนโยบาย แนวทางปฏิบัติด้านการบริหารความเสี่ยง และมีการกำกับดูแลอย่าง

ต่อเนื่อง มีการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ความรู้ด้านความปลอดภัยของผู้ป่วย อุบัติการณ์ ความเสี่ยง ตลอดจนแนวทางแก้ไขป้องกันให้กับบุคลากร รวมถึงการสร้างบรรยากาศทางการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหา ด้วยการจัดการความรู้และปลูกจิตสำนึกให้บุคลากรตระหนัก และเห็นความสำคัญของความปลอดภัยของผู้ป่วย

6. คุณภาพอากาศที่ส่งผลเสียต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

(คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559)

เนื่องจากคนส่วนใหญ่ใช้ชีวิตอยู่ในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัย ศูนย์เด็กเล็ก โรงเรียน บ้านพักคนชรา อาคารสำนักงาน และอื่น ๆ ซึ่งมลพิษที่เกิดขึ้นภายในอาคารจะส่งผลต่อสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มเสี่ยง ดังนั้นผู้ใช้อาคารควรมีความรู้ในเรื่องของผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารเอง

6.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศ

1.) การเจ็บป่วยหรือการตายที่เป็นแบบเฉียบพลัน (Acute sickness or death) มีสาเหตุมาจากผู้ใช้อาคารได้สัมผัสมลพิษทางอากาศที่มีความเข้มข้นสูงเข้าสู่ปอดจากการหายใจ โดยผู้ที่เจ็บป่วยหรือตายส่วนใหญ่จะเป็นผู้สูงอายุ เด็ก และผู้ที่ป่วยด้วยโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ หรือโรคเกี่ยวกับหัวใจ

2.) การเจ็บป่วยที่เป็นแบบเรื้อรัง (Chronic disease) มีสาเหตุมาจากผู้ใช้อาคารได้สัมผัสมลพิษทางอากาศที่มีความเข้มข้นไม่สูงมาก แต่ได้รับการสัมผัสเป็นระยะเวลานานมากพอที่ทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ

3.) การเปลี่ยนแปลงของหน้าที่ทางสรีระต่าง ๆ (Physiological function) ร่างกายของผู้ที่ได้รับมลพิษภายในอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ เช่น การเสื่อมประสิทธิภาพในการทำงานทางด้านการระบายอากาศของปอด การนำพาออกซิเจนของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง การปรับตัวให้เข้ากับความมืดของตา หรือหน้าที่อื่น ๆ ของระบบประสาท เป็นต้น

4.) การเกิดอาการที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ (Untoward symptoms) ผู้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศจะมีอาการระคายเคืองของอวัยวะต่าง ๆ ที่ได้สัมผัสกับมลพิษทางอากาศนั้น ๆ

5.) การเกิดความเดือดร้อนรำคาญ (Nuisance) ผู้ที่ได้สัมผัสกับมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะกลิ่นฝุ่นขี้เถ้า จะส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ หรือจิตใจของผู้ที่อยู่ภายในอาคาร ซึ่งถ้ามีความรุนแรงอาจเป็นสาเหตุให้มีการโยกย้ายที่อยู่อาศัยได้

โดยผลกระทบดังกล่าวก่อให้เกิดการเจ็บป่วย หรือโรคที่เกิดขึ้นจากการทำงานในอาคารนั้น แม้จะไม่รุนแรงและเฉียบพลันเหมือนโรคติดเชื้อบางชนิด แต่มีผลทำให้ผู้ทำงานเกิดอาการทางกาย และส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ลักษณะอาการของโรคจากการทำงานในอาคารเริ่มได้ตั้งแต่ปวดศีรษะ คัดจมูก ระคายเคืองตา ไอ จาม และเป็นผื่นตามผิวหนัง จนกระทั่งมีการติดเชื้อที่มีอาการคล้ายปอดอักเสบ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. การเจ็บป่วยจากอาคาร (Sick Building Syndrome : SBS) เป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นกับกลุ่มคนทำงานในสำนักงาน ที่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่อยู่ในอาคาร อาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะหายไปเมื่อออกจากอาคาร และไม่สามารถบ่งชี้มลพิษหรือแหล่งของมลพิษในอาคารได้ อาการอาจเกิดขึ้นในห้องใดห้องหนึ่ง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร เป็นกลุ่มอาการที่องค์การอนามัยโลกระบุไว้ว่า เป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นกับผู้ทำงานในอาคารสำนักงาน โดยมักเกิดอาการระคายเคืองผิวหนังและเนื้อเยื่อ รวมทั้งมีอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย และขาดสมาธิในการทำงาน กลุ่มอาการของโรคสามารถแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

1.) กลุ่มอาการระคายเคืองตา (Eye irritation) มีอาการตาแห้ง แสบตา น้ำตาไหล ตาแดง ระคายเคืองตา อาการเหล่านี้จะเป็นมากในคนที่ใส่คอนแทคเลนส์

2.) กลุ่มอาการคัดจมูก (Nasal manifestation) มีอาการคัดจมูก ระคายเคืองจมูก จาม ไอ คล้ายกับโรคภูมิแพ้ และมีอาการตลอดเวลาเมื่ออยู่ในอาคาร

3.) กลุ่มอาการทางลำคอ และระบบทางเดินหายใจ (Throat and respiratory tract symptom) มีอาการคอแห้ง ระคายคอ หายใจลำบาก

4.) กลุ่มอาการทางผิวหนัง (Skin problems) มีอาการผิวหนังแห้ง คัน เป็นผื่น ผิวหนังอักเสบ

5.) กลุ่มอาการปวดศีรษะ มึนงง และเมื่อยล้า (Headaches, Dizziness, Fatigue) มีอาการปวดศีรษะบริเวณหน้าผาก เหนื่อยล้า มึนงง ขาดสมาธิในการทำงาน

2. การเจ็บป่วยที่เกี่ยวเนื่องกับอาคาร (Building Related Illness: BRI) เป็นการเจ็บป่วยที่เกิดจากการทำงานในอาคาร โดยสามารถระบุสาเหตุของการเจ็บป่วยได้อย่างชัดเจนว่าเป็นผลมาจากมลพิษที่ปนเปื้อนภายในอาคาร เช่น โรคภูมิแพ้จากฝุ่นหรือสัตว์ หรือโรคลีเจียนแนร์ (Legionnaire disease) ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ที่ชื่อ ลีจิโอเนลลา นิวโมฟิลลา (Legionella pneumophilia) การเจ็บป่วยในลักษณะนี้อาการจะไม่หาย ถึงแม้ว่าจะออกไปจากอาคารแล้วก็ตาม และใช้เวลานานกว่าอาการจะหาย นอกจากมลพิษทางอากาศจะส่งผลกระทบต่อร่างกายของผู้ใช้อาคารแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อวัตถุและทรัพย์สินอีกด้วย อาจมีสาเหตุจากการขัดสีกับวัตถุต่าง ๆ เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง หรือสถาปัตยกรรมเป็นเวลานาน จะทำให้วัสดุสึกกร่อนและเกิดการตกตะกอนของอนุภาคมูลสารลงบนพื้นผิวของวัตถุ ทำให้เกิดความสกปรก การทำความสะอาดหรือกำจัดอนุภาคเหล่านั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ รวมทั้งอาจเกิดการทำปฏิกิริยาเคมีและการกัดกร่อนระหว่างอนุภาคมลสารกับผิวของวัตถุขึ้น เช่น ทำให้โลหะผุกร่อน ยางและพลาสติกเปราะและแตก ผ้าเปื่อยและขาด ผิวเซรามิกด้าน เป็นต้น

6.2 สาเหตุที่ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยภายในอาคาร

สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติ (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แยกสาเหตุการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศภายในอาคาร ซึ่งก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สาเหตุการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศภายในอาคารซึ่งก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร

ร้อยละ	สาเหตุ
52	การระบายอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ เช่น การออกแบบไม่ถูกต้อง การกระจายอากาศภายในอาคารไม่ดี อุณหภูมิและความชื้นไม่เหมาะสม มีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศภายในอาคาร
16	มีสารปนเปื้อนอยู่ภายในอาคาร เช่น ไอระเหยของน้ำยาทำความสะอาด (สารตัวทำละลายหรือน้ำยาฆ่าเชื้อโรคและเชื้อรา)
10	มลพิษภายนอกอาคาร เช่น มลพิษจากการจราจร ควัน ฝุ่น และละอองเกสร
5	การปนเปื้อนด้านชีวภาพ
4	การปนเปื้อนของวัสดุตกแต่งอาคาร
13	ไม่ทราบสาเหตุ

แหล่งที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559

6.3 ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคาร

ความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคารเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดความปลอดภัยของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร ปัจจัยนี้จะทำงานร่วมกันระหว่างการแลกเปลี่ยนความร้อนของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดดังนี้

- อุณหภูมิ ภายในอาคารควรมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ ควรมีอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส หรือควรควบคุมให้อยู่ในช่วง 23 – 26 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นที่ยอมรับร้อยละ 80 ของผู้ที่อยู่ภายในอาคารเดียวกัน
- ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไปอาจทำให้เหงื่อระเหยยาก ร่างกายจะรู้สึกร้อนและอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยเกินไปจะทำให้มีอาการระคายเคืองต่อผิวหนังและจมูก บางครั้งอาจเกิดความเข้าใจผิดว่าเกิดจากการระคายเคืองของสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ภายในอาคาร โดยทั่วไปความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และพบการแพร่กระจายของเชื้อโรคไม่มากนักจะมีค่าระหว่าง 40 - 60 %RH. (สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การควบคุม, ทรงยศ ภารดี)
- การเคลื่อนที่ของอากาศ ถ้าหากมีอุณหภูมิต่ำ การเคลื่อนที่ของอากาศที่เร็วเกินไปทำให้ผู้ที่อยู่ภายในอาคารรู้สึกหนาว และถ้าหากอากาศร้อนและความเร็วลมต่ำ จะรู้สึกร้อน อบอ้าวและอึดอัด เนื่องจากลมจะพาความร้อนออกจากร่างกายได้ไม่ดีเท่าที่ควร
- การแผ่รังสีความร้อน เกิดจากวัสดุมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง เช่น ฝ้าเพดานที่เย็นจัด เนื่องจากเป็นทางลมกลับของเครื่องปรับอากาศ จะทำให้ร่างกายของมนุษย์แผ่รังสีความร้อนไปยังฝ้าเพดานจึงทำให้รู้สึกเย็น ในทางตรงกันข้ามกระจกด้านที่ถูกแสงแดดส่องจะแผ่รังสีความร้อนมายังผู้ที่อยู่ภายในอาคาร จึงทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารรู้สึกร้อนกว่าปกติ แม้ว่าอุณหภูมิภายในอาคารจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

- ปัจจัยเฉพาะตัวบุคคล เช่น อายุ เพศ และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาวะอากาศต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล รวมถึงอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย เป็นต้น

6.4 การป้องกันมลพิษทางอากาศ เพื่อความปลอดภัยภายในอาคาร

เนื่องจากคุณภาพอากาศภายในอาคารไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศภายในอาคารได้ ซึ่งมลพิษทางอากาศจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของผู้ที่ใช้อาคาร ไม่ว่าจะส่งผลกระทบทางตรงหรือทางอ้อม และแบบเฉียบพลันหรือแบบเรื้อรัง จะทำให้ผู้ที่ได้รับผลกระทบเกิดการเจ็บป่วยขึ้น ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารควรปฏิบัติ ดังนี้

6.4.1 การปรับปรุงอุปกรณ์ภายในอาคารและการบำรุงรักษาดูแลอุปกรณ์

- การปรับปรุงการกรองอากาศ (Air filtration system) โดยใช้แผงกรองอากาศหรือเครื่องฟอกอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง และเหมาะสมกับสถานที่ที่ใช้งาน เช่น สำนักงาน โรงพยาบาล ห้องทำความสะอาด เป็นต้น รวมถึงการทำงานของระบบระบายอากาศต้องมีคุณลักษณะตามที่ออกแบบไว้ และเป็นไปตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- ติดหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (UAGI) ในระบบท่อลมเย็น (Air dust system) กับแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) โดยการติดหลอด UVGI จะต้องติดตั้งเป็นแผงทางด้านลมกลับ รวมทั้งต้องระมัดระวังเรื่องฝุ่นเกาะ เนื่องจากจะทำให้ UAGI มีประสิทธิภาพลดลงและความชื้นไม่เกิน 70 %
- เครื่องถ่ายเอกสารเป็นอุปกรณ์สำนักงานที่สำคัญอย่างหนึ่ง โดยเครื่องถ่ายเอกสารในปัจจุบันเป็นแบบระบบแห้ง ใช้งานได้สะดวกแต่ในขณะเดียวกันจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากสารเคมี ต่าง ๆ เพื่อการป้องกันอันตรายจากเครื่องถ่ายเอกสารควรปฏิบัติ ดังนี้
    - ควรติดตั้งเครื่องถ่ายเอกสารในห้องที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เพื่อให้สารเคมีที่ออกมาขณะปฏิบัติงานเจือจางลง และเพื่อลดการสัมผัสสารเคมีของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ควรติดตั้งเครื่องถ่ายเอกสารในที่โล่งหรือแยกจากห้องของผู้ปฏิบัติงานอื่น ๆ
    - ถ้าได้รับกลิ่นฉุนหรือไหม้ เนื่องจากใช้งานมากเกินไปต้องเลิกใช้ชั่วคราว หรือถ้าจำเป็นให้แจ้งเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ
    - ควรบำรุงรักษาเครื่องอยู่เป็นประจำ เพื่อช่วยลดสารเคมีที่เพิ่มปริมาณจากการใช้งาน
    - อย่ามองแสงอัลตราไวโอเลต และควรใช้แผ่นปิดทุกครั้งที่ใช้ถ่ายเอกสาร
    - ผู้ปฏิบัติงานควรใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยขณะเปลี่ยนถ่ายสารเคมี
- ควรทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Air filter) เป็นประจำ และจัดตารางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับบริษัทที่จำหน่าย และมีผู้รับผิดชอบโดยเฉพาะ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- การล้างคอยล์เย็น (Cooling coil) อาจใช้น้ำแรงดันสูงฉีดล้างคอยล์เย็น และผสมน้ำกับน้ำยาที่มีคุณสมบัติเป็นเอนไซม์ เพื่อป้องกันเชื้อราที่คอยล์เย็น ส่วนในระบบท่อลม (Duct system) ต้องใช้ Robot ที่ออกแบบมาสำหรับใช้ล้างท่อลม
- ต้องทำความสะอาดม่าน และพรมอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยอาทิตย์ละครั้ง โดยใช้เครื่องดูดฝุ่น
- ภายในอาคารควรเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพดี และมีความเป็นพิษต่ำ เช่น ไม้ที่ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ควรเป็นไม้ชนิด E1 ตามมาตรฐานยุโรป ซึ่งเป็นไม้ที่มีปริมาณสารเคมีน้อย หรือเลือกใช้วัสดุตกแต่งอาคารที่ไม่ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย หากจำเป็นต้องซื้อวัสดุที่มีสารเคมีตกค้างจากกระบวนการผลิต เช่น พรม เฟอร์นิเจอร์ ให้นำสิ่งของเหล่านั้นมาวางไว้นอกอาคารสักระยะหนึ่ง (1 วัน - 1 สัปดาห์) ก่อนติดตั้งเพื่อให้สารเคมีระเหยออกก่อน รวมถึงการใช้ผลิตภัณฑ์เคมีที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะน้ำยาถูพื้น น้ำยาล้างห้องน้ำ ยาฆ่าแมลง น้ำยาขัดพื้น เนื่องจากน้ำยาขัดพื้นทั่วไปมีองค์ประกอบของสารระเหยที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์สูงกว่าสภาวะปกติถึง 10 เท่า
- หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศภายในอาคารได้ ควรใช้อุปกรณ์ในการบำบัดอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศที่มีการดักจับฝุ่นและบำบัดสารระเหยบางชนิด หรือเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถบำบัดมลพิษทางอากาศได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารดูดซับหรือสารที่สามารถทำปฏิกิริยาเคมี เพื่อทำลายโครงสร้างของสารระเหยที่มีความเป็นพิษได้

6.4.2 การป้องกันตัวเองของผู้ที่ใช้อาคาร

- ถ้ามลพิษทางอากาศภายในอากาศมีความเข้มข้นสูง ผู้ที่อยู่ภายในอาคารหรือใช้อาคารควรปลูกไม้ประดับ สำหรับการกำจัดสารมลพิษที่อยู่ในอากาศภายในอาคาร สารมลพิษที่ดอกไม้ประดับสามารถกำจัดได้ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ แอมโมเนีย ไซลีน โทลูอีน เป็นต้น
- หลีกเลี่ยงการเข้าใกล้หรืออาศัยในบริเวณที่มีสารมลพิษสูง ถ้ามีความจำเป็นต้องเข้าไปในบริเวณนั้น ผู้ใช้อาคารหรือผู้ที่อยู่ภายในอาคารควรใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเอง เช่น หน้ากากอนามัยเป็นหน้ากากที่สามารถช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อโรคผ่านทางละอองน้ำมูก น้ำลาย เสมหะ จากการไอ และจาม หรือหน้ากากอนามัย N95 ซึ่งเป็นหน้ากากที่สามารถกรองอนุภาคขนาด 1 ไมครอน ด้วยประสิทธิภาพของการกรองเท่ากับ 95% การใส่หน้ากากชนิดนี้ต้องแนบกับใบหน้าไม่ให้มีอากาศรั่วเข้าออกทางด้านข้างได้ไม่เกิน 10% ตามมาตรฐานของ NIOSH เพื่อป้องกันอนุภาคที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และฝุ่นละอองฟูมที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศ
- มนุษย์เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประเภทหนึ่ง ดังนั้นมนุษย์ควรลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร เช่น การปิดเครื่องคอมพิวเตอร์แทนการตั้งสกรีนเซฟเวอร์ให้วิ่งไปวิ่งมา เป็นต้น เพื่อความสุขของผู้ที่ใช้อาคารด้วยกัน
- เพิ่มการระบายอากาศภายในอาคารหลังการทำกิจกรรมภายในอาคาร เช่น หลังจากซื้อเฟอร์นิเจอร์ใหม่ หรือหลังการทำอาหาร หรือฉีดยาฆ่าแมลง เป็นต้น โดยการเปิดหน้าต่างให้อากาศภายในห้องมีการถ่ายเทได้สะดวก เพื่อให้เกิดการเจือจางของมลพิษทางอากาศภายใน

อาคารด้วยอากาศที่สะอาดกว่าจากภายนอก หรือเปิดหน้าต่างในอาคารสำนักงานเป็นบางครั้ง เพื่อให้อากาศถ่ายเท และถือเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนภายในอาคารอีกด้วย

- หากไม่สามารถระบายอากาศภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม หรือไม่อาจหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีภายในอาคาร ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศภายในห้อง เพื่อลดการสะสมของมลพิษภายในอาคาร
- ถ้ามลพิษทางอากาศที่อยู่ภายนอกอาคารมีความเข้มข้นสูง ผู้ที่อยู่ภายในอาคารหรือใช้อาคารควรปฏิบัติ ดังนี้
  - ปิดประตูหน้าต่าง เพื่อไม่ให้มลพิษทางอากาศเข้าสะสมภายในอาคาร ถ้ามีเครื่องฟอกอากาศควรเปิดใช้งาน และผู้ที่อยู่ภายในอาคารควรงดออกไปทำกิจกรรมภายนอกอาคาร
  - หากมีความจำเป็นต้องออกไปทำกิจกรรมภายนอกอาคาร ควรสวมหน้ากากที่สามารถกรองฝุ่นละเอียดขนาดเล็ก หรือใช้ผ้าชุบน้ำให้ชุ่ม หรือใช้ผ้าเช็ดหน้าที่ทบหลายชั้นชุบน้ำให้ชุ่มแล้วนำไปปิดจมูก
  - งดจุดธูปบูชาพระหรือสิ่งมงคลที่นับถือ เพื่อไม่ซ้ำเติมสภาพอากาศที่เลวร้ายอยู่แล้ว

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปานทิพย์ ธิโนชัย และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง คุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง เพื่อประเมินคุณภาพอากาศในอาคารโรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียง ในพื้นที่ 5 แผนก โดยตรวจวัดมลภาวะอากาศภายในอาคารทางชีวภาพและภาวะสบายเชิงความร้อน ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวมซึ่งใช้วิธีเก็บตัวอย่างจุลชีพแขวนลอยโดยการดักเก็บด้วยเพลทเก็บตัวอย่างจำนวน 78 ตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 3-411 CFU/m^3 และ 0-289 CFU/m^3 ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่าแนะนำที่ยอมรับได้ตามที่กำหนดตาม (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย 2557 และประเทศสิงคโปร์ (กำหนดไว้ไม่เกิน 500 CFU/m^3) ทุกครั้งที่ตรวจวัดค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวมตรวจพบสูงสดในแผนกผู้ป่วยนอก (239 CFU/m^3 และ 111 CFU/m^3) ตามลำดับ รองลงมาเป็นแผนกห้องคลอด แผนกอุบัติเหตุฉุกเฉิน แผนกอายุรกรรมชาย และแผนกทันตกรรมทั่วไป ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนคน (ผู้ป่วย ญาติ และเจ้าหน้าที่) ที่อยู่ในแผนกระหว่างการตรวจวัด สำหรับภาวะสบายเชิงความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ มีค่าระหว่าง 21.9-30.6 องศาเซลเซียส, 63.2 - 80.7% และ 0.02-0.51 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามค่าแนะนำตาม (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย 2557 เท่ากับร้อยละ 70.50 ร้อยละ 93.60 และร้อยละ 56.40 ของผลการตรวจวัดทั้งหมด ตามลำดับ โดยสาเหตุเกิดจากการออกแบบระบบระบายอากาศและปรับอากาศของอาคารไม่เหมาะสมต่อภาวะสบายเชิงความร้อนที่อาจส่งผลให้ผู้ที่ใช้บริการอาคาร รู้สึกไม่สบาย อึดอัด และร้อนอบอ้าว ซึ่งควรได้รับการปรับปรุงโดยเฉพาะในแผนกอายุรกรรมชาย

รจฤดี โชติกาวินทร และคณะ (2558) การประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องปฐมพยาบาลภายในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) และสำนักหอสมุด จังหวัดชลบุรี เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพอากาศทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ของทั้ง 2 แห่ง มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (59.63% ± 8.09 และ 59.79% ± 1.05 ตามลำดับ) และไม่ได้เกินข้อกำหนดของสำนักอนามัย สำหรับอุณหภูมิซึ่งเป็นดัชนีแสดงถึงความสบายในการอยู่อาศัยภายในอาคาร พบว่า ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 แห่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 26.83 ± 3.72 องศาเซลเซียส และ 26.36 ± 0.31 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเกินข้อกำหนดเล็กน้อย ส่วนความเร็วลมหรือการเคลื่อนที่ของอากาศ พบว่า ห้องปฐมพยาบาลภายใน รพ.สต. สูงกว่าข้อกำหนดเล็กน้อย คุณภาพอากาศทางเคมี ได้แก่ สารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายห้องปฐมพยาบาลใน รพ.สต. ในภาพรวม (3.04 ± 2.61 ppm.) มีค่าสูงกว่าข้อกำหนดเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาจำแนกแต่ละแห่ง พบว่า ห้องปฐมพยาบาลใน รพ.สต. จำนวน 4 แห่ง จาก 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 50.00 ที่มีค่าเกินข้อกำหนด สำหรับสำนักหอสมุดพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในภาพรวม (356.16 ± 77.56 $\mu g/m^3$) มีค่าสูงกว่าข้อกำหนดของ US.EPA ประมาณ 1.5 เท่า เมื่อพิจารณาจำแนกตามชั้น พบว่า เกือบทุกชั้น ยกเว้นชั้นที่ 5 มีค่าเกินข้อกำหนดเช่นกัน ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด พบว่า ห้องปฐมพยาบาลใน รพ.สต. ส่วนใหญ่ไม่เกินข้อกำหนด ยกเว้นเพียงแค่ห้องปฐมพยาบาลแห่งที่ 2 เพียงแห่งเดียวเท่านั้นที่เกินข้อกำหนด ในขณะที่ภายในหอสมุดในภาพรวมและจำแนกรายชั้นไม่เกินข้อกำหนดคุณภาพอากาศทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียและปริมาณเชื้อรา ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียในห้องปฐมพยาบาลของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (644.31 ± 598.52 CFU/m^3) มีค่าสูงเกินข้อกำหนด โดยพบวา ห้องปฐมพยาบาลใน รพ.สต. ร้อยละ 50.00 (4 แห่ง ใน 8 แห่ง) มีค่าสูงเกินข้อกำหนด โดยปริมาณแบคทีเรียที่พบมากที่สุด คือ ห้องปฐมพยาบาลใน รพ.สต.แห่งที่ 6 มีค่าสูงกว่าข้อกำหนดถึงเกือบ 4 เท่า สำหรับปริมาณเชื้อรา พบว่า ทั้งในภาพรวมและจำแนกแต่ละสถานที่ไม่เกินข้อกำหนด ส่วนสำนักหอสมุด พบว่า ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา ไม่เกินข้อกำหนดทั้งในภาพรวมและจำแนกตามรายชั้น

ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น (2557) ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง การศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในแผนกผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยในที่มีระบบการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยทำการสำรวจความชุกกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (SBS) แต่ละฤดูกาลของผู้ปฏิบัติงานพยาบาล และตรวจปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย ปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ จุลชีพในอากาศ (แบคทีเรียและเชื้อรา) ปัจจัยทางเคมี เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซโอโซน (O_3) และก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) โดยจะทำการตรวจวัดใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เดือนเมษายน) และฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน)

รชนีกร วีระเจริญ และคณะ (2563) ศึกษาคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดและเพื่อประเมินสภาวะทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่อาจได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดทั้ง 2 แห่ง ส่วนใหญ่ไม่เกินค่าแนะนำ ยกเว้นห้องผ่าตัดโรงพยาบาลที่ 1 มี 4 จุดตรวจวัดที่ไม่ผ่านค่าแนะนำ คือ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และผลการตรวจวัดแบคทีเรียรวมมีค่าสูงกว่าค่าแนะนำ อยู่ 4 จุด และจุดที่มากที่สุดมีค่าสูงถึง 1418 CFU/m^3 พบสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในบางจุดตรวจวัดทั้ง 2 โรงพยาบาล ซึ่งต้องดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์สาเหตุที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อไป การใช้แบบสอบถามอาการพบว่า ผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลที่ 1 มีอาการระคายเคืองทั้งทางจมูกและตา สอดคล้องกับผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก PM_{10} แบคทีเรียรวมที่มีค่าสูงกว่าค่าแนะนำ แต่กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีการรายงานประวัติโรคภูมิแพ้มาก่อน จึงไม่สามารถแยกกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารที่มีอาการคล้ายคลึงกันได้ คุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดที่มีผลตรวจวัดไม่ผ่านค่าแนะนำ ควรได้รับการปรับแก้ไขและทำการตรวจประเมินซ้ำ นอกจากนี้การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารและเฝ้าระวังภาวะสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานควรดำเนินการเป็นประจำ อย่างน้อยปี ละ 1 ครั้ง

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2561) ตรวจประเมินเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ กรณีน้ำรั่วซึมในห้องผ่าตัด แผนกห้องผ่าตัด โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสิงห์บุรี วัตถุประสงค์ของการตรวจประเมิน เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสสิ่งคุกคามและความเสี่ยงในการติดเชื้อในแผนกผ่าตัด การเก็บข้อมูล 1.) การตรวจประเมินสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การตรวจประเมินจุลชีพในอากาศ การระบายอากาศ คุณภาพอากาศภายในห้องทำงาน รวมทั้งสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับห้องผ่าตัด ตามแนวทางของ SS554:2013 Standard ของหน่วยงาน SPRING Singapore , NIOSH Method 0800 สำหรับการเก็บเชื้อราและแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ และ NIOSH Method No.3800 สำหรับการตรวจก๊าซดมยาสลบตกค้างในห้องผ่าตัด โดยจะทำการตรวจวัดทั้งภายในและภายนอกอาคารเพื่อเปรียบเทียบ และตรวจวัดในช่วงเช้าและช่วงบ่าย 2.) เก็บข้อมูลด้านสุขภาพ โดยใช้แบบสัมภาษณ์เพื่อสอบถามข้อมูลทั่วไป ข้อมูลสถานะทางสุขภาพ และข้อมูลสุขภาพในขณะทำงานในห้องที่น้ำรั่วซึม

ยมนา จรรยา (2559) ศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีผลกับการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึกของผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานเขตราษฎร์บูรณะ การค้นคว้าอิสระนี้เป็นการศึกษา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีผลกับการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึก (Sick Building Syndrome) ของผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานเขตราษฎร์บูรณะ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเอง จำนวน 130 คน ที่ปฏิบัติงานในอาคาร แบบสำรวจสิ่งแวดล้อมในการทำงาน แบบสำรวจการจัดการคุณภาพอากาศโดยรวมของอาคารและตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร จำนวน 6 พารามิเตอร์ ผลการศึกษา 1.) ความชุกของการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึกของผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานเขตราษฎร์บูรณะ พบว่าเกิดกลุ่มอาการทางระบบประสาทมากที่สุด จำนวน 59 คน (ร้อยละ 45.40) 2.) ปัจจัยด้านบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึก

ได้แก่ อายุ โดยพบว่าบุคคลที่มีอายุน้อยกว่า 30 ปี และอายุระหว่าง 30-49 ปี และประวัติการเป็นโรคภูมิแพ้ ปัจจัยด้านลักษณะงาน ได้แก่ ลักษณะงานที่ทำความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในที่ทำงานเรื่องมีฝุ่นเกาะตามพื้น ผนัง หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ความคิดเห็นเกี่ยวกับเสียงดังรบกวน และไม่พบว่าผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารมีความสัมพันธ์กับการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึก แม้ว่าข้อค้นพบดังกล่าวจะไม่ได้ส่งผลกระทบที่รุนแรงและทันทีทันใดต่อผู้ปฏิบัติงาน แต่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว ตลอดจนประสิทธิภาพในการทำงาน ดังนั้นผู้บริหารควรให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

เทียมมะณีย์ วีรศักดิ์ (2550) ศึกษาการประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ จังหวัดอุบลราชธานี วัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณสารมลพิษอากาศในอาคารของโรงพยาบาลที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศ ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากจุดที่เลือกเป็นตัวแทนทั้งหมด 5 จุด จากการศึกษาพบว่า มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียอยู่ในช่วง 20.0 – 627.0 CFU/m^3 ซึ่งพบมากที่สุดได้จากตัวอย่างอากาศของห้องตรวจโรค (OPD) สำหรับปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.64 – 21.86 µg/m^3 ซึ่งพบมากที่สุดห้องตรวจโรค (OPD) ส่วนกลุ่มของสารอินทรีย์ระเหยง่าย พบมากที่สุดคือ dichloromethane โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบ คือ 14.75 mg/m^3 จากห้องผู้ป่วยใหญ่ (2/2) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อกำหนดแนวทางการปฏิบัติเพื่อลดปริมาณสารดังกล่าวต่อไป

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มีวิธีดำเนินการศึกษาและพัฒนาดังนี้

1. ขอบเขตการวิจัย

1.1 รูปแบบการวิจัย ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research)

1.2 เนื้อหา/ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1.2.1 ตัวแปรต้นหรืออิสระ (Independent variables) ได้แก่

พารามิเตอร์ด้านเคมี ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ก๊าซโอโซน (O_3) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs)

พารามิเตอร์ด้านฝุ่นละออง ประกอบด้วย ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

พารามิเตอร์ด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน ประกอบด้วย อุณหภูมิ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ ประกอบด้วย ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) และปริมาณเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold)

1.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่

คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน

1.3 พื้นที่ศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ในกลุ่มตัวอย่างอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลที่มีผลตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ พื้นที่ศึกษา ได้แก่ หอผู้ป่วยในโรงพยาบาล ปีงบประมาณ 2565 จำนวน 6 แห่ง ประกอบด้วย โรงพยาบาลศูนย์ 1 แห่ง โรงพยาบาลทั่วไป 1 แห่ง โรงพยาบาลชุมชน 2 แห่ง และโรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข 2 แห่ง

1.4 ระยะเวลา ใช้ระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2564 ถึง กันยายน 2565

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวบรวมข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน ตามแนวทางการตรวจวัดตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร SS554 : Code of practice for indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore (Singapore. SS554, 2013) และข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ ตามแนวทาง NIOSH Method : 0800 BIOAEROSOL (Indoor air)

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากข้อมูล 2 ส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)

ดำเนินการรวบรวมผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลทั้ง 6 แห่ง จำนวน 11 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ก๊าซโอโซน (O_3) ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) และปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) จัดเรียงข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และการเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลประเภทเอกสารทางวิชาการ ประกอบด้วย หนังสือ เอกสารทางวิชาการ บทความ เอกสารการประชุม คู่มือ แนวทางการดำเนินงาน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่ส่งผลต่อการดำเนินงาน แนวทางส่งเสริมการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

2.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.1 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร พร้อมทั้งรายงาน งานวิจัย และผลการศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3.2 จัดทำร่าง และเขียนโครงร่างงานวิจัย

2.3.3 เตรียมทีมในการศึกษาวิจัย เตรียมบุคลากร และระบบการดำเนินงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

2.3.4 ลงพื้นที่ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและทางด้านชีวภาพ

ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและทางด้านชีวภาพ

วิธีการตรวจวัด : แนวทางการตรวจวัดตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร SS554: 2013 (Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore ปี 2013)

เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด : 1) เครื่องตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารแบบอ่านค่าโดยตรง (IAQ Monitoring) รุ่น AQ EXPERT หมายเลขเครื่อง (Serial No.) 12380 ผู้ผลิต E-Instruments

2) เครื่องวิเคราะห์ฝุ่นในอาคาร (Particle Counter) รุ่น AEROCET 831 หมายเลขเครื่อง (Serial No.) W21659 ผู้ผลิต MET ONE Instruments

เครื่องมือได้รับการสอบเทียบมาตรฐาน : เมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565

วิธีการตรวจวัด : NIOSH Method : 0800 BIOAEROSOL SAMPLING (Indoor Air)

เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่าง : 1) Andersen 2-stage cascade impactor

2) อาหารเลี้ยงเชื้อ (Sampling media) 2 ชนิด ได้แก่

2.1) ชนิด Trypticase Soy Agar (TSA) สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย

2.2) ชนิด Malt extract agar (MEA) สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อรา

เครื่องมือได้รับการสอบเทียบมาตรฐาน : เมื่อวันที่ 18 มกราคม 2565

สอบเทียบโดย : IUL S.A. ประเทศสเปน

วิธีวิเคราะห์ : Total Colony Counts

ผู้ตรวจวิเคราะห์ : กลุ่มห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ด้านควบคุมโรค
สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี

ค่ามาตรฐาน : เกณฑ์มาตรฐานค่าจุลินทรีย์แขวนลอยในอากาศตามมาตรฐาน EU GMP

1) Recommended Limits for microbial contamination by EU GMP, FS 209D, ISO 14644 and IMA (based on CFU/m^3 and settle plates)

2) ข้อกำหนดระดับความสะอาดในโรงพยาบาลตามมาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องผ่าตัดตามสภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ระดับ 1 มีระดับเชื้อโรคต่ำมาก (< 10 CFU/m^3) เช่น ห้องผ่าตัดพิเศษ/ ห้องปลูกถ่ายกระดูก/ หัวใจ/ รักษาโรค Leukemia / แผลไฟไหม้รุนแรง เทียบประมาณ Class ISO 5 ถึง 7 (100 ถึง 10,000)

ระดับ 2 มีระดับเชื้อโรคต่ำ ระหว่าง 50-200 CFU/m^3 เช่น ห้องผ่าตัดทั่วไป/ แผนกทารกคลอดก่อนกำหนด/ ทางเดินในแผนกผ่าตัด/ แผนกดูแลด้านศัลยกรรม/ แผนกที่เกี่ยวกับแผลไฟไหม้ เทียบประมาณ Class ISO 8 ถึง 8.7 (100,000 ถึง 500,000)

ระดับ 3 มีระดับเชื้อโรคปกติระหว่าง 200-500 CFU/m^3 เช่น ห้องคลอดและหน่วยทารกแรกเกิด/ ห้องฉายรังสี/ แผนกพยาบาล/ หอผู้ป่วยใน/ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า/ ห้องนวดทางกายภาพบำบัดและออกกำลังกาย/ ห้องชำแหละเทียบระดับตาม ASHRAE 52.1-1992

3) ค่ามาตรฐานของ SPRING SINGAPORE กำหนดค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total viable bacterial count & Total viable mold count) สำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีที่ยอมรับได้กับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ไว้ต้องไม่เกิน 500 CFU/ m^3 (Colony-forming units/ ลูกบาศก์เมตรอากาศ)

2.4 การประมวลผล

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในตามแนวทางการตรวจวัดตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร SS554 : Code of practice for indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore (Singapore. SS554, 2013) และข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรารวมในบรรยากาศ ตามแนวทาง NIOSH Method : 0800 BIOAEROSOL (Indoor air) จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ โดยนำผลที่ได้จากการประมวลผลมาจัดทำตารางวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการศึกษา

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทุติยภูมิ มีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เป็นสถิติที่ใช้ในการสรุปลักษณะคุณภาพอากาศหอผู้ป่วยใน คือ ค่าร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max)

2.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) เป็นสถิติที่ใช้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปร คือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient (r) หรือ Pearson’s Product Moment Correlation Coefficient) (อ้างอิงจากงานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการเป็นหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียง, นิสรา ใจซื่อ : 2557) โดยมีเกณฑ์การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ดังนี้

ค่า r	= < .01	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
	= .01 - .25	มีความสัมพันธ์กันเล็กน้อย
	= .26 - .55	มีความสัมพันธ์กันระดับปานกลาง
	= .56 - .75	มีความสัมพันธ์กันสูง
	= .76 - .99	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
	= 1	มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน ตามแนวทางการตรวจวัดตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร SS554 : Code of practice for indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore (Singapore. SS554, 2013) และข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ ตามแนวทาง NIOSH Method : 0800 BIOAEROSOL (Indoor air) ดำเนินการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูล แปลผล นำเสนอผลการศึกษา ออกเป็น 3 ส่วน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาล

ปีงบประมาณ 2565 สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี โดยกลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ให้บริการตรวจวัดทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และอาชีวสุขศาสตร์ ภายใต้โครงการคุ้มครองสุขภาพประชาชนจากมลพิษสิ่งแวดล้อม และพัฒนาสถานที่ทำงานสุขภาวะดีสำหรับหน่วยงานในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ให้บริการตรวจวัดแยกเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วย 1.) บริการตรวจวัดทางด้านอาชีวเวชศาสตร์ ได้แก่ สมรรถภาพการได้ยิน และสมรรถภาพการมองเห็น และ 2.) บริการตรวจวัดทางด้านอาชีวสุขศาสตร์ ได้แก่ ความร้อน เสียงดังเฉลี่ย ความเข้มแสงสว่าง ไอระเหยสารเคมี คุณภาพอากาศภายในอาคาร ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ ก๊าซในที่อับอากาศ และอัตราไหลของกาศ โดยให้บริการตรวจวัดทั้งหมด 15 หน่วยงาน และมี 6 หน่วยงานที่มีผลตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาล

ลำดับ	โรงพยาบาล	ประเภท	ขนาด	อัตราการครองเตียง	ประชากรในเขตรับผิดชอบ
1	แห่งที่ 1	ศูนย์	700 เตียง	91.46	645,911 คน
2	แห่งที่ 2	ทั่วไป	282 เตียง	75.08	54,549 คน
3	แห่งที่ 3	นอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข	750 เตียง	39.02	ประชากรในเขตรับผิดชอบในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4
4	แห่งที่ 4	นอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข	200 เตียง	45.33	7,714,302 คน
5	แห่งที่ 5	ชุมชน	60 เตียง	37.32	36,210 คน
6	แห่งที่ 6	ชุมชน	30 เตียง	39.95	38,862 คน

ส่วนที่ 2 ผลวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

ผลวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน แยกเป็นด้าน ๆ ตามพารามิเตอร์ ดังนี้

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน ประเภทโรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลชุมชน และโรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข จำนวนทั้งหมด 6 แห่ง เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของ Singapore Standard SS554: 2009, Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned buildings กำหนดค่าคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี ที่ยอมรับได้กับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวันในแต่ละพารามิเตอร์ ค่ามาตรฐานตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ในประเทศไทยซึ่งกำหนดค่าคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี ที่ยอมรับได้ในการทำงานตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน และค่ามาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารตามสภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย แยกเป็นพารามิเตอร์

พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature) จำนวน 19 จุด พบว่า ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐานจำนวน 13 จุด คิดเป็นร้อยละ 68.42 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 6 จุด คิดเป็นร้อยละ 31.58 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดอุณหภูมิ (Mean ± Std.) เท่ากับ 25.43 ± 1.28 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 23.10 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 27.80 ประกอบด้วย 4 โรงพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลแห่งที่ 1 จำนวน 3 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED) หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2) และหอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU) โรงพยาบาลแห่งที่ 2 จำนวน 1 จุด คือ หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต) โรงพยาบาลแห่งที่ 3 จำนวน 1 จุด คือ หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น F และโรงพยาบาลแห่งที่ 6 จำนวน 1 จุด คือ หอผู้ป่วยใน

ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) จำนวน 19 จุด พบว่า ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐานจำนวน 5 จุด คิดเป็นร้อยละ 26.32 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 14 จุด คิดเป็นร้อยละ 73.68 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Mean ± Std.) เท่ากับ 74.67 ± 6.14 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 62.10 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 84.20 ประกอบด้วย 4 โรงพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลแห่งที่ 1 จำนวน 5 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU) หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED) หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2) หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU) และหอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU) โรงพยาบาลแห่งที่ 3 จำนวน 5 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E และหอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E โรงพยาบาลแห่งที่ 4 จำนวน 3 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยพุทธรักษา หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1 และหอผู้ป่วยสามัญชาย 1 และโรงพยาบาลแห่งที่ 6 จำนวน 1 จุด คือ หอผู้ป่วยใน ดังตารางที่ 8

พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Mean ± Std.) เท่ากับ 354.32 ± 95.68 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 220.50 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 542.00 และผลการตรวจวัด

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จำนวน 19 จุด พบว่า ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐานจำนวน 18 จุด คิดเป็นร้อยละ 94.74 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 1 จุด คิดเป็นร้อยละ 5.26 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Mean ± Std.) เท่ากับ 2.52 ± 2.82 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 0.00 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 11.50 พบที่โรงพยาบาลแห่งที่ 5 คือ ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น 3 (IPD) ดังตารางที่ 9-1

ผลการตรวจวัดก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (Mean ± Std.) เท่ากับ 0 ผลการตรวจวัดก๊าซโอโซน (O_3) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณก๊าซโอโซน (Mean ± Std.) เท่ากับ 0 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 0.00 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 0.01 และผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Mean ± Std.) เท่ากับ 0 ดังตารางที่ 9-2

พารามิเตอร์ทางด้านฝุ่นละออง (Particulate Matter) ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (Mean ± Std.) เท่ากับ 10.34 ± 7.19 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 2.20 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 34.50 และผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน (Mean ± Std.) เท่ากับ 4.54 ± 2.37 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 0.30 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 9.70 ดังตารางที่ 10

พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Mean ± Std.) เท่ากับ 17.74 ± 13.10 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 3.00 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 56.00 และผลการตรวจวัดปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตรวจวัดปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Mean ± Std.) เท่ากับ 27.63 ± 25.03 ค่าต่ำสุด (Min) เท่ากับ 2.00 และค่าสูงสุด (Max) เท่ากับ 74.00 ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) แยกตามโรงพยาบาล

จุดตรวจวัด	Comfort temperature (°C)			Relative humidity (%RH)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 1						
1. หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU)	25.5	1 (100.00)	0 (0.00)	71.2	0 (0.00)	1 (100.00)
2. หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED)	26.5	0 (0.00)	1 (100.00)	81.9	0 (0.00)	1 (100.00)
3. หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2)	27.0	0 (0.00)	1 (100.00)	73.3	0 (0.00)	1 (100.00)
4. หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU)	23.2	1 (100.00)	0 (0.00)	73.4	0 (0.00)	1 (100.00)
5. หอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU)	27.8	0 (0.00)	1 (100.00)	74.8	0 (0.00)	1 (100.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 2						
1. หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต)	26.6	0 (0.00)	1 (100.00)	68.9	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 3						
1. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น A	23.1	1 (100.00)	0 (0.00)	64.2	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B	25.2	1 (100.00)	0 (0.00)	76.1	0 (0.00)	1 (100.00)
3. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C	25.3	1 (100.00)	0 (0.00)	84.2	0 (0.00)	1 (100.00)
4. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D	25.1	1 (100.00)	0 (0.00)	78.0	0 (0.00)	1 (100.00)
5. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E	25.9	1 (100.00)	0 (0.00)	78.9	0 (0.00)	1 (100.00)
6. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น F	26.5	0 (0.00)	1 (100.00)	80.0	0 (0.00)	1 (100.00)
7. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น G	25.0	1 (100.00)	0 (0.00)	68.6	1 (100.00)	0 (0.00)

จุดตรวจวัด	Comfort temperature (°C)			Relative humidity (%RH)		
	ผลตรวจวัด	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**ผลตรวจวัด**	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**
โรงพยาบาลแห่งที่ 4						
1. ห้องให้ยาเคมีบำบัด	24.0	1 (100.00)	0 (0.00)	68.0	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยพุทธรักษา	24.2	1 (100.00)	0 (0.00)	76.6	0 (0.00)	1 (100.00)
3. หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1	25.8	1 (100.00)	0 (0.00)	77.7	0 (0.00)	1 (100.00)
4. หอผู้ป่วยสามัญชาย 1	25.3	1 (100.00)	0 (0.00)	80.6	0 (0.00)	1 (100.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 5						
1. ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น3 (IPD)	24.4	1 (100.00)	0 (0.00)	62.1	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 6						
1. หอผู้ป่วยใน	26.8	0 (0.00)	1 (100.00)	80.2	0 (0.00)	1 (100.00)
พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน		**13 (68.42)**	**6 (31.58)**		**5 (26.32)**	**14 (73.68)**
ค่ามาตรฐานฯ ตาม SS554: 2009 (สิงคโปร์)	24-26 ℃			น้อยกว่า 70%		
ค่ามาตรฐานฯ ตามประกาศกรมอนามัย 2565	24-26 ℃			50-65%		
	Mean = 25.43 ± 1.28			**Mean = 74.67 ± 6.14**		
	Min = 23.10, Max = 27.80			**Min = 62.10, Max = 84.20**		

ตารางที่ 9-1 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) แยกตามโรงพยาบาล

จุดตรวจวัด	Carbon dioxide (ppm)			Carbon monoxide (ppm)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 1						
1. หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU)	412.0	1 (100.00)	0 (0.00)	4.0	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED)	251.0	1 (100.00)	0 (0.00)	5.5	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2)	326.5	1 (100.00)	0 (0.00)	4.2	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU)	542.0	1 (100.00)	0 (0.00)	2.2	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU)	451.0	1 (100.00)	0 (0.00)	1.6	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 2						
1. หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต)	301.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 3						
1. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น A	335.5	1 (100.00)	0 (0.00)	0.3	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B	370.5	1 (100.00)	0 (0.00)	1.0	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C	268.5	1 (100.00)	0 (0.00)	1.5	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D	298.5	1 (100.00)	0 (0.00)	0.7	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E	306.5	1 (100.00)	0 (0.00)	0.9	1 (100.00)	0 (0.00)
6. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น F	225.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
7. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น G	220.5	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)

จุดตรวจวัด	Carbon dioxide (ppm)			Carbon monoxide (ppm)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 4						
1. ห้องให้ยาเคมีบำบัด	333.0	1 (100.00)	0 (0.00)	1.8	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยพุทธรักษา	286.5	1 (100.00)	0 (0.00)	1.7	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1	356.0	1 (100.00)	0 (0.00)	1.5	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยสามัญชาย 1	482.0	1 (100.00)	0 (0.00)	5.9	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 5						
1. ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น3 (IPD)	475.5	1 (100.00)	0 (0.00)	11.5	0 (0.00)	1 (100.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 6						
1. หอผู้ป่วยใน	490.5	1 (100.00)	0 (0.00)	3.6	1 (100.00)	0 (0.00)
พารามิเตอร์ทางด้านเคมี		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**		**18 (94.74)**	**1 (5.26)**
ค่ามาตรฐานฯ ตาม SS554: 2009 (สิงคโปร์)	มากกว่าภายนอกไม่เกิน 700 ppm			9 ppm		
ค่ามาตรฐานฯ ตามประกาศกรมอนามัย 2565	1000 ppm			9 ppm		
	Mean = 354.32 ± 95.68 Min = 220.50, Max = 542.00			Mean = 2.52 ± 2.82 Min = 0.00, Max = 11.50		

ตารางที่ 9-2 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ต่อ แยกตามโรงพยาบาล

จุดตรวจวัด	Formaldehyde (ppm)			Ozone (ppm)			Total VOCs (ppm)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 1									
1. หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.010	1 (100.00)	0 (0.00)	0.003	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.002	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.008	1 (100.00)	0 (0.00)	0.003	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 2									
1. หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 3									
1. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น A	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.005	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.002	1 (100.00)	0 (0.00)	0.002	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.002	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.003	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.003	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)
6. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น F	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.004	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
7. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น G	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 4									
1. ห้องให้ยาเคมีบำบัด	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)

จุดตรวจวัด	Formaldehyde (ppm)			Ozone (ppm)			Total VOCs (ppm)		
	ผล ตรวจวัด	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**ผล ตรวจวัด**	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**ผล ตรวจวัด**	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**
2. หอผู้ป่วยพุทธรักษา	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.002	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยสามัญชาย 1	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.003	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 5									
1. ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น3 (IPD)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.001	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 6									
1. หอผู้ป่วยใน	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.0	1 (100.00)	0 (0.00)	0.002	1 (100.00)	0 (0.00)
พารามิเตอร์ทางด้านเคมี		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**
ค่ามาตรฐานฯ ตาม SS554: 2009 (สิงคโปร์)	0.1 ppm			0.1 ppm			3 ppm		
ค่ามาตรฐานฯ ตามประกาศกรมอนามัย 2565	0.08 ppm			0.05 ppm			1 ppm		
	Mean = 0.00 ± 0.00 Min = 0.00, Max = 0.00			**Mean = 0.00 ± 0.00 Min = 0.00, Max = 0.01**			**Mean = 0.00 ± 0.00 Min = 0.00, Max = 0.00**		

ตารางที่ 10 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านฝุ่นละออง (Particulate Matter) แยกตามโรงพยาบาล

จุดตรวจวัด	PM_{10} (µg/m³)			$PM_{2.5}$ (µg/m³)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 1						
1. หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU)	10.2	1 (100.00)	0 (0.00)	6.4	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED)	12.9	1 (100.00)	0 (0.00)	6.9	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2)	8.5	1 (100.00)	0 (0.00)	5.5	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU)	6.6	1 (100.00)	0 (0.00)	4.1	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU)	12.9	1 (100.00)	0 (0.00)	7.4	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 2						
1. หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต)	18.6	1 (100.00)	0 (0.00)	5.3	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 3						
1. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น A	6.5	1 (100.00)	0 (0.00)	3.6	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B	12.9	1 (100.00)	0 (0.00)	5.3	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C	7.5	1 (100.00)	0 (0.00)	3.7	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D	10.1	1 (100.00)	0 (0.00)	4.5	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E	9.9	1 (100.00)	0 (0.00)	5.4	1 (100.00)	0 (0.00)
6. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น F	6.9	1 (100.00)	0 (0.00)	4.8	1 (100.00)	0 (0.00)
7. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น G	6.4	1 (100.00)	0 (0.00)	4.8	1 (100.00)	0 (0.00)

จุดตรวจวัด	PM_{10} (µg/m³)			$PM_{2.5}$ (µg/m³)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 4						
1. ห้องให้ยาเคมีบำบัด	5.8	1 (100.00)	0 (0.00)	0.3	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยพุทธรักษา	3.3	1 (100.00)	0 (0.00)	1.2	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1	5.2	1 (100.00)	0 (0.00)	1.3	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยสามัญชาย 1	2.2	1 (100.00)	0 (0.00)	1.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 5						
1. ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น3 (IPD)	34.5	1 (100.00)	0 (0.00)	9.7	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 6						
1. หอผู้ป่วยใน	15.6	1 (100.00)	0 (0.00)	5.1	1 (100.00)	0 (0.00)
พารามิเตอร์ทางด้านฝุ่นละออง		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**
ค่ามาตรฐานฯ ตาม SS554: 2009 (สิงคโปร์)	50 µg/m^3			35 µg/m^3		
ค่ามาตรฐานฯ ตามประกาศกรมอนามัย 2565	50 µg/m^3			25 µg/m^3		
	Mean = 10.34 ± 7.19 **Min = 2.20, Max = 34.50**			**Mean = 4.54 ± 2.37** **Min = 0.30, Max = 9.70**		

ตารางที่ 11 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยใน พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) แยกตามโรงพยาบาล

จุดตรวจวัด	**Total bacteria (CFU/m³)**			**Total mold (CFU/m³)**		
	ผลตรวจวัด	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**ผลตรวจวัด**	**ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**	**เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)**
โรงพยาบาลแห่งที่ 1						
1. หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU)	12.0	1 (100.00)	0 (0.00)	20.0	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED)	15.0	1 (100.00)	0 (0.00)	59.0	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2)	25.0	1 (100.00)	0 (0.00)	71.0	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU)	16.0	1 (100.00)	0 (0.00)	44.0	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU)	18.0	1 (100.00)	0 (0.00)	20.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 2						
1. หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต)	24.0	1 (100.00)	0 (0.00)	14.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 3						
1. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น A	9.0	1 (100.00)	0 (0.00)	9.0	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B	12.0	1 (100.00)	0 (0.00)	16.0	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C	26.0	1 (100.00)	0 (0.00)	74.0	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D	16.0	1 (100.00)	0 (0.00)	20.0	1 (100.00)	0 (0.00)
5. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E	13.0	1 (100.00)	0 (0.00)	22.0	1 (100.00)	0 (0.00)
6. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น F	27.0	1 (100.00)	0 (0.00)	45.0	1 (100.00)	0 (0.00)
7. หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น G	56.0	1 (100.00)	0 (0.00)	70.0	1 (100.00)	0 (0.00)

จุดตรวจวัด	Total bacteria (CFU/m³)			Total mold (CFU/m³)		
	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	ผลตรวจวัด	ผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)	เกินค่ามาตรฐาน จำนวน (ร้อยละ) (n=19)
โรงพยาบาลแห่งที่ 4						
1. ห้องให้ยาเคมีบำบัด	3.0	1 (100.00)	0 (0.00)	2.0	1 (100.00)	0 (0.00)
2. หอผู้ป่วยพุทธรักษา	4.0	1 (100.00)	0 (0.00)	2.0	1 (100.00)	0 (0.00)
3. หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1	4.0	1 (100.00)	0 (0.00)	2.0	1 (100.00)	0 (0.00)
4. หอผู้ป่วยสามัญชาย 1	4.0	1 (100.00)	0 (0.00)	2.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 5						
1. ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น3 (IPD)	38.0	1 (100.00)	0 (0.00)	25.0	1 (100.00)	0 (0.00)
โรงพยาบาลแห่งที่ 6						
1. หอผู้ป่วยใน	15.0	1 (100.00)	0 (0.00)	8.0	1 (100.00)	0 (0.00)
พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**		**19 (100.00)**	**0 (0.00)**
มาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารตามสภาวิศวกรรมสถาน	200-500 CFU/m³			200-500 CFU/m³		
	Mean = 17.74 ± 13.10 Min = 3.00, Max = 56.00			Mean = 27.63 ± 25.03 Min = 2.00, Max = 74.00		

ส่วนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล แยกตามพารามิเตอร์ ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ความสัมพันธ์	**ผลการวิเคราะห์**		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	**ระดับความสัมพันธ์**
Carbon dioxide / Carbon monoxide	0.493*	0.243	ปานกลาง
Carbon dioxide / Comfort temperature	-0.125	0.016	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon dioxide / Relative humidity	-0.159	0.025	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon dioxide / Formaldehyde	0.0^[a]	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon dioxide / Ozone	-0.116	0.013	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon dioxide / Total VOCs	0.541*	0.292	ปานกลาง
Carbon dioxide / PM_{10}	0.276	0.076	ปานกลาง
Carbon dioxide / $PM_{2.5}$	0.134	0.018	เล็กน้อย
Carbon dioxide / Total bacteria	-0.264	0.07	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon dioxide / Total mold	-0.392	0.153	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความสัมพันธ์ระดับสูง ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Carbon monoxide / Carbon dioxide	0.493*	0.243	ปานกลาง
Carbon monoxide / Comfort temperature	-0.018	3.150E-04	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon monoxide / Relative humidity	-0.184	0.034	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon monoxide / Formaldehyde	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon monoxide / Ozone	-0.062	0.004	ไม่สัมพันธ์กัน
Carbon monoxide / Total VOCs	0.421	0.177	ปานกลาง
Carbon monoxide / PM_{10}	0.599**	0.359	สูง
Carbon monoxide / $PM_{2.5}$	0.417	0.174	ปานกลาง
Carbon monoxide / Total bacteria	0.089	0.008	เล็กน้อย
Carbon monoxide / Total mold	0.008	5.63E-05	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับอุณหภูมิ (Temperature) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ (Temperature) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับอุณหภูมิ (Temperature) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับอุณหภูมิ (Temperature)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Comfort temperature / Carbon dioxide	-0.125	0.016	ไม่สัมพันธ์กัน
Comfort temperature / Carbon monoxide	-0.018	3.150E-04	ไม่สัมพันธ์กัน
Comfort temperature / Relative humidity	0.438	0.191	ปานกลาง
Comfort temperature / Formaldehyde	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Comfort temperature / Ozone	-0.218	0.047	ไม่สัมพันธ์กัน
Comfort temperature / Total VOCs	0.110	0.012	เล็กน้อย

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Comfort temperature / PM_{10}	0.164	0.027	เล็กน้อย
Comfort temperature / $PM_{2.5}$	0.374	0.140	ปานกลาง
Comfort temperature / Total bacteria	0.141	0.020	เล็กน้อย
Comfort temperature / Total mold	0.189	0.036	เล็กน้อย

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Relative humidity / Carbon dioxide	-0.159	0.025	ไม่สัมพันธ์กัน
Relative humidity / Carbon monoxide	-0.184	0.034	ไม่สัมพันธ์กัน
Relative humidity / Comfort temperature	0.438	0.191	ปานกลาง
Relative humidity / Formaldehyde	0.0^[a]	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Relative humidity / Ozone	0.231	0.053	เล็กน้อย
Relative humidity / Total VOCs	0.266	0.071	ปานกลาง
Relative humidity / PM_{10}	-0.407	0.165	ไม่สัมพันธ์กัน
Relative humidity / $PM_{2.5}$	-0.224	0.050	ไม่สัมพันธ์กัน
Relative humidity / Total bacteria	-0.284	0.081	ไม่สัมพันธ์กัน
Relative humidity / Total mold	0.171	0.029	เล็กน้อย

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Formaldehyde / Carbon dioxide	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Carbon monoxide	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Comfort temperature	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Relative humidity	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Ozone	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Total VOCs	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / PM_{10}	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / $PM_{2.5}$	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Total bacteria	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Formaldehyde / Total mold	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซโอโซน (O_3) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับก๊าซโอโซน (O_3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ปริมาณเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซโอโซน (O_3) ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับก๊าซโอโซน (O_3)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Ozone / Carbon dioxide	-0.116	0.013	ไม่สัมพันธ์กัน
Ozone / Carbon monoxide	-0.062	0.004	ไม่สัมพันธ์กัน
Ozone / Comfort temperature	-0.218	0.047	ไม่สัมพันธ์กัน
Ozone / Relative humidity	0.231	0.053	เล็กน้อย
Ozone / Formaldehyde	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Ozone / Total VOCs	0.255	0.065	เล็กน้อย
Ozone / PM_{10}	-0.104	0.011	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Ozone / $PM_{2.5}$	0.147	0.022	เล็กน้อย
Ozone / Total bacteria	-0.089	0.008	ไม่สัมพันธ์กัน
Ozone / Total mold	0.337	0.113	ปานกลาง

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Total VOCs / Carbon dioxide	0.541*	0.292	ปานกลาง
Total VOCs / Carbon monoxide	0.421	0.177	ปานกลาง
Total VOCs / Comfort temperature	0.110	0.012	เล็กน้อย
Total VOCs / Relative humidity	0.266	0.071	ปานกลาง
Total VOCs / Formaldehyde	0.0^[a]	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Total VOCs / Ozone	0.255	0.065	เล็กน้อย
Total VOCs / PM_{10}	-0.026	6.733E-04	ไม่สัมพันธ์กัน
Total VOCs / $PM_{2.5}$	-0.065	0.004	ไม่สัมพันธ์กัน
Total VOCs / Total bacteria	-0.392	0.154	ไม่สัมพันธ์กัน
Total VOCs / Total mold	-0.104	0.011	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก ได้แก่

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และมีความสัมพันธ์ระดับสูง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10})

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
PM_{10} / Carbon dioxide	0.276	0.076	ปานกลาง
PM_{10} / Carbon monoxide	0.599**	0.359	สูง
PM_{10} / Comfort temperature	0.164	0.027	เล็กน้อย
PM_{10} / Relative humidity	-0.407	0.165	ไม่สัมพันธ์กัน
PM_{10} / Formaldehyde	0.0^a	-	ไม่สัมพันธ์กัน
PM_{10} / Ozone	-0.104	0.011	ไม่สัมพันธ์กัน
PM_{10} / Total VOCs	-0.026	6.733E-04	ไม่สัมพันธ์กัน
PM_{10} / $PM_{2.5}$	0.785**	0.617	สูงมาก
PM_{10} / Total bacteria	0.399	0.159	ปานกลาง
PM_{10} / Total mold	-0.010	0.000	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กับ พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก ได้แก่ ปริมาณฝุ่นลองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
$PM_{2.5}$ / Carbon dioxide	0.134	0.018	เล็กน้อย

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
$PM_{2.5}$ / Carbon monoxide	0.417	0.174	ปานกลาง
$PM_{2.5}$ / Comfort temperature	0.374	0.140	ปานกลาง
$PM_{2.5}$ / Relative humidity	-0.224	0.050	ไม่สัมพันธ์กัน
$PM_{2.5}$ / Formaldehyde	0.0^[a]	-	ไม่สัมพันธ์กัน
$PM_{2.5}$ / Ozone	0.147	0.022	เล็กน้อย
$PM_{2.5}$ / Total VOCs	-0.065	0.004	ไม่สัมพันธ์กัน
$PM_{2.5}$ / PM_{10}	0.785**	0.617	สูงมาก
$PM_{2.5}$ / Total bacteria	0.547*	0.300	ปานกลาง
$PM_{2.5}$ / Total mold	0.362	0.131	ปานกลาง

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความสัมพันธ์ระดับสูง ได้แก่ ปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Total bacteria / Carbon dioxide	-0.264	0.070	ไม่สัมพันธ์กัน
Total bacteria / Carbon monoxide	0.089	0.008	เล็กน้อย
Total bacteria / Comfort temperature	0.141	0.020	เล็กน้อย
Total bacteria / Relative humidity	-0.284	0.081	ไม่สัมพันธ์กัน
Total bacteria / Formaldehyde	0.0^[a]	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Total bacteria / Ozone	-0.089	0.008	ไม่สัมพันธ์กัน
Total bacteria / Total VOCs	-0.392	0.154	ไม่สัมพันธ์กัน

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Total bacteria / PM10	0.399	0.159	ปานกลาง
Total bacteria / PM2.5	0.547*	0.300	ปานกลาง
Total bacteria / Total mold	0.682**	0.465	สูง

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation (r)) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความสัมพันธ์ระดับสูง ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold) ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาลกับปริมาณเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold)

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Total mold / Carbon dioxide	-0.392	0.153	ไม่สัมพันธ์กัน
Total mold / Carbon monoxide	0.008	5.631E-05	ไม่สัมพันธ์กัน
Total mold / Comfort temperature	0.189	0.036	เล็กน้อย
Total mold / Relative humidity	0.171	0.029	เล็กน้อย
Total mold / Formaldehyde	$0.0^{\wedge a}$	-	ไม่สัมพันธ์กัน
Total mold / Ozone	0.337	0.113	ปานกลาง
Total mold / Total VOCs	-0.104	0.011	ไม่สัมพันธ์กัน
Total mold / PM10	-0.010	1.084E-04	ไม่สัมพันธ์กัน
Total mold / PM2.5	0.362	0.131	ปานกลาง
Total mold / Total bacteria	0.682**	0.465	สูง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 สามารถสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาล

ปีงบประมาณ 2565 สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี โดยกลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ให้บริการตรวจวัดทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และอาชีวสุขศาสตร์ ภายใต้โครงการคุ้มครองสุขภาพประชาชนจากมลพิษสิ่งแวดล้อม และพัฒนาสถานที่ทำงานสุขภาวะดีสำหรับหน่วยงานในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ให้บริการตรวจวัดทั้งหมด 15 หน่วยงาน และมี 6 หน่วยงานที่มีผลตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราวมในบรรยากาศ รายละเอียดดังต่อไปนี้

โรงพยาบาลแห่งที่ 1 : โรงพยาบาลศูนย์ ขนาด 700 เตียง อัตราการครองเตียงเท่ากับ 91.46 และมีประชากรในเขตรับผิดชอบ จำนวน 645,911 คน

โรงพยาบาลแห่งที่ 2 : โรงพยาบาลทั่วไป ขนาด 282 เตียง อัตราการครองเตียงเท่ากับ 75.08 และมีประชากรในเขตรับผิดชอบ จำนวน 54,549 คน

โรงพยาบาลแห่งที่ 3 : โรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ขนาด 750 เตียง อัตราการครองเตียงเท่ากับ 39.02 และมีประชากรในเขตรับผิดชอบในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4

โรงพยาบาลแห่งที่ 4 : โรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ขนาด 200 เตียง อัตราการครองเตียงเท่ากับ 45.33 และมีประชากรในเขตรับผิดชอบ จำนวน 7,714,302 คน

โรงพยาบาลแห่งที่ 5 : โรงพยาบาลชุมชน ขนาด 60 เตียง อัตราการครองเตียงเท่ากับ 37.32 และมีประชากรในเขตรับผิดชอบ จำนวน 36,210 คน

โรงพยาบาลแห่งที่ 6 : โรงพยาบาลชุมชน ขนาด 30 เตียง อัตราการครองเตียงเท่ากับ 39.95 และมีประชากรในเขตรับผิดชอบ จำนวน 38,862 คน

ส่วนที่ 2 ผลวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

ผลวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน แยกเป็นด้าน ๆ ตามพารามิเตอร์ ได้ดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature) จำนวน 19 จุด พบว่า ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐานจำนวน 13 จุด คิดเป็นร้อยละ 68.42 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 6 จุด คิดเป็นร้อยละ 31.58 Mean ± Std. = 25.43 ± 1.28, Min = 23.10, และMax = 27.80 ประกอบด้วย 4 โรงพยาบาล จำนวน 6 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED) หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2) หอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU) หอผู้ป่วยรวม (วิกฤต) และหอผู้ป่วยใน จำนวน 2 จุด

ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) จำนวน 19 จุด พบว่า ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐานจำนวน 5 จุด คิดเป็นร้อยละ 26.32 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 14 จุด คิดเป็นร้อยละ 73.68 Mean ± Std. = 74.67 ± 6.14, Min = 62.10, และMax = 84.20 ประกอบด้วย 4 โรงพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลแห่งที่ 1 จำนวน 5 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยหนักทารกแรกเกิด (NICU) หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (ICU MED) หอผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU S1-S2) หอบำบัดผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจ (CCU) และหอผู้ป่วยหนักกุมาร (PICU) โรงพยาบาลแห่งที่ 3 จำนวน 5 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น B หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น C หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น D หอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E และหอผู้ป่วยใน 9 ชั้น E โรงพยาบาลแห่งที่ 4 จำนวน 3 จุด ได้แก่ หอผู้ป่วยพุทธรักษา หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง 1 และหอผู้ป่วยสามัญชาย 1 และโรงพยาบาลแห่งที่ 6 จำนวน 1 จุด คือ หอผู้ป่วยใน

พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 354.32 ± 95.6, Min = 220.50, และMax = 542.00

ผลการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จำนวน 19 จุด พบว่า ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน จำนวน 18 จุด คิดเป็นร้อยละ 94.74 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 1 จุด คิดเป็นร้อยละ 5.26 Mean ± Std. = 2.52 ± 2.82, Min = 0.00, และMax =11.50 พบที่โรงพยาบาลแห่งที่ 5 คือ ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น 3 (IPD)

ผลการตรวจวัดก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 0.00 ± 0.00, Min = 0.00, และMax = 0.00

ผลการตรวจวัดก๊าซโอโซน (O_3) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 0.00 ± 0.00, Min = 0.00, และMax = 0.01

ผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 0.00 ± 0.00, Min = 0.00, และMax = 0.00

พารามิเตอร์ทางด้านฝุ่นละออง (Particulate Matter) ผลการตรวจวัดตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 10.34 ± 7.19, Min = 2.20, และMax = 34.50 และผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 4.54 ± 2.37, Min = 0.30, และMax = 9.70

พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 17.74 ± 13.10, Min = 3.00, และMax = 56.00 และผลการตรวจวัดปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) จำนวน 19 จุด พบว่า ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 Mean ± Std. = 27.63 ± 25.03, Min = 2.00, และMax = 74.00

ส่วนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล และตรวจสอบค่า Significant Level ดังนี้

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2 .5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นลองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นลองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2. อภิปรายผล

ผลการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยใน : กรณีศึกษาโรงพยาบาลหกแห่งในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาตามผลวิเคราะห์คุณภาพอากาศ แยกตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ **พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters)** พบว่า ผลตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature) ส่วนใหญ่ผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 68.40 และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง (รชนีกร วีรเจริญ และคณะ, 2563) คณะผู้วิจัยค้นพบว่า อุณหภูมิส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ยกเว้นอุณหภูมิซึ่งมีค่ากำหนดมาตรฐานหลากหลาย หากเทียบกับอุณหภูมิที่แนะนำเพื่อควบคุมการติดเชื้อในห้องผ่าตัด และต่างจากการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง (ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น, 2557) ที่พบว่า อุณหภูมิภายในอาคารมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันทั้งฤดูร้อนและฤดูฝนในทุกจุดตรวจวัดและสูงกว่าค่าแนะนำของ The American Society of Heating Refrigeration and conditioning Engineers

(ASHRAE) ที่กำหนดระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่อาศัยภายในอาคารอยู่ระหว่าง 20-26 องศาเซลเซียส (ASHREA, 2001) ปัจจัยหลักที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคาร สำหรับระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ คือ อุณหภูมิภายนอกอาคาร ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายนอกอาคารแต่ละจุดใกล้เคียงกับภายในอาคาร จึงอาจเป็นผลให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่อาศัยอยู่ในอาคาร

ผลตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ส่วนใหญ่ผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 73.70 และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช (ปานทิพย์ ธิโนชัย และคณะ, 2561) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่างร้อยละ 63.20 – 80.70 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นที่เหมาะสมภายในอาคารตาม (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย 2557 กำหนดระหว่างร้อยละ 50.00 – 65.00 พบว่าโรงพยาบาลแห่งนี้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินเกณฑ์เหมาะสม ร้อยละ 93.60 ของผลการตรวจวัดทั้งหมด และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง (ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น, 2557) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันในฤดูร้อนและฤดูฝนในทุกจุดตรวจวัด และมีค่าสูงกว่าค่าแนะนำของ ASHERA ที่กำหนดระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่อาศัยภายในอาคารอยู่ระหว่าง 30-60% (ASHRAE, 2001) รวมการตรวจวัดความชื้นภายนอกอาคารก็พบว่าอยู่ในระดับสูง เนื่องจากความชื้นภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากภายนอกอาคาร สำหรับอาคารที่มีระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ ทั้งนี้สำหรับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสูงตลอดทั้งปี

พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) พบว่า ผลตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ก๊าซโอโซน (O_3) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 สำหรับผลตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ส่วนใหญ่ผลตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 94.70 และผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 5.30 และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง (รชนีกร วีรเจริญ และคณะ, 2563) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเทียบกับมาตรฐาน SS554 ของ SPRING SINGAPORE (The Standards, Productivity and Innovation Board) Ministry of Trade and Industry, Singapore ประเทศสิงคโปร์ และมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารตาม (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย 2557 พบว่า การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวมภายในอาคารของห้องผ่าตัดโรงพยาบาลทั้ง 2 โรงพยาบาลทุกจุดมีค่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ส่วนผลการตรวจวัดก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ภายในอาคารของห้องผ่าตัด พบว่าโรงพยาบาลที่ 1 มี 3 จุดตรวจวัดที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ และโรงพยาบาลแห่งที่ 2 พบ 1 จุดตรวจวัดที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง (ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น, 2557) พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งฤดูร้อนและฤดูฝนในทุกจุดตรวจวัด และมีค่าต่ำกว่าค่า

มาตรฐานของ ASHRAE ที่กำหนดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm (ASHRAE, 2007) ทั้งนี้ในบรรยากาศโดยทั่วไปจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 250-350 ppm ซึ่งแหล่งที่มาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารส่วนมากเกิดจากการหายใจของผู้ที่อยู่ในอาคาร แต่สำหรับพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เป็นอาคารกึ่งปิดและเป็นพื้นที่โล่ง จึงอาจทำให้ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ด้านก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่า ค่าเฉลี่ยทั้งฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ ASHRAE ที่กำหนดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในอาคารไม่เกิน 9 ppm (ASHRAE, 2007) ด้านก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า ทั้งฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของ ASHRAE ที่กำหนดระดับก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ ภายในอาคารไม่เกิน 0.4 ppm (ASHRAE, 2001)

พารามิเตอร์ทางด้านฝุ่นละออง (Particulate Matter) พบว่า ผลตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 แต่พบมี 1 จุด คือ ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น 3 (IPD) ซึ่งมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงกว่าโรงพยาบาลทุกแห่ง ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) ได้ 34.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ได้ 9.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง (รชนีกร วีรเจริญ และคณะ, 2563) การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ยังไม่มีค่าแนะนำสำหรับห้องผ่าตัด เมื่อเทียบกับมาตรฐาน SS554 ของ SPRING SINGAPORE (The Standards, Productivity and Innovation Board) Ministry of Trade and Industry, Singapore ประเทศสิงคโปร์ พบว่าภายในอาคารของห้องผ่าตัดโรงพยาบาลที่ 1 มี 4 จุด ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10}

พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) พบว่า ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) และปริมาณเชื้อราวมในบรรยากาศ (Total mold) ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช (ปานทิพย์ ธิโนชัย และคณะ, 2561) ผลการประเมินมลภาวะอากาศในอาคารทางชีวภาพ พบว่า การตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศในอาคารโรงพยาบาลทั้งหมด 78 ตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 3 – 411 CFU/m^3 (เฉลี่ย 198 CFU/m^3) ซึ่งสูงกว่าปริมาณเชื้อราวมที่มีค่าระหว่าง 0 – 289 CFU/m^3 (เฉลี่ย 69 CFU/m^3) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานสิงคโปร์ และตาม (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย 2557 เรื่อง เกณฑ์ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร ที่กำหนดไว้สำหรับปริมาณแบคทีเรียรวมไม่เกิน 500 CFU/m^3 และเชื้อราวมไม่เกิน 500 CFU/m^3 พบว่า ผลการตรวจวัดทุกตัวอย่าง ในโรงพยาบาลแห่งนี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และจากการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง (ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น, 2557) พบว่า แบคทีเรียในฤดูร้อนสูงกว่าในฤดูฝนในทุกจุดที่ตรวจวัด โดยในแผนกผู้ป่วยนอกทั้ง 2 จุด มีปริมาณแบคทีเรียใกล้เคียงกันและสูงกว่าค่าแนะนำ ส่วนในแผนกผู้ป่วยใน พบว่า ในจุดหอผู้ป่วยอายุรกรรมชายในฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าค่า

แนะนำ ส่วนในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าแนะนำ (500 CFU/m³) เมื่อพิจารณา ความเร็วลม ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของแบคทีเรีย (Jones and Harrison, 2004) พบว่าในแผนกผู้ป่วยนอกมีความเร็วลมที่สูงกว่าแผนกผู้ป่วยในจึงทำให้แบคทีเรียฟุ้งกระจายและสะสมอยู่ภายในทำให้ตรวจวัดได้สูงกว่าแผนกผู้ป่วยใน รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น พบว่า ปัจจัยเหล่านี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของแบคทีเรีย (Brooks et al., 2004) และมีความแตกต่างที่ปริมาณเชื้อรา จากการตรวจวัดในแต่ละจุดพบว่า สูงกว่าค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก และในแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยปริมาณในฤดูร้อนจะสูงกว่าในฤดูฝน และมีความสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง การประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ จังหวัดอุบลราชธานี (เทียมมะณีย์ วีระศักดิ์, 2550) พบว่า ภายในอาคารมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียอยู่ 20.0-627.0 CFU/m³ โดยจุดเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศมากที่สุด คือ ห้องตรวจโรค (OPD) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอาคารของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ จังหวัดอุบลราชธานี มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน Hong Kong Air Quality กำหนดไว้ คือ 1,000 CFU/m³ โดยเฉลี่ยต่อระยะเวลา 8 ชั่วโมง

โดยสรุปโรงพยาบาลที่ศึกษา ไม่มีปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารทั้งพารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียรวมในบรรยากาศ (Total bacteria) และปริมาณเชื้อรารวมในบรรยากาศ (Total mold) พารามิเตอร์ฝุ่นละออง (Particulate Matter) ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และพารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) ก๊าซโอโซน (O_3) และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total VOCs) ทุกจุดตรวจวัดผ่านค่ามาตรฐาน มีเพียงผลตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) พบว่า ผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน 1 จุด ซึ่งเป็นห้องทำงานเจ้าหน้าที่ชั้น 3 (IPD) แต่ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารส่วนใหญ่พบปัญหาที่พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) จำนวน 6 จุด และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ส่วนใหญ่ผลตรวจวัดเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 14 จุด ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อาจจะส่งผลต่อความรู้สึกไม่สบาย อึดอัด และอบอ้าว ของผู้ใช้อาคารหอผู้ป่วยใน ทั้งความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบทางด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้เข้ารับบริการ โรงพยาบาลจึงควรปรับปรุงระบบปรับอากาศ และระบายอากาศอาคารหอผู้ป่วยในให้เหมาะสมต่อภาวะสบายเชิงความร้อน และควรเฝ้าระวังเรื่องของความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน อาจทำให้เกิดเชื้อราและอาจก่อให้เกิดโรคได้

ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้

1. ไม่ได้ตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศในอาคารหอผู้ป่วยใน
2. ไม่มีแบบสอบถามสำหรับผู้ปฏิบัติงานหอผู้ป่วยในเพื่อค้นหาผลกระทบต่อสุขภาพ

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

1. โรงพยาบาลควรสำรวจสภาพแวดล้อม และประเมินความเสี่ยงสภาพแวดล้อมการทำงานของบุคลากรที่ปฏิบัติงานและผู้รับบริการหอผู้ป่วยใน เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง นำไปสู่การแก้ปัญหาที่แหล่งกำเนิด (Source) ได้อย่างตรงจุด และยืนยันผลการประเมินความเสี่ยงสภาพแวดล้อมด้วยการตรวจวัดทางด้านอาชีวสุขศาสตร์
2. โรงพยาบาลควรเฝ้าระวังอุณหภูมิห้องให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 24-26 องศาเซลเซียส บำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศสม่ำเสมอ
3. โรงพยาบาลควรตรวจสอบ ปรับปรุงระบบหมุนเวียนอากาศ ระบายให้ได้ตามมาตรฐาน ลดพื้นที่ที่มีอากาศนิ่ง และไม่หมุนเวียน เพื่อป้องกันความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน
4. โรงพยาบาลควรติดตั้งแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพในระบบหมุนเวียนอากาศจะช่วยกรองฝุ่นละอองขนาดเล็ก ลดปริมาณแบคทีเรีย และสปอร์ของเชื้อราออกจากอากาศช่วยลดการแพร่กระจายของราได้ และควรติดตั้งระบบระบายอากาศที่เหมาะสม เพื่อลดการสะสมของมลพิษทางอากาศจากการระบายอากาศ การกรองอากาศ และระบบบำบัดอากาศ
5. โรงพยาบาลควรมีแผนดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นระยะเพื่อเฝ้าระวังปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารอย่างต่อเนื่อง

3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1. การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ควรตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศในอาคารควบคู่กับพารามิเตอร์อื่น ๆ
2. ควรสอบถามกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึก (Sick Building Syndrome) จากผู้ปฏิบัติงานหอผู้ป่วยในเพื่อค้นหาผลกระทบต่อสุขภาพ

บรรณานุกรม

กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *คู่มือการออกแบบอาคารสถานบริการสุขภาพและสภาพแวดล้อมหอผู้ป่วยใน.*

จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. (2555). *คุณภาพอากาศภายในอาคาร สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและการประเมิน.* (หน่วยที่ 15). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น. (2557). *ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทรงยศ ภารดี. (2554). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม : การควบคุมโรคสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ* มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นิสรา ใจซื่อ. (2557). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการเป็นหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียง.* มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ปานทิพย์ ธิโนชัย และคณะ. (2561). *คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิชาการสาธารณสุข,* ปีที่ 28 ฉบับที่ 2, มีนาคม – เมษายน 2562.

พิพัฒน์ ลักษมีจรัลกุล และคณะ. (2554). *ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยสารสาธารณะกับกลุ่มอาการอาคารป่วยในพนักงานจำหน่ายตั๋วโดยสาร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. วารสารสาธารณสุขศาสตร์,* 55(5), 88.

ยมนา จรรยา. (2559). *ความชุกและปัจจัยที่มีผลกับการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึกของผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานเขตราษฎร์บูรณะ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

รชนีกร วีระเจริญ และคณะ. (2564). *คุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง. วารสารโรคและภัยสุขภาพ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครศวรรค์,* ปีที่ 14 ฉบับที่ 2, พฤษภาคม – สิงหาคม 2563.

รจฤดี โชติกาวินทร และคณะ. (2558). *การประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ จังหวัดชลบุรี.* การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2551). *ข้อกำหนดระดับความสะอาดในโรงพยาบาลตามมาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องผ่าตัด.*

สายสมร เฉลยกิตติ และคณะ. (2557). *ความปลอดภัยของผู้ป่วยกับคุณภาพบริการพยาบาล. วารสารพยาบาลทหารบก,* ปีที่ 15 ฉบับที่ 2, พฤษภาคม – สิงหาคม 2557.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2559). *คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุรภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่.*

บรรณนานุกรม (ต่อ)

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2561). *รายงานผลการตรวจประเมินเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพกรณีน้ำรั่วซึมในห้องผ่าตัด แผนกห้องผ่าตัด โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสิงห์บุรี.*

ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข. (2552). *มลพิษอากาศภายในห้องปิดปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดกลุ่มอาการอาคารป่วยและความชุกของกลุ่มอาการอาคารป่วย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข และคณะ. (2553). *ปริมาณฝุ่นรวมทุกขนาด ปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอด ปริมาณรวมของเชื้อแบคทีเรีย ปริมาณรวมของเชื้อราในอากาศภายในห้องปิดและความชุกของกลุ่มอาการป่วยของนักศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง. วารสารส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม,* 33(4): 114-128.

เทียมมะณีย์ วีระศักดิ์. (2550). *การประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ จังหวัดอุบลราชธานี.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Brasche, S., Bullinger, M., Morfeld, M., Gebhardt/ H.J. and Bischof, W. 2001. Why do Women Suffer From Sick building syndrome more often than Men?- Subjective Higher Sensitivity Versus Objective Causes. *Indoor Air* 11(4): 217-222.

Burge, P S. 2004. Sick building syndrome. *Occup Environ Med*, 61: 185-190.

National Institute of Occupational Safety and Health. NIOSH Method: 0800 BIOAEROSOL SAMPLING (Indoor Air).

Singapore. SS554: 2013, Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและทางด้านชีวภาพ

ลำดับ	**จุดตรวจวัด**	**ช่วงเวลาในการตรวจวัด**	Carbon dioxide (ppm)	Carbon monoxide (ppm)	Comfort temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Formal dehyde (ppm)	Ozone (ppm)	Total VOCs (ppm)	PM_{10} (µg/m³)	$PM_{2.5}$ (µg/m³)	Total bacteria (CFU/m³)	Total mold (CFU/m³)	**สภาพแวดล้อมทั่วไป**
1.		เช้า												- จำนวนและชนิดเครื่องปรับอากาศ (เปิด-ปิด) - จำนวนพัดลมดูดอากาศ(เปิด-ปิด) - จำนวนพัดลม (เปิด-ปิด) - จำนวนประตู-หน้าต่าง (เปิด-ปิด) - จำนวนอ่างล้างมือ-ห้องน้ำ - จำนวนเจ้าหน้าที่ - จำนวนผู้ป่วย - สภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
		บ่าย												
		เฉลี่ย												
ค่ามาตรฐานฯ ตาม SS554: 2009 (สิงคโปร์)			**มากกว่าภายนอกไม่เกิน 700 ppm**	**9 ppm**	**24-26 °C**	**น้อยกว่า 70%**	**0.1 ppm**	**0.1 ppm**	**3 ppm**	**50 µg/m³**	**35 µg/m³**	**200-500** มาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารตามสภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย	**200-500** มาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารตามสภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย	
ค่ามาตรฐานฯ ตามประกาศกรมอนามัย 2565			**1000 ppm**	**9 ppm**	**24-26 °C**	**50-65%**	**0.08 ppm**	**0.05 ppm**	**1 ppm**	**50 µg/m³**	**25 µg/m³**			

ภาคผนวก ข ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในของโรงพยาบาล

ความสัมพันธ์	ผลการวิเคราะห์		
	Pearson Correlation (r)	R^2 (R-Squared)	ระดับความสัมพันธ์
Carbon dioxide			
Carbon monoxide			
Comfort temperature			
Relative humidity			
Formaldehyde			
Ozone			
Total VOCs			
PM10			
PM2.5			
Total bacteria			
Total mold			