# การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องประชุมสัมมนาและสำนักงาน ด้วยแบบจำลอง CONTAM

# ANALYSIS AND SIMULATION OF AIRFLOW IN CONFERENCE ROOMS AND OFFICES WITH CONTAM MODEL

ศุภวัฒน์ พรหมสาขา ณ สกลนคร[1]
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำนาจ ผดุงศิลป์[2]

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องสัมมนาและสำนักงานโดยใช้แบบจำลอง CONTAM เพื่อประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศ ที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐาน ในการศึกษานี้ใช้อาคารกรณีศึกษาในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นอาคารสูง 38 ชั้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงานชั้น 19 จำลองกรณีศึกษา 2 กรณี ได้แก่ กรณีศึกษาที่ 1 การจำลองรูปแบบการไหลของอากาศในห้องสัมมนา ชั้น 9 ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 25 °C กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศในห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 24 °C จากการวิเคราะห์พบว่า กรณีศึกษาที่ 1 ชั้น 9 ห้องสัมมนาทั้ง 4 ห้อง มีอัตราการระบายอากาศเทียบกับขนาดพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม โดยมีค่าการระบายอากาศจากการออกแบบที่ 1,314 $m^3$/hr, 1,344 $m^3$/hr, 600 $m^3$/hr และ 732 $m^3$/hr ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงค่าการแลกเปลี่ยนอากาศโดยวิธีการทางกลอย่างเหมาะสมและสมดุลให้ค่าการระบายอากาศที่ 2,924 $m^3$/hr, 2,933 $m^3$/hr, 878 $m^3$/hr และ 1230 $m^3$/hr ตามลำดับ กรณีศึกษาที่ 2 ชั้น 19 ห้องสำนักงาน จำนวน 3 ห้อง มีค่าการระบายอากาศจากการออกแบบที่ 2,116 $m^3$/hr, 2,018 $m^3$/hr และ 1,800 $m^3$/hr ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงค่าการแลกเปลี่ยนอากาศด้วยวิธีการทางกลจนได้ค่าการระบายอากาศที่ 2,113 $m^3$/hr, 2,990 $m^3$/hr และ 2,850 $m^3$/hr ตามลำดับ โดยค่าอุณหภูมิที่แตกต่างไม่มีผลต่อค่าการระบายอากาศ แต่ส่งผลต่อสภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ใช้อาคาร ซึ่งแนะนำที่ 23 - 25 °C

**คำสำคัญ :** การไหลของอากาศ, แบบจำลอง CONTAM, อาคารสำนักงาน, คุณภาพอากาศภายในอาคาร

---

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[2] ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลหลัก

## บทนำ

ในอดีตอาคารส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้มีการไหลของอากาศผ่านกรอบอาคารได้อย่างสะดวก เพื่อการถ่ายเทอากาศและลดความร้อนภายในอาคาร เมื่อเวลาผ่านไปเทคโนโลยีมีการพัฒนามากขึ้น อาคารในปัจจุบันได้มีการออกแบบให้เป็นอาคารปิดที่มีกรอบอาคารอย่างหนาแน่นตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน และมีการนำอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ ระบบปรับอากาศ และระบบระบายอากาศ ด้วยวิธีทางกลที่ทำให้อากาศเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทโดยการใช้ช่องระบายอากาศเข้า - ออก การเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในอาคารโดยตรง ผ่านระบบท่อลม (Air Duct Distributions System) หรือการเติมโดยพัดลมติดผนัง (Wall Fan) เพื่อระบายอากาศออกยังภายนอกอย่างเหมาะสม สามารถควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร และสามารถป้องกันความร้อน ตลอดจนมลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารได้เป็นอย่างดี

คุณภาพอากาศและอาจมีปริมาณสารปนเปื้อนสูงกว่าภายนอกอาคารถึง 100 เท่า โดยเฉพาะอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล โรงแรม และอาคารสำนักงาน จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การไหลของอากาศในห้องสัมมนาและสำนักงาน ซึ่งมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก เพื่อประเมินความเพียงพอของอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งส่งผลต่อระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีความสำคัญต่อผู้ใช้อาคารโดยตรง ทั้งด้านสภาวะความสบายเชิงความร้อน และด้านสุขภาพอนามัยที่ควรคำนึงถึง หากภายในอาคารมีการระบายอากาศที่ไม่ดี อาจส่งผลให้ผู้ใช้อาคารเกิดการเจ็บป่วยด้วยภาวะผิดปกติที่เรียกว่า Sick Building Syndrome โดยอาการป่วยดังกล่าวเป็นอาการที่ไม่มีลักษณะเฉพาะโรค มักเกิดในสำนักงาน แต่อาการจะดีขึ้นหรือหายไปเมื่อออกนอกอาคาร ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าภายในสำนักงานงานนั้น ๆ มีการสะสมสารปนเปื้อนในปริมาณที่สูงเกินกว่ามาตรฐานกำหนดจนส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์วิเคราะห์การไหลของอากาศภายในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งแต่ละโซนโดดเด่นในเรื่องความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารเทียบกับขนาดของพื้นที่ มาทำการพิจารณาการไหลเวียนของอากาศในห้องต่อห้องในระบบที่ขับเคลื่อนแรงดันลมด้วยระบบปรับอากาศภายในอาคาร และผลจากการลอยตัวที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างโซน เพื่อวิเคราะห์ ประเมิน และปรับปรุงให้อยู่ในค่ามาตรฐานการระบายอากาศที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 ให้ได้ค่าการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามปริมาณของผู้ใช้อาคารอาคาร

**วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย**

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในห้องสัมมนาและสำนักงาน เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และปรับปรุงค่าการระบายอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

**ขอบเขตของงานวิจัย**

1. ทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในห้องสัมมนา ชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 ที่มีความแตกต่างกันของค่าอุณหภูมิ ขนาดพื้นที่ และจำนวนผู้ใช้งานภายในห้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีศึกษาที่ 1 การจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของห้องสัมมนา ชั้น 9 ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 25 °C กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของห้องสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20 °C และ 24 °C

2. วิเคราะห์ ประเมินประสิทธิภาพระบบระบายอากาศภายในห้องสัมมนาและสำนักงาน โดยเปรียบเทียบค่าการระบายอากาศจากการออกแบบกับค่ามาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 เพื่อให้ได้ค่าการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามปริมาณของผู้ใช้อาคาร

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. สามารถใช้โปรแกรมในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศเพื่อพิจารณาเส้นทางการไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19

2. สามารถวิเคราะห์ตัวแปรและแนวโน้นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นปัจจัยต่อการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19

3. เพื่อเป็นแนวทางเลือกการตัดสินใจสำหรับ ผู้ออกแบบ วิศวกร ผู้ดูแลอาคาร ศึกษาและสร้างความเข้าใจรูปแบบการระบบระบายอากาศภายในอาคาร

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล (2558) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยนำรูปแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพอากาศมาเป็นปัจจัยหลักในการศึกษา โดยทำการประเมินคุณภาพอากาศด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และใช้แบบสอบถามสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร จากสถานที่และการทำกิจกรรมที่มีความแตกต่างกัน เช่น ห้องเรียน ศูนย์อาหารและร้านอาหาร

ปิ้งย่าง จำนวน 11 แห่ง พบว่าองค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน โดยที่ห้องเรียนนั้นมีคุณภาพอากาศที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ผลการเปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้กลับไม่สามารถรับรู้ถึงมลพิษทางอากาศ ดังนั้นการเสนอแนะถึงแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมกายภาพที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงเพื่อสร้างสุขภาพที่ดีให้มวลชน

เชิดศิริ นิลผาย และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของผู้ปฏิบัติงานถ่ายเอกสาร โดยวิธีเก็บกลุ่มตัวอย่างรอบเขตรัศมี 500 เมตร จากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ใช้กลุ่มประชากร 2 กลุ่ม เพื่อทำการเปรียบเทียบอาการและอัตราการเกิดโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยวิธีสถิติ ร้อยละ, Chi-squares test, The Mann-Whitney, U-Test และ Odd Ratio ตามเกณฑ์การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร พบว่าการปฏิบัติงานถ่ายเอกสารของกลุ่มศึกษามีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก๊าซโอโซน ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 และ 10 ไมครอน ภายในอาคารสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีค่าเฉลี่ยที่ 854 ppm, 0.16 ppm, 92 $\mu g/m^3$ และ 100 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ กลุ่มศึกษามีโอกาสเกิดอาการของโรคการเจ็บป่วยจากอาคารถึง 12.10 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบและคุณภาพอากาศภายในอาคารสัมพันธ์กับการเป็นโรคการเจ็บป่วยจากอาคารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต

มานิตา พรหมประสิทธิ์ (2562) ได้ศึกษาการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานด้วยโปรแกรม CONTAM โดยทำการศึกษาลักษณะการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดการระบายอากาศในบ้านเดี่ยวสองชั้นขนาดกลางพื้นที่ใช้สอย 130 ตารางเมตร ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.8 เมตร/วินาที พบว่าการปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ไม่สามารถแลกเปลี่ยนอากาศที่เหมาะสมได้ การเปิดช่องเปิดเฉพาะหน้าต่าง ให้ค่าการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องนอนของชั้น 2 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ และกรณีเปิดช่องเปิดทั้งหมดภายในบ้าน ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศทุกโซนผ่านเกณฑ์มาตรฐานยกเว้นห้องน้ำ และห้องครัว ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงโดยการย้ายตำแหน่งหน้าต่างห้องครัวไปในทิศตรงข้าม และเปิดประตูห้องน้ำ 1 ใน 4 ของพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ทำให้ค่าการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าเกินมาตรฐานขั้นต่ำสุดที่กำหนด

Temenos และคณะ (2015) ได้ทำการวิจัยด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ การศึกษานี้จำลองสถานการณ์การกระจายความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศของกรีซ โดยใช้แบบจำลอง CONTAM(W) จำลองค่าคุณภาพอากาศ ในกิจกรรมต่าง ๆ ตามค่าเวลาที่เปลี่ยนไป พบว่าการกระจายมลพิษทางอากาศ ขึ้นอยู่กับระยะเวลา ที่ผู้สัมผัสจะใช้เวลาใน

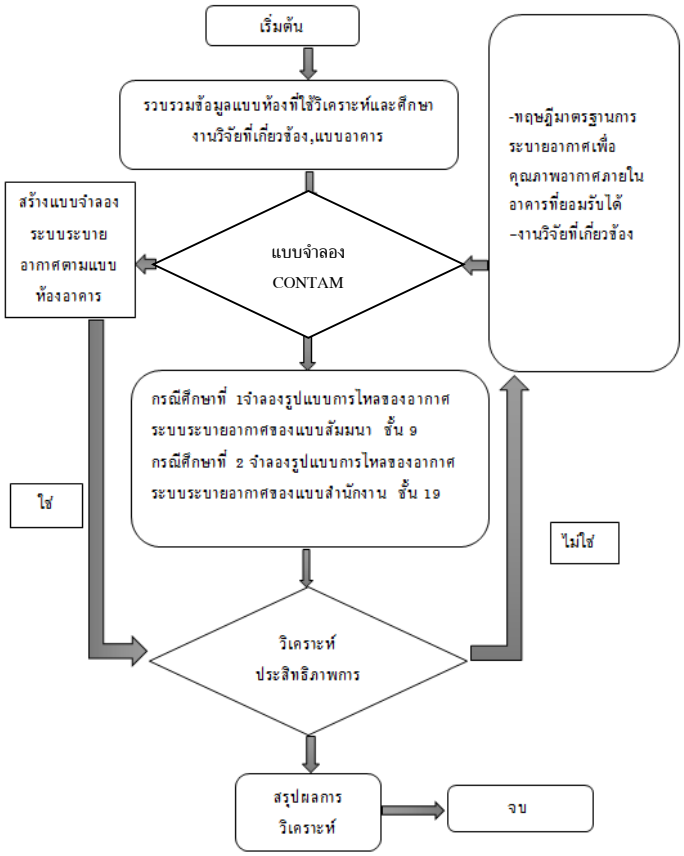
เขตสารปนเปื้อน ระยะเวลา การประกอบอาหารและการใช้เครื่องทำความร้อน พารามิเตอร์สภาพอากาศ การออกแบบที่อยู่อาศัย แหล่งที่มาและขนาดของมลพิษ และช่องเปิดของ ที่อยู่อาศัยจากการออกแบบอาคาร

Gtadyszewska-Fiedoruk และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาระบบระบายอากาศภายในอาคารเรียน 3 ชั้น ด้วยโปรแกรมการจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW โดยใช้ความเข้มข้นของ $CO_2$ เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพอากาศในห้องโถงของโรงเรียนที่จะต้องไม่เกิน 1,000 ppm ในการศึกษากำหนดเงื่อนไขการระบายอากาศทั้งหมด 6 เงื่อนไขที่มีความแตกต่างกันในช่วงฤดูร้อนในเมือง Wroclaw ผลการศึกษาพบว่า หน้าต่างที่มีรอยรั่วของอากาศสูง ส่งผลให้คุณภาพอากาศภายในอาคารต่ำ ความเข้มข้นของ $CO_2$ มากกว่า 3,000 ppm และการ Seal ลดรอยรั่วบริเวณขอบหน้าต่างเพื่อลดปริมาณของ $CO_2$ ส่งผลต่อการระบายอากาศ จึงทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเรียน ให้ดีขึ้นแต่กลับส่งผลกระทบด้านพลังงานความร้อนทำอุณหภูมิภายในลดลงอย่างมาก ซึ่งการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการระบายอากาศตามธรรมชาติไม่สามารถให้การแลกเปลี่ยนอากาศที่เหมาะสมได้ เนื่องจาก $CO_2$ ภายในอาคารมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด จึงจำเป็น ต้องใช้วิธีทางกลควบคุมอัตราการระบายอากาศควบคู่กับการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพื่อก่อให้เกิดภาวะความสบายของผู้ใช้อาคาร โดยต้องพิจารณาภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินการด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษา วิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีการเปิดใช้งานแล้วนั้น วิธีการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-based Simulation Methods) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้รับความยอมรับ ในระดับนานาชาติ เนื่องจากสามารถทำได้สะดวก ให้ผลที่รวดเร็ว แม้มีการปรับปรุงหลายครั้งก็ตาม นอกจากวิธีการใช้แบบจำลองแล้วยังพบว่ามีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ใช้วิธีการวัดเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง (On-site Measurement) เพื่อศึกษาสภาวะการไหลของอากาศและคุณภาพของอากาศภายในอาคาร ซึ่งวิธีการนี้มีข้อจำกัดที่ต้องใช้เวลาและทรัพยากรมากกว่าการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากการเก็บข้อมูลในสถานที่จริงยังขึ้นอยู่กับสมรรถนะของเครื่องมือและขั้นตอนการเก็บข้อมูลด้วย จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้การศึกษานี้เลือกใช้วิธีวิธีการจำลองแบบ Multi-zone Network Model โดยใช้แบบจำลอง CONTAM ในการศึกษาและวิเคราะห์การไหลของอากาศในอาคารกรณีศึกษา

## วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Experimental Simulation Model) ทำการจำลองระบบระบายอากาศของอาคารกรณีศึกษา ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานสูง 38 ชั้น ตั้งอยู่ที่กรุงเทพมหานคร โดยใช้ห้องสัมมนา ชั้นที่ 9 และห้องสำนักงานชั้นที่ 19 สำหรับการวิจัยนี้ ตามภาพที่ 1 แสดงระเบียบวิธีการวิจัย

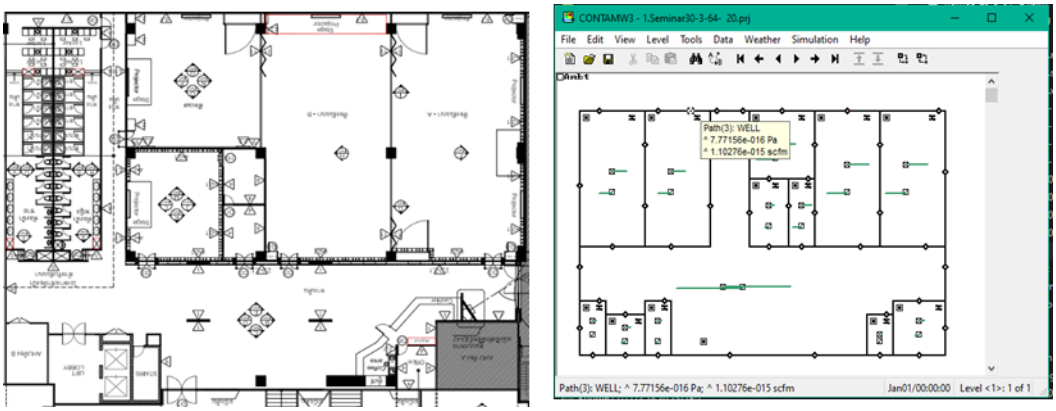



**ภาพที่ 1** วิธีการดำเนินการวิจัย

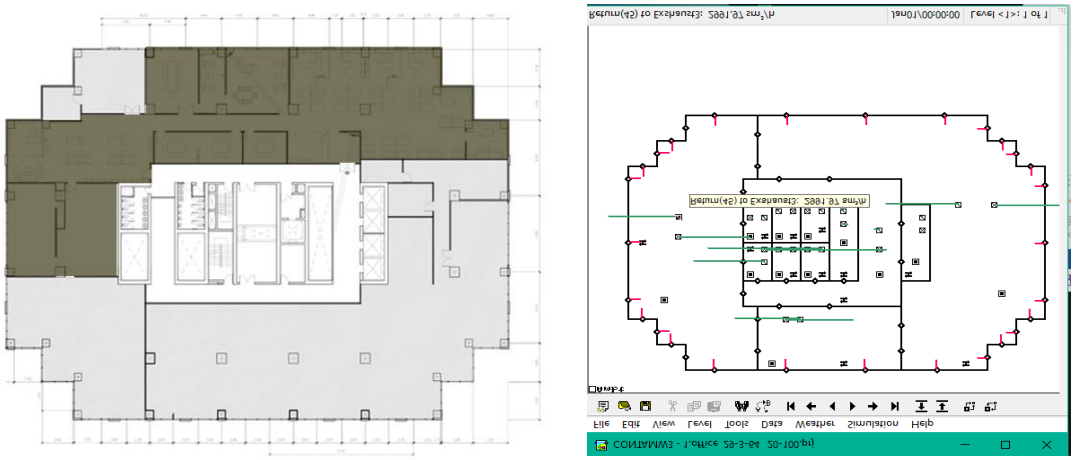
จากภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีการวิเคราะห์แบบจำลองระบบระบายอากาศใช้แบบจำลอง CONTAM โดยมีรายละเอียดวิธีการใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การไหลของอากาศ ดังนี้

(1) รวบรวมข้อมูลแบบอาคาร และงานระบบของห้องที่ใช้ในการทำการศึกษา และวิเคราะห์ลักษณะการไหลของอากาศ

(2) ทำการจำลองพื้นที่อาคารในแบบจำลอง CONTAM เพื่อจำลองระบบระบายอากาศ โดยกำหนด และจัดวางตำแหน่งตามผังอาคาร เพื่อระบุตำแหน่งและข้อมูลช่องทางการไหลของอากาศ (Flow Paths) ที่ถูกต้อง และเลือกใช้สูตรการไหลที่เหมาะสมกับลักษณะของช่องทางไหลนั้น ๆ พร้อมกับทำการกำหนดโซน ความสูงภายใน ขนาดพื้นที่ และอุณหภูมิภายใน ดังแสดงตามภาพที่ 2 และ 3




**ภาพที่ 2** แบบอาคาร และแบบจำลองห้องสัมมนา ชั้นที่ 9



ภาพที่ 3 แบบอาคาร และแบบจำลองห้องสำนักงาน ชั้นที่ 19

(3) กำหนดค่าระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (Supply and Return Air) ปริมาณอากาศภายนอก ที่นำเข้าโซน (Zone Outdoor Airflow) และค่าการระบายอากาศแบบดูดออก (Exhaust) ตามค่าการออกแบบ สำหรับการศึกษานี้ใช้อุณหภูมิ 20°C และ 25°C สำหรับห้องสัมมนาชั้น 9 และอุณหภูมิที่ 20°C และ 24°C สำหรับห้องสำนักงาน ชั้น 19

(4) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองการไหลของอากาศในอาคาร โดยทำการประเมิน ความเพียงพอของอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในแต่ละโซน และปรับปรุงระบบระบายอากาศในโซน ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 โดยการคำนวณปริมาณอากาศภายนอก ที่จะต้องนำเข้าสู่โซนด้วยวิธี VRP (Ventilation Rate Procedure) ในการศึกษานี้ได้กำหนดค่าอัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อคน (Outdoor Air Flow Rate Per Person) Rp = 12.74 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อคน, อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อพื้นที่ (Outdoor Air Flow Rate Per Area) Ra = 0.31 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร และประสิทธิผลของโซนในการกระจายอากาศระบาย (Zone Air Distribution Effectiveness) Ez = 1.0 สำหรับการจ่ายลมเย็นจากเพดาน (ASHRAE Board of Directors, 2019)

## ผลการวิจัย

กรณีการศึกษาที่ 1 ในแบบอาคารห้องสัมมนา ชั้น 9 จำนวน 4 ห้อง ได้ค่าการระบายอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าการระบายอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าการปรับปรุง

| โซน | พื้นที่ ($m^2$) | ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (คน) | ค่าการระบายอากาศจากการออกแบบ ($m^3$/hr) | ค่าการระบายอากาศจากการออกแบบ ($m^3$/hr) |
|---|---|---|---|---|
| **สัมมนา A** | 219 | 200 | 1,314 | 2,924 |
| **สัมมนา B** | 224 | 200 | 1,344 | 2,932 |
| **สัมมนา C** | 65 | 60 | 600 | 878 |
| **สัมมนา D** | 122 | 80 | 732 | 1,230 |

จากตารางที่ 1 แสดงค่าการระบายอากาศห้องสัมมนาชั้น 9 จำนวน 4 ห้อง ได้แก่ ห้องสัมมนา A มีพื้นที่ 219 ตารางเมตร สามารถบรรจุผู้เข้าร่วมสัมมนาได้ 200 คน ห้องสัมมนา B มีพื้นที่ 224 ตารางเมตร สามารถบรรจุผู้เข้าร่วมสัมมนาได้ 200 คน ห้องสัมมนา C มีพื้นที่ 65 ตารางเมตร สามารถบรรจุผู้เข้าร่วมสัมมนาได้ 60 คน และ ห้องสัมมนา D มีพื้นที่ 122 ตารางเมตร สามารถบรรจุผู้เข้าร่วมสัมมนาได้ 80 คน มีการระบายอากาศตามค่าการออกแบบที่ได้จากแบบจำลอง 1,314, 1,344, 600 และ 732 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 โดยการคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่โซน (Zone Outdoor Airflow: $V_{oz}$) ด้วยวิธี VRP (Ventilation Rate Procedure) ให้เหมาะสมตามจำนวนผู้ใช้งานภายในห้อง ได้ค่า การระบายอากาศ ที่ 2,924, 2,932, 878 และ 1,230 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

กรณีการศึกษาที่ 2 ในแบบอาคารห้องสำนักงาน ชั้น 19 จำนวน 3 ห้อง ได้ค่าการระบายอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าการระบายอากาศห้องสำนักงาน ชั้น 19 จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าการปรับปรุง

| โซน | พื้นที่ ($m^2$) | ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (คน) | ค่าการระบายอากาศจากการออกแบบ ($m^3$/hr) | ค่าการระบายอากาศจากการออกแบบ ($m^3$/hr) |
|---|---|---|---|---|
| **สำนักงาน A** | 1,058 | 100 | 2,116 | 3,119 |
| **สำนักงาน B** | 1,009 | 100 | 2,018 | 2,990 |
| **สำนักงาน C** | 900 | 100 | 1,800 | 2,805 |

จากตารางที่ 2 แสดงค่าการระบายอากาศภายในสำนักงาน ชั้น 19 จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ สำนักงาน A มีพื้นที่ 1,058 ตารางเมตร สำนักงาน B มีพื้นที่ 1,009 ตารางเมตร และสำนักงาน C มีพื้นที่ 900 ตารางเมตร สำนักงานทั้ง 3 ห้อง สามารถบรรจุผู้ใช้งานได้ 100 คน มีการระบายอากาศตามค่าการออกแบบที่ได้จากแบบจำลอง 2,116, 2,018 และ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 โดยการคำนวณปริมาณอากาศภายนอกที่จะต้องนำเข้าสู่โซน (Zone Outdoor Airflow: $V_{oz}$) ได้ค่าการระบายอากาศที่ 3,119, 2,990 และ 2,805 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อให้เหมาะสมต่อปริมาณผู้ใช้งานภายต่อพื้นที่แต่ละโซนภายในอาคาร

## สรุปผลการวิจัย

เมื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในห้องสัมมนา ชั้น 9 และสำนักงาน ชั้น 19 โดยการกำหนดอุณหภูมิ และจำนวนผู้ใช้งานภายในห้องที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 2 กรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์ ประเมิน และปรับปรุง อัตราการระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 การจำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศของห้องสัมมนา ชั้น 9 ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 25 °C จำนวน 4 ห้อง พบว่าห้องสัมมนา A และ B มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ห้องสัมมนา C มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 9.23 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร และห้องสัมมนา D อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 5.98 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าอัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศ โดยมาตรฐานขั้นต่ำกำหนดไว้ที่ 12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร จากการวิเคราะห์พบว่า ห้องสัมมนา A ขนาดพื้นที่ 219 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 2,924 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 1,314 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 2.22 เท่า ห้องสัมมนา B ขนาดพื้นที่ 224 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 2,932 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 1,344 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 2.18 เท่า ห้องสัมมนา C ขนาดพื้นที่ 65 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 878 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 600 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.46 เท่า และห้องสัมมนา D ขนาดพื้นที่ 122 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 1,230 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 732 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.68 เท่า ผู้วิจัย จึงได้ทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศและเพิ่มปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้าสู่โซน โดยตรวจสอบค่าจากมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ด้วยวิธี VRP (Ventilation Rate Procedure) ให้เหมาะสมตามจำนวนผู้ใช้งานภายในห้อง ให้ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 13.35, 13.09, 13.50 และ 13.66 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองรูปแบบการไหลของอากาศ ระบบระบายอากาศภายในสำนักงาน ชั้น 19 ที่อุณหภูมิห้อง 20 °C และ 24 °C จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ สำนักงาน A, B และ C ซึ่งมีอัตรา การแลกเปลี่ยนอากาศที่ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร เป็นไปตามค่ามาตรฐาน แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าการระบายอากาศตามการออกแบบเทียบกับขนาดพื้นที่ และผู้ใช้อาคารตามจำนวนผู้ใช้งานจริง 100 คนต่อห้อง พบว่า สำนักงาน A มีพื้นที่ 1,058 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 3,119 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 2,116 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำนักงาน B พื้นที่

1,009 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 2,990 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 2,018 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และสำนักงาน D พื้นที่ 900 ตารางเมตร ต้องมีค่าการระบายอากาศที่ 2,805 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการออกแบบกำหนดไว้ที่ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงค่าการระบายอากาศและเพิ่มปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้าสู่โซน ด้วยวิธี VRP (Ventilation Rate Procedure) ให้เหมาะสมตามจำนวนผู้ใช้งานภายในห้อง โดยกำหนดค่าอัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อคน (Outdoor Air Flow Rate Per Person) Rp = 12.74 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อคน ให้ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 2.95, 2.96, และ 3.11 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร ตามลำดับ การจำลองการไหลของอากาศห้องสัมมนาที่อุณหภูมิ 20 °C และ 25 °C สำนักที่งานอุณหภูมิ 20 °C และ 25 °C ซึ่งค่าอุณหภูมิของระบบปรับอากาศภายในห้องไม่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศ แต่ส่งผลต่อสภาวะความสบายของผู้ใช้อาคาร ค่าระดับอุณหภูมิที่แนะนำ คือ 24±2 °C ซึ่งมีผลต่อค่าความชื้นภายในห้องที่เหมาะสม คือ 55±5% RH

## ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ค่าการไหลของอากาศจากการออกแบบเปรียบเทียบกับค่าตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 เพื่อประเมินความเพียงพอของปริมาณการระบายอากาศในอาคารที่มีการใช้งานแล้ว โดยใช้โปรแกรม CONTAM ในการจำลองค่า ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกให้ผลลัพธ์ในเวลาอันรวดเร็ว CONTAM เป็นโปรแกรมที่มีประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลาย สามารถวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารได้แบบหลายโซน โดยสามารถคำนวณอัตราการไหลของอากาศและแรงกดดันสัมพัทธ์ระหว่างโซนของอาคารตามค่าเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป แม้จะมีการปรับปรุงการออกแบบของระบบหลายครั้งก็สามารถที่จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างได้ด้วยระยะเวลาอันสั้น การศึกษาในอนาคตนั้นสามารถนำไปทำการวิเคราะห์การไหลของอากาศแบบหลายโซนได้ รวมถึง หาค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศภายในอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารและการประเมินความสะดวกสบายเชิงความร้อน โดยทำการจำลองควบคู่กับแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ที่สามารถเชื่อมโยงและทำงานร่วมกันกับโปรแกรม CONTAM ได้

# บรรณานุกรม


**ภาษาไทย**

เชิดศิริ นิลผาย, กานต์พิชชา เกียรติกิจโรจน์ และสุวรรณี จามจุรี. (2560). *การศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของผู้ปฏิบัติงานถ่ายเอกสาร (รายงานผลการวิจัย)*. นราธิวาส: วิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล. (2558). *การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

มานิตา พรหมประสิทธิ์. (2562). *การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน (รายงานผลการวิจัย)*. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

**ภาษาต่างประเทศ**

ASHRAE Board of Directors. (2019). *ASHRAE STANDARD Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality***.** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 15-29.

Katarzyna Gtadyszewska-Fiedoruk, Vasyl Zhelykh and Andrii Pushchinskyi (July 2019). Simulation and Analysis of Various Ventilation Systems Given in an Example in the Same School of Indoor Air Quality**.** *Energies 2019*, 12, 2845; doi:10.3390/en12152845. [Online]. Available :https://www.mdpi.com/journal/energies [2021, 15 April]

Nikolaos Temenos, Dimitrios Nikolopoulos, Ermioni Petraki and Panayiotis H Yannakopoulos. (2015). Modelling of Indoor Air Quality of Greek Apartments Using CONTAM(W) Software. Journal of Physical Chemistry & Biophysics. *Department of Electronic Computer Systems Engineering,* Piraeus University of Applied Sciences. 5(6), 1-10.