การใช้ห้องหลังคาและปล่องช่วยในการถ่ายเทอากาศ : การวิเคราะห์เชิงตัวเลข
(The Use of Attic and Chimney to Enhance Air Ventilation : A Numerical Analysis)

พรสวรรค์ ทองใบ และ ทวิช จิตรสมบูรณ์
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทร: (044) 224410-1, โทรสาร: (044)224411, Email: ptongbai@hotmail.com, tabon@ccs.sut.ac.th

Pornsawan Tongbai and Tawit Chitsomboon
Department of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,
Nakornratchasima 30000, Thailand, Tel. (044) 224410-1, Fax. (044) 224220

บทคัดย่อ

ทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยโปรแกรมช่วยวิเคราะห์การไหล CFX-5 เพื่อประเมินศักยภาพของหลังคาที่ทำจากกระจกใสและปล่องในการช่วยให้เกิดการถ่ายเทอากาศภายในอาคารสองชั้นที่ออกแบบให้มีช่องเปิดบริเวณต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการไหลของอากาศผ่านอาคารได้อย่างทั่วถึง โดยศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่มีต่ออัตราการไหลของอากาศ ได้แก่ มุมเอียงของหลังคา ความสูงและความกว้างของปล่อง ความเข้มของแสงแดด ตลอดจนศึกษาผลกระทบจากการออกแบบอาคารให้มีความสมมาตรและไม่สมมาตรเพื่อเปรียบเทียบผล ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ทำให้เกิดแนวทางในการเพิ่มความรู้สึกสบายในการอยู่อาศัยที่สามารถประหยัดพลังงานและไม่ทำให้เกิดมลภาวะ ทั้งนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีกับภาคเกษตรกรรม เช่น โรงบ่มเพาะเห็ด หรือโรงเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

Abstract

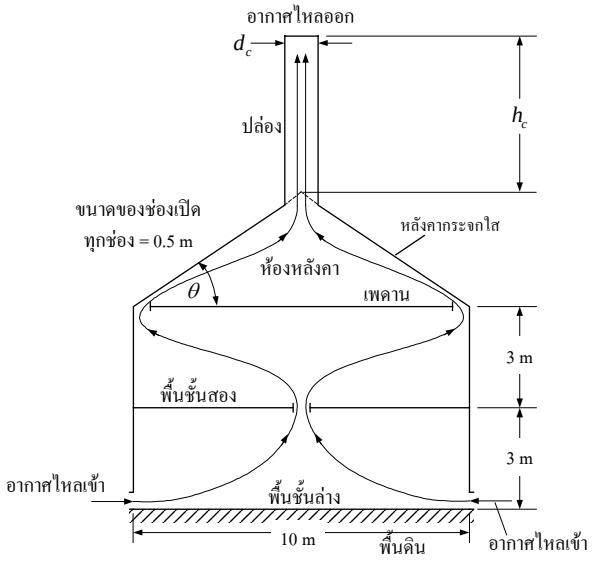
The commercial computational fluid dynamics program “CFX-5” was used to predict the performance of solar attic and solar chimney which are employed to help air ventilation in two-storey buildings. The buildings were designed to have openings for airflow through buildings. The effects of building parameters and solar intensity were investigated. In addition symmetric and asymmetric buildings were studied and compared. This research offers an alternative to increase thermal comfort and decrease the energy consumption, while reducing pollutions. The findings in this study can also be applied to ventilate agricultural buildings such as mushroom and livestock buildings, in order to increase productivity at a low cost.

1. บทนำ

งานวิจัยเกี่ยวการการถ่ายเทอากาศโดยธรรมชาติได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นทางเลือกในการอยู่อาศัยที่สุขสบายที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่าย ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ ก่อนทำการทดลองควรมีการศึกษาวิจัยในเชิงทฤษฎีและเชิงตัวเลขเพื่อเป็นการยืนยันความมั่นใจในผลลัพธ์ นอกจากนี้กรรมวิธีเชิงตัวเลขยังทำให้มีความประหยัดและสะดวกในการศึกษาเพราะสามารถกำหนดเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมในการศึกษาได้โดยง่าย งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเชิงตัวเลข โดยใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์การไหล CFX-5 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก

การใช้ปล่องมาช่วยเพิ่มอัตราการไหลของอากาศโอยอาศัยหลักของการพาอิสระ ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า [1, 2, 3] หรือเพื่อช่วยเพิ่มการถ่ายเทอากาศ [4, 5, 6, 7, 8] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ศึกษาในครั้งนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยที่กล่าวมาตรงที่ได้ออกแบบให้ห้องหลังคาทำขึ้นจากกระจกใส ซึ่งจะช่วยให้แสงแดดสามารถทะลุผ่านได้มากกว่าการใช้วัสดุมุงหลังคาโดยทั่วไป โดยใช้หลักการที่ว่าอากาศใต้หลังคายิ่งร้อนยิ่งช่วยเพิ่มปริมาณการถ่ายเทอากาศ

อาคารที่ทำการศึกษาในเบื้องต้นเป็นอาคารที่ออกแบบให้มีความสมมาตร มีลักษณะเป็นอาคาร 2 ชั้น ที่มีช่องเปิดให้อากาศไหลเข้าและผ่านอาคารอย่างทั่วถึง และไหลออกสู่บรรยากาศผ่านปล่องลมที่ปลายยอดของหลังคากระจกใส ลักษณะและขนาดของอาคารเป็นดังรูปที่ 1

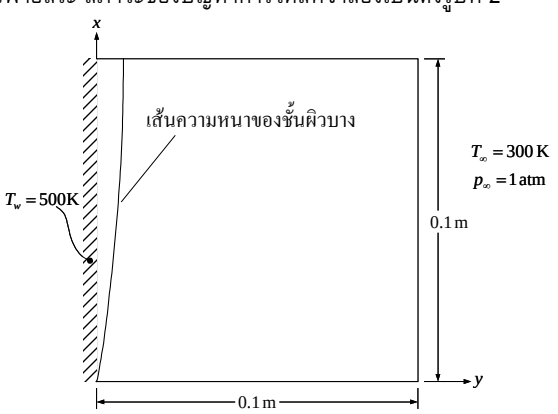


รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและขนาดของอาคารแบบสมมาตร

ลักษณะการทำงานโดยรวมของระบบการถ่ายเทอากาศผ่านห้องหลังคาและปล่อง คือ แสงแดดที่กระทบหลังคากระจกใสจะผ่านเข้าสู่ห้องหลังคาทำให้อากาศในห้องหลังคาร้อนขึ้นด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก อากาศร้อนที่มีความหนาแน่นต่ำนี้ก็จะลอยตัวสูงขึ้นผ่านปล่องลม และออกสู่บรรยากาศ อากาศจากด้านนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่อากาศในส่วนที่หายไป ในระหว่างที่อากาศไหลผ่านอาคารก็จะถ่ายเทความร้อนจากผู้พักอาศัยและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในอาคารโดยระบบการพาความร้อนอิสระ ทำให้ผู้พักอาศัยรู้สึกสบายได้โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องปรับอากาศ

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

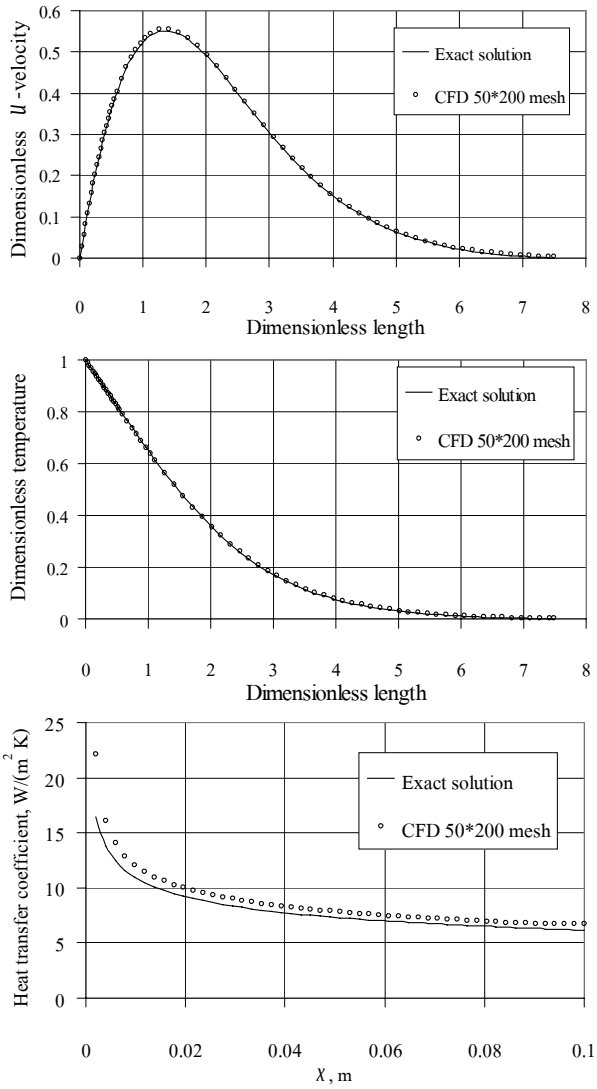
เพื่อสร้างความมั่นใจในความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณ และความมีเสถียรภาพของโปรแกรมตลอดจนสร้างความคุ้นเคยกับโปรแกรมก่อนที่จะนำโปรแกรมไปใช้ในการจำลองปัญหาการไหลที่ต้องการศึกษา ได้ทดสอบโปรแกรมกับปัญหาการไหลแบบการพาอิสระผ่านแผ่นร้อนในแนวตั้ง ซึ่งเป็นปัญหาการไหลพื้นฐานของการไหลแบบการพาอิสระ สภาวะของปัญหาการไหลที่จำลองเป็นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สภาวะเริ่มต้นของการไหลแบบการพาความร้อนอิสระ

การจำลองใช้กริดแบบขยายตัวในแนวแกน y สัดส่วนการขยายตัวของกริดที่ใหญ่ที่สุดกับกริดที่เล็กที่สุดเป็น 1,250 เท่า จำนวนกริดที่ใช้คือ 50×200

ผลลัพธ์แสดงเป็นรูปด้านข้างของความเร็วและอุณหภูมิในรูปตัวแปรไร้มิติ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (h) โดยนำไปเปรียบเทียบกับผลเฉลยแม่นตรงที่หาจากกรรมวิธีความเสมือน [9] ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ผลลัพธ์จากการทดสอบโปรแกรม

ผลลัพธ์จากการจำลองดังแสดงในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในการคำนวณของโปรแกรม และสร้างความมั่นใจต่อการนำโปรแกรมไปใช้ในการจำลองปัญหาการไหลผ่านอาคารต่อไป

ทำการจำลองการไหลผ่านอาคารที่มีลักษณะสมมาตรดังแสดงในรูปที่ 1 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การไหล CFX-5 โดยใช้สมมุติฐานที่สำคัญดังนี้

1. สมมุติให้อากาศใต้หลังคาได้รับความร้อนจากแสงแดดเป็นความร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรแบบเอกลักษณ์ (uniform heat source) เนื่องจากในห้องหลังคามีรูปแบบการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการแผ่รังสี

ความร้อนเป็นหลัก ดังนั้น การดูดซับความร้อนของหลังคาจึงมีค่าน้อยมาก ความร้อนส่วนใหญ่จะทะลุผ่านหลังคากระจกใสเข้ามาภายในห้องหลังคาและถ่ายเทความร้อนสู่อากาศจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากันทั้งหมด

2. เป็นการไหลในสองมิติ เพราะเป็นการศึกษาในเบื้องต้น ซึ่งสามารถประหยัดเวลาในการคำนวณ และยังสามารถใช้ได้ดีกับโรงเรือนที่มีขนาดใหญ่มากในมิติที่ 3 เช่น โรงเลี้ยงไก่

3. เป็นการไหลแบบราบเรียบ เพราะพิจารณาการไหลภายในอาคารที่ถูกขับเคลื่อนโดยแรงลอยตัว จึงเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และมีค่าเลขเรโนลย์ต่ำ

4. เป็นการไหลในสภาวะคงตัว โดยคิดว่าหลังคาได้รับความร้อนจากพลังงานแสงแดดเป็นเวลานานเพียงพอที่จะอนุมานให้เข้าสู่สภาวะคงตัวได้

5. ผนัง พื้น และเพดาน เป็นผนังฉนวนสมบูรณ์ (adiabatic wall) เพราะงานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ในภาพรวม เช่น เส้นการไหล ความเร็ว จึงสมมุติเช่นนี้เพื่อความสะดวก ซึ่งคาดว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยและยอมรับได้

6. ใช้ Boussinesq Model เพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น โดยได้ผ่านพิสูจน์ในขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมแล้วว่า ได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจและใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าการใช้ Full Buoyancy Model

ทำการจำลองด้วยสมมุติฐานดังกล่าวโดยเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อปริมาณการถ่ายเทอากาศ (ในที่นี้วัดด้วยปริมาณอัตราการไหลของอากาศ (mass flow rate)) ได้แก่

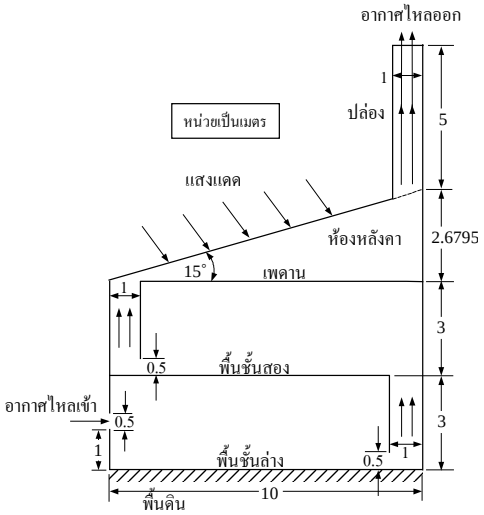
1. ความเข้มของแสงแดด 300, 550, 800 W/m^2
2. ความสูงของปล่อง 3, 5, 7 m (วัดจากมุมยอดของหลังคาที่เอียง 45 องศา)
3. ความเอียงของหลังคา 15, 30, 45, 60 องศา

โดยในข้อ 1 – 3 กำหนดให้ความกว้างของปล่องคงที่เท่ากับ 1.0 m

4. ความกว้างของปล่อง 0.5, 1.5 m (เลือกเพียง 1 กรณีข้างต้น)
5. ความสมมาตรและไม่สมมาตรของอาคาร (1 กรณี)

รวมทั้งสิ้น 39 กรณี

ลักษณะของอาคารแบบไม่สมมาตรเป็นดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ลักษณะทางกายภาพและขนาดของอาคารแบบไม่สมมาตร

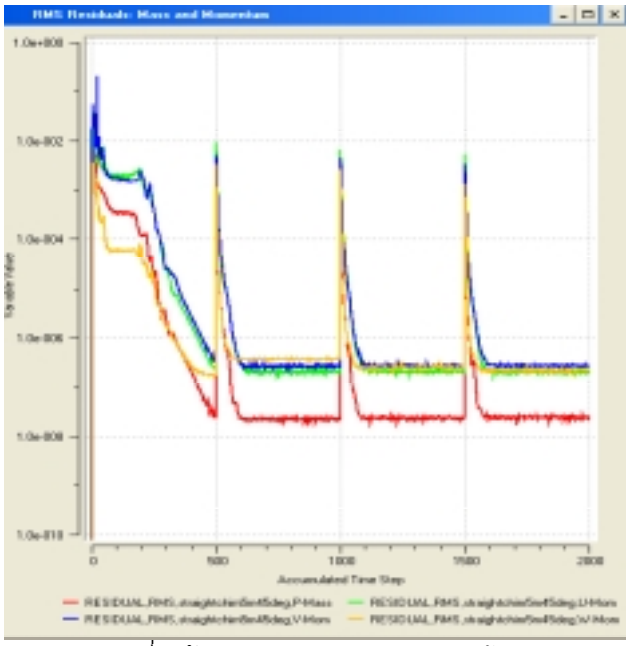
3.ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

ความมั่นใจในความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองของโปรแกรม ได้วิเคราะห์จาก 2 ปัจจัย คือ

1. ส่วนตกค้าง (Residual)
2. อัตราการไหลโดยมวล (Mass flow rate)

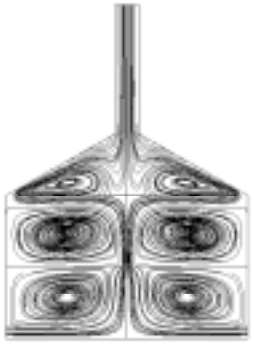
คำตอบที่ถูกต้อง ควรมีค่าส่วนตกค้างสุดท้ายที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าที่เล็ก ๆ อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และเป็นค่าที่สภาวะคงตัวที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว นอกจากนี้ ต้องมั่นใจว่าการไหลสอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์มวล นั่นคือ มวลของอากาศที่ไหลเข้าอาคารต้องเท่ากับมวลของอากาศที่ไหลออกจากอาคาร

รูปที่ 5 เป็นตัวอย่างของค่าส่วนตกค้างที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม การกระโดดของเส้นกราฟเกิดจากการที่โปรแกรมทำการปรับขนาดของกริดให้เหมาะสมตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกิดจากการปรับขนาดกริดด้วยกรรมวิธี mesh adaption เพื่อให้เกิดการลู่เข้าที่รวดเร็วยิ่งขึ้น และจากการตรวจสอบค่าอัตราการไหลของอากาศแต่ละกรณีพบว่า อัตราการไหลเข้าของอากาศเท่ากับอัตราการไหลออกของอากาศเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์มวล จึงสร้างความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม CFX-5 ในงานวิจัยนี้

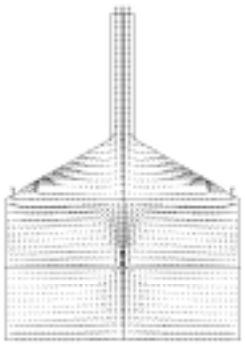


รูปที่ 5 ตัวอย่างของกราฟแสดงค่าส่วนตกค้าง

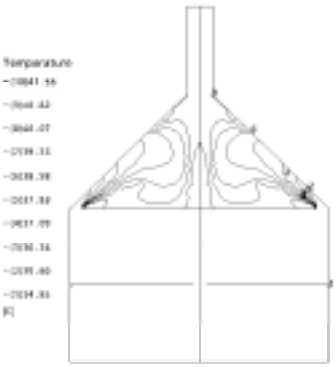
ลักษณะที่เกิดขึ้นของเส้นการไหล การกระจายเวกเตอร์ความเร็ว และเส้นคอนทัวร์ของอุณหภูมิ ของแต่ละกรณีมีความคล้ายคลึงกัน จึงขอแสดงตัวอย่างผลลัพธ์เพียง 1 กรณีเท่านั้น และพบว่า การหมุนวนของเส้นการไหลภายใต้ห้องหลังคาจะเริ่มเกิดขึ้นที่มุมเอียงของหลังคาเป็น 15 องศา เป็นต้นไป ดังแสดงในรูปที่ 6



(a) เส้นการไหล



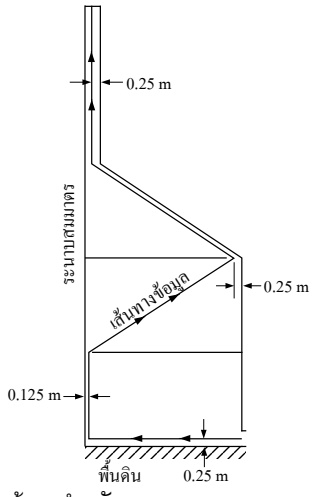
(b) เวกเตอร์ความเร็ว



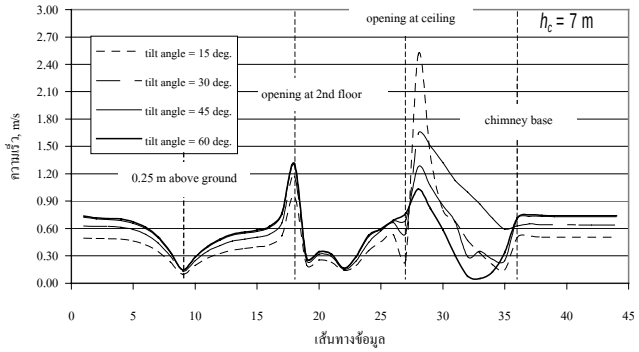
(c) คอนทัวร์ของอุณหภูมิ

รูปที่ 6 ผลลัพธ์ที่ Q = 300 W/m^2, h_c = 3 m, θ = 30°

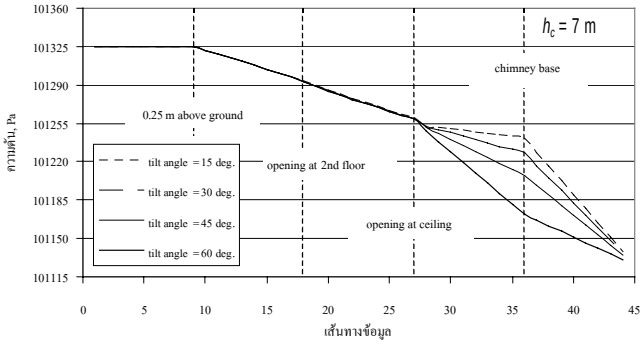
นอกจากนี้ ยังแสดงผลลัพธ์ในรูปของความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ และความหนาแน่น ดังรูปที่ 8 - 11 เพื่อดูผลลัพธ์ในภาพรวมของแต่ละกรณี ซึ่งมีเส้นทางข้อมูลที่ถูกเลือกดังแสดงในรูปที่ 7



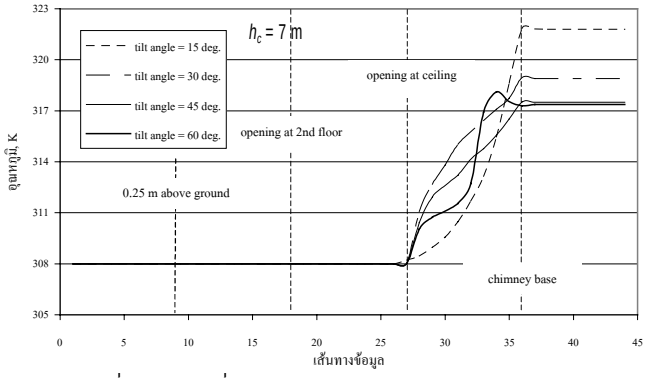
รูปที่ 7 เส้นทางข้อมูลสำหรับอาคารแบบสมมาตร (เส้นตามลูกศร)



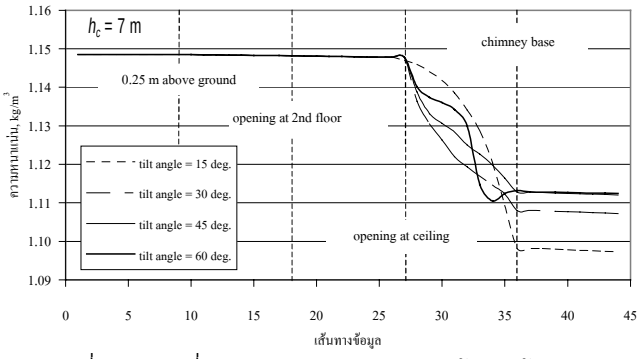
รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความเร็วตามเส้นทางข้อมูล



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความดันตามเส้นทางข้อมูล



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเส้นทางข้อมูล

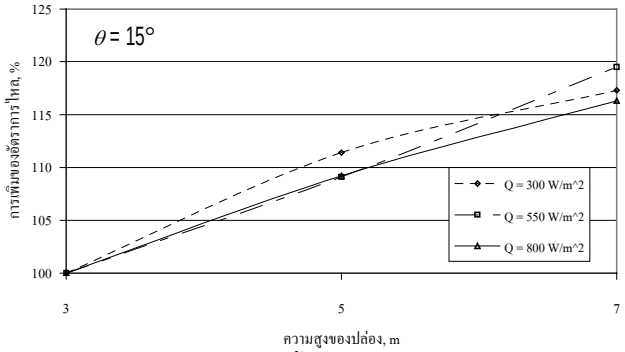


รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นตามเส้นทางข้อมูล

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองทั้งหมดสามารถอภิปรายโดยแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

3.1 ผลกระทบจากความสูงของปล่อง

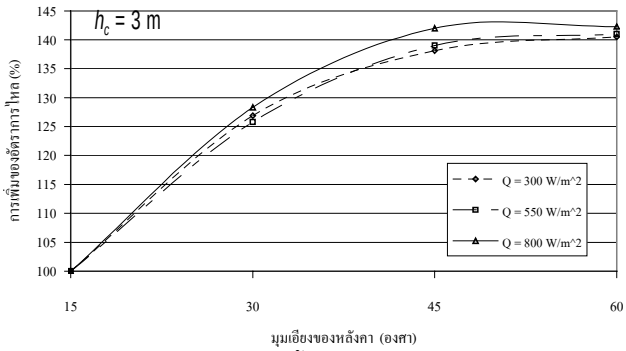
การเพิ่มความสูงของปล่องส่งผลให้อัตราการไหลโดยมวลของอากาศสูงขึ้น รูปที่ 12 แสดงร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเทียบกับอัตราการไหลในกรณีปล่องสูง 3 m โดยกำหนดให้อัตราการไหลที่ปล่องสูง 3 m เป็น 100 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 12 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลโดยมวลเทียบกับความสูงของปล่อง

3.2 ผลกระทบจากมุมเอียงของหลังคา

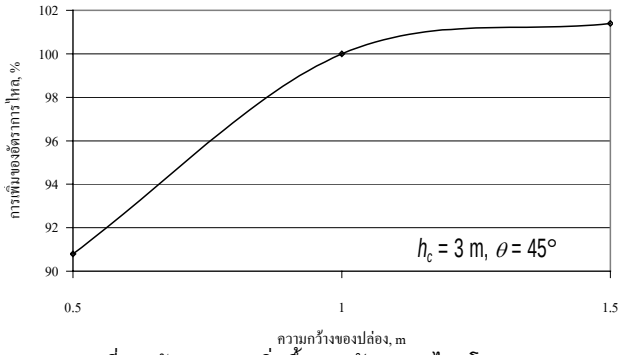
การเพิ่มมุมเอียงของหลังคาส่งผลให้อัตราการไหลสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับการเพิ่มความสูงของปล่อง รูปที่ 13 แสดงร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลโดยคิดอ้างอิงกับค่าอัตราการไหลกรณีหลังคาเอียง 15 องศา ซึ่งจะเห็นว่า อัตราการไหลมากขึ้นเมื่อมุมเอียงของหลังคาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มมุมเอียงของหลังคาจาก 45 องศา เป็น 60 องศา อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นมีค่าน้อยมาก โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนจากเส้นกราฟ ซึ่งอาจไม่คุ้มกับพื้นที่ของหลังคาที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปจากผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ได้ว่า มุมเอียงของหลังคาที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ในช่วง 30 องศา ถึง 45 องศา อย่างไรก็ตาม การเพิ่มมุมเอียงของหลังคาทำให้เกิดพื้นที่มากขึ้น จึงเพิ่มค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุเพื่อมุงหลังคามากกว่าในกรณีเพิ่มความสูงของปล่อง การตัดสินใจออกแบบอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทอากาศนั้น ควรมีการวิเคราะห์ถึงราคาวัสดุที่จะนำมาใช้ เพื่อให้เกิดการลงทุนที่ได้ประโยชน์สูงสุด และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดด้วย อีกทั้งต้องคำนึงถึงลักษณะทางสถาปัตยกรรมด้วย เพราะปล่องที่สูงมากอาจจะดูไม่สวยงาม



รูปที่ 13 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลโดยมวลเทียบกับมุมเอียงของหลังคา

3.3 ผลกระทบจากความกว้างของปล่อง

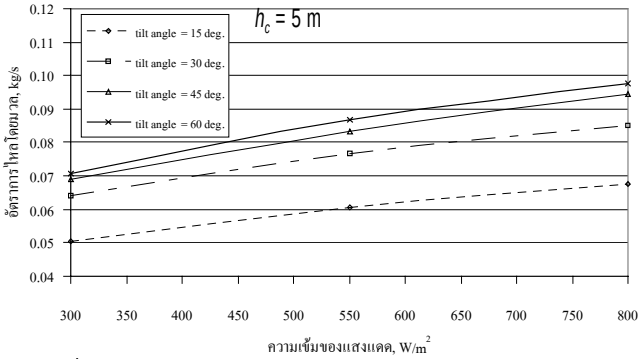
คิดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความกว้างของปล่อง โดยอ้างอิงกับผลลัพธ์ที่ได้จากปล่องกว้าง 1.0 m จากผลการจำลอง สามารถสรุปได้ว่า เมื่อความกว้างของปล่องมากขึ้นทำให้ปริมาณอัตราการไหลสูงขึ้น แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของความกว้างนั้นมีค่าน้อยมาก โดยพบว่า เมื่อเพิ่มความกว้างของปล่องจาก 1.0 m เป็น 1.5 m (เพิ่มขึ้น 1.5 เท่า) สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้เพียงประมาณ 1.4% เท่านั้น ส่วนการลดความกว้างของปล่องลงจาก 1.0 m เป็น 0.5 m ส่งผลให้ความเร็วในปล่องสูงขึ้นอย่างมากก็จริง แต่อัตราการไหลมีค่าลดลงถึง 9.2% ดังแสดงในรูปที่ 14 ดังนั้น การออกแบบขนาดของปล่องจึงควรกระทำด้วยความระมัดระวังและควรมีการศึกษาด้วยกรรมวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข เพื่อให้ได้ค่าความกว้างของปล่องที่เหมาะสมที่สุดในการนำให้เกิดการถ่ายเทโดยธรรมชาติที่เหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณการถ่ายเท และความคุ้มทุนโดยมีการพิจารณาเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วยเสมอ



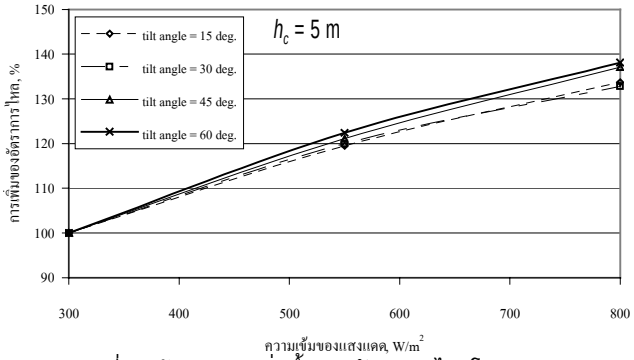
รูปที่ 14 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลโดยมวลเทียบกับความกว้างของปล่อง

3.4 ผลกระทบจากความเข้มของแสงแดด

รูปที่ 15 แสดงค่าอัตราการไหลโดยมวลเทียบกับความเข้มของแสงแดดที่ค่ามุมเอียงของหลังคาต่าง ๆ จากผลการจำลอง สรุปได้ว่าความเข้มของแสงแดดยิ่งสูงยิ่งส่งผลดีต่อการถ่ายเท รูปที่ 16 แสดงการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลคิดเป็นร้อยละของค่าอัตราการไหลที่กรณีความเข้มของแสงแดดเป็น 300 W/m^2



รูปที่ 15 อัตราการไหลโดยมวลเทียบกับความเข้มของแสงแดด



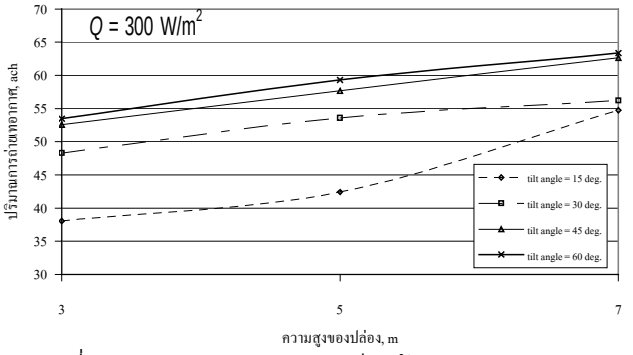
รูปที่ 16 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลโดยมวลเทียบกับความเข้มของแสงแดด

3.5 ผลกระทบจากอาคารแบบสมมาตรกับไม่สมมาตร

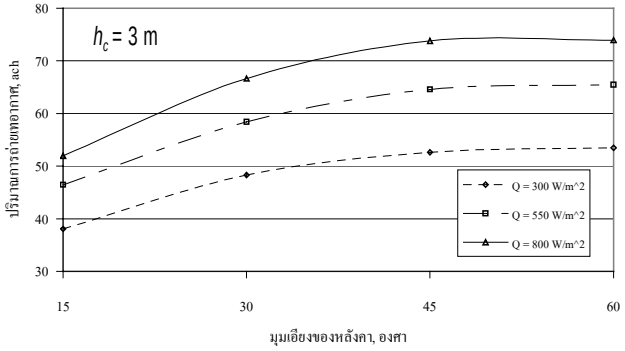
จากผลการจำลอง สามารถสรุปได้ว่า การออกแบบอาคารแบบไม่สมมาตรนั้น ช่วยให้อากาศไหลเข้าสู่อาคารได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้พักอาศัยที่อยู่บริเวณชั้นที่ 1 แต่ไม่ได้ช่วยเพิ่มปริมาณการถ่ายเทอากาศมากนัก โดยอัตราการไหลเพิ่มขึ้นคิดเป็นประมาณ 4.9% ของปริมาณอัตราการไหลแบบสมมาตร

3.6 ผลกระทบจากตัวแปรต่อปริมาณการถ่ายเทอากาศ

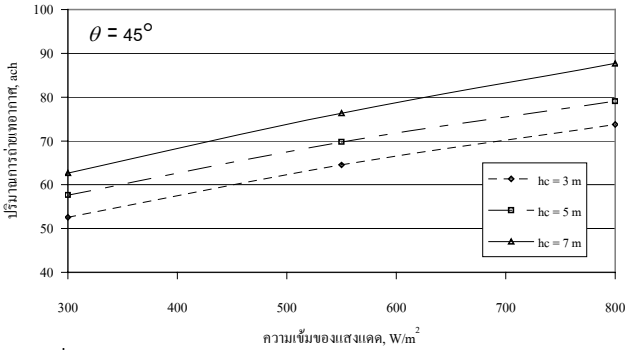
ค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ (air exchange per hour, ach) นิยามด้วย ปริมาณการถ่ายเทอากาศคิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง และมีหน่วยเป็น ach ในที่นี้จะแสดงค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศโดยคิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องพักชั้นที่ 1 ของอาคารเมื่อให้ตัวแปรต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพบว่า ค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศของกรณีที่น้อยที่สุด (h_c=3 m, θ=15°, Q=300 W/m^2) มีค่าประมาณ 38 ach และกรณีที่ดีที่สุด (h_c=7 m, θ=60°,Q = 800 W/m^2) มีค่าถึง 90 ach ซึ่งมีค่าสูงพอที่จะทำให้เกิดความสบายต่อผู้อยู่อาศัย ซึ่งพบว่า ความสูงของปล่อง มุมเอียงของหลังคา และความเข้มของแสงแดด ต่างเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณการถ่ายเทอากาศ (หน่วย ach) ดังแสดงในรูปที่ 17 – 19



รูปที่ 17 ปริมาณการถ่ายเทอากาศเทียบกับความสูงของปล่อง



รูปที่ 18 ปริมาณการถ่ายเทอากาศเทียบกับมุมเอียงของหลังคา



รูปที่ 19 ปริมาณการถ่ายเทอากาศเทียบกับความเข้มของแสงแดด

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดจากการจำลองปัญหาการไหลแบบการพาอิสระภายในอาคารผ่านห้องหลังคารับแดดด้วยโปรแกรม CFX-5 สามารถสรุปผลและประมวลข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยเพื่อขยายผลต่อไป ดังนี้

4.1 สรุปผล

1. การเพิ่มมุมเอียงของหลังคา ความสูงและความกว้างของปล่องส่งผลให้อัตราการถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติสูงขึ้น

2. มุมเอียงของหลังคาที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 30 – 45 องศา

3. ที่ค่าความเข้มของแสงแดดสูง ๆ สามารถทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศได้มากกว่า

4. ข้อดีของอาคารแบบไม่สมมาตรคือทำให้ความเร็วของอากาศที่ทางเข้าสูงขึ้น แต่ค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 5%)

5. ค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศสูงพอที่จะสร้างความรู้สึกสบายให้กับผู้พักอาศัยได้

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขยายขอบเขตของการศึกษาด้วยกรรมวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณใน 3 มิติ เพื่อให้ได้พฤติกรรมการไหลที่สมจริงยิ่งขึ้น

2. ควรทำการจำลองพฤติกรรมการไหลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น เช่น มีการพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของปล่อง

3. ควรศึกษาผลกระทบต่ออัตราการถ่ายเทอากาศอันเนื่องจากขนาดของช่องเปิด ณ บริเวณต่าง ๆ ของอาคาร

4. ควรศึกษาเพิ่มเติมว่าค่ามุมเอียงของหลังคาและความสูงของปล่องเท่าใดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum values) ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยคำนึงถึงเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย

5. ควรสร้างอาคารและทำการทดลองวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม CFX-5 นี้

6. ในการออกแบบควรคำนึงถึงเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ด้วยเสมอ เพราะการเพิ่มมุมเอียงของหลังคา หรือความสูงปล่อง ต่างทำให้เพิ่มพื้นที่ และปริมาณวัสดุที่ใช้ ทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chitsomboon, T. (2001). A Validated Analytical Model for Flow in Solar Chimney. International Journal of Renewable Energy Engineering 3(2): 339-346.

[2] Chitsomboon, T., and Tongbai, P. (1998). A Mathematical Model of Solar Chimney for Electrical Energy Production. Proceedings of the 12th National Mechanical Engineering Conference (pp 14-20). Chulalongkorn University, Thailand.

[3] Chitsomboon, T., and Tongbai, P. (1999). The Effect of Chimney-Top Convergence on Efficiency of a Solar Chimney. Proceedings of the 13th National Mechanical Engineering Conference (pp 263-268). Pataya, Thailand.

[4] Hirunlabh, J., Washirapuwadon, S., Pratinthong, N., and Khedary, J. (2001). New configurations of a roof solar collector maximizing natural ventilation. Building and Environment 36(3): 383-391.

[5] Khedary, J., Hirunlabh, J., and Bunnag, T. (1997). Experimental study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new houses. Energy and Builbings 26(2): 159-164.

[6] Khedary, J., Mansirisub, W., Chaima, S., Pratinthong, N., and Hirunlabh, J. (2000). Field measurements of performance of roof solar collector. Energy and Buildings 31(3): 171-178.

[7] Khedary, J., Ingkawanich, S., Waewsak, J., and Hirunlabh, J. (2002). A PV system enhanced the performance of roof solar collector. Building and Environment 37(12): 1317-1320.

[8] Khedary, J., Yimsamerjit, P., and Hirunlabh, J. (2002). Expermantal investigation of free convection in roof solar collector. Building and Environment 37(5): 455-459.

[9] Kays, W.M. and Crawford M.E. (1993). Convective heat and mass transfer. (3rd ed.) Singapore: McGraw-Hill.