

การคำนวณพลศาสตร์ของไหลเพื่อการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ: แนวทางสำหรับบ้านในประเทศไทย¹

CFD Approach towards Natural Ventilation Design: Guidelines for Houses in Thailand

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดี

Chalermwat Tantasavasdi

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Faculty of Architecture, Thammasat University

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาแนวทางในการใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการปรับอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับการออกแบบบ้านในประเทศไทย โดยศึกษาผ่านการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) รายละเอียดของการศึกษาประกอบไปด้วย พัฒนาการของบ้านไทยจากอดีตสู่ปัจจุบันที่มีอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศ วัฒนธรรม และเทคโนโลยี การศึกษาสภาวะน่าสบายของคนไทยและสภาพภูมิอากาศของเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าการใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสามารถทำได้ในช่วงเวลาร้อยละ 20 ต่อปีสำหรับบ้านชานเมือง การวิเคราะห์การวางผังที่เหมาะสมสำหรับการใช้ลมธรรมชาติ โดยบ้านที่มีรูปทรงกระชับก่อให้เกิดการระบายอากาศที่ดีกว่าบ้านรูปทรงยาว การวิเคราะห์จากการออกแบบบ้านตัวอย่างพบว่าขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสมมีขนาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด และการสรุปผลเพื่อสร้างแนวทางในการวางผังและออกแบบบ้านที่เหมาะสมกับการใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในประเทศไทย

Abstract

This paper explores the potential of using natural ventilation as a passive cooling system for house designs in Thailand by using computational fluid dynamics (CFD). The characteristics of past and present Thai houses are analyzed in terms of climate, culture, and technology. Based on the thermal comfort requirements for the Thai people and the climate conditions in Bangkok, the study has found that it is possible to use natural ventilation to create a thermally comfortable indoor environment in houses in a Bangkok suburb during 20% of the year. The analysis of site planning reveals that houses with compact shape have a better ventilation rate than those with elongated shape. To maximize the ventilation rate, the study of a prototype house finds that the size of the openings has to exceed 40% of the area of the house. This research also develops comprehensive design guidelines for natural ventilation at both the site planning and individual house levels.

¹ บทความนี้เป็นบทความฉบับใหม่ที่พัฒนาจากบทความภาษาอังกฤษ Tantasavasdi, C., Srebric, J., & Chen Q. (2001). Natural ventilation design for houses in Thailand. *Energy and Buildings*, 33, 815-824.

คำสำคัญ (Keywords)

การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics)

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)

การปรับอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Passive Cooling)

สภาวะน่าสบายทางความรู้สึกร้อน-หนาว (Thermal Comfort)

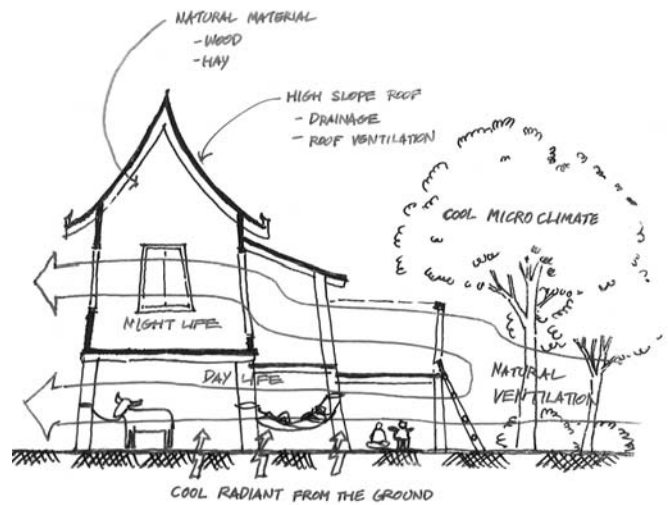
แนวทางการออกแบบ (Design Guidelines)

บ้านในประเทศไทย (Houses in Thailand)

1. จากอดีตสู่ปัจจุบัน: ภูมิสถาปัตย์กับบ้านไทย

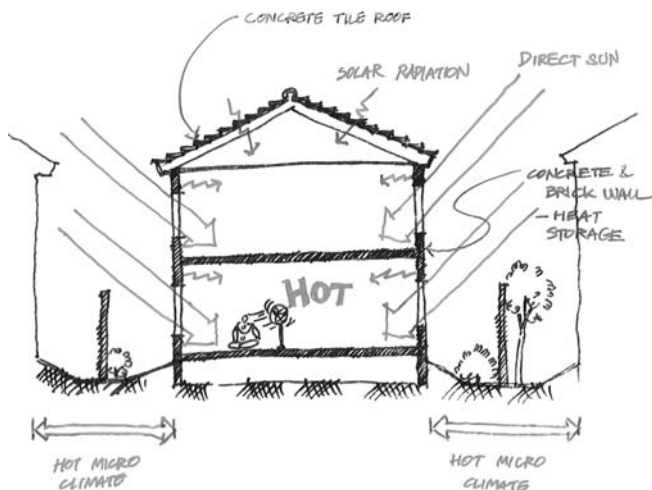
การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (natural ventilation) เป็นหนึ่งในวิธีการปรับอากาศโดยธรรมชาติ (passive cooling) ที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศของอาคาร แต่สำหรับประเทศเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงนั้น ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้นยังเป็นที่สงสัยไม่น้อย สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของประเทศไทย เช่น เรือนไทยเดิม ดังรูป 1 ได้รับการออกแบบโดยใช้ประโยชน์สูงสุดจากธรรมชาติ ด้วยลักษณะเด่น 3 ประการคือ การยกใต้ถุนสูง หลังคามุมสูง ที่มีชายคายื่นยาว และชานบ้านกลางแจ้งขนาดใหญ่ การยกใต้ถุนสูงช่วยป้องกันน้ำท่วมฉับพลัน ป้องกันผู้อยู่อาศัยจากสัตว์รบกวน และทำให้ลมธรรมชาติสามารถพัดผ่านส่วนใช้งานได้ดีขึ้น ชายคายื่นยาวช่วยป้องกันแดดและฝน ในขณะที่หลังคามุมสูงจะสร้างชั้นอากาศ (thermal stratification) ภายในบ้าน ทำให้อากาศบริเวณที่อยู่อาศัยมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอากาศใต้หลังคา ส่วนชานบ้านกลางแจ้ง ซึ่งใช้พื้นที่ประมาณร้อยละ 40 ของบ้าน เป็นพื้นที่สำหรับกิจกรรมกลางแจ้งที่สำคัญสำหรับลักษณะครอบครัวขยายของคนไทยในอดีต

วิถีชีวิตของคนในสังคมไทยเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ผู้คนเคยชินกับสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบปรับอากาศมากขึ้น จนนับได้ว่าเกือบทั้งหมดของสภาพแวดล้อมภายในของเขตเมืองเป็นสภาพแวดล้อมแบบปรับอากาศ ในขณะเดียวกันผู้คนเริ่มตระหนักถึงค่าไฟฟ้าและการใช้พลังงานที่สูงขึ้นทุกวัน กอปรกับภาครัฐได้ให้ความสำคัญด้านการอนุรักษ์พลังงาน จึงอาจกล่าวได้ว่าการลดทอนการใช้เครื่องปรับอากาศด้วยการส่งเสริมการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้นมีความเป็นไปได้สูงทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะสำหรับอาคารที่อยู่อาศัยในเขตชานเมืองที่คุณภาพอากาศค่อนข้างดี ผู้คนยังพร้อมที่จะเปิดหน้าต่างเพื่อรับลมธรรมชาติแทนการเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่อากาศไม่ร้อนมากนัก



รูป 1 เรือนไทยเดิม

อย่างไรก็ตาม สถาปนิกผู้ออกแบบส่วนใหญ่ยังละเลยการใช้องค์ประกอบในการทำความเย็นโดยวิถีธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบบ้าน ดังรูป 2 สภาพการก่อสร้างที่หนาแน่นในเขตเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพฯ ทำให้สภาพอากาศโดยรวมร้อนขึ้น และทำให้การใช้ระบบระบายอากาศโดยวิถีธรรมชาติเป็นไปได้ยากขึ้น เพราะอาคารบดบังลมธรรมชาติไม่ให้พัดผ่านไปยังอาคารที่อยู่ถัดไป นอกจากนี้สถาปนิกยังมักใช้แนวความคิดในการออกแบบและวัสดุก่อสร้างหลายอย่างจากต่างประเทศโดยปราศจากการคำนึงถึงสภาพอากาศของประเทศไทย เช่น การใช้ชายคาสั้นที่ทำให้แดดส่องผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้ง่าย หรือการใช้วัสดุก่อสร้างจำพวกอิฐหรือคอนกรีตที่มีมวลสารสูง วัสดุเหล่านี้กักเก็บความร้อนในช่วงเวลากลางวันไว้ และถ่ายเทให้กับพื้นที่ใช้สอยภายในในช่วงกลางคืน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ทำให้บ้านส่วนมากไม่เหมาะกับการอยู่อาศัยโดยไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ



รูป 2 บ้านไทยในปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ปัญหาของการออกแบบในปัจจุบันทำให้สถาปนิกและนักวิจัยพยายามเพิ่มความระมัดระวังในการออกแบบโดยคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศและการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิถีธรรมชาติในการออกแบบบ้านในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ ด้วยการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิถีธรรมชาติเสริมในการออกแบบบ้าน
- สร้างแนวทางการออกแบบการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิถีธรรมชาติ ทั้งในระดับผังบริเวณ และตัวบ้าน สำหรับประเทศไทย

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาทางสถาปัตยกรรม เพื่อให้สามารถบรรลุจุดประสงค์ที่กล่าวข้างต้น จึงได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัย โดยมีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การศึกษาได้ครอบคลุมถึงข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความเป็นมา และปัญหาที่เกิดขึ้นจากพัฒนาการของบ้านไทยทั้งในด้านสภาพภูมิอากาศ วัฒนธรรม และเทคโนโลยี รวมถึงการศึกษาสภาวะน่าสบายของคนไทย โดยทำการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสามารถกำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายของคนไทย ที่อาจแตกต่างจากของคนในเขตหนาวได้

ขั้นตอนต่อไปเป็นการศึกษาถึงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศทั้งในด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และทิศทางลม รวมทั้งการคำนวณเบื้องต้นในการวิเคราะห์ภาระ

ทำความเข้าใจของบ้าน เพื่อสามารถทราบถึงความเป็นไปได้ และช่วงเวลาในการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ สำหรับบ้านในประเทศไทย

2. การสร้างกรอบแนวคิดและสมมติฐาน

จากการศึกษาแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับลักษณะ ของบ้านไทย และสภาวะน่าสบายของคนไทย รวมถึงข้อมูล ในเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย สามารถสร้างสมมติฐานได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการใช้ ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับบ้านในประเทศไทย โดยใช้เสริมระบบปรับอากาศโดยวิธีเครื่องกล

3. การวิเคราะห์โดยการทดลอง

ในการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น การศึกษานี้ได้ใช้ การคำนวณพลศาสตร์ของไหลทดสอบกับผังบริเวณ และ บ้านตัวอย่างที่ออกแบบขึ้น โดยศึกษาลักษณะการไหลเวียน ของอากาศ เพื่อทราบถึงรูปทรงที่เหมาะสมสำหรับบ้านใน ผังบริเวณขนาดใหญ่ รวมถึงการออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของบ้านได้

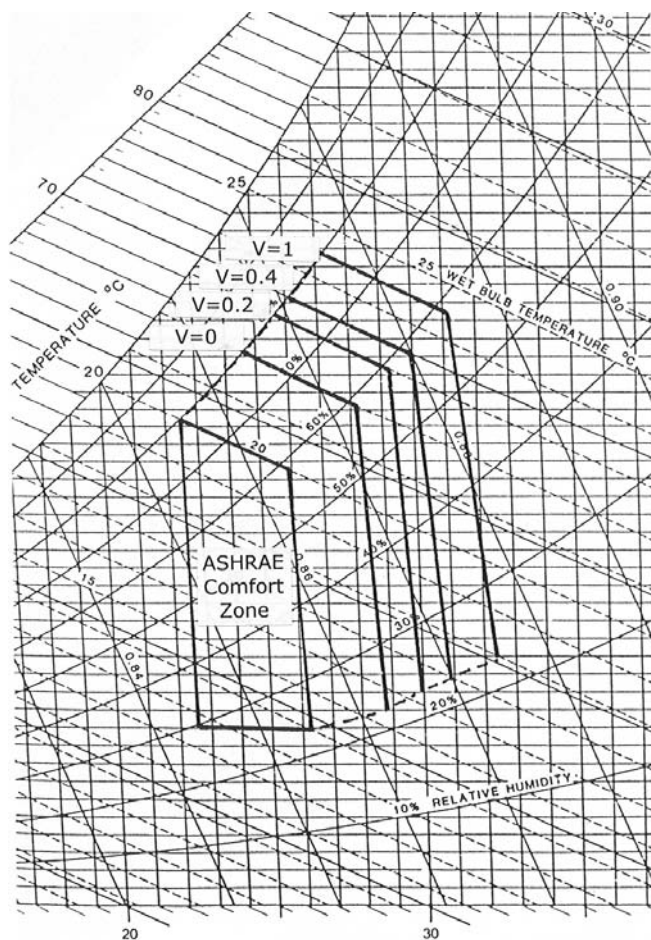
4. การแปลผลการทดลองและสรุปผล

ผลจากการทดสอบได้นำกลับไปเปรียบเทียบกับ กรอบแนวคิดที่สร้างขึ้น เพื่อวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมใน การใช้งาน รวมถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจมีขึ้น จึงสามารถ พัฒนาเป็นแนวทางในการออกแบบผังบริเวณ และบ้านที่ใช้ ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในประเทศไทยได้

4. การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายของคนไทย

ผู้ที่อยู่อาศัยในเขตอากาศร้อน-ชื้นอย่างประเทศไทย อาจมีความคาดหวังต่อสภาวะน่าสบายที่แตกต่างจากผู้ ที่อยู่อาศัยในเขตหนาว สมาคมวิศวกรรมระบบปรับอากาศ แห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) [1] ได้กำหนดมาตรฐานของ สภาวะน่าสบาย (ASHRAE Standard 55a-1995) ไว้คือ ขอบเขตสูงสุดของสภาวะน่าสบายอยู่ที่อุณหภูมิ 26°C และ อุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ 20°C ดังรูป 3 แต่งานวิจัยอีกหลาย ชิ้นพบว่าสภาวะน่าสบายควรมีความแตกต่างกันตามสภาพ- ภูมิอากาศ คนในพื้นที่เขตร้อนควรมีสภาวะน่าสบายที่สูงกว่า คนในพื้นที่เขตหนาว เพราะคนสามารถปรับตัวและ/หรือมี ความต้องการทางกายภาพที่หลากหลาย [2] การทดลอง หลายอย่างชี้ให้เห็นถึงสภาวะน่าสบายของคนไทยที่แตกต่าง จากคนต่างชาติ การศึกษาของบุช (Busch) [3] สรุปไว้ว่าคน ไทยที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ใช้เครื่องปรับอากาศมี ขอบเขตสูงสุดของสภาวะน่าสบายที่อุณหภูมิ 28°C ในขณะที่ คนทำงานในสภาพแวดล้อมที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธี ธรรมชาติมีขอบเขตสูงสุดของสภาวะน่าสบายที่อุณหภูมิ 31°C

อีกทฤษฎีหนึ่งกล่าวว่าขอบเขตของสภาวะน่าสบาย ที่คิดค้นในสหรัฐอเมริกาที่ละติจูด 40° เหนือ สามารถเพิ่มขึ้น ได้ 1°C ทุก ๆ การเปลี่ยนแปลงของละติจูดไปทางใต้ 12° [4, 5] ดังนั้นกรุงเทพ ฯ ซึ่งตั้งอยู่ ณ ละติจูดที่ 14° เหนือ หากไม่นับ ปัจจัยทางวัฒนธรรม จึงควรมีขอบเขตของสภาวะน่าสบาย อยู่ที่ 28.2°C อุณหภูมินี้ใกล้เคียงกับผลการวิจัยของบุช การ- ศึกษาของคว็อค (Kwok) [6] ได้ทำการสำรวจนักเรียนและ อาจารย์ 3,544 คน ในห้องเรียนที่ใช้ระบบระบายอากาศโดย วิธีธรรมชาติ และห้องเรียนที่ใช้เครื่องปรับอากาศในสวาย พบว่าผู้ใช้ห้องเรียนที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ นั้นสามารถยอมรับอุณหภูมิห้องในช่วงกว้างระหว่าง 22.0–29.5°C อีกการศึกษาหนึ่งของจิตขจรวานิช และคณะ (Jitkhajorn- wanich et al.) [7] สรุปว่าขอบเขตสูงสุดของสภาวะน่าสบาย ของคนไทยอยู่ที่ 31.5°C ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มคนทำงานใน สภาพแวดล้อมที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติของบุช



รูป 3 สภาวะน่าสบายบนแผนภูมิไซโครเมตริก

เนื่องจากผู้คนส่วนใหญ่ในปัจจุบันทำงานและอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ขอบเขตสูงสุดของสภาวะน่าสบายสำหรับคนไทยจึงควรสอดคล้องกับกลุ่มทดลองของคนไทยที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ใช้เครื่องปรับอากาศของมนุษย์ที่ 28°C

นอกเหนือจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แล้ว การเคลื่อนไหวของอากาศสามารถเพิ่มอัตราการนำความร้อนและอัตราการระเหยของเหงื่อออกจากร่างกายมนุษย์ ดังนั้นมนุษย์จึงรู้สึกเย็นลงเมื่อมีลมพัดผ่านร่างกาย เลขเนอร์(Lechner) [8] ได้สร้างค่าการลดอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Reduction, ETR) เมื่อเปรียบ-

เทียบกับความเร็วลม ETR คือค่าเทียบเท่าของอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกเหมือนกับอุณหภูมิอากาศลดลง เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ETR จะมีค่า 1.1, 1.9 และ 3.3°C ที่ความเร็วลม 0.2, 0.4 และ 1.0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ กล่าวอีกนัยหนึ่ง มนุษย์จะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศลดลง 1.1, 1.9 และ 3.3°C ถ้าความเร็วลมเพิ่มขึ้น 0.2, 0.4 และ 1.0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

ขอบเขตสูงสุดของความเร็วลมที่สามารถใช้ในสภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ที่ 1.0 เมตรต่อวินาที เนื่องจากจะเริ่มพัดวัตถุขนาดเล็กเช่นกระดาษบาง ๆ ปลิว ความเร็วลมที่สูงกว่านั้น ขอบเขตของสภาวะน่าสบายสามารถเลื่อนได้ตามเส้นความชื้นสัมพัทธ์ในแผนภูมิไซโครเมตริก [9] ดังนั้นขอบเขตของสภาวะน่าสบาย ณ ความเร็วลม 0.2, 0.4 และ 1.0 เมตรต่อวินาที จึงเป็น ณ อุณหภูมิ 29.1, 29.9 และ 31.3°C และ ณ อุณหภูมิกระเปาะเปียก 23, 23.5 และ 24.5°C ตามลำดับ ขอบเขตสูงสุดของสภาวะน่าสบายใหม่นี้สามารถแสดงได้ด้วยเส้น V = 0.2, 0.4 และ 1.0 เมตรต่อวินาทีในรูป 3 การศึกษาในประเทศไทยอีกชิ้นหนึ่งมีความเห็นที่สอดคล้องกับการคำนวณดังกล่าว [10]

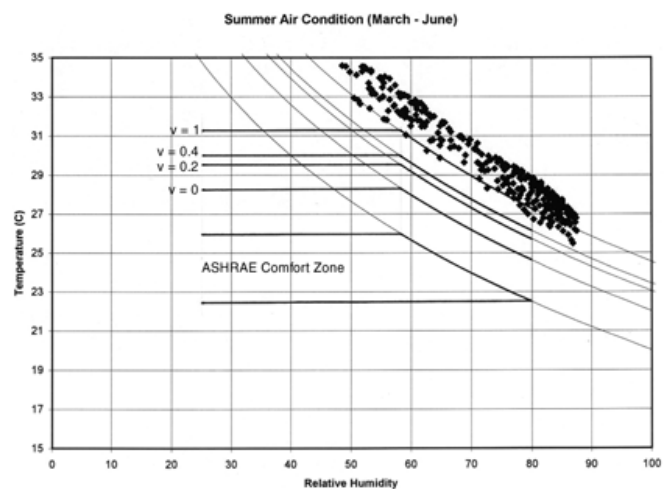
เนื่องจากคนไทยสามารถปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ การใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติจึงมีความเป็นไปได้สำหรับบ้านไทยในปัจจุบัน ถ้ามีการออกแบบอย่างระมัดระวัง หัวข้อต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ถึงปัจจัยด้านเวลาในการใช้ระบบดังกล่าวผ่านการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

5. การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

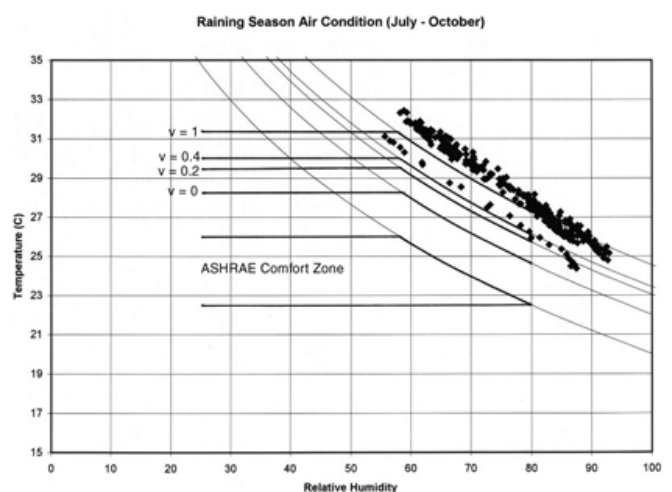
การออกแบบบ้านโดยใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้นต้องพึ่งพาสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมเป็นอย่างมาก เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบดังกล่าวสามารถใช้ได้ดีในเขตอากาศอบอุ่น แต่สำหรับประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 6 ถึง 20 องศาเหนือ จัดได้ว่าอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนอย่างเต็มรูปแบบ โดยมีลักษณะเฉพาะคือมีอากาศร้อนชื้น และการเปลี่ยนแปลงทางฤดูกาลน้อยตลอดปี สำหรับเขตกรุงเทพมหานครนั้น อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 21-35°C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 45 ถึง 95

ในการศึกษานี้ใช้สภาพภูมิอากาศของเขตกรุงเทพมหานครเป็นกรณีอ้างอิง โดยวิเคราะห์จากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่าง พ.ศ. 2532 ถึง 2538 สรุปได้ว่าสภาพภูมิอากาศในช่วงฤดูการร้อน (มีนาคม-มิถุนายน) และช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) นั้นไม่สามารถใช้อิทธิพลของความเร็วลมมาช่วยในการสร้างสภาวะน่าสบายได้ เนื่องจากอากาศมีอุณหภูมิ และ/หรือความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไป ดังรูป 4 และ 5 ซึ่งแสดงสภาพภูมิอากาศในฤดูร้อนและฝนบนแผนภูมิไบโอไคลเมติก โดยแสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเขตสภาวะน่าสบายสำหรับความเร็วอากาศต่าง ๆ แต่ละจุดบนแผนภูมิแสดงถึงค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของสภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร โดยค่าเฉลี่ยนี้เป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสิบวัน เช่น วันที่ 1-10 มีนาคม วันที่ 11-20 มีนาคม เป็นต้น

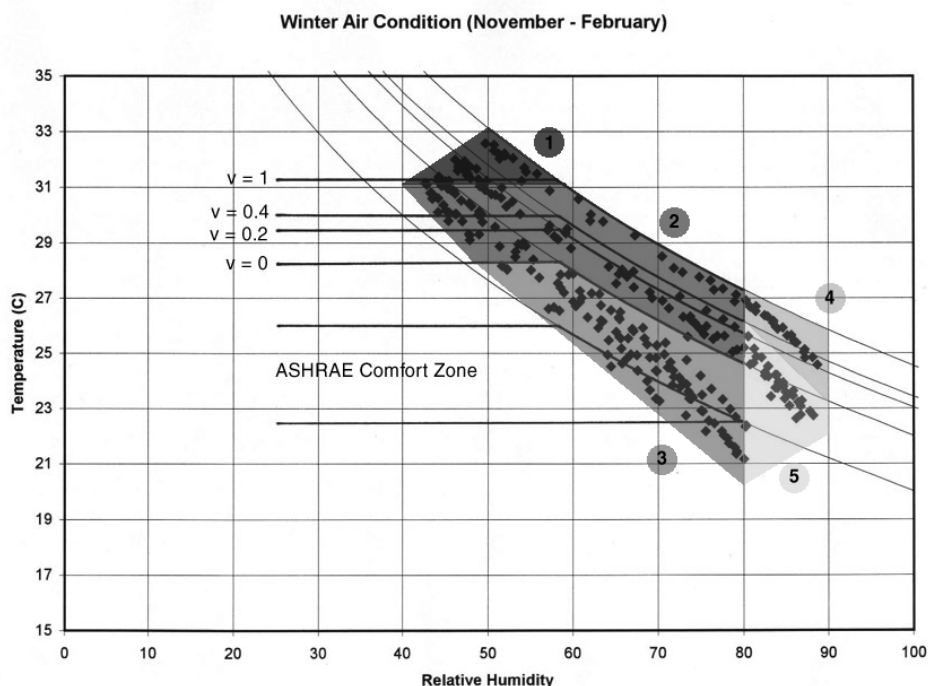
การใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติมีความเหมาะสมที่สุดในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ดังรูป 6 ซึ่งแสดงสภาพภูมิอากาศในฤดูหนาวบนแผนภูมิไบโอไคลเมติก โดยแสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเขตสภาวะน่าสบายสำหรับความเร็วอากาศต่าง ๆ เช่นเดียวกัน



รูป 4 สภาพภูมิอากาศในฤดูร้อนของเขตกรุงเทพมหานคร



รูป 5 สภาพภูมิอากาศในฤดูฝนของเขตกรุงเทพมหานคร



รูป 6 สภาพภูมิอากาศในฤดูหนาวของเขตกรุงเทพมหานคร และสภาวะนำสบายบนแผนภูมิไบนารีโคลเมติก

จะเห็นได้ว่าสภาพอากาศในช่วงเวลาเช้าและเย็นของฤดูหนาวส่วนมากอยู่ในขอบเขตของสภาวะนำสบายอยู่แล้วโดยไม่ต้องใช้อิทธิพลของความเร็วลมเข้ามาช่วย ดังปรากฏในช่วงที่อุณหภูมิต่ำแต่ความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงในรูป 6 สำหรับช่วงเวลาที่เหลือจำเป็นที่จะต้องใช้ความเร็วลมที่เหมาะสมในการสร้างสภาวะนำสบายให้กับสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ในบางเวลาของช่วงบ่ายในเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์อากาศมีอุณหภูมิที่สูงเกิน 31.3°C ซึ่งสูงเกินไปสำหรับความสบายแม้จะอยู่ภายใต้สภาพความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาทีก็ตาม จากการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นสภาพภูมิอากาศในฤดูหนาวนี้สามารถแบ่งเป็น 5 กลุ่มดังแสดงในรูป 6 ดังนี้

1. อากาศร้อน อุณหภูมิสูงกว่า 31.3°C ไม่สามารถใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้
2. อากาศอุ่น อุณหภูมิระหว่าง $28-31.3^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ $22-24.5^{\circ}\text{C}$ ต้องใช้ความเร็วลมสูงช่วย แต่ไม่เกิน 1 เมตรต่อวินาที

3. อากาศกำลังสบาย อุณหภูมิต่ำกว่า 28°C และอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำกว่า 22°C ควรใช้ความเร็วลมปานกลางช่วย
4. อากาศชื้น ความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 80 ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติไม่เหมาะสมนัก
5. อากาศเย็นแต่ชื้น ความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 80 การใช้ความเร็วลมเล็กน้อยสามารถช่วยได้

จากแผนภูมิดังกล่าว ถ้าอากาศภายในอาคารมีความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสามารถทำให้เกิดสภาวะนำสบายได้ 1,825 ชั่วโมงต่อปี (ประมาณร้อยละ 20 ของเวลาทั้งหมด) แม้ว่าจะเป็นตัวเลขที่ไม่มากนัก แต่ก็คุ้มค่าในการศึกษา เนื่องจากโดยทั่วไประบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายน้อย

โดยปกติแล้วอากาศภายในอาคารจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก เนื่องจากมีความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน (internal heat gain) และความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารเข้ามาภายใน ถ้าผนังอาคารทั้งหมดไม่โดนแดด รวมทั้งผนังและหลังคาประกอบด้วยฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว [11] (ค่า U ของผนังและหลังคาเท่ากับ $0.44 \text{ W/m}^2\text{°C}$) ค่าทำความเย็น (cooling load) โดยประมาณของบ้านเดี่ยวขนาดพื้นที่ 160 ตารางเมตรในประเทศไทยจะมีค่าประมาณ 4.5 kW โดยที่มีค่าความร้อนแฝง (latent heat) ประมาณร้อยละ 10 ของค่าความร้อนทั้งหมด จากการคำนวณขั้นต้นถ้าช่องเปิดสำหรับลมเข้าของบ้านมีขนาดร้อยละ 10 ของพื้นที่ใช้สอย ลมที่มีความเร็วเฉลี่ย 1.0 เมตรต่อวินาที จะทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก 0.2°C ถ้าความเร็วลมลดลงเหลือ 0.4 เมตรต่อวินาที ความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าวจะเพิ่มเป็น 0.5°C แต่ถ้าความเร็วลมลดลงเหลือ 0.1 เมตรต่อวินาที ความแตกต่างของอุณหภูมิจะเพิ่มเป็นถึง 2.0°C ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติแทบจะเป็นศูนย์ในสภาพภูมิอากาศนี้

จากการวิเคราะห์ข้างต้น การศึกษาลักษณะของลมประจำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบ การศึกษาเกี่ยวกับทิศทางและความเร็วลมผ่านการศึกษาข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่าง พ.ศ. 2532 ถึง 2538 โดยแบ่งออกเป็น 12 ทิศหลัก ได้แก่ ทิศเหนือ (N) ทิศเหนือของตะวันออกเฉียงเหนือ (NNE) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ENE) ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ESE) ทิศใต้ของตะวันออกเฉียงใต้ (SSE) ทิศใต้ (S) ทิศใต้ของตะวันตกเฉียงใต้ (SSW) ทิศตะวันตกของตะวันตกเฉียงใต้ (WSW) ทิศตะวันตก (W) ทิศตะวันตกของตะวันออกเฉียงเหนือ (WNW) และทิศเหนือของตะวันตกเฉียงเหนือ (NNW) พบว่าลมประจำในช่วงฤดูหนาวมาจากสองทิศทางหลัก ได้แก่ ทิศเหนือของตะวันออกเฉียงเหนือ (NNE) และทิศเหนือ (N) ในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม ลมจะเริ่มเปลี่ยนทิศเป็นทิศใต้ของตะวันตกเฉียงใต้ (SSW)

และทิศใต้ (S) ในเดือนมกราคม โดยในเดือนกุมภาพันธ์ ลมจะมาจากทิศ SSW และ S เท่านั้น ความเร็วลมในช่วงฤดูหนาวมีความหลากหลายตั้งแต่ 0.4 ถึง 3.2 เมตรต่อวินาที

สภาพภูมิอากาศทั้ง 5 กลุ่มจากรูป 6 สามารถนำมาเขียนลงในตารางเวลาในรูป 7 โดยเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับทิศทางและความเร็วลมที่สอดคล้องกับแต่ละกลุ่มภูมิอากาศ เนื่องจากภูมิอากาศในกลุ่มที่ 2 ต้องการใช้ความเร็วลมสูงที่สุด การศึกษาและออกแบบอาคารเพื่อให้เกิดความเร็วลมที่พอเพียงสำหรับกลุ่มนี้จึงมีความสำคัญมากที่สุด จากรูป 7 จะเห็นได้ว่าความเร็วลมที่ต่ำที่สุดสำหรับอากาศในกลุ่มที่ 2 อยู่ในช่วงเวลาเย็นของเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่า 1.4 เมตรต่อวินาที จากทิศ SSW ดังนั้นถ้าสามารถออกแบบบ้านให้สามารถเกิดความเร็วลมที่เพียงพอภายใต้สภาพดังกล่าว อากาศภายในอาคารจะมีความสบายสำหรับกลุ่มอื่น ๆ ทั้งหมดด้วย ยกเว้นกลุ่มที่ 1

Time	Nov	Dec	Jan	Feb
1				
2				
3				
4			SSW	SSW/S
5	NNE/N		0.4 m/s	0.9 m/s
6	0.6 m/s			
7				
8				
9				
10			ENE	S/SSW
11			2.0 m/s	2.3 m/s
12				
13				
14	NNE/N		S/SSW	
15	1.9 m/s		2.7 m/s	
16				
17				
18				
19			SSW/S	
20			1.4 m/s	
21	N/NNE			
22	0.7 m/s			
23				
24				

รูป 7 ค่าเฉลี่ยของสภาพลมในเขตกรุงเทพฯ ณ เวลาต่าง ๆ ในฤดูหนาว

6. การวางผังบริเวณ

การออกแบบระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับบ้านในเขตเมืองเป็นงานที่ยากและท้าทาย เพราะสภาพแวดล้อมข้างเคียงในเขตเมืองส่งผลกระทบอย่างมากต่อรูปแบบและความเร็วของลม อีกทั้งมลพิษทางอากาศและเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมยังเป็นข้อจำกัดต่อระบบดังกล่าวอยู่มาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่บ้านในเขตชานเมือง ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงกว่าในการใช้ประโยชน์จากลมประจำ เพราะอากาศที่บริสุทธิ์กว่าและสภาพแวดล้อมที่หนาแน่นน้อยกว่า รวมทั้งสภาพจริงของการอยู่อาศัยในปัจจุบันนั้น ผู้คนก็นิยมอาศัยอยู่ในเขตชานเมืองมากกว่า

ลักษณะการวางผังของหมู่บ้านจัดสรรในเขตชานเมืองทั่วไปในปัจจุบันมักไม่สนับสนุนการออกแบบระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ บ้านที่มีที่ดินประมาณ 50-60 ตารางวาส่วนมากถูกวางให้เข้ากับระบบถนนแบบตาราง ซึ่งทำให้บ้านที่อยู่เหนือลมบดบังลมธรรมชาติที่จะพัดไปยังบ้านที่อยู่ใต้ลม การวางผังบริเวณลักษณะนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการออกแบบด้วยระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

อาคารควรวางให้มีลักษณะที่เหลื่อมล้ำกันเพื่อลดทอนการบดบังลมธรรมชาติ การวางอาคารต่อเนื่องกันเป็นเส้นตรงจะทำให้เกิดจุดอับลม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความกดอากาศต่ำที่ด้านหลังอาคารแต่ละหลัง ลักษณะการวางอาคารที่ดีที่สุดคือการวางอาคารให้เหลื่อมล้ำกันและให้หันตามทิศทางของลมประจำในมุมเฉียง การวางอาคารลักษณะนี้จะช่วยลดจุดอับลมด้านหลังอาคารแต่ละหลังและทำให้ลมสามารถผ่านไปยังอาคารใต้ลมได้มากที่สุด [12]

ในการวางผังบ้านสำหรับประเทศไทย การหลีกเลี่ยงแดดมีความสำคัญเทียบเท่ากับการรับลมธรรมชาติ บ้านควรวางให้ด้านยาวหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ แต่

ปัจจัยทางด้านแดดและลมอาจมีความขัดแย้งกันได้ ถ้าทิศทางของลมประจำไม่ได้มาจากมุมเฉียงของทิศเหนือหรือทิศใต้ นอกจากนี้สัดส่วนของความกว้างและความยาวของบ้านยังมีความสำคัญต่อการพิจารณาปริมาณการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านเช่นกัน โอลจาย (Olgay) [5] แนะนำว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบ้านในเขตร้อนชื้นคือ 1:1.7 โดยหันด้านยาวของบ้านไปทางทิศเหนือและทิศใต้ รูปแบบดังกล่าวดูเหมือนจะเหมาะกับพื้นที่เขตชานเมืองของกรุงเทพฯ เพราะลมประจำนั้นมาจากทิศที่เป็นมุมเฉียงของทิศเหนือหรือทิศใต้ คือ NNE และ SSW ดังนั้นการวางอาคารตามข้อแนะนำของโอลจายจึงน่าจะสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งระหว่างปัจจัยด้านแดดและลมได้

การศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (โปรแกรม CFD) [13] เพื่อพิจารณาการหันทิศทางและสัดส่วนของอาคาร โดยศึกษาการไหลเวียนของอากาศผ่านผังบริเวณรูปแบบที่ต่างกันแต่มีพื้นที่ใช้สอยใกล้เคียงกัน 2 รูปแบบ ในกรณีที่ 1 (รูป 8 ก.) บ้านมีผังพื้นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้างและยาวด้านละ 9 เมตร ในกรณีที่ 2 (รูป 8 ข.) บ้านมีผังพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้สัดส่วน 1:1.7 โดยมีขนาดกว้าง 7 เมตร และยาว 12 เมตร ทั้งสองกรณีเป็นรูปแบบบ้านสองชั้น การศึกษาใช้โปรแกรม CFD วิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศที่มีต้นกำเนิดลมที่ความเร็ว 1.4 เมตรต่อวินาที จากทิศ SSW ดังที่ได้อธิบายเหตุผลในหัวข้อที่ 3 อย่างไรก็ตาม ลมส่วนใหญ่ในฤดูหนาวมาจากทิศ NNE ถึงแม้ลมประจำจะมาจากสองทิศทาง แต่การจำลองการไหลเวียนของอากาศสามารถศึกษาเป็นกรณีเดียวกันได้ ทั้งนี้เพราะลมประจำทั้งสองนั้นมาจากทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน และการวางผังบริเวณเป็นแบบสมมาตร

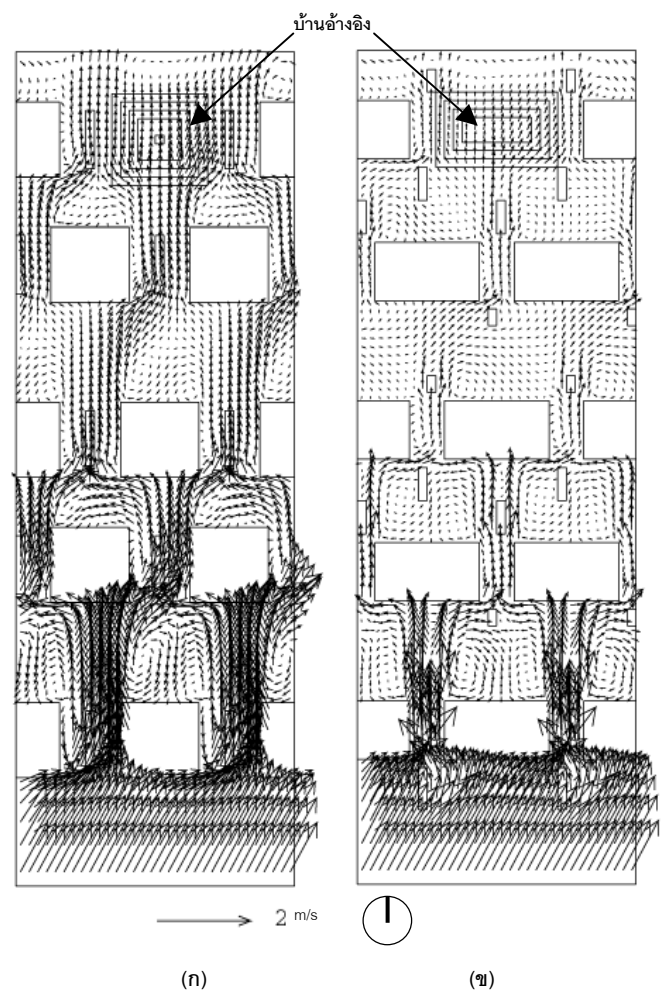
เพื่อความสมจริงของการศึกษา แบบจำลองในโปรแกรม CFD ประกอบด้วยบ้านหลายแถว นอกจากนั้นความผิดจากพื้นทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำของความเร็วลม (velocity gradient) โดยสมมติความเร็วลม 1.4 เมตรต่อวินาทีนั้นเป็นความเร็วลมที่วัดที่ความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน การจำลองการไหลเวียนของอากาศใช้สมการเพื่อหาความเร็วลม ณ ความสูงต่าง ๆ ดังนี้

$$U_H = U_{ref} \times (H/H_{ref})^a \quad (1)$$

โดยที่ U_H คือความเร็วลมที่ความสูง H จากพื้นดิน U_{ref} คือความเร็วลมอ้างอิง ณ ความสูง H_{ref} และค่าคงที่ a เท่ากับ 0.22

การจำลองโดยโปรแกรม CFD ได้กำหนดให้สภาพขอบเขตการจำลองเป็นแบบต่อเนื่อง (periodic flow boundary) ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ซึ่งหมายความว่ากลุ่มบ้านจะถูกจำลองซ้ำ ๆ กันอย่างไม่มีที่สิ้นสุดในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ทั้งนี้เพื่อประหยัดเวลาและหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการจำลอง ส่วนการอ่านค่าจากผลการจำลองนั้น สามารถอ่านได้ทั้งทิศทางลมตามทิศของลูกศร และความเร็วลมตามขนาดของลูกศร ซึ่งอิงกับมาตราส่วนที่ให้ไว้ สำหรับกรณีนี้คือ 2 เมตรต่อวินาที

ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วลมสำหรับบ้านที่อยู่แถวได้ลมนั้นต่ำกว่าบ้านที่อยู่เหนือลมอย่างเห็นได้ชัด แต่ความเร็วดังกล่าวจะเริ่มคงที่ ณ บ้านในแถวที่ 4 เป็นต้นไป ดังแสดงในรูป 8 การศึกษานี้จึงใช้บ้านในแถวที่ 5 เป็นบ้านสำหรับการอ้างอิง นอกจากนี้ ถึงแม้ลมประจำจะมาจากทางทิศ SSW ทิศทางลมในระดับชั้น 1 และ 2 ของบ้านหลังต่าง ๆ กลับเป็นทิศ S ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ทิศทางลมภายในกลุ่มบ้านนั้นมีอิทธิพลจากการเรียงตัวของบ้านมากกว่าทิศทางของลมประจำ



รูป 8 ผังบริเวณแสดงการไหลเวียนของอากาศ
(ก) บ้านรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ข) บ้านรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า

บ้านสำหรับการอ้างอิงในแถวที่ 5 จำลองโดยให้มีช่องเปิดในขณะที่บ้านอื่น ๆ ทั้งหมดจำลองแบบปิดทึบ ไซและคณะ (Zhai et al.) [14] พบว่าผลกระทบของช่องเปิดสำหรับอาคารที่อยู่ใต้ลมต่อรูปแบบการไหลเวียนของลมในผังบริเวณนั้นมีน้อย ดังนั้นการจำลองแบบดังกล่าวจึงมีความสมจริง แต่สำหรับบ้านอ้างอิงนั้นมีความจำเป็นในการจำลองโดยมีช่องเปิดเพื่อหาอัตราการไหลเวียนของอากาศ ณ ตำแหน่งช่องเปิด

ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าบ้านอ้างอิงในกรณีที่ 1 มีความเร็วเฉลี่ยของลม ณ ช่องเปิดสำหรับลมเข้าเป็น 0.4 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วดังกล่าวของบ้านอ้างอิงในกรณีที่ 2 เป็น 0.2 เมตรต่อวินาที ผลการจำลองนี้แสดงความขัดแย้งต่อการศึกษาในขั้นต้นจากข้อเสนอแนะของโกล-จาย [5] ที่กล่าวว่าอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีอัตราการไหลเวียนของอากาศที่ดีกว่าอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่บ้านในการศึกษานี้ตั้งอยู่บนพื้นที่ดินที่จำกัด การวางบ้านรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำให้ที่ดินระหว่างบ้านในแถวเดียวกันเหลือน้อย ซึ่งเป็นการกีดขวางการไหลเวียนของอากาศไปยังบ้านในแถวถัดไป บ้านรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (กรณีที่ 1) จึงทำให้ความเร็วลม ณ ช่องเปิดสำหรับลมเข้ามีค่าสูงกว่าบ้านรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (กรณีที่ 2) ดังนั้นบ้านในกรณีที่ 1 จึงมีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

7. การออกแบบบ้าน

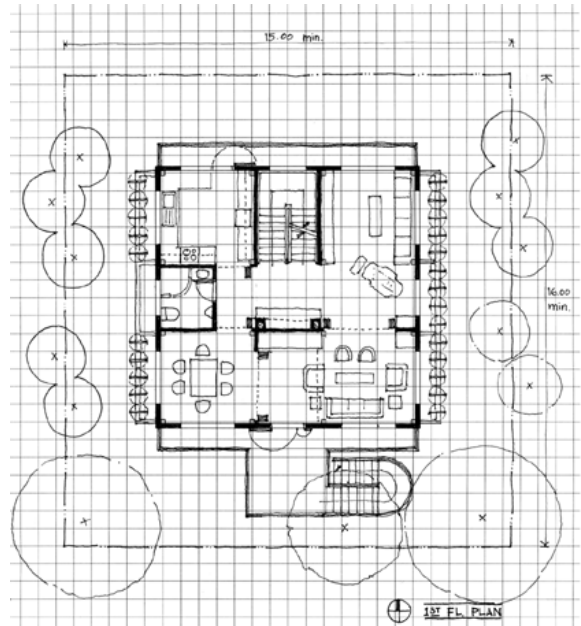
กระบวนการออกแบบบ้านตัวอย่างนั้นผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ผลของการจำลองผังบริเวณ เป็นที่แน่ชัดว่าบ้านไทยในปัจจุบันต้องการระบบทำความเย็นสองระบบคือระบบปรับอากาศโดยวิธีเครื่องกลหรือการใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่มีอากาศร้อน และระบบปรับอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในช่วงเวลาที่มีอากาศเย็น อาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศควรมีรูปทรงที่กระชับเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อน (heat gain) ในขณะที่มีอากาศร้อน และอาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติควรมีพื้นที่ผิวอาคารมากและมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ [15] จะเห็นได้ว่ามีความขัดแย้งกันระหว่างการออกแบบอาคารสำหรับระบบทั้งสองอยู่ การศึกษาสภาพภูมิอากาศแสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับประเทศไทยนั้นสามารถใช้ได้ไม่เกิน 4 เดือนต่อปี ดังนั้นการออกแบบบ้านควรจะเอนไปในแนวทางของอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ บ้านตัวอย่างจึงมีลักษณะรูปทรงที่กระชับเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อน แต่มีช่องเปิดขนาดใหญ่เพื่อระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

การออกแบบที่ดีควรมีการปรับใช้เทคโนโลยีจากสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น และพิจารณาถึงปัจจัยด้านวัฒนธรรมด้วย ตัวอย่างเช่น การออกแบบแผงกันแดดที่เหมาะสม หรือการยกใต้ถุนสูงเพื่อป้องกันน้ำท่วม โดยให้พื้นที่ระดับใต้ถุนเป็นพื้นที่สำหรับกิจกรรมเอนกประสงค์และ/หรือที่จอดรถ ในขณะที่พื้นที่ส่วนชานบ้านขนาดใหญ่อาจไม่จำเป็นต่อสภาพสังคมในปัจจุบัน เนื่องจากครอบครัวไทยไม่ได้มีลักษณะเป็นครอบครัวขยายอีกต่อไป เป็นต้น ขนาดที่เหมาะสมของบ้านไทยสำหรับครอบครัวเดี่ยวอยู่ที่ประมาณ 160 ตารางเมตร และสำหรับพื้นที่ดินที่ค่อนข้างจำกัด พื้นที่ใช้งานควรมีการแบ่งเป็น 2 ชั้นขึ้นไป โดยพื้นที่ส่วนใต้หลังคาอาจใช้เป็นพื้นที่สำหรับห้องพระ บ้านตัวอย่างออกแบบให้มีลักษณะเป็นสองชั้นครึ่ง และยกใต้ถุนสูง

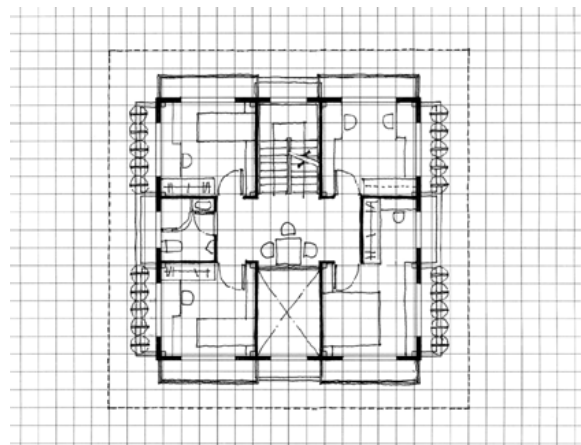
ผลการจำลองผังบริเวณโดยโปรแกรม CFD แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมสำหรับพื้นที่ชั้น 1 ของบ้านมีสูงกว่าพื้นที่ชั้น 2 เนื่องจากพื้นที่ชั้นใต้ถุนเปิดโล่ง ลมสามารถพัดผ่านได้สะดวก ดังนั้นพื้นที่ชั้น 1 ควรใช้เป็นพื้นที่สำหรับกิจกรรมช่วงกลางวัน เช่น ส่วนรับแขก นั่งเล่น หรือทานอาหาร เพื่อให้ประโยชน์จากลมธรรมชาติให้มากที่สุด ส่วนพื้นที่สำหรับกิจกรรมช่วงกลางคืน เช่น ห้องนอน ควรจัดอยู่ในพื้นที่ชั้น 2 ดังนั้นบ้านที่เหมาะสมสำหรับเขตชานเมืองในกรุงเทพฯ จึงควรมีลักษณะดังเช่นรูป 9-11 ส่วนผังพื้นที่ชั้นใต้ถุน ซึ่งไม่ได้แสดงในรูปใช้เป็นพื้นที่สำหรับส่วนบริการและส่วนจอดรถ

การออกแบบได้คำนึงถึงการระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (stack effect) ด้วย ปล่องระบายอากาศ (venting tower) ที่ยอดหลังคาในรูป 11 ทำหน้าที่ปะทะกระแสลม และสร้างพื้นที่ความกดอากาศต่ำ [16] อากาศร้อนภายในบ้าน ผนวกกับพื้นที่ความกดอากาศต่ำบริเวณยอดหลังคาจะดึงเอาอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกเข้ามาในบ้านผ่านช่องเปิดทางด้านล่างของบ้าน

การศึกษานี้ใช้โปรแกรม CFD อีกครั้งในการจำลองการไหลเวียนของอากาศภายในบ้าน โดยทดสอบบ้านที่ออกแบบให้มีส่วนผสมของช่องเปิดสำหรับลมเข้าและออกขนาดต่าง ๆ กัน ระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 ของพื้นที่ใช้สอย รูป 12 แสดงตัวอย่างของการไหลเวียนของอากาศภายในและภายนอกบ้านบนพื้นที่ชั้น 1 ผลการจำลองแสดงถึงข้อพิจารณาหลายประการสำหรับการออกแบบบ้านที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งสรุปได้ดังนี้



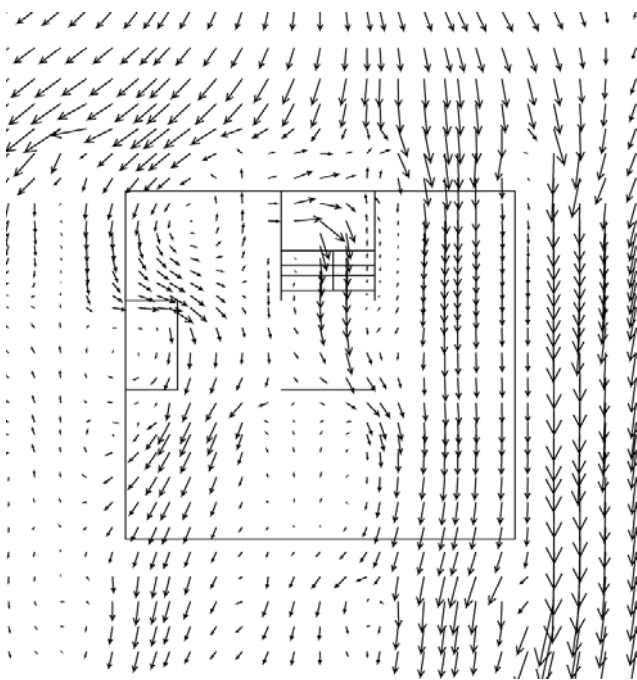
รูป 9 ผังพื้นที่ชั้น 1 ของบ้านตัวอย่าง



รูป 10 ผังพื้นที่ชั้น 2 ของบ้านตัวอย่าง



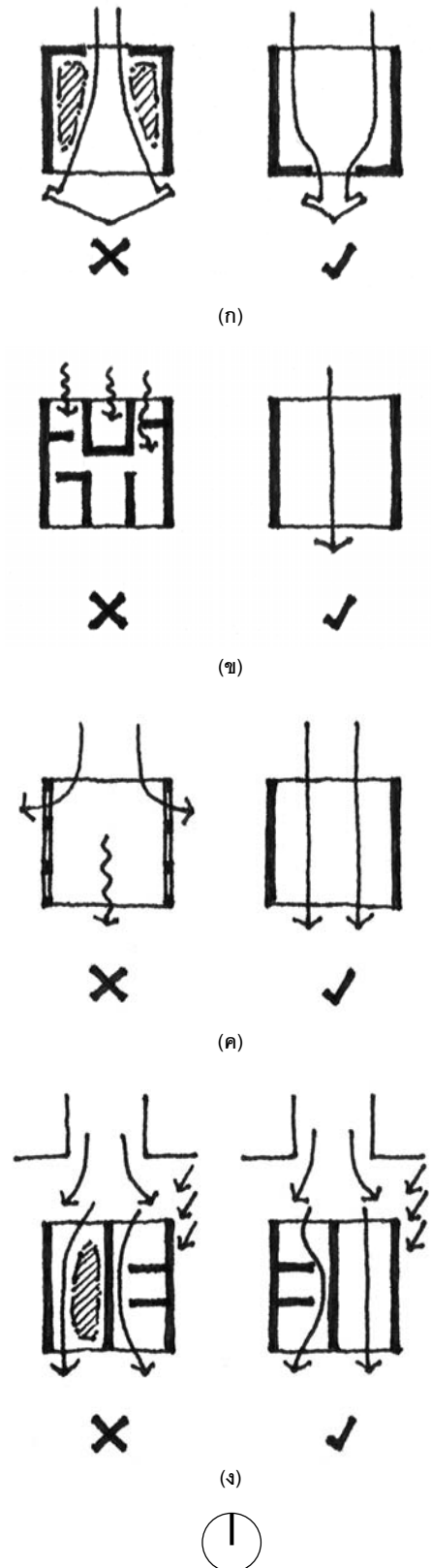
รูป 11 รูปตัดตามแนวทิศเหนือ-ใต้ของบ้านตัวอย่าง



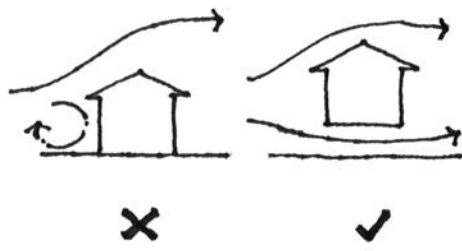
รูป 12 การเคลื่อนไหวของอากาศภายในและภายนอกบ้านบนพื้นที่ชั้น 1

1. ช่องเปิดสำหรับลมเข้าควรมีขนาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 (30 ตารางเมตร) ของพื้นที่ใช้สอย เพื่อให้เกิดการระบายอากาศที่เพียงพอสำหรับสภาวะน่าสบาย ด้วยขนาดช่องลมเข้าดังกล่าว ความเร็วลมในพื้นที่ชั้น 1 จะอยู่ที่ประมาณ 0.4 เมตรต่อวินาที เมื่อความเร็วลมภายนอกอาคารมีค่า 1.4 เมตรต่อวินาที โดยมีการกระจายความเร็วลมภายในพื้นที่ใช้สอยค่อนข้างสม่ำเสมอ ถ้าขนาดของช่องลมเข้าลดเหลือร้อยละ 13 ของพื้นที่ใช้สอย ความเร็วลมภายในจะลดเหลือ 0.3 เมตรต่อวินาที
2. ขนาดของช่องเปิดทั้งหมดของบ้านที่เท่ากันไม่จำเป็นว่าจะให้ความสบายที่เท่ากัน การออกแบบโดยปกติแล้วควรให้มีขนาดช่องเปิดสำหรับลมเข้าที่ใหญ่กว่าช่องเปิดสำหรับลมออก ดังแสดงในรูป 13 ก. แม้ว่าบ้านที่มีช่องเปิดสำหรับลมเข้าเล็กกว่าช่องเปิดสำหรับลมออกจะสร้างปรากฏการณ์เวนทิวรี (Venturi effect) ซึ่งทำให้ลมบริเวณใกล้กับช่องเปิดสำหรับลมเข้ามีความเร็วสูง แต่การจำลองพบว่าความเร็วนั้นได้ลดลงอย่างรวดเร็วและมีความเร็วลมต่ำมากบริเวณพื้นที่ปลายลม ส่วนกรณีของบ้านที่มีช่องเปิดสำหรับลมเข้าใหญ่กว่าช่องเปิดสำหรับลมออกนั้น จะสามารถลดพื้นที่ที่อากาศนิ่ง (stagnant zone) ภายในบ้านได้ นอกจากนี้ อัตราการระบายอากาศ (ventilation rate/volumetric flow rate) ในกรณีนี้ยังสูงกว่ามาก ตัวอย่างเช่น ถ้าช่องเปิดสำหรับลมเข้ามีขนาด 32 ตารางเมตร และช่องเปิดสำหรับลมออกมีขนาด 16 ตารางเมตร อัตราการระบายอากาศจะเป็น 9.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ถ้าสลับขนาดช่องเปิดสำหรับลมเข้าและออก อัตราการระบายอากาศจะลดเหลือ 6.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การออกแบบควรคำนึงถึงประเภทของพื้นที่ใช้สอยด้วย เช่น ถ้าพื้นที่ใกล้กับช่องเปิดสำหรับลมเข้าเป็นพื้นที่ที่ต้องการการทำความเย็นมาก อาจออกแบบให้ช่องเปิดสำหรับลมเข้ามีขนาดเล็ก และช่องเปิดสำหรับลมออกมีขนาดใหญ่ได้

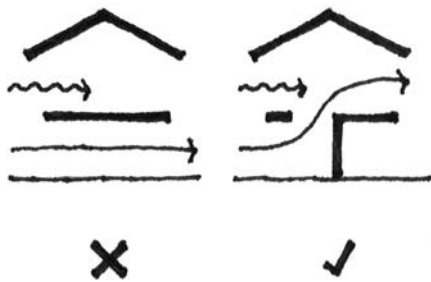
3. การใช้ผังพื้นแบบเปิดโล่ง (open plan) จะทำให้เกิดความเร็วลมภายในบ้านสูงที่สุด ดังรูป 13 ข. ถ้าพื้นที่ภายในต้องการการแบ่งพื้นที่เป็นส่วน ควรพยายามให้มีผนังน้อยที่สุด หรือออกแบบให้เป็นผนังที่สามารถเลื่อนเปิด-ปิดได้
4. การใช้ช่องเปิดขนาดใหญ่ไม่จำเป็นว่าจะทำให้เกิดระบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่ดีที่สุดเสมอไป ช่องเปิดบางส่วนอาจเป็นทางลัดให้ลมไหลเวียนออกจากบ้านได้ ดังรูป 13 ค. ช่องเปิดทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของบ้านควรปิดเพื่อให้อากาศสามารถทำได้สะดวกกว่า และเนื่องจากทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเป็นทิศที่สามารถป้องกันแดดได้ยากอยู่แล้ว ปัจจัยทางด้านแดดและลมมีความต้องการในการออกแบบที่เหมือนกันในกรณีนี้
5. ลมที่เกิดขึ้นภายในบ้านเป็นผลลัพธ์ของกระแสลมประจำและกระแสลมรองที่เกิดจากบ้านหรือสภาพแวดล้อมบริเวณต้นลม ดังรูป 13 ง. สำหรับพื้นที่กรุงเทพฯ ฯ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมที่สามารถใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้นั้น กระแสลมประจำ (แสดงด้วยลูกศรเล็ก) มาจากทิศ NNE ส่วนกระแสลมรอง (แสดงด้วยลูกศรที่มาจากบริเวณบ้านต้นลม) มาจากทิศ NNE สำหรับซีกซ้ายของบ้าน และจากทิศ NNW สำหรับซีกขวาของบ้าน ถ้าออกแบบบ้านให้มีห้องรูปร่างยาวทางทิศตะวันตก จะมีพื้นที่ลมหนึ่งขนาดใหญ่บริเวณทิศตะวันออกของห้อง เนื่องจากผลลัพธ์ของกระแสลมประจำ (NNE) และกระแสลมรอง (NNE) เป็นทิศ NNE แต่ถ้าห้องรูปร่างยาวนี้อยู่ทางทิศตะวันออกของบ้าน กระแสลมประจำ (NNE) และกระแสลมรอง (NNW) จะมีผลลัพธ์เป็นทิศ N ซึ่งทำให้การระบายอากาศดีว่ามาก



รูป 13 หลักการออกแบบบ้านที่ได้จากผลการจำลองโดยโปรแกรม CFD



(จ)



(ข)

รูป 13 หลักการออกแบบบ้านที่ได้จาก
ผลการจำลองโดยโปรแกรม CFD (ต่อ)

6. นอกเหนือจากการช่วยป้องกันน้ำท่วมแล้ว การยกใต้ถุนสูงยังทำให้ลมสามารถพัดผ่านบ้านได้ดีขึ้น ดังรูป 13 จ. หากเป็นการออกแบบบ้านโดยปกติที่สร้างติดพื้นดินจะเกิดกระแสลมวน (reverse flow) ซึ่งเป็นการลดอัตราการไหลเวียนของอากาศเป็นอย่างมาก นอกจากนั้น การออกแบบบ้านที่ดียังสามารถใช้ประโยชน์จากลมที่ผ่านใต้ถุนได้ โดยออกแบบที่ดักลม (wind scoop) ดังรูป 13 ข. ในกรณีของบ้านตัวอย่างนี้ช่องบันไดทำหน้าที่เป็นที่ดักลมไปในตัว

7. การศึกษานี้ได้จำลองการไหลเวียนของอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (stack effect) ด้วยการตั้งสมมติฐานว่าอากาศภายในนั้นนิ่ง ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการไหลเวียนของอากาศดังกล่าวทำให้ความเร็วลมสูงสุดมีค่า 0.25 เมตรต่อวินาที ณ บริเวณใกล้กับแหล่งความร้อนใหญ่ เช่น เตาไฟในห้องครัว ในส่วนปล่องระบายอากาศ (venting tower) นั้นความเร็วลมสูงสุดมีค่าเพียง 0.1 เมตรต่อวินาที นอกเหนือจากส่วนดังกล่าวแล้ว อากาศภายในพื้นที่ใช้สอยอื่นๆ แทบจะนิ่งสนิท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการออกแบบโดยใช้ระบบระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิไม่ช่วยให้เกิดสภาวะน่าสบายของสภาพแวดล้อมภายในบ้าน เพราะความสูงของบ้านไม่เพียงพอและอัตราการรับความร้อนมีค่าต่ำ การออกแบบโดยวิธีดังกล่าวที่ได้ผลอาจต้องผสมผสานกับการใช้ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ (solar chimney) ซึ่งเป็นกรณีที่น่าสนใจต่อไปในอนาคต

8. ในกรณีที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเสริมสำหรับบ้านในช่วงฤดูหนาว จะช่วยประหยัดพลังงานได้ไม่มากไปกว่าร้อยละ 20 ต่อปี ถึงแม้ว่าจะเป็นตัวเลขที่ไม่สูงนัก แต่คุณภาพของอากาศภายใน (indoor air quality) จะดีขึ้นมาก ข้อดีข้อนี้อาจเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศสำหรับประเทศไทย

8. บทเสวนา

การออกแบบที่ได้นำเสนอแล้วนั้นมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ค่าก่อสร้างซึ่งอาจสูงกว่าการออกแบบโดยทั่วไปเล็กน้อยเนื่องจากต้องมีการยกใต้ถุนสูง แต่ถ้าเป็นการออกแบบบ้านที่ติดพื้นดิน อัตราการระบายอากาศจะลดลง ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้พัดลมหรือปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ (solar chimney) ช่องเปิดขนาดใหญ่ที่มีความจำเป็นสำหรับระบบปรับอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้นอาจเกิดผลเสียข้างเคียงอื่น ๆ ได้แก่ ปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ เสี่ยงรบกวน และแมลงจากภายนอก ปัญหาด้านความปลอดภัย และลดความเป็นส่วนตัว ปัญหาด้านคุณภาพอากาศนั้นถือว่าไม่รุนแรงนักเนื่องจากอากาศในเขตชานเมืองบริสุทธิ์กว่าในเขตเมือง รวมทั้งมีการจราจรที่น้อยกว่า การใช้มุ้งลวดและเหล็กดัดกันขโมยสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เหลือได้ แม้ว่ามุ้งลวดและเหล็กดัดจะลดความเร็วลมในระดับหนึ่ง แต่จากผลการจำลองความเร็วลมก็ยังสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดสภาวะน่าสบายของสภาพแวดล้อมภายในได้

ข้อจำกัดหลักอีกประการหนึ่งคือ ผู้อยู่อาศัยอาจไม่เข้าใจแนวความคิดโดยรวมของการระบายอากาศ และอาจดัดแปลงบ้านของตนในภายหลัง ตัวอย่างเช่น ถ้าผู้อยู่อาศัยกันผนังเพิ่มเพื่อเพิ่มห้องในพื้นที่ชั้นใต้ถุน รูปแบบและความเร็วลมของพื้นที่ข้างเคียงในละแวกบ้านนั้นจะเปลี่ยนไป ลมในพื้นที่ชั้นใต้ถุนที่เคยมีความเร็วสูงจะไม่เกิดประโยชน์ต่อเพื่อนบ้านอีกต่อไป ดังนั้นการออกแบบที่นำเสนอจะไม่สามารถเกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ถ้าไม่ได้มีการให้ความรู้หรือแนวทางเบื้องต้นแก่ผู้อยู่อาศัย

นอกเหนือจากการใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติซึ่งใช้กระแสลมเป็นหลักในการศึกษานี้แล้ว ยังมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ระบบระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (stack effect) อยู่บ้าง ได้มีบทความหลายชิ้นของหิรัญลาภ และคณะ (Hirunlabh et al.) [17-20]

เกี่ยวกับระบบระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมินี้สำหรับประเทศไทย ได้แก่ ผนังโลหะพลังงานแสงอาทิตย์ (metallic solar wall) [17] ซึ่งสามารถสร้างอัตราการระบายอากาศได้สูงถึง 1.65 ACH ในห้องทดลอง หลังคาเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ (solar roof collector) [18] ซึ่งสามารถสร้างอัตราการระบายอากาศได้ใกล้เคียงกัน ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ (solar chimney) [19] ซึ่งดูเหมือนจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสร้างอัตราการระบายอากาศได้สูงถึง 8 ถึง 15 ACH และการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีในช่วงกลางคืน (night radiant cooling) [20] ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิของพื้นผิวลงได้ 1-6°C การออกแบบที่ดีที่สุดอาจเป็นการผสมผสานระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติกับเทคโนโลยีบางอย่างจากการศึกษาของหิรัญลาภ และคณะ โดยสามารถเป็นกรณีสำหรับการศึกษาในอนาคต

การศึกษานี้ได้กำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบาย โดยอิงกับผู้คนที่เคยชินกับสภาพแวดล้อมแบบปรับอากาศเป็นหลัก ซึ่งนับเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดช่วงเวลาที่สามารถใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ กล่าวคือ ทำให้สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาเพียงร้อยละ 20 ต่อปี การออกแบบผังบริเวณและตัวบ้าน จึงเอนไปในแนวทางของอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ หากในอนาคตได้มีการพัฒนาให้สภาพแวดล้อมเป็นแบบไม่ปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น จนผู้คนมีความเคยชินแล้ว ขอบเขตของสภาวะน่าสบายน่าจะสามารถปรับให้สูงขึ้นได้ ทำให้สามารถใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้มากขึ้น รวมทั้งลักษณะการออกแบบผังบริเวณ และตัวบ้านน่าจะเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางของอาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติมากขึ้นตามไปด้วย

9. บทสรุป

การศึกษานี้ได้พยายามค้นหาความเป็นไปได้ที่จะใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับบ้านในเขตร้อน-ชื้นอย่างประเทศไทย พบว่าระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินี้มีประสิทธิภาพในช่วงฤดูหนาวระหว่างปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ การศึกษาล่าสุดพบว่าคนไทยสามารถมีสภาวะน่าสบาย ณ อุณหภูมิสูงกว่าคนจากประเทศตะวันตก ดังนั้น ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติอาจสามารถใช้ได้ในฤดูกาลอื่น ๆ ด้วย

ในการสร้างสภาวะน่าสบายของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติควรจะทำให้ความเร็วลมภายในอย่างต่ำไม่น้อยกว่า 0.4 เมตรต่อวินาที ขนาดของช่องเปิดสำหรับลมเข้าและช่องเปิดสำหรับลมออกเมื่อรวมกันแล้วไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ใช้สอย ถ้าช่องเปิดทั้งหมดลดเหลือร้อยละ 25 ความเร็วลมภายในจะเป็น 0.3 เมตรต่อวินาที ในกรณีนี้สามารถใช้พัดลมช่วยได้

ลมประจำในช่วงฤดูหนาวของเขตกรุงเทพ ฯ มีทิศทางจาก NNE และ SSW สามารถออกแบบบ้านให้หันด้านยาวไปทางทิศเหนือได้ได้ตามปกติเพื่อป้องกันแดด ไม่จำเป็นต้องหันบ้านไปให้ตรงกับทิศทางของลมประจำ

สำหรับหมู่บ้านทั่วไป ควรวางบ้านให้มีลักษณะที่เชื่อมล้ำกันเพื่อลดทอนการบดบังลมธรรมชาติ โดยบ้านที่มีพื้นที่ดินขนาดเล็ก (ประมาณ 60 ตารางวา) และตัวบ้านขนาด 2 ชั้นที่มีพื้นที่ใช้สอยค่อนข้างมาก (ประมาณ 160 ตารางเมตร) นั้น ลักษณะบ้านรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่เหมาะสมสำหรับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ การศึกษานี้พบว่าบ้านรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่ดีกว่า

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านวัฒนธรรมและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยแล้ว บ้านที่ติดบนพื้นที่ดินที่จำกัดควรมีจำนวนชั้นไม่ต่ำกว่า 2 ชั้น และยกใต้ถุนสูงเพื่อให้เกิดการระบายอากาศที่ดีกว่า โดยชั้นล่างอาจใช้เป็นส่วนบริการและหรือส่วนจอดรถ ส่วนช่องบันไดสามารถใช้เป็นส่วนดักลม (wind scoop) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการระบายอากาศจากการยกใต้ถุนสูง

มาตรการอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติของบ้านในเขตชานเมืองกรุงเทพฯ มีดังนี้

- ให้มีช่องเปิดสำหรับลมเข้าที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องเปิดสำหรับลมออก
- พยายามให้พื้นที่ภายในเปิดโล่งที่สุด เพื่อให้ลมสามารถพัดพาได้สะดวก
- ควรปิดช่องเปิดทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดทางลัดของลม
- วางตำแหน่งห้องที่มีรูปร่างยาวไว้ทางด้านทิศตะวันออกของบ้าน

สำหรับบ้านขนาดประมาณสองชั้นครึ่ง ความแตกต่างของอุณหภูมิในทางดิ่งภายในอาคารมีไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการระบายอากาศจากชั้นล่างสู่ช่องเปิดที่หลังคา หรือที่เรียกว่า “stack effect” ที่มีประสิทธิภาพได้ การออกแบบบ้านในอนาคตอาจสถานการณ์ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ กับเทคโนโลยีใหม่อื่น ๆ ที่กำลังพัฒนากันเป็นที่แพร่หลาย

รายการอ้างอิง (References)

- [1] The American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. (1995). ASHRAE Standard 55a-1995: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE.
- [2] Lovins, A. B. (1992). Air conditioning comfort: Behavioral and cultural issues. Boulder, Colorado: E Source, Inc.
- [3] Busch, J. F. (1992). A tale of two populations: Thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand. Energy and Buildings, 18, 235-249.
- [4] Cowan, H. J. (1991). Handbook of architectural technology. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [5] Olgyay, V. (1963). Design with climate: A bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton: Princeton University Press.
- [6] Kwok, A. G. (1998). Thermal comfort in tropical classrooms. ASHRAE Transactions, 104(1).
- [7] Jitkhajornwanich, K., Pitts, A. C., Malama, A., & Sharples, S. (1995). Thermal comfort in transitional spaces in the cool season of Bangkok. ASHRAE Transactions, 1181-1193.
- [8] Lechner, N. (1991). Heating, cooling, lighting: Design method for architects. New York: John Wiley & Sons.
- [9] Ashley, K. S. (1984). Natural ventilation cooling of buildings. Port Hueneme, California: Naval Civil Engineering Laboratory.
- [10] Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. (2000). Thailand ventilation comfort chart. Energy and Buildings, 32, 245-249.
- [11] Thai Gypsum Products Public Company Limited. (1995). Energy efficient design of buildings in Thailand. Bangkok: Thai Gypsum Products Inc.
- [12] Moore, F. (1993). Environmental control system: Heating cooling lighting. Singapore: McGraw-Hill Inc.,
- [13] CHAM. (1998). PHOENICS Version 3.1. London: CHAM Ltd.
- [14] Zhai, Z., Hamilton, S. D., Huang, J., Allocca, C., Kobayashi, N., & Chen, Q. (2000). Integration of indoor and outdoor airflow study for natural ventilation design using CFD. Proceedings of the 21st AIVC Annual Conference on Innovations in Ventilation Technology. The Hague, The Netherlands.
- [15] Givoni, B. (1994). Passive and low energy cooling of buildings. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [16] Evans, B. (1989, March). Letting fresh air back into buildings: The evolving state of the art of natural ventilation. Architecture, 72-77.
- [17] Hirunlabh, J., Kongduang, W., Namprakai, P., & Khedari, J. (1999). Study of natural ventilation of houses by a metallic solar wall under tropical climate. Renewable Energy, 18, 109-119.
- [18] Hirunlabh, J., Wachirapuwadon, S., Pratinthong, N., & Khedari, J. (2001). New configurations of a roof solar collector maximizing natural ventilation. Building and Environment, 36, 383-391.
- [19] Khedari, J., Boonsri, B., & Hirunlabh, J. (2000). Ventilation impact of a solar chimney on indoor temperature fluctuation and air change in a school building. Energy and Buildings, 32, 89-93.
- [20] Khedari, J., Waewsak, J., Thepa, S., & Hirunlabh, J. (2000). Field investigation of night radiation cooling under tropical climate. Renewable Energy, 20, 183-193.