

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบลักษณะของช่องเปิด และครีปอาคารเพื่อการระบายอากาศ  
สำหรับอาคารสูง  
กรณีศึกษา อาคารสูงเพื่อพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

A DESIGN OF OPENING AND WING-WALL FOR CROSS-VENTILATION IN TALL  
BUILDINGS  
CASE STUDY OF RESIDENTIAL BUILDING IN BANGKOK METROPOLIS



เกรียงไกร พรพิทักษ์พงศ์  
KRIENGGKRAI PORNPITAKPONG

เลขหม.....  
เลขทะเบียน...47508...  
วัน, เดือน, ปี...19 ส.ค. 2546

b.....  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2546

ISBN 974-324-577-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A DESIGN OF OPENING AND WING-WALL FOR CROSS-VENTILATION IN TALL  
BUILDINGS  
CASE STUDY OF RESIDENTIAL BUILDING IN BANGKOK METROPOLIS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2003  
ISBN 974-324-577-4**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2003**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKHBANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบลักษณะของช่องเปิด และครีบบอาคารเพื่อการระบายอากาศ สำหรับอาคารสูง กรณีศึกษา อาคารสูงเพื่อพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร
ชื่อนักศึกษา	นาย เกรียงไกร พรพิทักษ์พงศ์
รหัสประจำตัว	41063104
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ อีรมน ไวโรจนกิจ

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคาร มีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติจึงเป็นวิธีทางหนึ่งเพื่อช่วยลดปริมาณการใช้ระบบปรับอากาศ โดยมุ่งไปที่อาคารสูงเพื่อพักอาศัยซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเป็นกิจกรรมที่เกิด Metabolic level ค่อนข้างต่ำ เป็นผลให้การระบายอากาศสามารถช่วยให้เกิดสภาวะน่าสบายได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาเครื่องปรับอากาศ ในส่วนของอาคารสูงความเร็วลมภายนอกและภายในจะเปลี่ยนแปลงตามความสูง

การออกแบบลักษณะช่องเปิด และครีบบอาคาร จะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศของอาคารสูงเพื่อพักอาศัยที่มีการออกแบบไว้แล้ว โดยให้ทุกๆชั้นของอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยปัจจัยเพื่อพิจารณาในการออกแบบมี 2 ประการด้วยกัน คือ การระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศเสียออกไป และนำอากาศใหม่เข้าแทนที่ อีกประการคือ อุณหภูมิ ECI ภายในอาคาร โดยเลือกพิจารณาในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึงกันยายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศร้อน และพิจารณาเฉพาะห้องนอนและส่วนนั่งเล่น-ทานอาหาร ในส่วนห้องครัว และห้องน้ำเป็นห้องที่มีกิจกรรมภายในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น จึงไม่นำมาพิจารณา และพิจารณาเป็นช่วงเวลาการใช้งานในแต่ละห้อง คือ ห้องนอน จะพิจารณาในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และห้องนั่งเล่น-ทานอาหาร จะพิจารณาในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และตำแหน่งภายในห้องที่ทำการพิจารณาจะเป็นตำแหน่งที่มีการใช้งาน ในส่วนที่เป็นทางสัญจรนั้นไม่นำมาพิจารณารวม เนื่องจากต้องการให้ค่าที่ได้เป็นค่าของตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยหลักเท่านั้น การวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราการถ่ายเทอากาศ และอุณหภูมิภายใน

ในการทำวิจัยได้มีการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการระบายอากาศ สภาวะน่าสบาย ลักษณะลมที่เกิดขึ้นกับอาคารสูง โดยมีข้อมูลอุณหภูมิเกาะเปาะแห้ง และเกาะเปาะเปียก ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลรายชั่วโมงตั้งแต่ปีพ.ศ. 2534-2543 เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าต่างๆ

ในงานวิจัย ส่วนอาคารตัวอย่างได้เลือก อาคารลุมพินี เฟลส วอเตอร์คลิฟ เนื่องจากเหมาะสมกับเงื่อนไขของงานวิจัย โดยใช้เครื่องวัดลมแบบลวดความร้อน (Hot-Wire Anemometer) โปรแกรม I-Deas 6.0 และอุโมงค์ลมของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประกอบในงานวิจัย สำหรับขั้นตอนในงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

- สร้างหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างด้วยมาตราส่วน 1:50 โดยมีชั้นที่ทำการวัดอยู่ตรงกลางโดยมีชั้นบน และล่างประกอบอยู่อย่างน้อย 2 ชั้น เพื่อให้ลักษณะของลมที่มาปะทะหุ่นจำลองเหมือนจริง โดยมีเจาะช่องวัดลมทางด้านบนของชั้นที่ทำการวัด ระยะห่าง 2 เมตร แล้วเปิดเฉพาะช่องที่ทำการวัดเท่านั้น โดยวัดในระดับสูงจากพื้น 0.90 เมตรสำหรับส่วนนั่งเล่น ทานอาหาร ห้องครัว และห้องน้ำ และวัดในระดับสูงจากพื้น 0.50 เมตรสำหรับห้องนอน ทำการวัดลมใน 3 ทิศทาง คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก

- นำข้อมูลความเร็วลมภายในที่เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับความเร็วลมภายนอก มาวิเคราะห์ปัญหาเกิดขึ้น และใช้โปรแกรม I-Deas 6.0 ช่วยจำลองทิศทางและขนาดของลมที่เกิดขึ้นภายในเพื่อหารูปแบบของช่องเปิด และครีบบอาคาร ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดีที่สุด โดยนำเอาทฤษฎีเกี่ยวกับการระบายอากาศมาประกอบในการออกแบบ

- สร้างหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่าง เพื่อวัดค่าความเร็วลมภายในเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับความเร็วลมภายนอก หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร โดยมีการทดสอบรูปแบบของช่องเปิด และครีบบอาคารในแบบอื่นๆประกอบ เพื่อได้รูปแบบที่ดีที่สุดเพื่อการระบายอากาศ

- คำนวณหาความเร็วลมภายนอกในระดับความสูงต่างๆเป็นรายชั่วโมง โดยมีค่าความเร็วลมในระดับอ้างอิงจากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นตัวแปรหลัก จากนั้นทำการหาความเร็วลมภายใน ณ.ตำแหน่งต่างๆของแต่ละชั้นในอาคาร โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ กับความเร็วลมภายนอกในระดับความสูงต่างๆที่คำนวณได้

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิ ECI ภายใน ณ.ตำแหน่งต่างๆในแต่ละชั้น เป็นรายชั่วโมง โดยอุณหภูมิสบาย(ECI) มีค่าอยู่ระหว่าง 25.5-27.7 องศาเซลเซียส และคำนวณหาค่าความเร็วลมภายในที่ทำให้มีการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสมกับการใช้สอย โดยในส่วนพักอาศัยจะมีอัตราการถ่ายเทอากาศอยู่ที่ 4 Air change/hour และ 13 Air change/hour สำหรับห้องครัว โดยพิจารณาตามเงื่อนไขที่กล่าวไว้ข้างต้น

- ทำการเลือกลักษณะของช่องเปิด และครีบบอาคาร ที่ทำให้ความเร็วลมภายในเพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ และทำให้อุณหภูมิ ECI อยู่ในช่วงความสบาย กับส่วนพักอาศัยในชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่าง

จากผลที่วัดได้จากหุ่นจำลอง แล้วทำการคำนวณหาความเร็วลมภายในของแต่ละชั้นของอาคาร พบว่ารูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความเร็วลมภายในโดยเฉลี่ย 100-300% และเมื่อใส่ครีบบอาคารเพิ่มเข้าไปสามารถช่วยปรับเปลี่ยนทิศทางของกระแสลมภายในให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ และความเร็วเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 200-400%

ผลการเลือกรูปแบบช่องเปิด และครีบอลังการเพื่อเพิ่มความเร็วลมภายใน ให้มีการถ่ายเทของอากาศที่เหมาะสม และทำให้อุณหภูมิภายในอยู่ในช่วงความสบาย พบว่ารูปแบบที่ทำการเลือกสามารถทำให้อุณหภูมิ ECI ภายในของอาคาร อยู่ในช่วงสบายเป็นจำนวนชั่วโมง 95% ของจำนวนช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการพิจารณา และในส่วนของกรถ่ายเทอากาศ รูปแบบดังกล่าวสามารถทำให้ความเร็วลมภายในเพียงพอกับการถ่ายเทอากาศเป็นจำนวนชั่วโมง 90% ของจำนวนช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการพิจารณา ในส่วนชั่วโมงที่ไม่สามารถทำให้ภายในสภาวะน่าสบายได้นั้น เนื่องมาจากการที่หลายๆช่วงเวลาความเร็วลมภายนอกมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ความเร็วลมภายในเป็นศูนย์ไปด้วย และอีกหลายช่วงเวลาซึ่งความเร็วลมภายนอกต่ำมาก ซึ่งการนำรูปแบบของช่องเปิด และหรือครีบอลังการมาใช้ สามารถเพิ่มความเร็วลมภายในได้เพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่ารูปแบบดังกล่าวจะทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น 100-400%ก็ตาม จึงต้องมีการเพิ่มความเร็วลมภายในด้วยวิธีอื่น เช่น การเปิดพัดลม เป็นต้น เพื่อสามารถลดอุณหภูมิ ECI ภายในและเพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ

UNIT C และD จะมีความเร็วลมภายในต่ำมาก เมื่อเทียบกับ UNIT A และB เนื่องจากทั้ง UNIT C และDอยู่ด้านหลังลม โดยเฉพาะในห้องนอน 3 ของทั้งสองUNITซึ่งมีช่องเปิดเพียงด้านเดียว จึงทำให้การปรับปรุงช่องเปิด และหรือครีบอลังการ สามารถช่วยเพิ่มความเร็วลมได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นในสองUNITนี้จึงจำเป็นต้องใช้พัดลมช่วยเพิ่มความเร็วลม มากกว่าทางด้าน UNIT A และB

Thesis Title	A Design of Opening and Wingwall for Cross-Ventilation in Tall Building Case Study of Residential Building in Bangkok Metropolis
Student	Mr. Kriengkrai Pompitakpong
Student I.D.	46013604
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2003
Thesis Advisor	Associated Professor Theeramon Wairojanakit

## ABSTRACT

Presently, electrical power consumed by air-conditioner, used in the building to produce comfort zone, is dramatically increase. The natural ventilation is an alternative to reduce the air-conditioner usage. The thesis focuss on a tall residential buiilding which having low metabolic level activities. Consequently, the ventilation is able to produce comfort zone effectively without air-conditioner required.

The design of *opening* and *wingwall* can enhance ventilation efficiency in the existing tall residential building to achieve comfort zone in very floor. There are 2 factors to be determined in the designs (1) *air-change rate*, which able to exhaust dust and odor as well as refresh the healthy air into the building and (2) *Equatorial Confort Index, ECI*, which is considered during February to September, the summer and raining season of Thailand. This research examines both factors in bedrooms during 22:00 - 06:00 (8 hours) and in living-dining rooms during 06:00 – 22:00 (16 hours) based on their utilization period. While kitchens, restrooms and circulations are not examined due to the short utilization period.

This thesis consist of the study of ventialtion principle, comfort zone and wind chracteristics on the tall building which are carried out from Meteorological Department data – dry temperature, wet temperature, relative humidity and wind velocity – collected in hourly basis since 2534 – 2543 (years). Lumpini Place Watercliff is selected as the case study. Hot-wire anemometer and wind tunnel of Architecture Faculty (KMITL) are used as the experiment equipments as well as I-Deas version 6.0 is used as simulation application. The building models (scale 1:50) are composed of measureable floor sandwiched by upper and lower psudo floors to demonstrate the "tall" building circumstance. The measurement points for the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

anemometer are designated to be 2 meters resolution. The data of wind characteristics are gathered at 0.9 meter from floor-level for living area, dining room, kitchen and restroom and 0.5 meter from floor-level for bedroom at 3 external wind directions generated from South, South-west and West. The gathering internal wind magnetudes are normalized by the magnetudes of generating external wind to be the ratios (%) of internal and external wind magnitude. Simulation of wind direction in the building from various alternative designs of opening and wingwalls is carried out by I-Deas 6.0 to achieve the best air-change rate based on ventialtion principle. After that, the external wind magnitudes at every floor are calculated in hourly basis, derived from the Meteorological Department data at reference levels. Consequently, the internal wind magnitudes at every floor are figured out by the calculated values of internal and external wind ratios. Next step, ECI of every position in every floor is carried out by hourly basis to compare with the comfort range of 25.5 – 27.7 degree celcius. The internal air-change rate also be carried out to compare with the suitable recommended air-chage rate of 4 air-change/hour for bedrooms and living rooms and 13 air-change/hour for kitchens.

By determining outcomes of the internal wind magnitude from various designs of opening and wingwalls, the suitable designs are selected to achieve the comfort range of ECI and suitable air-change rate.

The experiment result of every position in every floor reveals that the alternative design with opening can increase the internal wind magnitude around 100 – 300% from the existing design without any alternatives. By addition of wingwalls, the internal wind magnitude can incerase around 200 – 400%.

The proposed design having appropriated position of opening and wingwalls can achieve the comfort zone of ECI at least 95% of considerable hours as well as can achieve the suitable air-change rate at least 90% of considerable hours. The analysis of un-achievable hours shows that the external wind magnitude are nearly to zero which the improvement of internal wind magnitude is impossible. Alternatively, electical fan can be introduced to enhance the internal wind magnitude resulting ECI reduction to achieve the comfort zone. In the leeward area of the building such as Unit C & D, the internal wind magnitude are few especially the 3 bedrooms of both units having only one possible opeing. Consequently, opening and wingwall are able to incerase a few magnitude of internal wind. The electical fan is strongly recommended to enhance these leeward units.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นได้ด้วยคำแนะนำของ ผศ. ปรีชาญา รังสิรักษ์ ซึ่งในขณะนั้นท่านกำลังทำปริญญาดุษฎีบัณฑิต อยู่ ณ.ประเทศออสเตรเลีย ช่วยให้คำแนะนำเบื้องต้น และวางแนวทางให้ ส่วน รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ในปัจจุบัน ช่วยเพิ่มเติมรายละเอียดมากมายในวิทยานิพนธ์ และท่านอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยในการประสิทธิประสาทศรัทธา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากทุกท่าน และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำเนิด กำลังใจ และกำลังทรัพย์ยามขัดสนมาตลอด และขอขอบคุณ

กฤษฎา พรพิทักษ์พงศ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาต่างๆ และช่วยวิเคราะห์ตัวเลขที่มีมากมายมหาศาลอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และพิรุณ ชัดดีประกาศ ช่วยเรียบเรียง และจัดรูปแบบวิทยานิพนธ์ให้ออกมาสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ สพช. ที่มอบทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เกรียงไกร พรพิทักษ์พงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	IV
กิตติกรรมประกาศ.....	VI
สารบัญ.....	VII
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	7
1.3 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย.....	7
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.5 สมมติฐานในการวิจัย.....	8
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	9
1.7 การดำเนินการวิจัย.....	10
1.8 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	11
บทที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศ และกระแสลม.....	12
2.1 ลักษณะและการเกิดลมบนโลก.....	12
2.2 ลมฟ้าอากาศในประเทศไทย.....	15
2.2.1 ลักษณะภูมิอากาศ.....	15
2.2.2 อุณหภูมิ (Temperature).....	16
2.2.3 ความชื้น (Humidity).....	16
2.2.4 ปริมาณน้ำฝน (Rainfall).....	17
2.2.5 ลมพื้นผิว (Surface Wind).....	17
2.3 สภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร.....	17
บทที่ 3 ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	25
3.1 ลักษณะและกระแสลม.....	25
3.2 ลักษณะและกระแสลมที่กระทำต่ออาคาร.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1	ลักษณะของความกดดันลมที่กระทำต่ออาคาร.....	30
3.2.2	ลักษณะของลมที่กระทำต่ออาคารสูง.....	32
3.3	แนวความคิดและปัจจัยต่างๆที่สามารถนำมาใช้เพื่อก่อให้เกิดความสบาย.....	34
3.3.1	อุณหภูมิสบาย (Thermal Comfort).....	34
3.3.2	ปัจจัยมูลฐานที่นำมาวิเคราะห์สภาวะสบาย (The Basis Factor for Thermal Comfort).....	36
3.3.3	สภาวะน่าสบายของกรุงเทพมหานครบน Psychrometric Chart.....	37
3.3.4	วิธีการหาค่าขอบเขตความสบายจากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาบน Psychrometric Chart.....	39
3.3.5	สภาวะน่าสบายของกรุงเทพมหานครบน Bioclimatic Chart.....	43
3.4	แนวความคิดในการออกแบบอาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย.....	48
3.5	แนวความคิดในการระบายอากาศ.....	66
3.5.1	การระบายอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความกดดันอากาศ (Stack Effect).....	67
3.5.2	การระบายอากาศโดยอาศัยแรงดันของลมพัดผ่านอาคาร(Cross Ventilation).....	68
3.6	การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation.....	71
3.6.1	การระบายอากาศแบบ Comfort Ventilation.....	71
3.6.2	หลักการประเมินลักษณะการระบายอากาศ.....	72
3.6.3	ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร.....	73
3.7	ครีบอลังคาร (Wingwall) กับการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศให้กับอาคาร.....	85
3.7.1	วัตถุประสงค์ของการนำครีบอลังคาร (Wingwall)มาใช้.....	85
3.7.2	กรณีศึกษาในการนำมาใช้.....	85
3.7.3	ประโยชน์ในการนำมาใช้กับอาคารสูง.....	90

**บทที่ 4 การออกแบบลักษณะของช่องเปิด และครีบอลังคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใน**

	การระบายอากาศ.....	91
4.1	เครื่องมือในการทำวิจัย.....	91
4.1.1	อุโมงค์ลม.....	91
4.1.2	เครื่องวัดความเร็วลม.....	92
4.1.3	หุ่นจำลอง.....	93
4.1.4	โปรแกรม I-Deas 6.0.....	94
4.2	การคำนวณหาความเร็วลมในแต่ละชั้นความสูง.....	95
4.3	อาคารตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพครีบอลังคาร (Wingwall)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และช่องเปิด(Opening).....	99
4.4 แนวความคิดในการออกแบบช่องเปิด (Opening) และ ครีบบนอาคาร (Wing wall).....	101
4.4.1 การออกแบบช่องเปิด (Opening).....	101
4.4.1.1 การออกแบบตำแหน่งช่องเปิด.....	101
4.4.1.2 การออกแบบทิศทางการเปิดของบานหน้าต่าง.....	102
4.4.2 การออกแบบครีบบนอาคาร (Wingwall).....	102
4.5 การทดสอบหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม.....	104
4.5.1 การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบครีบบนอาคาร (Wingwall)และช่องเปิด(Opening)ที่เหมาะสม.....	104
4.5.2 การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างหลังมีการใช้ครีบบนอาคาร (Wingwall)และช่องเปิด (Opening)ที่เหมาะสม.....	114
4.5.2.1 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wingwall) ของ UNIT A.....	114
4.5.2.2 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wingwall) ของ UNIT B.....	118
4.5.2.3 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wingwall) ของ UNIT C มีดังต่อไปนี้.....	122
4.5.2.4 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wingwall) ของ UNIT D.....	128
4.6 การหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ และสภาวะความสบายที่เหมาะสมสำหรับอาคารตัวอย่าง.....	144
4.7 รูปแบบของช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wingwall) ที่เหมาะสม.....	157
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการออกแบบ.....	160
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	163
บรรณานุกรม.....	165
ภาคผนวก.....	169
ประวัติผู้เขียน.....	174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 Metabolic levels of various activities (Kcal/h (Btu/h)).....	2
1.2 เหตุผลในการเลือกซื้อที่อยู่อาศัยแบบคอนโดมิเนียม.....	4
1.3 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าภายในที่พักอาศัยแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าปี 2533(%).....	6
2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของภาพรวมของอุณหภูมิในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543.....	19
2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของภาพรวมของความชื้นสัมพัทธ์ในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ.2534-2543.....	21
2.3 แสดงค่าเฉลี่ยของภาพรวมของความเร็วลมในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ.2534-2543.....	23
3.1 ระยะเวลาของลมด้านหลังอาคารที่ลมเกิดการหมุนตัวกลับ.....	56
3.2 ผลของขนาดหน้าต่างซึ่งไม่มีการระบายอากาศแบบCross ventilation ต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายใน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อความเร็วลมภายนอก).....	76
3.3 ผลของขนาดหน้าต่างและทิศทางของลมต่อความเร็วลมภายใน (เปอร์เซ็นต์ต่อความเร็วลมภายนอก).....	77
3.4 ความเร็วลมภายในเฉลี่ย (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก) ในห้องที่มีช่องเปิดอยู่บนผนังเพียงด้านเดียว.....	84
4.1 ค่าความเร็วลมรายชั่วโมง เฉลี่ย 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2543 จากกรมอุตุนิยมวิทยา.....	97
4.2 ตัวอย่างของความเร็วลมในแต่ละชั้นความสูง (ณ.ที่นี้ใช้ความสูงตั้งแต่ 1-100 เมตรจากพื้นดิน) รายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึงวันที่ 30 กันยายน ที่ได้จากสูตรการคำนวณของ Edward M. Noll โดย Vf ได้จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา.....	98
4.3 และ 4.4 ผลการทดสอบหุ่นจำลองในอุโมงค์ลมเพื่อทราบความเร็วลมภายในอันเนื่องมาจากความถี่ของมุงลวด ในมาตราส่วน 1:12.5 และ 1:20 ตามลำดับ.....	106
4.5 ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบาอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก).....	108
4.6 ตัวอย่างค่าความเร็วลมภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 48 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบาอาคารเป็นรายชั่วโมง.....	113
4.7 ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อน-หลังการออกแบบช่องเปิด และครีบาอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก).....	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ตัวอย่างค่าความเร็วลมภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 48 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารหลังมีการออกแบบช่องเปิดเป็นรายชั่วโมง.....	141
4.9 ตัวอย่างค่าความเร็วลมภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 48 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารหลังมีการออกแบบช่องเปิด และเพิ่ม cribอาคาร 1 เมตร เป็นรายชั่วโมง.....	142
4.10 ตัวอย่างค่าความเร็วลมภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 48 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารหลังมีการออกแบบช่องเปิด และเพิ่ม crib อาคาร 2 เมตร เป็นรายชั่วโมง.....	143
4.11 ตัวอย่างเปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 36 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีความเร็วลมต่ำกว่าที่ต้องการเพื่อถ่ายเทอากาศ (แสดงด้วยสีส้ม).....	147
4.12 เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีความเร็ว ลมต่ำกว่าที่ต้องการเพื่อถ่ายเทอากาศ.....	148
4.13 ผลการเลือกใช้ลักษณะของช่องเปิด และหรือ cribอาคาร โดยพิจารณาจากความเร็วลม ภายใน ณ.ตำแหน่งใช้สอยหลัก ต่ำกว่าความเร็วลมที่ต้องการเพื่อถ่ายเทอากาศ มีจำนวนเกิน 95%ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด.....	149
4.14 ตัวอย่างจำนวนชั่วโมงภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 36 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส (แสดงด้วยสีส้ม).....	151
4.15 ตัวอย่างเปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงภายในในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 36 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส (แสดงด้วยสีส้ม).....	152
4.16 ผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจาก มีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส.....	153
4.17 เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส.....	154
4.18 ผลการเลือกใช้ลักษณะของช่องเปิด และหรือ cribอาคาร โดยพิจารณาจากอุณหภูมิ ECI ภายใน ณ.ตำแหน่งใช้สอยหลัก ที่อยู่ต่ำกว่า 27.7 องศาเซลเซียส เกิน 95%ของ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนชั่วโมงทั้งหมด.....	156
4.19 ผลการเลือกใช้ลักษณะของช่องเปิด และครีบาอาคาร.....	157
5.1 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงของแต่ละห้องในแต่ละชั้นของอาคารที่มีอุณหภูมิ ECI ที่สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส และความเร็วลมภายในไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และครีบาอาคารที่เหมาะสม.....	162



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ผลของการระบายอากาศ.....	2
1.2 สัดส่วนที่อยู่อาศัยเปิดตัวใหม่ ปี พ.ศ. 2537-2539.....	4
1.3 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนหน่วยไฟฟ้า (Gwh) เป็นร้อยละจำแนกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าใน เขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2540.....	5
2.1 รูปแบบของกระแสลมที่เกิดขึ้นบนโลก.....	12
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความชันของความกดอากาศ (Pressure Gradient).....	13
2.3 ลักษณะของแรงเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง (Coriolis Force) ที่กระทำต่อ Pressure Gradient.....	13
2.4 แสดงลักษณะของแนวแรงของ Coriolis Force และ Pressure Gradient Force.....	13
2.5 ลักษณะลมสินค้าที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน มกราคม และ กรกฎาคม.....	14
2.6 Mean Monthly Temperature ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543.....	18
2.7 Mean Monthly Temperature (ECI Temperature) ซึ่งถูกPlot เป็นเส้นความชัน (Contour) ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543.....	18
2.8 Mean Monthly Relative Humidity ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543.....	20
2.9 Mean Monthly Wind Velocity ซึ่งถูก Plot เป็นเส้นความชัน (Contour) ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543.....	22
2.10 แสดงทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 – พ.ศ.2543.....	24
3.1 ลักษณะการเกิดลมในบริเวณเกาะความร้อน(Heat island).....	26
3.2 ลมที่เกิดในบริเวณสวนสาธารณะในเมือง.....	26
3.3 ความเร็วลมในระดับความสูงต่างๆ และในลักษณะพื้นที่ต่างๆกัน.....	27
3.4 แสดงลักษณะการเกิดลมบก.....	27
3.5 แสดงลักษณะการเกิดลมทะเล.....	28
3.6 ทิศทางของฝนที่เกิดขึ้นบริเวณเทือกเขา.....	28
3.7 ลักษณะของลมใน บริเวณเทือกเขา.....	28
3.8 แสดงบริเวณความกดอากาศสูง (pressure Zone) โดยทั่วไปจะเกิดในบริเวณใกล้ผาผนังของอาคารที่ถูกลมปะทะ หรือผนังของอาคารด้านที่บังกระแสลม.....	29
3.9 แสดงลมที่พัดผ่านด้านข้างหรือเหนืออาคารออกไป จะทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศต่ำ (Suction Zone).....	30

เอกสาร 3.10 การที่อาคารมีช่องเปิดจะทำให้ลมที่มีความกดอากาศสูงบนผนังด้านหน้าสามารถ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านอาคารไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำได้อย่างสะดวก.....	30
3.11 แสดงบริเวณที่เกิด Pressure และ Suction zone เนื่องมาจากลมปะทะตัวอาคาร.....	31
3.12 แสดงตำแหน่งที่มี Suction สูง Area where high suction must be allowed for on the cladding.....	31
3.13 แสดงลักษณะของกระแสลมเมื่อกระทบอาคารสูง (ทดสอบโดยใช้ควัน และขี้เลื่อย).....	32
3.14 แสดงลักษณะของลมเมื่อปะทะอาคารสูงซึ่งมีได้ทุนด้านล่างอาคาร (ทดสอบโดยใช้ฟองสบู่).....	33
3.15 แสดงกระแสลมซึ่งผ่านได้ทุนที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความเร็วลมก่อนปะทะ.....	33
3.16 ลักษณะการรักษาสมดุลของร่างกาย.....	35
3.17 การพัฒนา Bioclimatic Chart ของ Aren et al.....	37
3.18 แสดงการพัฒนาลักษณะพื้นที่ของความสบาย (Comfort Zone) โดย ASHRAE.....	38
3.19 แสดงเทคนิคในการปรับสภาพภูมิอากาศโดยใช้ Psychrometric Chart.....	39
3.20 ขอบเขตความสบายซึ่งถูก Plot ลงบน Psychrometric Chart.....	40
3.21 แสดงการคำนวณหาขอบเขตอุณหภูมิสบายในแนวแกน X.....	40
3.22 แสดงการหาขอบเขตของแกน Y ซึ่งเป็นแนวแกนของความชื้นสัมบูรณ์.....	41
3.23 แสดงการ plot ค่า Set Line Slope ลงบน Chart.....	41
3.24 ขอบเขตความสบาย และอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน บน Psychrometric Chart.....	42
3.25 การปรับปรุงสภาพอากาศให้สู่สภาวะน่าสบายโดยการระบายอากาศ.....	43
3.26 ลักษณะการอ่านค่าความสบายจาก Bioclimatic Chart.....	44
3.27 Bioclimatic Chart ซึ่งได้ถูกดัดแปลงให้อยู่ในระบบเมตริก และปรับปรุงให้ใช้กับเขต อากาศอบอุ่นได้.....	44
3.28 ลักษณะสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร บน Bioclimatic Chart.....	45
3.29 ผลของทิศทางและตำแหน่งของช่องเปิด.....	48
3.30 การทดลองเหมือนกับภาพที่ 3.2 แต่ใช้อุปกรณ์บังแดดอยู่ด้านนอกช่องเปิด.....	49
3.31 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน.....	50
3.32 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง.....	51
3.33 อุณหภูมิของอากาศภายในของผนังทางด้านทิศตะวันตก โดยที่ผนังเป็นสีเทา.....	52
3.34 อุณหภูมิของอากาศภายในของผนังทางด้านทิศตะวันตก โดยที่ผนังเป็นสีขาว.....	53
3.35 ลักษณะกระแสลมระหว่างอาคาร.....	54
3.36 ลักษณะของลมที่พัดผ่านกลุ่มอาคาร เมื่อ $b \leq h$ .....	54
3.37 ลักษณะของลมที่พัดผ่านกลุ่มอาคาร เมื่อ $b > 4h$ .....	55
3.38 ลักษณะของลมที่พัดผ่านกลุ่มอาคาร เมื่อ $1 < b/h < 4$ .....	55
3.39 แสดงระยะเงาของลมม้วนกลับทางด้านหลังอาคาร.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.40 การใช้พืชพันธุ์เพื่อควบคุมทิศทางลม.....	56
3.41 Psychometric chart ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงเขตความสบายที่ขยายเนื่องจากการเพิ่มความเร็วลม.....	59
3.42 Psychometric chart ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงเขตความสบายที่ขยายเนื่องจากการระบายอากาศในเวลากลางคืน (Nocturnal ventilation cooling).....	60
3.43 อุณหภูมิภายในห้องที่มีการใช้วิธี Nocturnal Ventilation (ทดสอบในประเทศอิสราเอล).....	60
3.44 ลักษณะของการใช้หลังคาคอนกรีต กับการใส่ฉนวนในผนังเพื่อการทำความเย็นแบบแผ่รังสี (Radiation Cooling).....	61
3.45 ลักษณะของ Sky Therm System ซึ่งพัฒนามาจากภาพที่ 3.44.....	61
3.46 ผลของการใช้ Sky Therm System ในแคลิฟอร์เนีย.....	62
3.47 Psychometric chart ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงเขตความสบายที่ขยายเนื่องจากการทำความเย็นจากการระเหยของไอน้ำ (Evaporative Cooling).....	63
3.48 การนำความเย็นจากดินมาใช้แบบ Bermed walls โดยคำนึงถึงแสงธรรมชาติ.....	64
3.49 ลักษณะกระแสลมที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งช่องเปิด (Inlet).....	74
3.50 ผลของการใช้อุปกรณ์บังแดดต่อลักษณะของกระแสลม.....	74
3.51 ผลของขนาดหน้าต่างและทิศทางของลมต่อความเร็วลมภายใน.....	76
3.52 ขนาดของช่องลมเข้า และออกที่มีผลต่อความเร็วลมภายในอาคาร.....	78
3.53 ประสิทธิภาพของช่องเปิดที่มีขนาดเท่ากันในรูปแบบต่างๆ.....	78
3.54 ลักษณะกระแสลมภายในที่เกิดจากการใช้หน้าต่างชนิดต่างๆกัน.....	79
3.55 ลักษณะของกระแสลมที่เกิดจากสิ่งกีดขวางภายใน.....	80
3.56 ลักษณะลมภายในที่เกิดจากการใช้มุ้งลวดกันแมลงในลักษณะต่างๆกัน.....	81
3.57 ผลของการใช้ Wingwall ต่อความเร็วของลมภายใน ( $V_i$ = ความเร็วลมภายใน) ทดลองโดย B. Givoni, 1965.....	82
3.58 ผลของการใช้ Wingwall ต่อความเร็วของลมภายใน ทดลองโดย S. Chandra, 1982.....	83
3.59 ลักษณะของการใช้โครงสร้างของอาคารมาทำหน้าที่คล้าย Wingwall โดย S. Chandra.....	83
3.60 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้ครีบาอาคาร (Wingwall) โดย Baruch Givoni.....	86
3.61 แสดงลักษณะทิศทางลมที่กระทำต่อช่องเปิด.....	86
3.62 แสดงการนำเอาครีบาอาคาร (Wingwall) มาใช้ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดีขึ้น.....	87
3.63 แปลนของอาคารทดสอบ (FSEC Passive Cooling Laboratory (PCL)).....	87
3.64 ภาพถ่ายอาคารทดสอบ คนในภาพคือ Mr. Philip Fairey เป็นสถาปนิกของ PCL.....	88
3.65 ผลของความเร็วลมภายใน กรณีใช้ครีบาอาคาร (wingwall) และไม่ใช้ครีบาอาคาร (wingwall).....	89
3.66 รูปแบบต่างๆของครีบาอาคาร (wingwall) ในกรณีของห้องที่มีหน้าต่าง 2 บานอยู่ด้านเดียวกันและคนละด้าน ซึ่งมีผลต่อการระบายอากาศ.....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์อื่นใดเป็นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 อุโมงค์ลมของคณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....	91
4.2 ภาพถ่ายอุโมงค์ลม.....	92
4.3 ภาพถ่ายรังผึ้ง และแผนควบคุมความเร็วของใบพัด ตามลำดับ.....	92
4.4 เครื่องวัดความเร็วลม (Hot-Wire Anemometer) .....	93
4.5 หุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างก่อนมีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบอลังการ มาตราส่วน 1:50.....	93
4.6 หุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างหลังจากมีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบอลังการ มาตราส่วน 1:50.....	93
4.7 ตัวอย่างการจำลองกระแสลมภายในอาคารตัวอย่างเพื่อหาแนวทางการออกแบบ ช่องเปิด และครีบอลังการ.....	94
4.8 ตัวอย่างกราฟของความเร็วลมในระดับความสูงต่างๆ ในเวลา 12.00 น. ของวันที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งได้จากสูตรการคำนวณของ Edward M. Noll.....	96
4.9 ผังพื้นของโครงการ ลุมพินี เฟส 2 วอเตอร์คลิฟ แบบ A, B, C และ D.....	99
4.10 ทศนิยมภาพภายนอก ของอาคารแบบ A.....	100
4.11 แสดงการวางตำแหน่งช่องเปิดซึ่งทำให้เกิดจุดอับลมขึ้นภายในห้อง.....	101
4.12 แสดงการวางตำแหน่งช่องเปิดแบบสมดุลง ช่วยให้อากาศหมุนเวียนได้ทั่วถึงทั้งห้อง.....	101
4.13 แสดงการเปิดของบานหน้าต่างทำให้เกิดการขึ้นของลมภายในห้อง.....	102
4.14 แสดงการเปิดของบานหน้าต่างเพื่อให้เกิดการระบายอากาศขึ้นภายในห้อง.....	102
4.15 การใช้ครีบอลังการ (Wingwall) เพื่อช่วยให้อาคารระบายอากาศในช่องเปิด ที่อยู่บนผนังด้านเดียว.....	103
4.16 การใช้ครีบอลังการ (Wingwall) เพื่อช่วยดักลมให้เข้าสู่ตัวอาคารมากขึ้น.....	103
4.17 รูปถ่ายหุ่นจำลองเพื่อทดสอบมุ้งลวด.....	104
4.18 ขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบมุ้งลวด.....	105
4.19 มุ้งลวดที่นำมาใช้ในการทดสอบ ความถี่ 49 ช่อง ต่อ ตารางเซนติเมตร.....	105
4.20 อัตราส่วนการลดลงของความเร็วลมภายในที่มีมุ้งลวด เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีมุ้งลวด (กรณีมีช่องเปิดเพียงด้านเดียว).....	106
4.21 แสดงผังของอาคารตัวอย่าง และตำแหน่งในการวัดลมทั้ง 138 จุด ก่อนมีการออกแบบ.....	107
4.22 ภาพถ่ายหุ่นจำลอง ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด(Opening) และครีบอลังการ (Wingwall).....	108
4.23 ผังอาคารของ Unit A ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบอลังการ.....	114
4.24 ผังอาคารของ Unit A หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด.....	114
4.25 ผังอาคารของ Unit A หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ ครีบอลังการ.....	115
4.26 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ.....	115
4.27 ครีบอลังการซึ่งช่วยให้อาคารระบายลมในห้องนอน 1 สมบูรณ์ยิ่งขึ้น.....	116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.28 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 2 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น .....	117
4.29 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 3 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่cribอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น.....	117
4.30 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่cribอาคาร จะเห็นว่าอากาศ จะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ) .....	118
4.31 ผังอาคารของ Unit B ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และcribอาคาร.....	118
4.32 ผังอาคารของ Unit B หลังมีการออกแบบช่องเปิด.....	119
4.33 ผังอาคารของ Unit B หลังมีการออกแบบช่องเปิด และcribอาคาร.....	119
4.34 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ.....	120
4.35 แสดงการใช้cribอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 1 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้).....	120
4.36 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 2 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และcribอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น.....	121
4.37 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 3 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่cribอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย.....	121
4.38 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจาก ปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่cribอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ).....	122
4.39 ผังอาคารของ Unit C ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และcribอาคาร.....	123
4.40 ผังอาคารของ Unit C หลังมีการออกแบบช่องเปิด.....	123
4.41 ผังอาคารของ Unit C หลังมีการออกแบบช่องเปิด และcribอาคาร.....	123
4.42 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ.....	124
4.43 แสดงการใช้cribอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 1 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้).....	125
4.44 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 2 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ.....	125
4.45 แสดงการใช้cribอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 2 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตก).....	126
4.46 การหมุนเวียนของอากาศภายในยังคงเดิม.....	127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.47 การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจาก ปรับเปลี่ยนช่องเปิด จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ).....	128
4.48 ผังอาคารของ Unit D ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และคียบอาคาร.....	129
4.49 ผังอาคารของ Unit D หลังมีการออกแบบช่องเปิด.....	129
4.50 ผังอาคารของ Unit D หลังมีการออกแบบช่องเปิด และคียบอาคาร.....	129
4.51 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ.....	130
4.52 แสดงการใช้คียบอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 1 (ลมภายนอกมาจากทิศใต้).....	131
4.53 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 2 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ.....	131
4.54 แสดงการใช้คียบอาคารกับห้องนอน 2 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้) ซึ่งไม่ค่อยมีผลกับทิศทางการไหลของลมภายใน.....	132
4.55 การหมุนเวียนของอากาศภายในยังคงเดิม.....	133
4.56 การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจาก ปรับเปลี่ยนช่องเปิด จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ).....	134
4.57 หุ่นจำลองที่มีการออกแบบช่องเปิด (Opening).....	135
4.58 การทดสอบใส่คียบอาคาร (Wingwall) ในลักษณะต่างๆ.....	135
4.59 ผังของอาคารเดิมก่อนมีการปรับปรุงช่องเปิด และคียบอาคาร.....	158
4.60 รูปแบบของช่องเปิด และคียบอาคารที่ทำการเลือกใช้ ตั้งแต่ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1-9 หลังจากพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด.....	158
4.61 รูปแบบของช่องเปิด และคียบอาคารที่ทำการเลือกใช้ ตั้งแต่ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 10-19 หลังจากพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด.....	159
4.62 รูปแบบของช่องเปิด และคียบอาคารที่ทำการเลือกใช้ ตั้งแต่ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 20-30 หลังจากพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด.....	159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

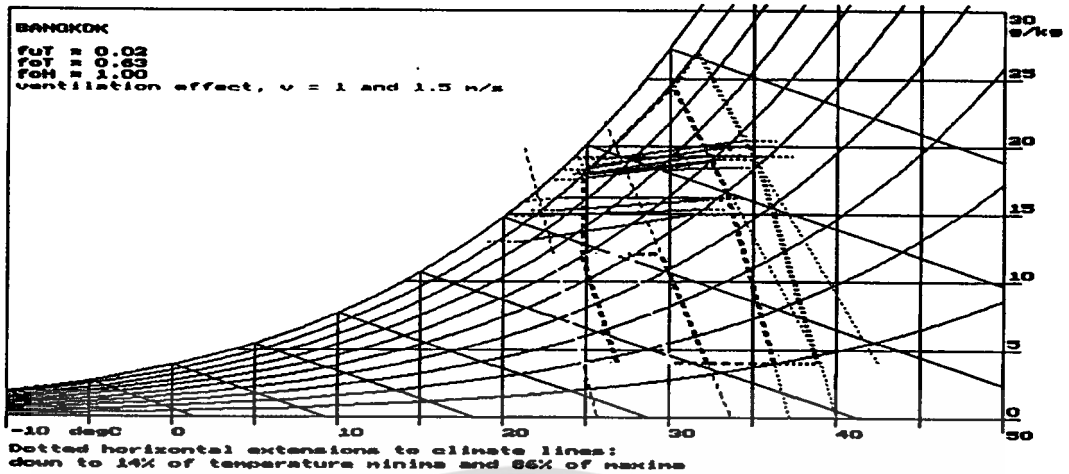
ลักษณะอาคารในแง่ของอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง คือ สภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและเปลี่ยนแปลงตามสภาพพื้นที่ ปัจจัยอีกประการคือ แนวทางการออกแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการให้ความสนใจในลักษณะของอาคารในแง่ของอุณหภูมิที่ไม่เพียงพอในการออกแบบจะทำให้อาคารไม่สามารถที่จะสร้างสภาพแวดล้อมภายในที่เหมาะสมกับผู้ใช้อาคารให้เกิดความสบายได้ ตัวอย่างเช่น ในช่วงฤดูร้อนของสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อาคารจะได้รับปริมาณและความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ในปริมาณมาก และได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อมด้วยอีกทาง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าขีดความสบายจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบอาคารให้สามารถทำความเย็นและป้องกันความร้อนให้กับอาคารอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

สถาปัตยกรรมแบบประเพณีนิยม(Traditional architecture) เป็นตัวอย่างของความกลมกลืนระหว่างสภาพภูมิอากาศตามท้องถิ่นนั้นๆ กับตัวสถาปัตยกรรม ซึ่งในสภาพอากาศแบบร้อนชื้น (Hot-humid Climate) อย่างในประเทศไทยนั้นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพภูมิอากาศดังกล่าว คือ ปัญหาในเรื่องความชื้น ซึ่งความชื้นนี้จะมีผลกับความสมดุลของความร้อนในร่างกาย เนื่องจากว่าความร้อนที่สะสมในร่างกายที่เกิดจากMetabolic process, Heat gain และจากกิจกรรมที่ทำ ร่างกายจำเป็นต้องทำการถ่ายเทความร้อนบางส่วนดังกล่าวออกจากร่างกายเพื่อรักษาสมดุลทางด้านความร้อน โดยให้ร่างกายมีอุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียส โดยการนำ การพา และการแผ่รังสี โดยลมจะมีส่วนช่วยในการนำความร้อนที่ระบายออกมาเป็นเหตุให้ระเหย(Evaporative heat loss)ไป<sup>1</sup> ดังนั้นการระบายอากาศจึงจำเป็นอย่างมากเพื่อทำให้เกิดความสบาย(Comfort zone) โครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา ช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่เพื่อรองรับการระบายอากาศ และอุปกรณ์ป้องกันแดด ล้วนแต่มีความสำคัญในการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นทั้งสิ้น ซึ่งอาคารสมัยใหม่(Modern architecture)หลายๆอาคารละเลยการออกแบบแบบประเพณีนิยมไป โดยอ้างว่าเป็นต้องเป็นรูปแบบที่เป็นสากลที่นำเอาเทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้อย่างเต็มที่โดยที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่น อาคารเหล่านี้จึงมักจะประสบความล้มเหลวในแง่ของอุณหภูมิภายในอาคาร

<sup>1</sup> ตรีใจ บุรณสมภาพ และ มนัส อารยพัฒน์, การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน, การวิจัยสาขาวิชาการ, คณะ

สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ, 2523 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาการศึกษาศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.1 ผลของการระบายอากาศ

ผลของการระบายอากาศสามารถช่วยให้ผู้คนในเขตกรุงเทพมหานครรู้สึกสบาย (Comfort) อีกทั้งลมยังเป็นพลังงานทางธรรมชาติที่ใช้ได้ไม่มีวันหมด (Renewable energy) จากการศึกษาพบว่ามนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริงประมาณ 0.40 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 0.28 เมตร/วินาที การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติจึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เพื่อให้ผู้ใช้อาคารนั้นอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Human Comfort) เนื่องจากสามารถรักษาสมดุลของร่างกายเอาไว้ได้ และการระบายอากาศภายในอาคารยังจะช่วยถ่ายเทอากาศที่ไม่ดีออกไปจากตัวอาคาร ซึ่งโดยปกติอากาศภายในอาคารที่มีการระบายอากาศไม่ดีนั้น จะทำให้เกิดกลิ่นอับเนื่องมาจากความชื้นสะสมอาจทำให้เกิดเชื้อราภายในอาคาร และอากาศจะเริ่มเสียเนื่องจากมลภาวะของอากาศภายนอกเข้ามาสะสมอยู่ภายในโดยที่ไม่สามารถถ่ายเทออกไปได้อีก ทั้งในแง่ค่าใช้จ่ายนั้นการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Passive ventilate cooling) นี้ยังต่ำกว่าวิธีอื่นๆ เช่น ระบบปรับอากาศ (Air condition) ฯลฯ ดังนั้นการระบายอากาศจึงเป็นวิธีที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายที่เหมาะสมที่สุดในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

ตารางที่ 1.1 Metabolic levels of various activities (Kcal/h (Btu/h))

Activities	Metabolic levels (Kcal/h (Btu/h))
Residential building	
Basal metabolism	60-70(240-280)
Sitting at rest	90-100(360-400)
Sedentary activity	100-120(400-480)
Walking on a level at 4 km/h	210-270(840-1080)

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) Metabolic levels of various activities (Kcal/h (Btu/h))

Activities	Metabolic levels (Kcal/h (Btu/h))
Walking on a level at 7 km/h	300-400(1200-1600)
Walking up 10% slope at 4 km/h	340-480(1360-1920)
Light industrial work	150-300(600-1200)
Moderate industrial work	300-480(1200-1600)
Heavy industrial work	450-600(1800-2400)
Very heavy work	600-750(2400-3000)

ที่มา : Barush Givoni, (1976) *Man, Climate and Architecture*, Second Edition, Van Nostrand Reinhold, London.

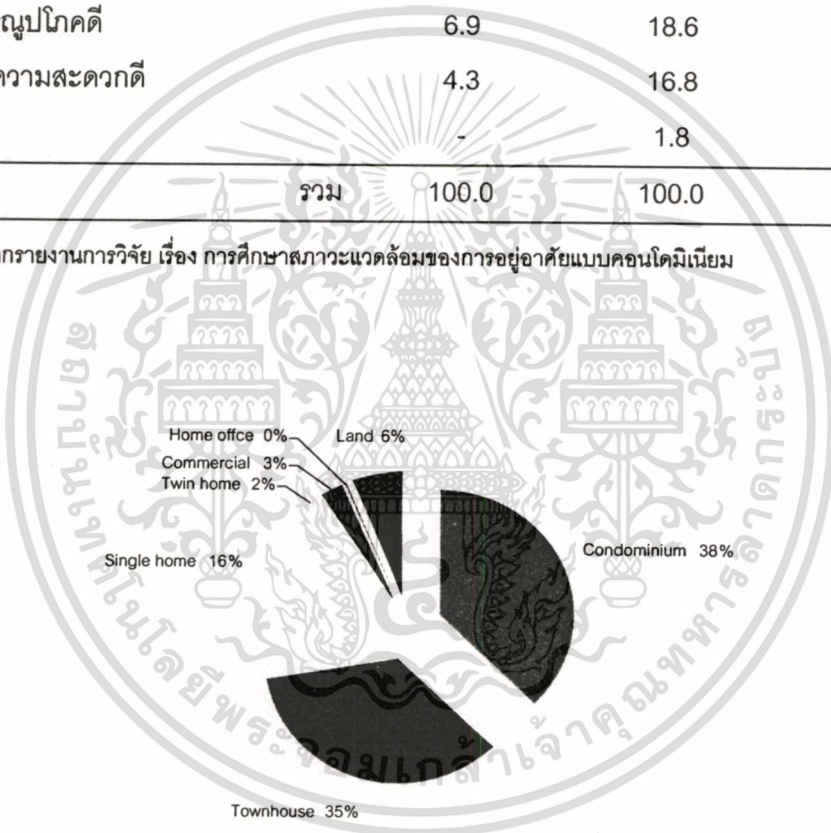
อาคารที่พักอาศัยจึงได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อการใช้วิธีการระบายอากาศ โดยนำวิถีธรรมชาติเข้าไปใช้ในอาคาร แทนที่จะเป็นอาคารประเภทอื่น เช่น อาคารสำนักงาน เนื่องจากกิจกรรมในอาคารพักอาศัยนั้นเป็นกิจกรรมเบาที่ไม่ได้ใช้พลังงานมาก ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจากร่างกาย (Metabolic rate) จึงน้อยตามลงไป (ตารางที่1.1) ทำให้สามารถที่จะใช้การระบายอากาศโดยวิถีธรรมชาติเพื่อให้เกิดความสบาย (Comfort) ได้สัมฤทธิ์ผลมากกว่าอาคารประเภทอื่นโดยมุ่งไปที่อาคารที่พักอาศัยที่มีความสูงมาก (Residential tall building) เช่น คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ ซึ่งจะตั้งอยู่ในบริเวณย่านธุรกิจ โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครที่มีปัญหาการจราจรอย่างมาก ทำให้แนวโน้มของการจับจองเพื่อใช้อาคารสูงเพื่อพักอาศัย(Residential tall building)นี้จึงมีมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อทำให้เกิดความสะดวกในการเดินทางไปทำงาน<sup>3</sup> และอาคารเหล่านี้ยังมีความสะดวกสบายอื่นๆอีกมากมาย (ตารางที่1.2 และรูปที่1.1) ซึ่งอาคารสูงเหล่านี้จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการใช้พลังงานอย่างมาก เมื่อเทียบกับอาคารพักอาศัยรูปแบบอื่นบนพื้นที่ๆเท่ากันกล่าวคือ อาคารสูงเพื่อพักอาศัยนั้นจะมีขนาดพื้นที่ก่อสร้างไม่มากนักแต่กลับมีการปริมาณใช้งานบนพื้นที่ขนาดเล็กนั้นเพิ่มขึ้นมากกว่าที่พักอาศัยแบบอื่นๆ ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงสูงขึ้น จะดูได้จากแผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารแต่ละประเภท (รูปที่1.2) จะเห็นได้ว่าอาคารสูงเพื่อพักอาศัยนั้นจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเมื่อเทียบกับอาคารประเภทอื่นๆ

<sup>3</sup> นาย ทัศนอม อังคณะวัฒนา , ปัจจัยในการตัดสินใจอยู่อาศัยแบบอาคารชุดพักอาศัยของผู้มีรายได้สูงในเขตชั้นกลางถึงชั้นในของกรุงเทพมหานคร , วิทยานิพนธ์คณะพัฒนศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534 นี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 เหตุผลในการเลือกซื้อที่อยู่อาศัยแบบคอนโดมิเนียม

เหตุผล	คอนโดมิเนียม		
	ราคาประหยัด (ร้อยละ)	ราคาปานกลาง (ร้อยละ)	ราคาสูง (ร้อยละ)
ราคาถูกกว่าบ้านเดี่ยว หรือทาวน์เฮ้าส์	27.3	15.6	5.3
ไม่มีที่อยู่อาศัย	25.6	12.5	4.1
มาอยู่ใกล้ญาติพี่น้องซึ่งได้ซื้อก่อนหน้านี้	9.8	6.6	6.2
ค่าผ่อนส่งถูกและระยะผ่อนยาว	17.5	11.9	11.2
การคมนาคมสะดวกระหว่างบ้านกับที่ทำงาน	8.6	16.2	18.8
ระบบสาธารณูปโภคดี	6.9	18.6	23.8
มีสิ่งอำนวยความสะดวกดี	4.3	16.8	26.5
อื่นๆ	-	1.8	4.1
รวม	100.0	100.0	100.0

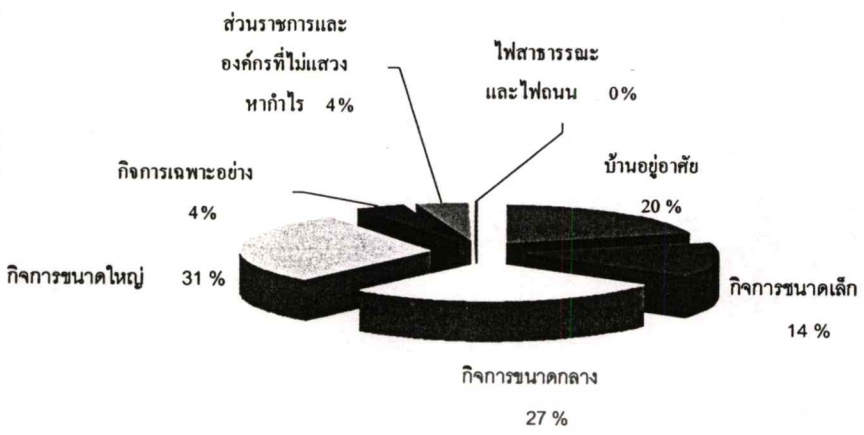
ที่มา : ข้อมูลจากรายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาสภาวะแวดล้อมของการอยู่อาศัยแบบคอนโดมิเนียม



ที่มา : กองข้อมูลที่อยู่อาศัย การเคหะแห่งชาติ

ภาพที่ 1.2 สัดส่วนที่อยู่อาศัยเปิดตัวใหม่ ปี พ.ศ. 2537-2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่มา : ข้อมูลจาก หนังสือ "รายงานประจำปี 2540 การไฟฟ้านครหลวง" จัดทำโดย ฝ่ายนโยบายและแผนวิสาหกิจ แหล่งข้อมูลจาก ห้องสมุดการไฟฟ้านครหลวง สำนักงานใหญ่

ภาพที่ 1.3 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนหน่วยไฟฟ้า (Gwh)เป็นร้อยละจำแนกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าใน เขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2540

อีกทั้ง ในปัจจุบันอาคารสูงเพื่อพักอาศัยเหล่านี้ได้ถูกละเลยในการออกแบบรูปแบบอาคารในแต่ละชั้นความสูงเพื่อให้สอดคล้องกับความเร็วลม และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละระดับความสูงของอาคาร ซึ่งเป็นผลทำให้ผู้ใช้อาคารได้รับปริมาณลมที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งในหลายๆอาคารได้มีการออกแบบให้มีช่องเปิด (Opening) เพียงด้านเดียวทำให้ลมที่เข้าสู่ภายในไม่มีทางออก นำไปสู่การระบายอากาศที่ไม่เหมาะสมกับการอยู่อาศัย คือ ผู้ที่อาศัยภายในจะรู้สึกสบาย (Comfort Zone) ความร้อนทั้งจากร่างกาย และบริเวณโดยรอบไม่สามารถถูกระบายไปได้ ในส่วนพักอาศัยที่อยู่บนชั้นที่สูงมากนั้น ปริมาณลมที่มากเกินไปจะทำความเสียหายกับข้าวของที่อยู่ด้านนอกอาคาร เช่น เสื้อผ้าที่ตากไว้ หรือ กระถางต้นไม้ เป็นต้น ส่วนภายในอาคารลมที่แรงจะทำให้วัสดุต่างๆเคลื่อนไหว (Movement of fixture) เช่น ประตู หน้าต่าง รูปแขวน หนังสือ โดยจะสร้างความรำคาญให้กับผู้ใช้อาคาร และในบางครั้งอาจถึงขั้นสร้างความเสียหายกับของเหล่านั้นด้วย ลมที่แรงอาจจะทำให้เกิดเสียงรบกวน(Noise)จากการสั่นและเสียดสีกันระหว่างโครงสร้างต่างๆเช่น ประตู หน้าต่าง และการที่มีลมลอดผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร(Air leakage)ก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดเสียงรบกวนด้วยเช่นกัน ซึ่งจากสาเหตุดังกล่าวอาจเกิดเสียงรบกวนถึง 70 dB<sup>4</sup> ซึ่งเป็นปริมาณเสียงที่ค่อนข้างเป็นที่รบกวนสำหรับอาคารพักอาศัย หรือการที่มีลมไม่เพียงพอ ก็อาจทำให้การรักษาสมดุลของร่างกายเป็นไปอย่างไม่สะดวกจึงไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย

<sup>4</sup> Council on Tall Buildings and Urban Habitat, (1981) Planning and Environmental Criteria for Tall Buildings, Planning and Design of Tall Building, Volume PC, American Society of Civil Engineers, New York

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Comfort Zone) จึงมีการใช้ระบบปรับอากาศขึ้นในภายในอาคาร และด้วยระบบปรับอากาศนี้เองที่เป็นปัจจัยส่วนใหญ่ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร (ตารางที่ 1.3) อีกทั้งอากาศที่ถูกระบายออกจาก Condensing Unit ของเครื่องปรับอากาศยังทำให้อากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าที่ควรจะเป็นอีกด้วย

ตารางที่ 1.3 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าภายในที่พักอาศัยแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าปี 2533(%)

ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า
เครื่องปรับอากาศ	24
พัดลม	13
หลอดฟลูออเรสเซนต์	13
ตู้เย็น	12
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	9
ทีวี	5
เตารีด	5
เครื่องซักผ้า	1
อื่นๆ	18
รวม	100

ที่มา : Thailand Load Forecast Working Group, Load Forecast for The Thailand Electric System, October 1989, Table 2-8

ดังนั้น เราจึงควรนำเอาความเร็วลมและสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในระดับความสูงต่างๆ มาใช้กับอาคารอย่างเหมาะสมโดยการใช้รูปแบบของช่องเปิด (Opening) และครีบบอาคาร (Wing-wall) เพื่อปรับปริมาณลมที่มาก หรือน้อยเกินไปให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อใช้การระบายอากาศและสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคารสูงเพื่อพักอาศัย ซึ่งอากาศที่อยู่ในระดับที่สูงขึ้นไปนั้นจะมีปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากไอเสียของยานพาหนะ และควันพิษต่างๆ ในระดับที่ต่ำ อีกทั้งแมลงต่างๆ เช่น ยุง ก็มีปริมาณที่น้อยกว่าในอากาศระดับต่ำ วิธีการแก้ปัญหาด้วยการนำรูปแบบของช่องเปิดและครีบบอาคารมาใช้้อย่างเหมาะสมในการระบายอากาศกับอาคารในแต่ละชั้นจึงเป็นวิธีหนึ่งเพื่อสร้างความสบาย ให้กับผู้ใช้อาคารแทนที่จะต้องใช้วิธีการปรับอากาศ (Air-condition) เสมอไปเช่นที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และเป็นการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรุงเทพมหานครอีกด้วย

## 1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

- ได้รูปแบบของช่องเปิด (Opening) และลักษณะครีบบอาคาร (Wing-wall) ที่ทำให้เกิดความเหมาะสมกับลักษณะการใช้สอยภายใน โดยที่ครีบบอาคารช่วยในการทำให้ลักษณะลมที่จะเข้าสู่ช่องรับลม (Inlet Opening) สอดคล้องกับความต้องการ ส่วนรูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงสภาพลักษณะของลมภายในอาคาร
- ได้รูปแบบช่องเปิด (Opening) และครีบบนภายนอกอาคาร (Wing-wall) ที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาพของความเร็วลมและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปตามระยะความสูงของอาคาร ดังนั้นรูปแบบของช่องเปิด(Opening) และครีบบนภายนอกอาคาร (Wing-wall) ในแต่ละชั้น (Floor) ของอาคารจะมีความแตกต่างกันไป
- สามารถนำไปใช้งานจริงในอาคารสูงเพื่อพักอาศัย หรือนำไปปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) โดยการใช้ลมธรรมชาติซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานในการใช้วิธีการอื่นๆ เพื่อสร้างความสบาย
- สามารถลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศในอาคาร โดยใช้การระบายอากาศเพื่อสร้างความสบายเป็นหลัก ส่วนระบบปรับอากาศจะใช้ในช่วงเวลาที่วิกฤติจริงๆ เท่านั้น

## 1.3 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาและออกแบบลักษณะของช่องเปิด (Opening) และลักษณะครีบบอาคาร (Wing-wall) ในแต่ละชั้น (Floor) ของอาคารสูงสำหรับพักอาศัย (Residential tall building) ที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาพของความเร็วลมและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปตามระยะความสูงของอาคาร เพื่อที่ลักษณะที่แตกต่างกันของครีบบอาคาร (Wing-wall) และช่องเปิด (Opening) ในแต่ละชั้นของอาคารจะสามารถช่วยสร้างลักษณะของลมที่เข้าสู่ช่องลมเข้า (Inlet) และลักษณะของลมภายในอาคารเพื่อสอดคล้องกับลักษณะการใช้สอยภายใน และเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคารทั้งในด้านอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม (Thermal Comfort) และคุณภาพอากาศภายใน (Air Quality) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีวัตถุประสงค์คือ

- เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Passive ventilative cooling) ในอาคารสูงสำหรับพักอาศัย (Residential tall building)
- เพื่อศึกษาและเสนอแนะ ลักษณะของช่องเปิด(Opening) และครีบบอาคาร (Wing-wall) เพื่อช่วยให้การระบายอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และควบคุมความเร็วลมเข้ามาสู่ภายในอาคารอย่างเหมาะสม โดยมีความสอดคล้องกับลักษณะการใช้สอยภายในเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจากการใช้ระบบปรับอากาศ (Air condition) ในการสร้างสภาวะน่าสบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อปรับใช้ให้เหมาะสมกับอาคารอื่นๆต่อไป
- เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

#### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- ทำการศึกษาอาคารสูงเพื่อพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร
- ในการวิจัยเพื่อหาแนวทางการออกแบบช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wing-wall) จะทำเฉพาะประเภทอาคารที่มีสภาพแวดล้อม(Existing environment) ที่ปกติ คือ ไม่นหนาแน่น หรือเบาบาง จนเกินไป
- ศึกษาความสบายที่เกิดจากการระบายอากาศ
- ศึกษาเพื่อออกแบบช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wing-wall) ที่มีความเหมาะสมในอาคารสูงเพื่อพักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ผู้ใช้อาคารเกิดความสบาย
- ในการวิจัยเพื่อหาแนวทางการออกแบบช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wing-wall) จะทำการเก็บข้อมูลสภาพอากาศ และความเร็วลมภาคสนาม ในอาคารสูงเพื่อพักอาศัยประมาณ 30 - 40 ชั้น ในเขตกรุงเทพมหานคร และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาแนวทางการออกแบบ
- มีการทำหุ่นจำลอง (Model) เพื่อนำเข้าทดลองในอุโมงค์ลม (Wind tunnel) เพื่อทำการประเมินผล และสรุปผลการวิจัย

#### 1.5 สมมติฐานการวิจัย

- อาคารพักอาศัยเป็นอาคารที่มีปริมาณมาก จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศ หากสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทนี้ก็จะสามารถผ่อนภาระในการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทยลงอย่างมาก
- กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงที่มีความหนาแน่นสูง และมีปริมาณของอาคารสูงเพื่อพักอาศัยสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดอื่นๆในประเทศไทย จึงนำอาคารสูงเพื่อพักอาศัยในกรุงเทพมหานครมาทำการวิจัย
- การระบายอากาศ (Ventilative cooling) เป็นปัจจัยสำคัญที่ประหยัดและสามารถทำให้เกิดสภาวะน่าสบายในอาคารประเภทพักอาศัย เนื่องจากลมสามารถที่จะลดความชื้น และอุณหภูมิได้
- อาคารสูงเพื่อพักอาศัยในปัจจุบันต้องใช้เครื่องปรับอากาศเสมอ เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงการออกแบบเพื่อรับแรงลมธรรมชาติ ซึ่งจะมีปริมาณและคุณภาพอากาศที่ดีในระดับที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาคารสูงเพื่อพักอาศัยเป็นอาคารที่สามารถนำเอาลมจากภายนอกเข้าสู่อาคารโดย วิธีการออกแบบรูปแบบช่องเปิด และครีบบอาคารเพื่อสร้างสภาวะสบายได้
- การระบายอากาศที่ดีภายในอาคาร นอกจากการออกแบบให้อาคารวางอยู่ในทิศทางที่เหมาะสมแล้ว ยังต้องมีการออกแบบ Facade ของอาคารให้สามารถตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในระดับความสูงที่แตกต่างกัน
- ลักษณะรูปแบบการเคลื่อนไหวของลมเมื่อมีสิ่งกีดขวาง มีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบรูปแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร เพื่อให้สามารถควบคุมลมให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมอย่างมีประสิทธิภาพกับผู้ใช้อาคาร

## 1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

- มาตรฐานในเรื่องความเร็วลม และ คุณภาพอากาศภายในอาคาร จะใช้มาตรฐานสากลสำหรับลักษณะกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละห้อง หรือบริเวณต่างๆในอาคารเป็นเกณฑ์
- สภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องเนื่องในการทำวิจัยทั้งหมด จะใช้ค่าเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยา ระหว่างปี พ.ศ.2534-2543 โดยนำค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อออกแบบ
- มีการแบ่งช่วงเวลาเพื่อพิจารณาการออกแบบตามการใช้สอยของแต่ละห้อง
- ค่าแปรผันของความเร็วลม ณ ระดับความสูงต่างๆให้ยึดถือตามมาตรฐานสากลเป็นเกณฑ์
- ลักษณะลมที่กระทำต่อส่วนต่างๆของอาคาร ไม่ว่าจะเป็ทิศทาง หรือความเร็วที่เปลี่ยนแปลงให้ยึดถือตามมาตรฐาน และผลการทดลองที่เป็นสากลเป็นเกณฑ์
- อาคารสูงเพื่อพักอาศัยที่ทำการวิจัยจะมุ่งไปที่อาคารที่มีความสูงมากกว่า 60 เมตรขึ้นไป และต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารมาเกิดขวางทิศทางของลม อีกทั้งบริเวณข้างเคียงของอาคารจะต้องไม่มีอาคารสูงมาเกิดขวางทางลมเช่นกัน ซึ่งโดยปกติในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยจะคำนึงถึงความเป็นส่วนตัว (Privacy) ของผู้ใช้อาคารอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่ควรม้อาคารอยู่ในระยะที่ใกล้จนเกินไป
- ในการวัดความเร็วลมในตัวอย่งอาคารสูงเพื่อพักอาศัย เนื่องจากว่าไม่สามารถที่จะทำการวัดในทุกๆชั้นของอาคารได้พร้อมกันทั้งหมด จึงต้องทำการวัดเพียงบางชั้นของอาคารแล้วนำมาเฉลี่ยเป็นค่าในแต่ละชั้น หรืออาจจำเป็นต้องใช้สูตรคำนวณเข้าช่วยในกรณีที่ไม่สามารถวัดค่าได้โดยตรง
- เลือกพิจารณาข้อมูลในส่วนของห้องนอน และส่วนนั่งเล่น-ทานอาหาร เท่านั้น ห้องครัว และห้องน้ำเป็นห้องที่มีกิจกรรมภายในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น จึงไม่นำมาพิจารณา และพิจารณาเป็นช่วงเวลาการใช้งานในแต่ละห้อง คือ ห้องนอน จะพิจารณาในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และห้องนั่งเล่น-ทานอาหาร จะพิจารณาในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง อีกทั้งตำแหน่งภายในห้องที่ทำการพิจารณาจะเป็นตำแหน่งที่มีการใช้งาน ในส่วนที่เป็นทางสัญจรนั้นไม่นำมาพิจารณารวม เนื่องจากต้องการให้ค่าที่ได้เป็นค่าของตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยหลักเท่านั้น

- การวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราการถ่ายเทอากาศ และอุณหภูมิภายใน จะพิจารณาเป็น 4 ช่วงความเร็วลม คือ ในส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1 ชั้นที่10 ชั้นที่20 และชั้นที่30 ซึ่งความเร็วลมภายในและอุณหภูมิภายในระหว่างชั้น 1 และชั้นที่30 มีความแตกต่างกันไม่มาก จึงสามารถพิจารณาข้อมูลเป็นช่วงๆได้โดยไม่มีปัญหาใดๆ
- ดัชนีทางสภาวะน่าสบายใช้ ดัชนี ECI เป็นมาตรฐาน

## 1.7 การดำเนินการวิจัย

- ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดต่างๆในเรื่องการระบายอากาศ และสภาวะสบาย(Comfort level) ในด้านอุณหภูมิ เสียงรบกวน ความชื้น ความเร็วลม และคุณภาพอากาศภายในอาคาร ต่อผู้ใช้อาคาร
- ทำการศึกษา และเก็บข้อมูลโดยการวัดค่าความเร็วลม ความชื้น อุณหภูมิ จากอาคารตัวอย่าง หรืออาจจะให้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา หรือการคำนวณ เพื่อเก็บเป็นสถิติโดยอาจจำเป็นต้องมีการคำนวณเข้าช่วยเพื่อให้ข้อมูลเบื้องต้นสมบูรณ์ เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป
- จัดทำหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างเพื่อทดสอบลักษณะลมที่กระทำกับอาคารในอุโมงค์ลม โดยการทดสอบจะสอดคล้องกับความเป็นจริงของอาคารจากการเก็บสถิติหรือจากการคำนวณ
- ใช้โปรแกรม I-deas 6.0 เพื่อจำลองกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เพื่อเป็นฐานข้อมูลเพื่อพิจารณารูปแบบของช่องเปิด และครีบอลังการ
- จัดทำหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างที่มีการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิด และหรือครีบอลังการ ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดีที่สุด เพื่อทดสอบในอุโมงค์ลม
- คำนวณหาความเร็วลมภายในที่ทำให้มีการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม และทำให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายในที่เกิดจากการปรับปรุงรูปแบบของช่องเปิด และหรือครีบอลังการ
- นำเสนอรูปแบบของช่องเปิด(Opening) และลักษณะครีบอลังการภายนอก(Wing-wall) เพื่อผลในการระบายอากาศภายในอาคารโดยวิธีธรรมชาติ(Passive ventilative cooling)
- ทำการประเมินผลและทดสอบแบบจำลองของรูปแบบที่น่าเสนอ ในรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสรุปผลการวิจัย
- สรุปผลการออกแบบและข้อเสนอแนะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.8 ระยะเวลาในการทำวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัย

เดือน

พ.ย.    ธ.ค.    ม.ค.    ก.พ.    มี.ค.    เม.ย.

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวความคิดต่างๆ ████████████████████
2. ศึกษาและวิเคราะห์เพื่อกำหนดรูปแบบ  
ของช่องเปิด และลักษณะ wingwall ████████████████████
3. การนำเสนอรูปแบบของช่องเปิด(Opening)  
ลักษณะWingwall และเทคนิคประกอบ ████████████████████
4. ประมวลผล และ ทดสอบ ████████████████████
5. เปรียบเทียบผล ████████████████████
6. สรุปผล และ ข้อเสนอแนะ ████████████████████



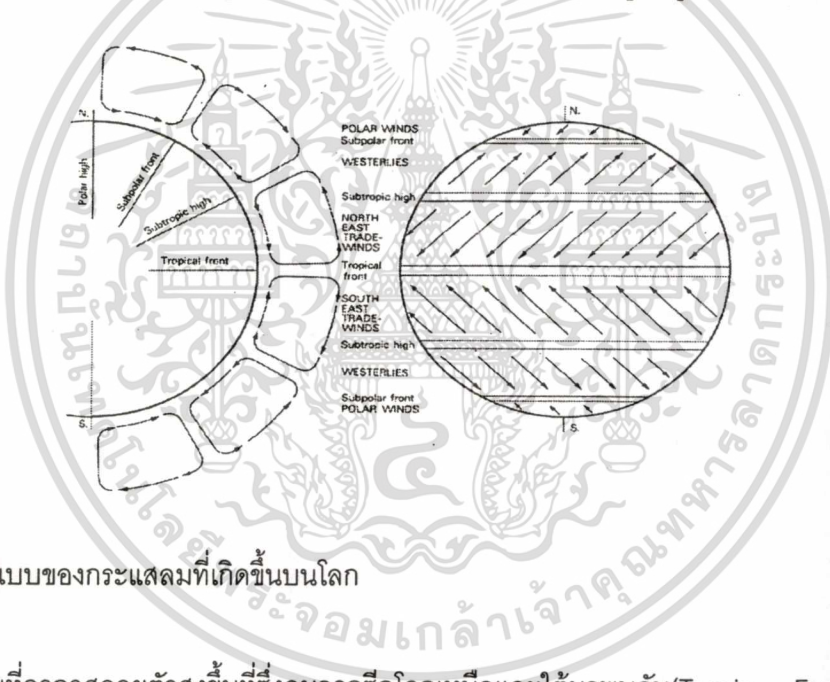
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ลักษณะภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

### 2.1 ลักษณะและการเกิดของลมบนโลก

ลม คือ อากาศที่มีการเคลื่อนที่ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่ของโลก ในบริเวณที่มีความร้อนสูงสุดซึ่งจะอยู่ระหว่างเส้น Tropic of Cancer และ Tropic of Capricorn อากาศ ณ บริเวณดังกล่าวจะถูกทำให้ร้อนขึ้นด้วยพื้นผิวของพื้นที่ที่ร้อน โดยที่อากาศจะขยายตัวและมีความกดอากาศที่ต่ำลงจากนั้นจะลอยตัวสูงขึ้นและลอยตัวไปหาภูมิภาคที่เย็นกว่า ซึ่งอากาศนั้นจะเย็นตัวและตกลงใน Subtropic Regions อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำลงจะมีความกดดันสูงซึ่งจะพัดเข้าหาเส้นศูนย์สูตรแทนที่อากาศร้อนที่ลอยตัวสูงขึ้นทั้งจากด้านเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 รูปแบบของกระแสลมที่เกิดขึ้นบนโลก

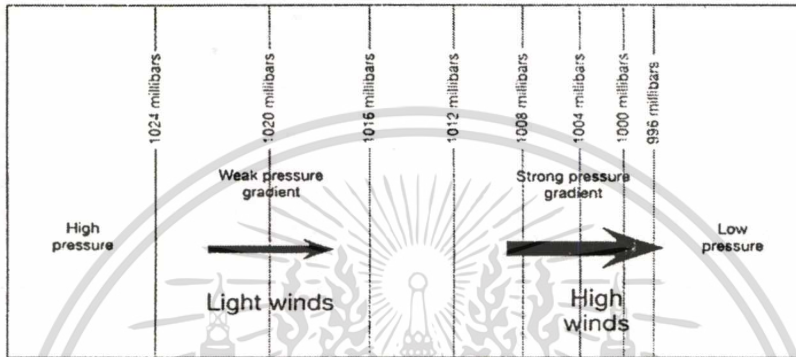
บริเวณที่อากาศลอยตัวสูงขึ้นที่ซึ่งลมจากซีกโลกเหนือและใต้มาพบกัน (Tropic Front) จะเรียกบริเวณนี้ว่า Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ) บริเวณดังกล่าวจะมีลมสงบถึงลมอ่อนๆ ซึ่งนักเดินเรือทั้งหลายได้ตั้งชื่อบริเวณนี้ว่า "Doldrums" ซึ่งหมายถึง มหาสมุทรที่มีความสงบและมีลมเพียงเล็กน้อยตัวแปรในการควบคุมลักษณะของลมผิวพื้น มีด้วยกัน 3 ประการ

1. ความชันของความกดอากาศ (The pressure Gradient Force) ซึ่งจะเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่อความเร็วลมลักษณะของ Pressure Gradient Force จะมีแนวพุ่งออกจากตำแหน่งความกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศต่ำ ซึ่งจะมีแนวตั้งฉากกับเส้น Isobars<sup>5</sup> (ภาพที่ 2.2) โดยระยะห่างของ Isobars จะชี้ให้เห็นถึง

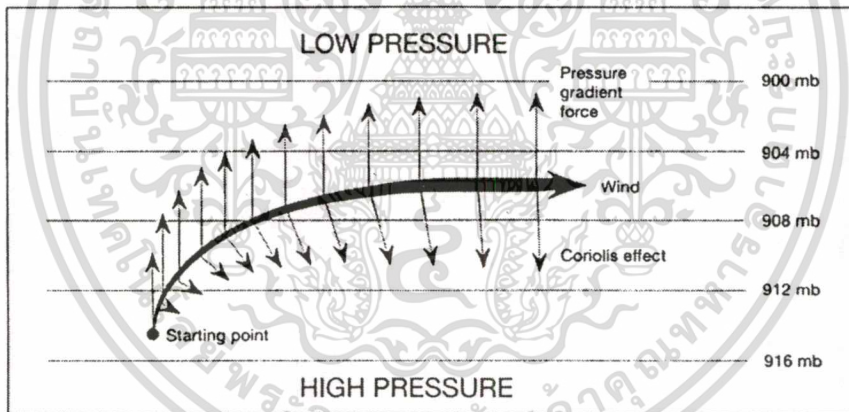
<sup>5</sup> Isobars คือ แนวเส้นของความกดอากาศซึ่งลากเชื่อมโยงไปตามตำแหน่งที่มีความกดอากาศที่เท่ากันในแต่ละเส้น

ความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพื้นที่ โดยที่หากเส้น isobars มีความถี่มาก Pressure Gradient Force จะมากขึ้นด้วย ซึ่งก็หมายถึงจะเกิดความเร็วลมที่สูง

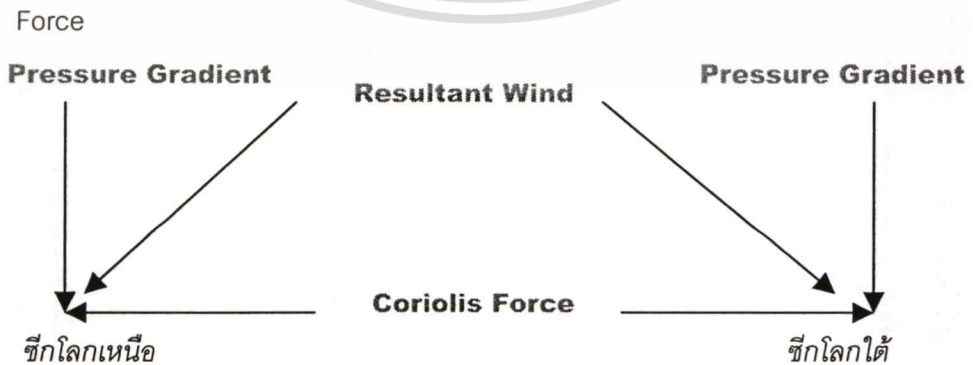
2. แรงที่เกิดจากการที่โลกหมุนรอบตัวเอง (The Coriolis Force) ทิศทางของลมที่เกิดขึ้นบนโลกนั้นจะไม่ได้มีทิศทางเดียวกับ Pressure Gradient Force ซึ่งตั้งฉากกับ Isobars เนื่องจากว่ามีแรงที่เกิดขึ้นจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองมากจะทำให้ทิศทางเกิดการเปลี่ยนแปลงไป (ภาพที่ 2.3) ซึ่งในซีกโลกเหนือ Coriolis Force จะมีทิศทางไปทางขวาของทิศทาง Pressure Gradient และในซีกโลกใต้ Coriolis Force จะมีทิศทางไปทางซ้าย (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความชันของความกดอากาศ (Pressure Gradient)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของแรงเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง (Coriolis Force) ที่กระทำต่อ Pressure Gradient



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของแนวแรงของ Coriolis Force และ Pressure Gradient Force

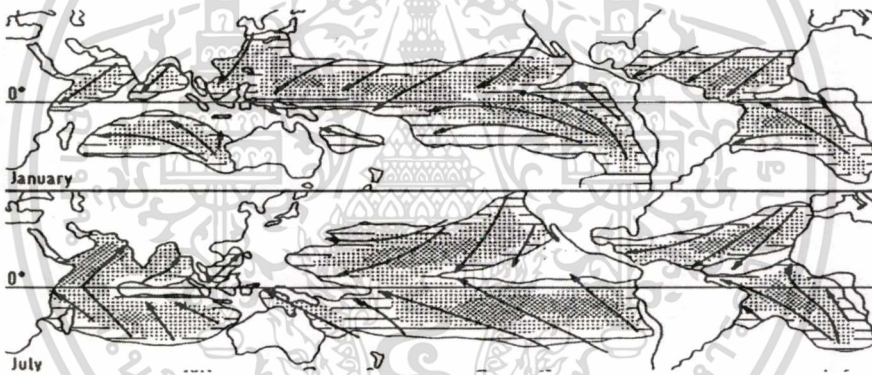
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แรงเสียดทาน (Friction Force) แรงเสียดทานจะมีผลต่อลักษณะของลมเพียงแค่มุมในระดับผิวพื้น คือ สูงจากพื้นดินถึงประมาณ 2-3 กิโลเมตร หากเป็นลมชั้นบนจะไม่มีแรงเสียดทานเกิดขึ้น ตามที่ทราบกันว่าแรงเสียดทานจะลดความเร็วลมลงแต่มันยังสามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางลมได้อีกด้วย เนื่องจากจะทำให้เกิดแรงเฉื่อยขึ้นมา การที่แรงเสียดทานสามารถลดความเร็วลมจะมีขั้นตอนดังนี้ คือ แรงเสียดทานจะไปลด Coriolis Force แล้วจากนั้น Coriolis Force จะไปลดความเร็วลมตามลำดับ ซึ่งความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไปนี้จะไม่ มีผลกระทบใดๆกับ Pressure Gradient ในบริเวณพื้นผิวของมหาสมุทรที่ราบเรียบจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นน้อยทำให้ทิศทางลมทำมุมกับ Isobars เพียงเล็กน้อย ประมาณ 10-20 องศา แต่หากว่าพื้นที่นั้นหยابและมีแรงเสียดทานที่สูงทิศทางลมอาจจะทำมุมกับ Isobars ถึง 45 องศา ก็อาจเป็นไปได้

ชนิดของลมประจำที่เกิดขึ้นบนโลก

- ลมสินค้า (Trade-Winds)

ลมสินค้าเกิดขึ้นบนตำแหน่งบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรประมาณละติจูดที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วลมสินค้าจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้เข้าสู่เส้นศูนย์สูตรในซีกโลกใต้ ส่วนในซีกโลกเหนือจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่เส้นศูนย์สูตร (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 ลักษณะลมสินค้าที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน มกราคม และ กรกฎาคม

- ลมตะวันตกในเขตอบอุ่น (Mid-Latitude westerlies)

ประมาณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่อากาศเย็นจาก 2 เขตอากาศมีทิศทางตกลงสู่พื้นโลกจะทำให้มีความกดอากาศที่สูง ลมในบริเวณนี้จะเบาและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยที่ทิศทางของลมจะมีทิศทางพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในซีกโลกเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือในซีกโลกใต้ (ภาพที่ 2.1) แต่ลมในซีกโลกใต้จะค่อนข้างมีความแรงมากกว่าในซีกโลกเหนือในบางครั้งอาจจะมีความเร็วลมสูงถึง 20 น็อต ซึ่งเป็นความเร็วลมที่สูงมากเมื่อเทียบกับระดับความเร็วลมเฉลี่ยทั่วไปของลมผิวพื้นลมขั้วโลก (Polar Wind)

เกิดขึ้นในบริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้จนถึงขั้วโลก ลักษณะของลมจะคล้ายกับลมสินค้า ซึ่งพัดจากบริเวณอากาศเย็นไปสู่บริเวณที่มีความอบอุ่นกว่า และจะถูก Coriolis Force กระทำให้ทิศทางเปลี่ยนแปลงไป (ภาพที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ลมฟ้าอากาศในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude) ที่ 5 องศา 37 พิลิปดา เหนือ กับ 20 องศา 27 พิลิปดา เหนือ และ ระหว่างเส้นแวง (Longitude) ที่ 97 องศา 22 พิลิปดา ตะวันออก กับ 105 องศา 37 พิลิปดา ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศใกล้เคียงดังนี้



ทิศเหนือ	ติดประเทศพม่า และลาว
ทิศตะวันออก	ติดประเทศลาว กัมพูชา และอ่าวไทย
ทิศใต้	ติดประเทศมาเลเซีย
ทิศตะวันตก	ติดประเทศพม่า และทะเล อันดามัน

### 2.2.1 ลักษณะภูมิอากาศ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน ภูมิอากาศของประเทศไทยจึงร้อนอบอ้าวถึงแม้ว่าจะลอมอากาศเย็นจากประเทศจีนจะผ่านเข้ามาได้เป็นครั้งเป็นคราวในระหว่างฤดูหนาว อุณหภูมิก็ยังสูงกว่าจุดเยือกแข็งยกเว้นตามยอดเขาสูงๆอาจจะเกิดเกล็ดน้ำแข็งได้แต่ก็ไม่บ่อยนัก ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงไปได้มากจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง และจากฤดูกาลหนึ่งไปยังอีกฤดูกาลหนึ่ง แต่ละภาคก็มีฤดูฝนและฤดูแล้งที่แน่นอนลงไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสลมที่พัดพาความชุ่มชื้นเข้าไปยังบริเวณนั้นๆ ฝนส่วนใหญ่จะเกิดในรูปของฝนฟ้าคะนอง ปริมาณเมฆก็เปลี่ยนแปลงมาจากฤดูกาลหนึ่งไปยังอีกฤดูกาลหนึ่ง ปริมาณเมฆจะมากที่สุดตั้งแต่เดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน พายุโซนร้อนเคลื่อนเข้าใกล้ประเทศไทยจากทิศตะวันออกได้บ้างบางครั้งบางคราว แต่ก่อนที่จะถึงประเทศไทยพายุเหล่านี้จะผ่านภูเขาสูงที่ขนานกับชายฝั่งของสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทำให้พายุอ่อนกำลังลงไปได้มาก (ดูสถิติสภาพอากาศในภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูมิอากาศของประเทศไทยขึ้นอยู่กับระบบลมที่สำคัญ ซึ่งพัดตามฤดูกาล 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

- **ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้**

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กึ่งกลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆและฝนตกชุกทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเลและเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น

- **ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ**

หลังจากหมดอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้ว ประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลีย และจีน จึงพัดพาเท้ามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้จะมีฝนตกชุก โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก เนื่องจากมรสุมนี้จะนำความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม ช่วงระหว่างลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เรียกว่า ช่วงเปลี่ยนฤดู ซึ่งแสดงลักษณะโดยที่ลมมีทิศทางไม่แน่นอน ช่วงระหว่างกลางเดือนมีนาคม ไปถึงกลางเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่แห้งเริ่มเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ชุ่มชื้นกว่า อากาศในประเทศไทยในระยะนี้ร้อนอบอ้าวมีอุณหภูมิสูงสุด แต่มวลอากาศเย็นจากประเทศจีนยังสามารถแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบนได้บ้างเป็นบางครั้งบางคราว ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองอย่างแรงได้

### 2.2.2 อุณหภูมิ (Temperature)

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ และฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่ายปกติจะสูงถึงเกือบ 40 องศาเซลเซียส ร้อนจัดที่สุดในรอบปี ส่วนในฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้ามีค่าลดลงอยู่ในเกณฑ์หนาวถึงหนาวจัด โดยเฉพาะเดือนธันวาคม ถึงเดือนมกราคม เป็นช่วงที่มีอากาศหนาวมากที่สุดในรอบปี

### 2.2.3 ความชื้น (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์อาจสูงถึง 100% ในช่วงเวลาเช้า หรือในบริเวณใกล้พื้นดิน แม้ว่าความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดปี ความชื้นในช่วงเวลาเช้าก็ยังคงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเดือนธันวาคม และ มกราคม เป็นเดือนที่อากาศแห้งที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์ในเวลากลางวันจะลดลงอยู่ระหว่าง 40-50% เท่านั้น

เมื่อย่างเข้าสู่ฤดูร้อนในเดือนมีนาคม และเดือนเมษายน ลมเริ่มเปลี่ยนเป็นทิศใต้และตะวันออกเฉียงใต้ พัดจากอ่าวไทยเข้าสู่ประเทศความชื้นอากาศจะเริ่มสูงขึ้น แต่เนื่องจากอุณหภูมิอากาศอยู่ในระดับที่สูง ความชื้นสัมพัทธ์จึงจะไม่สูงมากในระยะนี้ ในระหว่างเดือนเมษายน และต้นเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นระยะอากาศร้อนมาก ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 60-70%

#### 2.2.4 ปริมาณฝน (Rainfall)

โดยทั่วไปประเทศไทยมีฝนตกอยู่ในเกณฑ์ที่ พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝน 1,200-1,600 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,580 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่แปรผันไปตามลักษณะภูมิประเทศนอกเหนือจากการแปรผันตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้งและมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อน ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้นบ้างพร้อมกับพายุฝนฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มมากขึ้นมากโดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขาหรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศและบริเวณภาคตะวันออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด มีปริมาณฝนรวมกันตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยส่วนใหญ่อยู่ด้านหลังเขา ได้แก่พื้นที่บริเวณตอนกลางของภาคเหนือ และภาคกลาง และบริเวณด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับภาคใต้มีฝนตกชุกตลอดทั้งปียกเว้นช่วงฤดูร้อน

#### 2.2.5 ลมผิวพื้น (Surface Winds)

ลมผิวพื้นอ่อนในเวลากลางวัน และค่อนข้างสงบในเวลากลางคืน (ดูภาพที่ 2.7) ยกเว้นบริเวณที่มีพายุฝนฟ้าคะนองอาจกระโชกแรงได้บางโอกาส ลมผิวพื้นที่แรงที่สุดที่เกิดในบริเวณพายุฝนฟ้าคะนองจะเกิดในฤดูร้อนระหว่างเดือนมีนาคม และเมษายน ลมผิวพื้นที่พัดปกคลุมประเทศไทยตามฤดูกาลมี 2 ระบบที่สำคัญ คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดปกคลุมในฤดูหนาว และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมในฤดูฝน ส่วนฤดูเปลี่ยนมรสุมลมมักจะอ่อนและทิศทางไม่แน่นอน

### 2.3 สภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร

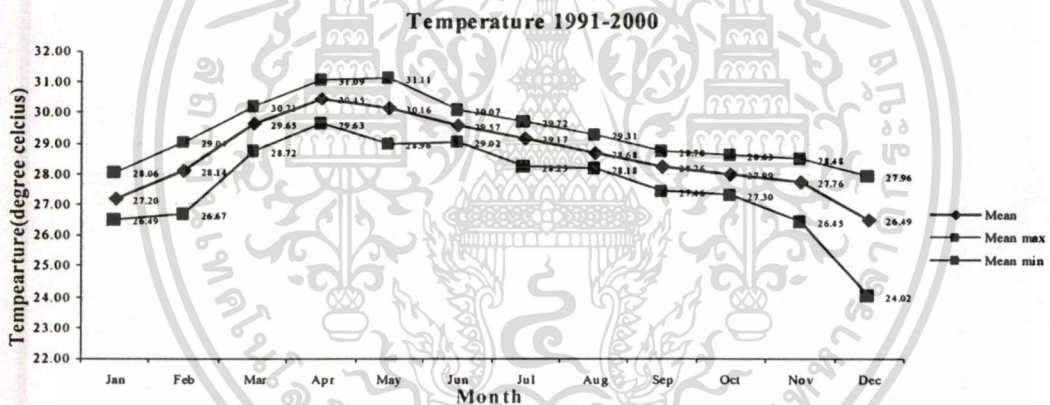
การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ใดๆซึ่งจะทำการออกแบบอาคารมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ทราบแนวทางการออกแบบเพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่นั้นๆ แน่แน่นอนว่าในแต่ละพื้นที่ย่อมมี Design Criteria และ Design Strategy ที่แตกต่างกัน สำหรับการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศเพื่อหาแนวทางการออกแบบครีบบนอาคารและช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศในอาคารสูง (A Design of Wingwall and Opening for Cross-Ventilation in Tall-Building) จะทำการวิเคราะห์เพื่อนำไปหาค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสบายที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ จากนั้นก็จะหาค่าการวิเคราะห์เพื่อทำการเปรียบเทียบหาช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมเพื่อนำความสบายเข้าสู่อาคาร และการวิเคราะห์ลักษณะของลมเนื่องจากว่าในการวิจัยนี้มุ่งเน้นไปในด้านการออกแบบเพื่อการระบายอากาศเพื่อก่อให้เกิดความสบายขึ้นภายในอาคาร ดังนั้นลักษณะของลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดๆจึงจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปวิเคราะห์เพื่อช่วยในการออกแบบในขั้นต่อไป

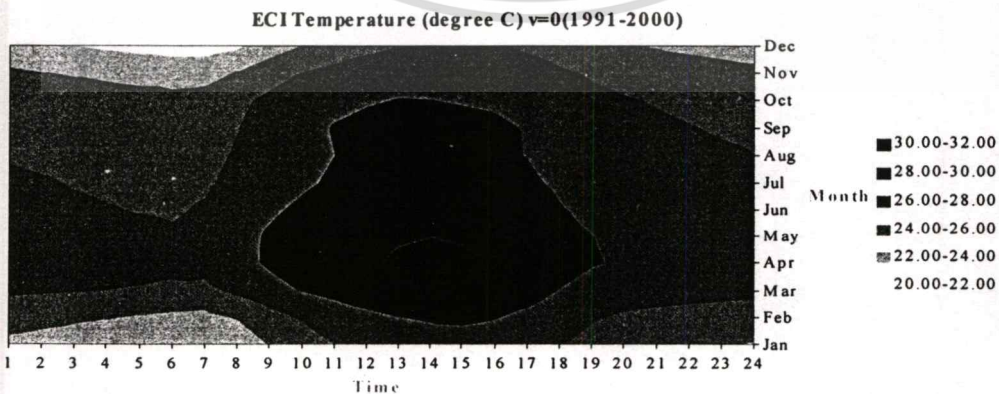
ข้อมูลอากาศที่จำเป็นในการวิจัยนี้ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Dry-Bulb Temperature, ECI Temperature, Degree Day)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. ความเร็วและทิศทางลม (Velocity and Direction of Wind)

**อุณหภูมิ (Temperature)** จากภาพที่ 2.6 และ 2.7 จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปีของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 – พ.ศ. 2543 ในช่วงเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดโดยจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส (เป็นECI Temperature) โดยที่คิดในขณะความเร็วลมเป็น 0 m/s



ภาพที่ 2.6 Mean Monthly Temperature ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543

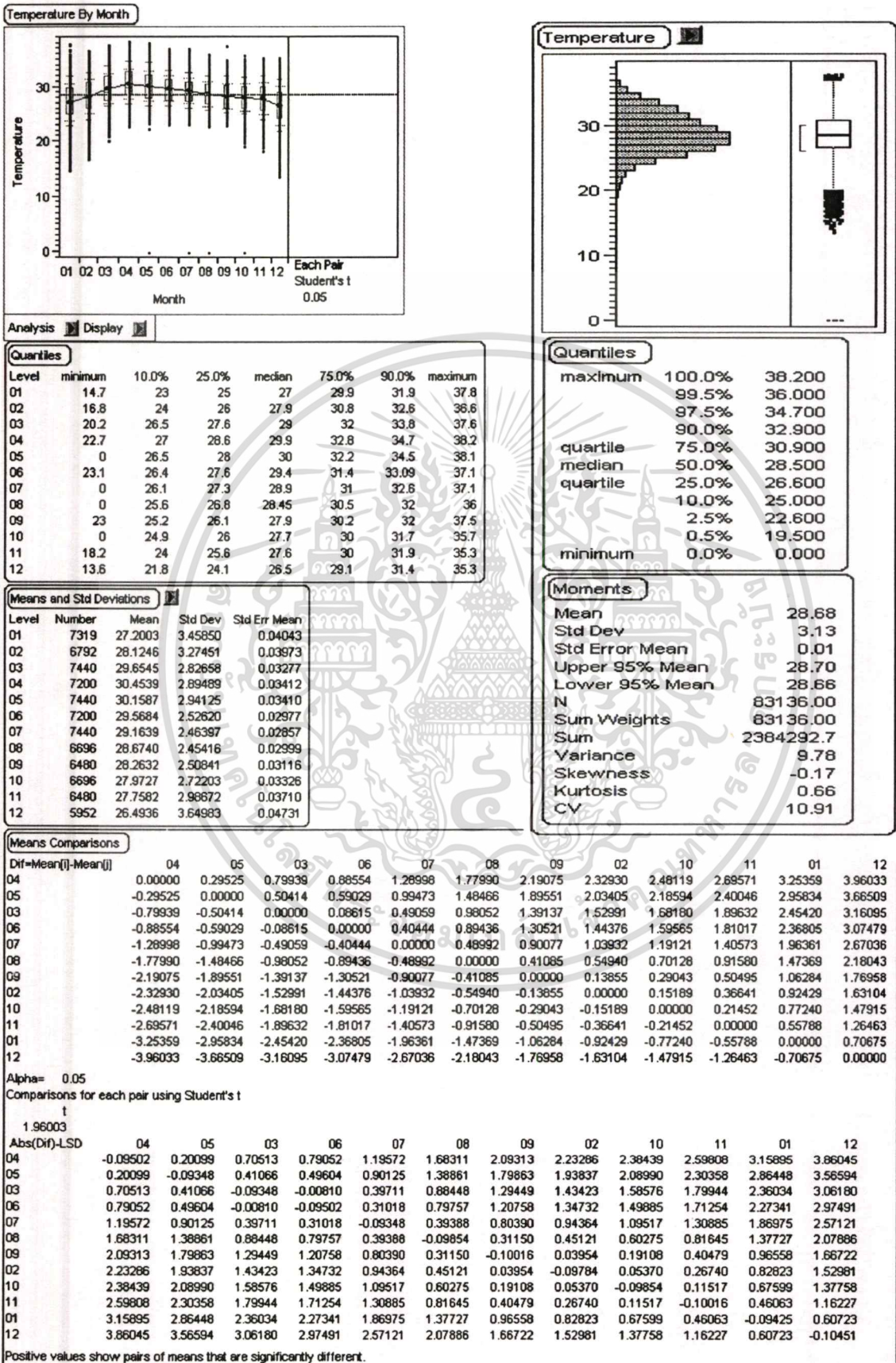


ภาพที่ 2.7 Mean Monthly Temperature (ECI Temperature) ซึ่งถูกPlot เป็นเส้นความชัน (Contour) ของ

กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของภาพรวมของอุณหภูมิในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 - พ.ศ.2543

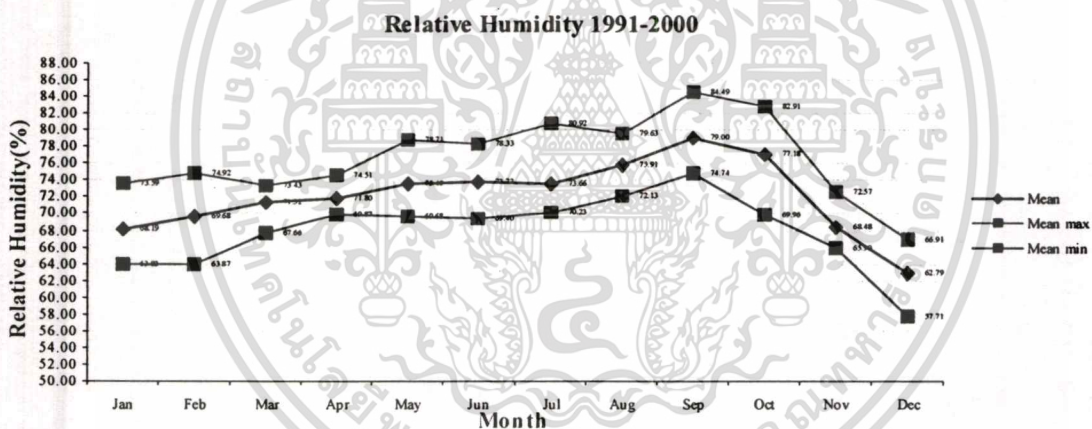


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตารางที่ 2.1 จะแสดงถึงการกระจายของข้อมูลอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร โดยการประมวลจากข้อมูลอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาโดยใช้โปรแกรม JMP ประมวลผล ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงค่า Quartiles และ Standard Deviation โดยแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลอุณหภูมิทั้งหมด และค่าการเฉลี่ยรายเดือนโดยมีเส้นแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) แสดงประกอบพร้อมทั้งค่า Quartiles, Std. Deviation และ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนต่างๆ (Mean Comparisons) โดยเรียงลำดับค่าความแตกต่างจากน้อยไปมากโดยไม่คำนึงถึงลำดับของเดือน

จากตารางดังกล่าวค่า Std. Deviation ที่มากที่สุดนั้นจะบ่งบอกถึงอากาศซึ่งแห้งโดยที่จะมีค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิมาก (ดูจากกราฟด้านบนของตาราง 2.1 ประกอบ) และในช่วงฤดูฝนซึ่งมีความชื้นสูง ความแตกต่างของอุณหภูมิจึงมีน้อย และจากตารางของค่า Quartiles นั้นเราสามารถดูแนวโน้มการเกาะตัวกันของอุณหภูมิในแต่ละเดือน ตัวอย่างเช่น เดือนมกราคม (01) แม้ว่าอุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ที่  $37.8^{\circ}\text{C}$  แต่เมื่อดูภาพรวมแล้วอุณหภูมิจะไม่เกิน  $30^{\circ}\text{C}$  เป็นส่วนใหญ่

**ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)** ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจะมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน (ดูภาพที่ 2.8 และตารางที่ 2.2) ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน



ภาพที่ 2.8 Mean Monthly Relative Humidity ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543

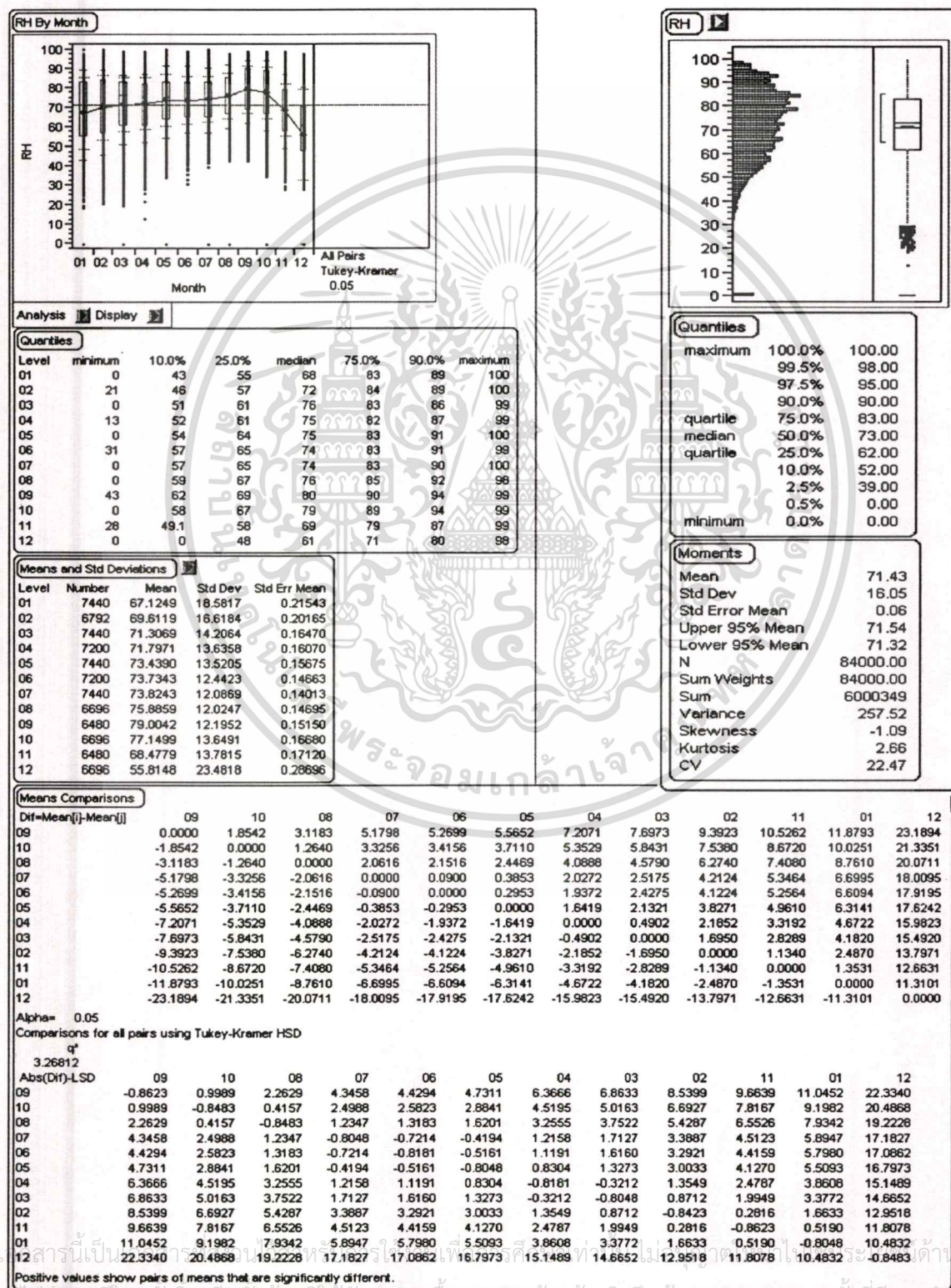
จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่ามีข้อมูลบางส่วนซึ่งความชื้นสัมพัทธ์เป็น 0% ทั้งนี้เกิดจากไม่มีการบันทึกข้อมูลดิบบางส่วนไว้จึงเกิดการผิดพลาดเมื่อนำเข้ามาวิเคราะห์โดยเฉพาะในเดือนธันวาคมซึ่งมีค่า Std. Deviation เท่ากับ 23.348 ซึ่งดูขัดแย้งจากกราฟซึ่งถูก Plot ขึ้นมา อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถที่จะอ่านค่าโดยรวมได้ คือ ในเดือนที่มีค่า Std. Deviation ยาวจะอยู่ในช่วงฤดูหนาวซึ่งจะมีค่าความชื้นที่ต่ำอยู่ในข้อมูลด้วย (สังเกตจากเส้นสีดำในแนวตั้งของกราฟที่อยู่ในตารางที่ 2.2)

สำหรับ Box-Plot ที่แสดงค่า Quartiles นั้นจะแสดงการเกาะตัวกันของช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ เช่น ในเดือนกรกฎาคมจะเห็นว่า Box-plot จะสั้นซึ่งแสดงว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยส่วนใหญ่จะเกาะอยู่ใกล้ๆกับค่าเฉลี่ยกึ่งกลาง (Mean) ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าวในเดือนกรกฎาคม คือ 74% แต่สำหรับในเดือนมกราคมนั้นจะมี Box-plot ที่กว้างหมายความว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์มีการกระจายตัวมากกว่าเดือนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

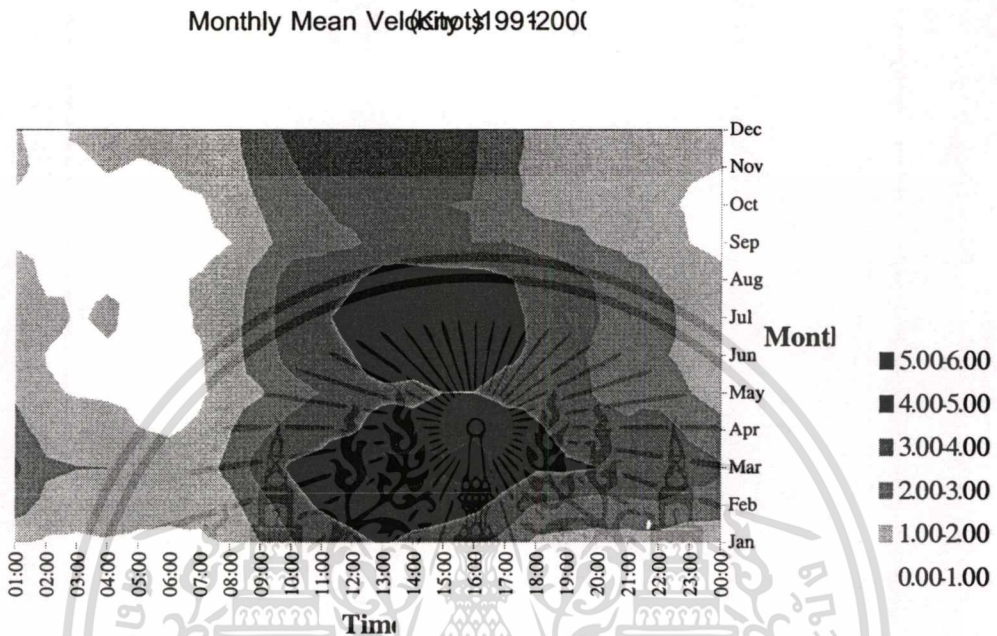
กรกฎาคมเนื่องจากว่าเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำรวมอยู่ด้วย และอาจจะวิเคราะห์ได้ว่าอากาศในเดือนมกราคมจะค่อนข้างผันผวน (อาจเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูหรืออากาศเปลี่ยนแปลงมากๆ) เนื่องจากว่าในเดือนดังกล่าวจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูกระยะตัวในปริมาณที่พอสมควรอยู่ด้วย

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของภาพรวมของความชื้นสัมพัทธ์ในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 - พ.ศ.2543



### ความเร็ว และทิศทางลม (Velocity and Direction)

ความเร็วลม(Velocity) จากภาพที่ 2.9 ซึ่งแสดงความเร็วลมเฉลี่ยเป็นลักษณะcontour จะเห็นได้ว่า ช่วงเดือนมีนาคม จะมีความเร็วลมที่สูงสุด โดยจะอยู่ในช่วงเวลา 12.00-17.00 น. ด้วยความเร็วลมประมาณ 5-6 Knots และในช่วงฤดูฝน ถึงฤดูหนาวจะมีความเร็วลมปานกลางเป็นส่วนใหญ่



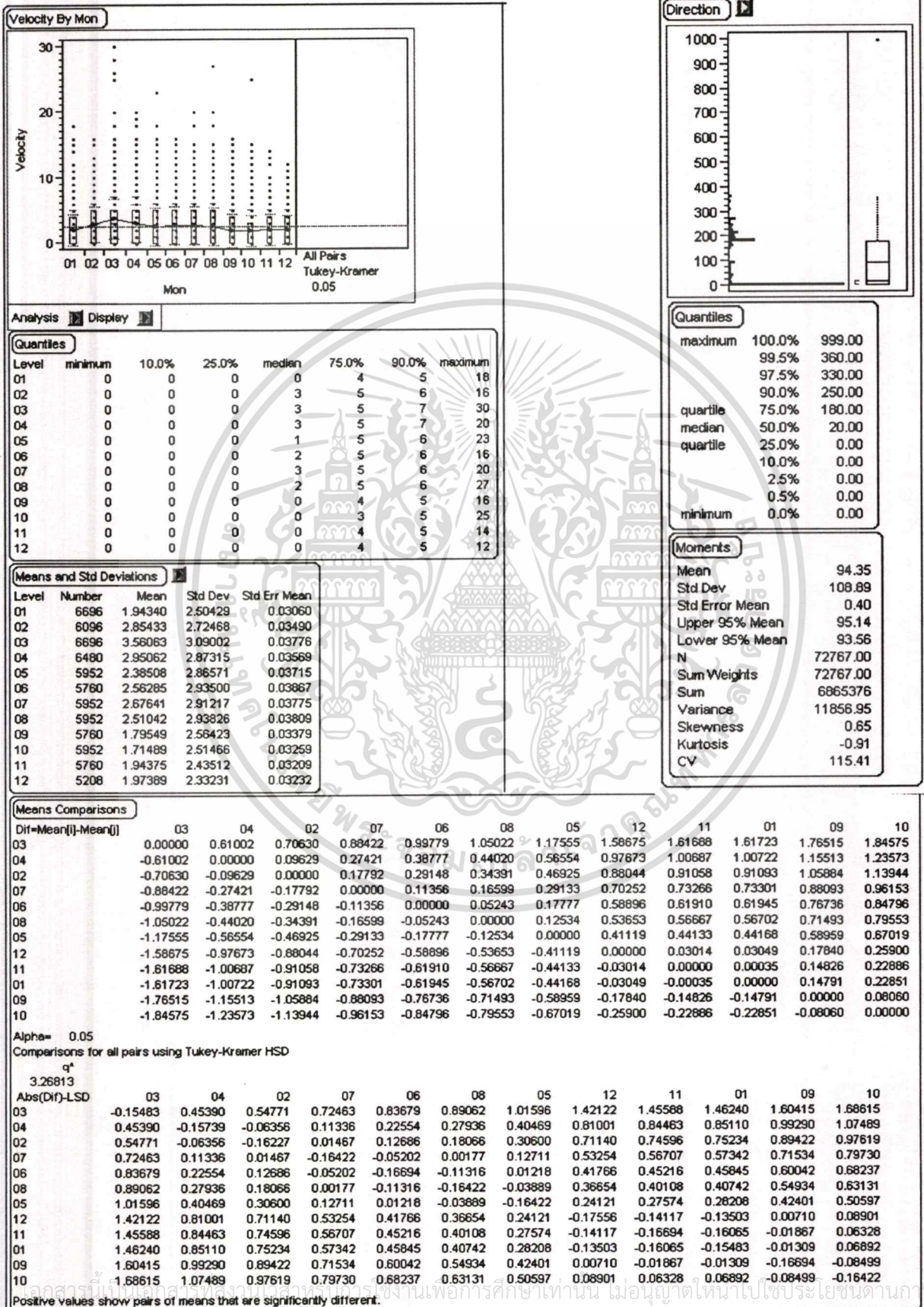
ภาพที่ 2.9 Mean Monthly Wind Velocity ซึ่งถูก Plot เป็นเส้นความชัน (Contour) ของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534 – พ.ศ.2543

สำหรับเดือนมีนาคมนั้นจะมีลมกรรโชกค่อนข้างแรงเป็นบางช่วงเวลา (ดูตารางที่ 2.3) ซึ่งวิเคราะห์ได้จากค่า Std. Deviation ทั้งจากกราฟและตาราง ซึ่งเมื่อดูตารางแสดงค่าQuartiles จะเห็นได้ว่าการเกาะตัวของความเร็วลมในเดือนมีนาคมและเมษายน จะมีค่าที่เท่ากันแต่ลมกรรโชกในเดือนมีนาคมจะแรงและมีค่ามากกว่าเดือนเมษายน

ทิศทางลม(Direction) จากภาพที่ 2.10 แสดงทิศทางลมที่มีความเร็วลมที่แตกต่างกัน เช่นในเดือนเมษายน ลมที่มาจากทิศใต้จะมีความเร็วลมสูงสุด (ดูภาพที่ 2.9 ประกอบ)

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าเฉลี่ยของภาพรวมของความเร็วลมในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 -

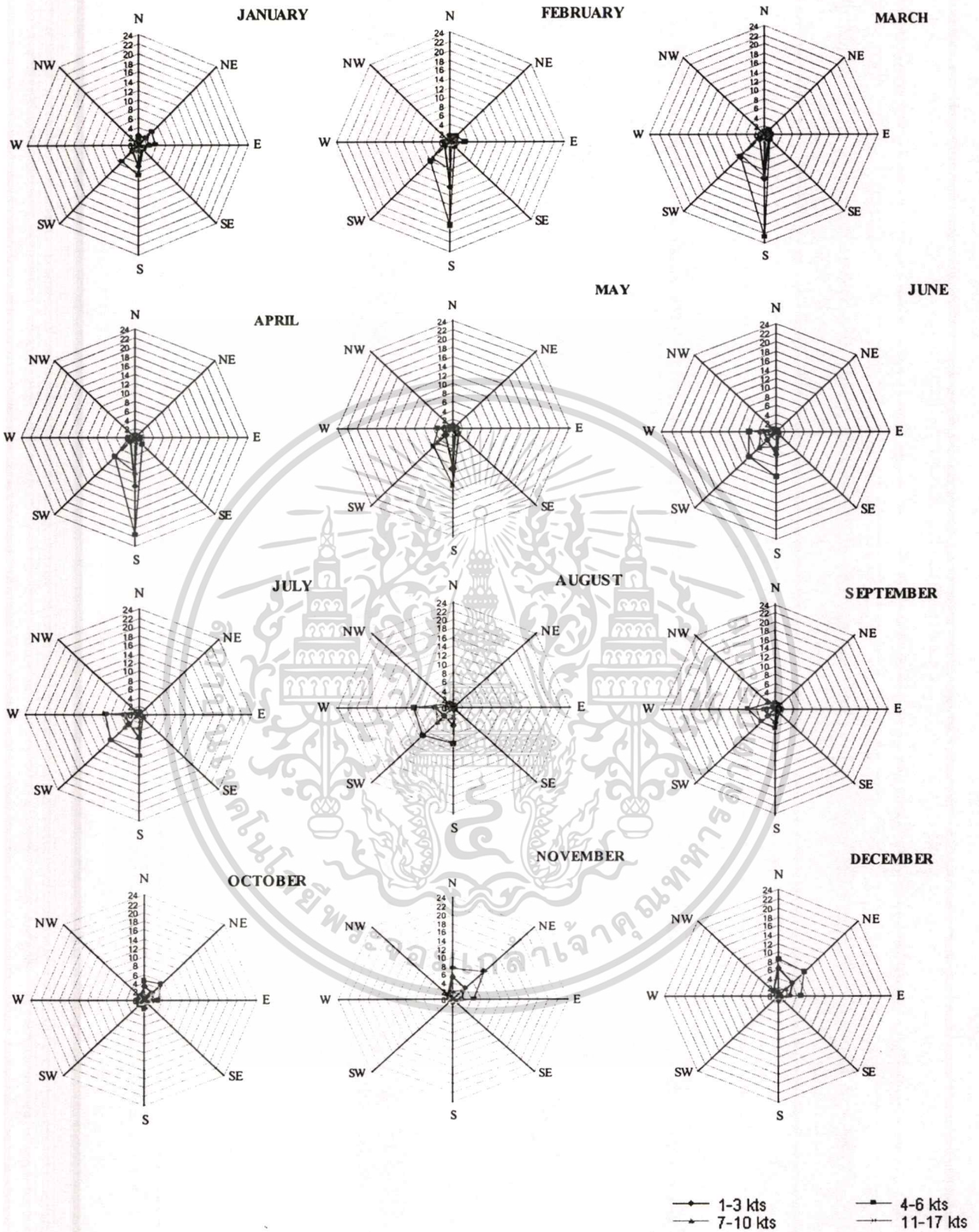
พ.ศ.2543



โลจิสติกส์เป็นหัวใจสำคัญของห่วงโซ่อุปทานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ

โลจิสติกส์เป็นหัวใจสำคัญของห่วงโซ่อุปทานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ

โลจิสติกส์เป็นหัวใจสำคัญของห่วงโซ่อุปทานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ



ภาพที่ 2.10 แสดงทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 - พ.ศ.2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 ลักษณะและกระแสของลม

สภาพและลักษณะของลมในระดับผิวพื้นที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร จะมีลักษณะที่ไม่แน่นอน เนื่องจากปัจจัยต่างๆที่มีผลกับลักษณะของลมผิวพื้น(Surface Wind) มีมากมาย และความเร็วลมในเมืองก็จะต่ำกว่าความเร็วลมในบริเวณชานเมือง และพื้นที่โล่งต่างๆ การออกแบบลักษณะช่องเปิดและครีบบอาคารของอาคารสูงเพื่อพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร จึงจำเป็นต้องทราบถึงสภาพของลมและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงในเมืองใหญ่ๆ และลักษณะของลมที่กระทำกับอาคารเพื่อให้การประเมินผลต่างๆทำได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น

#### ธรรมชาติของลมและการเปลี่ยนแปลง

อิทธิพลที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลมในระดับผิวพื้น (Surface Wind) ได้แก่ สภาพของพื้นผิวในท้องถิ่นนั้นๆ โดยที่สามารถแบ่งสภาพการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ใน 2 ระดับ นั่นคือ ระดับMacro และระดับMicro

Macroclimatic Wind Condition คือ สภาพลมที่เกิดและเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติ ซึ่งเราไม่สามารถควบคุมได้ ลักษณะของลมที่เกิดขึ้นคือ ลมมรสุม พายุ และวิกฤตการณ์ต่างๆ ซึ่งในประเทศไทย ลักษณะของลมจะเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่เราสามารถทราบลักษณะของลมที่เกิดขึ้นค่อนข้างจะแน่นอน

Microclimatic Wind Condition คือ ลักษณะของลมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสภาพความแตกต่างของภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น สภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขาสภาพของลมที่เกิดขึ้นจะแตกต่างจากลมที่เกิดในภูมิประเทศที่เป็นชายฝั่งทะเล เป็นต้น ซึ่งหากสภาพพื้นที่นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของลมที่เกิดในบริเวณดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเช่นกัน

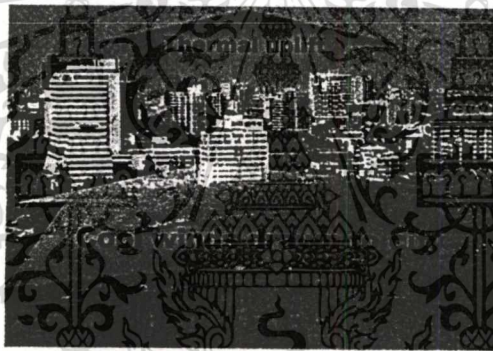
ลักษณะของลมที่เกิดขึ้นในเมืองหลวงใหญ่ อย่างเช่นกรุงเทพมหานคร ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ลักษณะของลมเปลี่ยนแปลง นั่นคือ อาคารต่างๆที่เกิดขึ้นกีดขวางทางลม จะทำให้ความเร็วของลมในระดับพื้นผิว(Surface Wind)ลดต่ำลง แต่ความปั่นป่วน(Turbulent)ของลมนั้นกลับเพิ่มมากขึ้น และในบางพื้นที่อาจเกิดจุดอับลมอันเนื่องมาจากความหนาแน่นของสิ่งกีดขวางมีอย่างมากมาย และในขณะเดียวกันความเร็วลมก็อาจเพิ่มสูงขึ้นในบางสถานการณ์ได้(ดูเรื่อง ลักษณะของความดันลมที่กระทำต่ออาคาร) อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของทิศทางลมนั้นคือ ความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งจากยานพาหนะ และอื่นๆจะทำให้เกิดเกาะความร้อน(Heat Island) ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเกาะความร้อน และพื้นที่อื่นๆจะทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง (ภาพที่ 3.1, 3.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ลักษณะการเกิดลมในบริเวณเกาะความร้อน(Heat island)



ภาพที่ 3.2 ลมที่เกิดในบริเวณสวนสาธารณะในเมือง

การเปลี่ยนแปลงของลมตามระดับความสูงจากพื้นดิน เกิดจากแรงเสียดทานระหว่างลักษณะของพื้นที่นั้น กับกระแสลมในระดับผิวพื้น ดังนั้นขนาดและปริมาณของสิ่งกีดขวางจึงมีผลกับความเร็วลม ณ ระดับความสูงต่างๆ(ภาพที่ 3.3) โดยที่จะมีวิธีการคำนวณเพื่อหาความเร็วลมในระดับความสูงต่างๆ ในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน<sup>1</sup> ดังต่อไปนี้

1/N

$$V_x = V_f(h/30)$$

$V_x$  = ความเร็วลมในระดับความสูงที่ต้องการ

$V_f$  = ความเร็วลมในระดับอ้างอิง คือ 10 เมตร เหนือพื้นดิน

$H$  = ระดับความสูงที่ต้องการเหนือพื้นดิน

<sup>1</sup> Edward M. Noll, (1981) Wind and Solar Energy, Second Edition, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis, U.S.A.

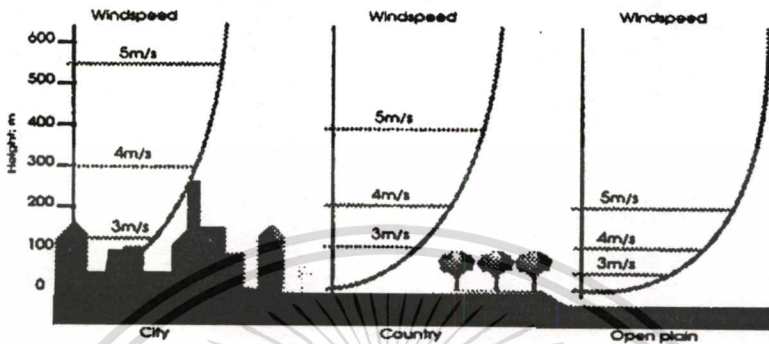
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1/N = เป็นค่าเฉพาะของแต่ละสภาพพื้นที่ โดยที่

N มีค่าเท่ากับ 7 เมื่อสภาพพื้นที่นั้นๆเป็นพื้นที่โล่ง เช่นทุ่งหญ้า

N มีค่าเท่ากับ 5 เมื่อสภาพพื้นที่นั้นๆเป็นพื้นที่ชานเมืองซึ่งมีสิ่งกีดขวางไม่หนาแน่น

N มีค่าเท่ากับ 3 เมื่อสภาพพื้นที่นั้นๆเป็นพื้นที่ในเมืองซึ่งมีสิ่งก่อสร้าง สิ่งกีดขวางจำนวนมาก



ภาพที่ 3.3 ความเร็วลมในระดับความสูงต่างๆ และในลักษณะพื้นที่ต่างๆกัน

อย่างไรก็ตามก็ยังมีลมที่เกิดขึ้นในบริเวณชายทะเลและบริเวณเทือกเขาซึ่งจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

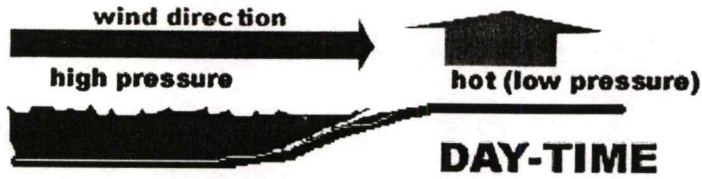
**ลมบริเวณชายทะเล** เราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ลมบก และลมทะเล

**ลมบก** จะเกิดในเวลากลางคืน โดยลมจะพัดจากบนบกออกสู่ทะเลเนื่องจากอุณหภูมิบนบกต่ำกว่าบนผิวน้ำ โดยความร้อนที่ทะเลสะสมไว้ในเวลากลางวันจะถ่ายเทออกสู่อากาศได้ช้ากว่าบนบกซึ่งเป็นพื้นดิน ดังนั้นทะเลจึงเกิดความกดอากาศต่ำ และพื้นดินจะเป็นความกดอากาศสูง โดยลมจะพัดจากความกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศต่ำเสมอ



ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะการเกิดลมบก

**ลมทะเล** จะเกิดในเวลากลางวันโดยลมจะพัดจากทะเลเข้าหาพื้นดินเนื่องจากทะเลจะเกิดความกดอากาศสูงและพื้นดินจะเกิดความกดอากาศต่ำ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าปริมาณน้ำในทะเลซึ่งมากนั้นจะสามารถเก็บกักความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ได้อย่างมหาศาล ดังนั้นช่วงเวลากลางวันน้ำทะเลจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบนพื้นดิน



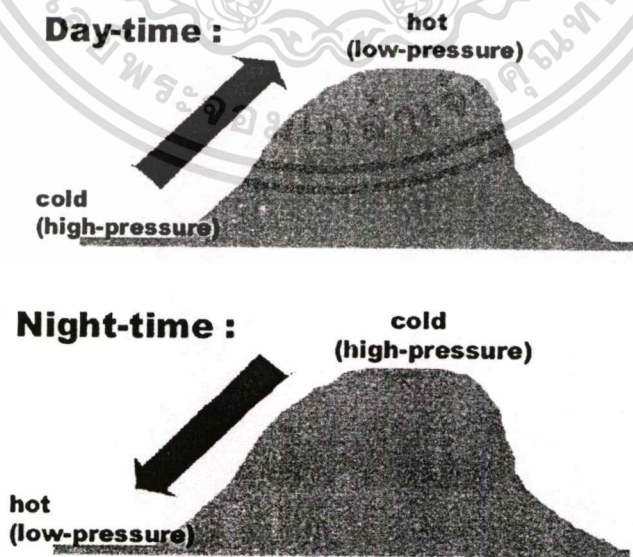
ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะการเกิดลมทะเล

ส่วนลมที่เกิดขึ้นในบริเวณเทือกเขาจะขึ้นอยู่กับว่าความสูง ความกว้าง และความยาวของเทือกเขานั้นเป็นเช่นใด ในพื้นที่บริเวณที่มีเทือกเขาล้อมรอบนั้นลมประจำอาจจะไม่สามารถเข้าถึง อีกทั้งยังอาจจะเกิดความแห้งแล้งอันเนื่องมาจากกระแสลมไม่สามารถพัดพาเอาน้ำฝนเข้าไปในบริเวณหลังเขา ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของเทือกเขาที่ล้อมรอบด้วย



ภาพที่ 3.6 ทิศทางของฝนที่เกิดขึ้นบริเวณเทือกเขา

ลมในบริเวณเทือกเขา สำหรับลักษณะลมที่เกิดขึ้นในบริเวณเทือกเขาจะคล้ายๆกับลมที่เกิดขึ้นในบริเวณชายทะเลซึ่งลมในเวลากลางวันจะแตกต่างจากลมที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืน



ภาพที่ 3.7 ลักษณะของลมใน บริเวณเทือกเขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ลักษณะและกระแสลมที่กระทำต่ออาคาร

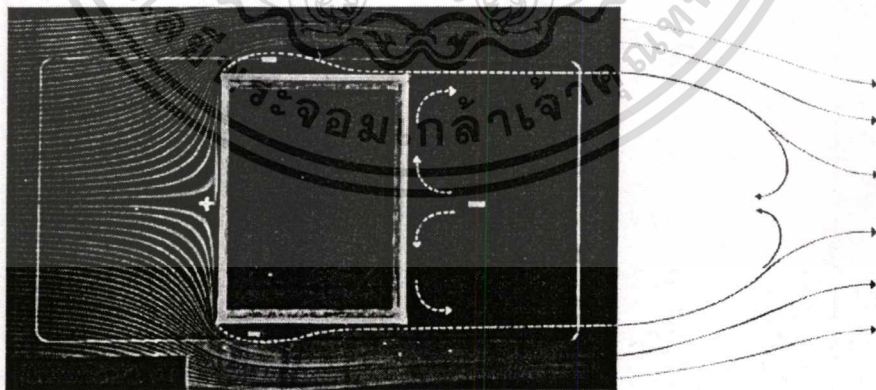
กระแสลม (Air Flow) คือ อากาศที่เคลื่อนไหลผ่านร่างกาย ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่ลมเย็นที่ช่วยให้ร่างกายถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้นและเพิ่มความสบาย การเกิดกระแสลมหรือการเคลื่อนไหวของอากาศโดยทั่วไปนั้นเกิดขึ้นได้จาก

#### 1. ความแตกต่างของความกดดันอากาศ

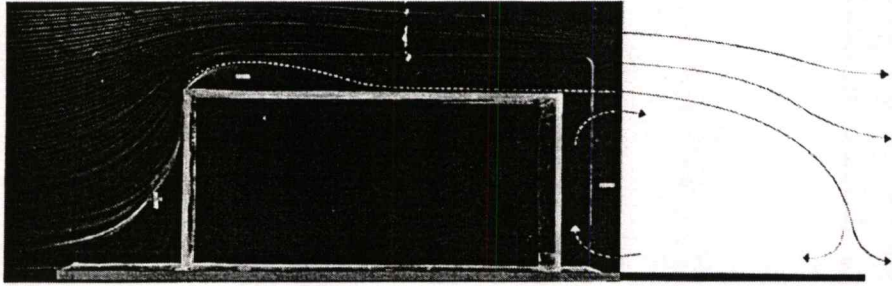
โดยธรรมชาติอากาศจะไหลจากความกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศซึ่งต่ำกว่า และเมื่อลมพัดผ่านอาคารมันจะโอบรอบอาคารทำให้เกิดความกดอากาศสูงและต่ำ โดยทั่วไปเขตที่มีความกดอากาศสูง คือ ส่วนที่ลมพัดมาปะทะกับผนัง ส่วนที่มีความกดอากาศต่ำซึ่งอาจจะเรียกว่า Wind Shadow คือ ลมในบริเวณด้านหลังของอาคาร

#### 2. ความแตกต่างของอุณหภูมิ

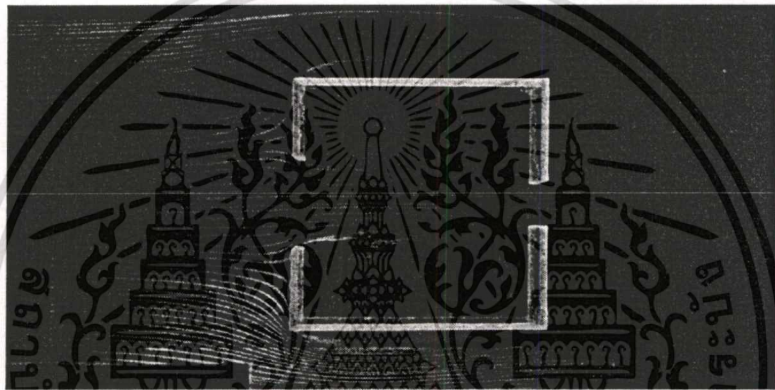
เป็นสาเหตุให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศ (ลม) เหมือนกันแต่โดยธรรมชาติจะเกิดเป็นส่วนน้อย กระแสลมจึงเกิดจากบริเวณความกดอากาศที่ต่างกันมากกว่าอุณหภูมิที่ต่างกัน ถ้ามีช่องทางเข้าของลมอยู่ด้านเดียวของห้องในทิศทางที่รับลม ก็จะไม่เกิดผลแต่อย่างไร เพราะผนังด้านตรงข้ามกับหน้าต่างลมเข้านั้นจะขวางกั้นลมอยู่ทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงในอาคาร และถ้าห้องนั้นอยู่ตรงข้ามกับด้านที่รับลม ก็จะทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศต่ำเพื่อที่จะเกิดการถ่ายเทของอากาศ จะต้องออกแบบให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูง และความกดอากาศต่ำต่อเนื่องกัน ที่สำคัญกว่า คือ จะต้องมียุทธศาสตร์ช่องทางเข้าทางด้านบริเวณความกดอากาศสูง และช่องทางออกด้านความกดอากาศต่ำ



ภาพที่ 3.8 แสดงบริเวณความกดอากาศสูง (pressure Zone) โดยทั่วไปจะเกิดในบริเวณใกล้ผนังของอาคารที่ถูกลมปะทะ หรือผนังของอาคารด้านที่บังกระแสลม



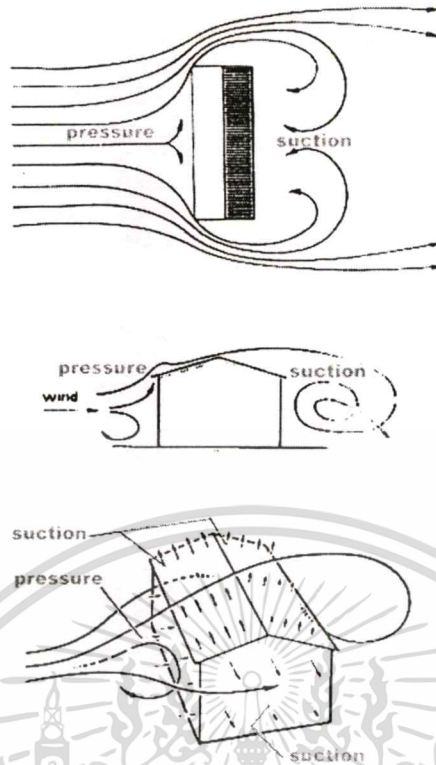
ภาพที่ 3.9 แสดงลมที่พัดผ่านด้านข้างหรือเหนืออาคารออกไป จะทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศต่ำ (Suction Zone)



ภาพที่ 3.10 การที่อาคารมีช่องเปิดจะทำให้ลมที่มีความกดอากาศสูงบนผนังด้านหน้าสามารถไหลผ่านอาคารไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำได้อย่างสะดวก

### 3.2.1 ลักษณะของความกดตันของลมที่กระทำต่ออาคาร(The Generation of Pressure and Suction)

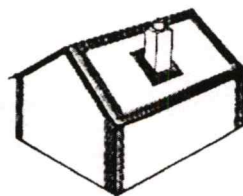
ลมที่ถูกขวางกั้นโดยอาคารความเร็วจะลดต่ำลงเมื่อปะทะกับพื้นผิวอาคาร แต่จะมีความกดอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น และจะหักเหออกไปรอบๆด้านโดยจะมีความเร็วที่เพิ่มมากขึ้นอีกครั้ง โดยที่ความกดตันอากาศจะลดลงเมื่อลมถูกหักเหให้ไหลโอบไปรอบๆ อาคารซึ่งจะทำให้เกิดแรงดูดอากาศ (Suction) เข้าแทนที่ ทางด้านหลังของอาคารจะเป็นตำแหน่งที่มีความกดอากาศต่ำซึ่งก็จะทำให้เกิดแรงดูด(Suction) ณ.บริเวณด้านหลังอาคาร



ภาพที่ 3.11 แสดงบริเวณที่เกิด Pressure และ Suction zone เนื่องจากลมปะทะตัวอาคาร

ความเร็วลมที่สูงจะเกิดขึ้นในตำแหน่งที่เป็นแรงดูด (Suction) นั่นคือ ทางด้านข้างและด้านหลังของอาคาร ดังนั้นการที่มีอาคาร 2 อาคารวางอยู่ในตำแหน่งใกล้ๆ กันช่องระหว่างอาคารก็จะสามารถทำให้เกิดความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นอย่างรุนแรงได้

ลมที่พัดเข้าหาอาคารจะมีความแตกต่างของความกดดันอากาศ ณ.พื้นผิวของอาคาร ซึ่งความกดอากาศจะสูงที่สุดจะอยู่ ณ.ตำแหน่งตรงกลางของด้านปะทะลม และจะลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่กระแสลมกระจายไปสู่ขอบและด้านข้าง โดยที่แรงดูด (Suction) ที่รุนแรงมากที่สุดจะอยู่ ณ.ตำแหน่งมุมและขอบของผนัง และหลังคา ซึ่งเราจำเป็นต้องยึดบริเวณดังกล่าวให้แข็งแรงเป็นพิเศษ



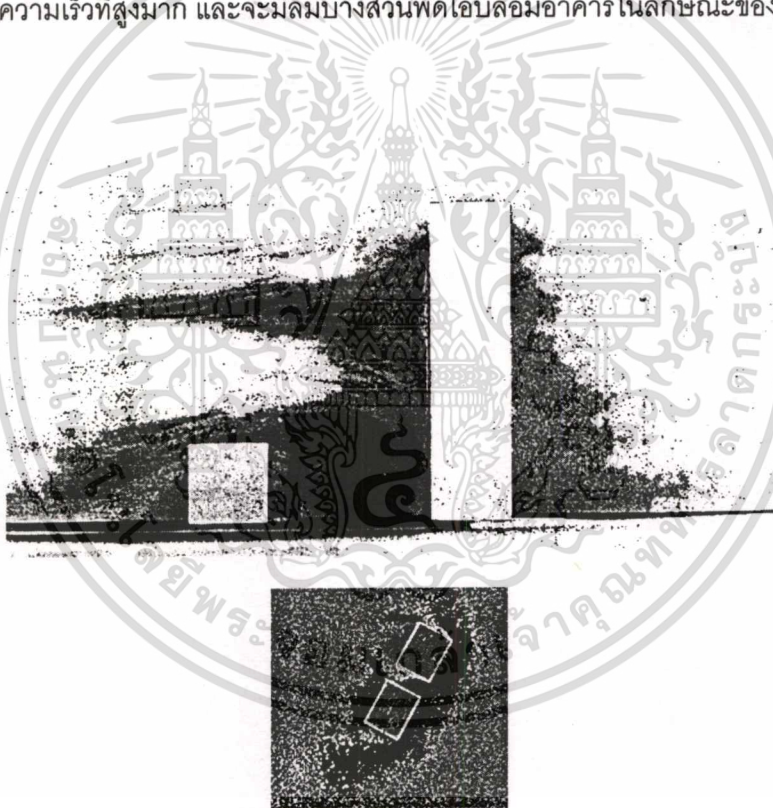
ภาพที่ 3.12 แสดงตำแหน่งที่มี Suction สูง Area where high suction must be allowed for on the cladding.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ลักษณะของลมที่กระทำต่ออาคารสูง

ลักษณะของลมที่อยู่ในระดับความสูงจากผิวโลกจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะของภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว แต่ในระดับใกล้ผิวโลกลักษณะผิวพื้นต่างๆรวมไปถึงอาคารต่างๆจะทำให้เกิดแรงเสียดทานซึ่งทำให้เกิดความแปรปรวนของกระแสลม ทำให้ลมในระดับผิวพื้นอาจจะมีความเร็วลดต่ำลงถึง 0 เมตร/วินาที ในเขตเมืองอาคารจะเป็นเสมือนพื้นผิวของโลกที่ขรุขระ และจะทำให้ความเร็วลมมีการลดลงมากกว่าพื้นที่ที่ราบเรียบหรือภูมิประเทศแถบชานเมือง ในเวลาเดียวกันกระแสลมก็จะมี ความแปรปรวนอย่างมากอีกด้วย ความเร็วลมในระดับคนเดินเท้าในเมืองหลวงอาจจะต่ำกว่าในบริเวณพื้นที่เปิดโล่งถึงเท่าตัว เช่น ความเร็วลมในพื้นที่เปิดโล่งเป็น 2 เมตร/วินาที แต่ในเมืองหลวงกลับมีค่าเพียง 1-1.2 เมตร/วินาที เท่านั้น

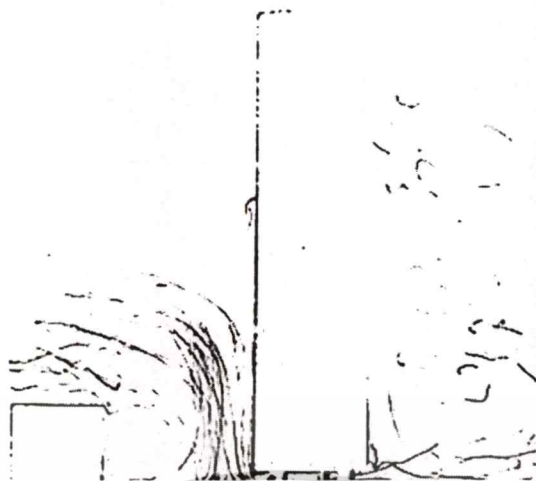
เมื่อมีลมพัดผ่านกลุ่มอาคารขนาดเล็กกระแสลมโดยส่วนใหญ่จะพัดผ่านหลังคาอาคารไป โดยที่ในระดับความสูงคนเดินถนนนั้นจะมีลมพัดผ่าน เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางของกระแสลมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถ้าลมเกิดไปปะทะกับอาคารสูงที่อยู่ท่ามกลางอาคารขนาดเล็กทิศทางของลมจะหักลงสู่พื้นดินด้วยความเร็วที่สูงมาก และจะมีลมบางส่วนพัดโอบล้อมอาคารในลักษณะของเงือกม้า (ภาพที่ 3.13)



ภาพที่ 3.13 แสดงลักษณะของกระแสลมเมื่อกระทบอาคารสูง (ทดสอบโดยใช้ควัน และซีลี้อย)

แต่ถ้าอาคารสูงนั้นมีใต้ถุนเปิดโล่ง ลมบางส่วนจะพัดผ่านช่องว่างนั้นไปจากด้านรับลม (windward) ไปสู่ด้านหลังอาคาร (leeward) ซึ่งก็จะมีความเร็วลมซึ่งสูงขึ้นด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 3.14, 3.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 แสดงลักษณะของลมเมื่อปะทะอาคารสูงซึ่งมีได้กุนด้านล่างอาคาร (ทดสอบ โดยใช้ฟองสบู่)



ภาพที่ 3.15 แสดงกระแสลมซึ่งผ่านได้กุนที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความเร็วลมก่อนปะทะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 แนวความคิดและปัจจัยต่างๆที่สามารถนำมาใช้เพื่อก่อให้เกิดความสบาย

มนุษย์จะรู้สึกไม่สบาย (Uncomfortable) เมื่ออากาศร้อน หนาวจนเกินไป หรืออากาศมีฝุ่นละอองหรือมีกลิ่น รวมถึงปริมาณแสง เสียงรบกวน เหล่านี้จะมีผลกับสภาวะสบาย (Comfort Condition) ของมนุษย์ ดังนั้นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความสบายของมนุษย์ในแง่ความสบายนั้น มีด้วยกัน 9 ข้อ

- |  |   |                 |
|--|---|-----------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. อุณหภูมิของอากาศรอบๆ (Air Temperature)</li> <li>2. อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature)</li> <li>3. ความชื้นของอากาศ (Humidity)</li> </ol>  | } | Thermal Comfort |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>4. การเคลื่อนไหวของอากาศ (Air movement)</li> <li>5. กลิ่น (Odors)</li> <li>6. ฝุ่นละออง (Dust)</li> <li>7. สุนทรียภาพโดยรอบ (Aesthetic)</li> <li>8. เสียงรบกวน (Noise)</li> <li>9. แสงสว่าง (Lighting)</li> </ol> |   |                 |

โดยที่ใน 4 ข้อแรกล้วนแต่เป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิสบาย (Thermal Comfort) ทั้งสิ้น ซึ่งจะสัมพันธ์กับระบบร่างกายของมนุษย์ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

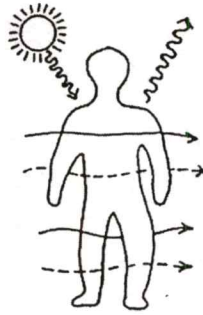
#### 3.3.1 อุณหภูมิสบาย (Thermal Comfort)

การเกิดสภาวะสบายทางด้านอุณหภูมินั้น คือ การรักษาสมดุลความร้อนภายในร่างกาย โดยกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการนอน เดิน วิ่ง เล่น หรือทำงาน ล้วนแล้วแต่เป็นการสร้างความร้อนให้กับร่างกายทั้งสิ้น พลังงานที่เกิดขึ้นในร่างกายทั้งหมดนี้ได้มาจากอาหารที่เรากินและย่อย ซึ่งกรรมวิธีที่อาหารเผาไหม้กลายเป็นพลังงานนี้เรียกว่า Metabolism พลังงานที่เกิดจาก Metabolic Process นี้ร่างกายใช้จริงเพียง 20% เท่านั้น ส่วนอีก 80% ในร่างกายก็จะจางหายไปในที่สุด และการที่ร่างกายจะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะปกติ (37 องศาเซลเซียส) จะต้องทิ้งความร้อนที่เกินจากนี้ออกไปเพื่อให้เกิดความสมดุล (Heat Balance) ขึ้น โดยการพา (Convection) การแผ่รังสี (Radiation) โดยจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิร่างกายและอุณหภูมิอากาศรอบๆ และการนำ (Conduction) ซึ่งการนำนั้นจะใช้เหงื่อเป็นตัวนำและเกิดการระเหย (Evaporation) ในที่สุด

ในสภาวะที่อากาศโดยรอบๆตัวนั้นสงบ โดยที่อุณหภูมิอากาศรอบๆตัวมีค่าประมาณ 18 - 20°C และร่างกายไม่ได้สัมผัสกับสิ่งใดๆ ความร้อนในร่างกายจะถูกระบายออกโดยการแผ่รังสี (Radiation) ประมาณ 45% โดยการพา (Convection) ประมาณ 30% และการระเหย (Evaporation) ประมาณ 25% เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Metabolic heat generated in the body is distributed by the circulation of the blood.



(b) Heat is lost from the skin surface by radiation, convection and evaporation.



(c) Heat loss from the body can be reduced by thick clothing



(d) Breathing also causes heat loss.



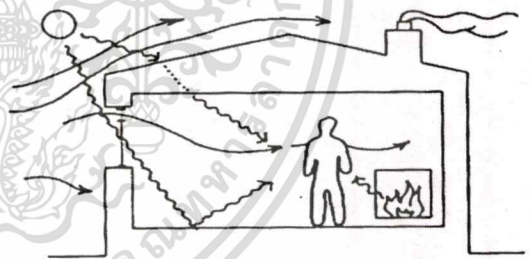
(e) Heat loss can also be reduced by adapting posture.



(f) Heat production can be increased by physical activity.



(g) Sweating and shivering start when the body cannot control heat loss by other means.



(h) The dwelling is part of the total system of controlling heat loss from the body to achieve comfort.

ภาพที่ 3.16 ลักษณะการรักษาสมดุลของร่างกาย

สำหรับสมการของความสมดุลความร้อนภายในร่างกาย คือ

$$M = E + R + C + S$$

M = Metabolic rate

E = Rate of heat loss by evaporation, respiration and elimination

R = Radiation rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C = Conduction and convection rate

S = Body heat storage rate

### 3.3.2 ปัจจัยมูลฐานที่นำมาวิเคราะห์สภาวะสบาย (The Basis Factor for Thermal Comfort)

ปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมที่มีผลในการสร้างสมดุลของความร้อนในร่างกาย เพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) มีด้วยกัน 4 ปัจจัย ได้แก่

- อุณหภูมิของอากาศรอบๆ (Dry-bulb Temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature)
- การเคลื่อนไหวของอากาศ (Air movement)

และยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีกได้แก่ เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing) และกิจกรรมที่ทำ (Activity)

#### อุณหภูมิของอากาศรอบๆ (Air Temperature)

อุณหภูมิและความชื้นในอากาศเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความสบาย (Thermal Comfort) โดยมีการกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความสบายอยู่หลายมาตรฐาน ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงมาตรฐาน ส่วน ECI(Equatorial Comfort Index)<sup>7</sup> เท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมกับประเทศไทยจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ ECI = 25.6 องศาเซลเซียส ถึง ECI = 27.7 องศาเซลเซียส DBT(Dry-Bulb Temperature)จะอยู่ประมาณ 28.3 องศาเซลเซียส

#### ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

อุณหภูมิสบายที่กล่าวถึงข้างต้นมีเงื่อนไขว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 20-80% ซึ่งหากมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินกว่านี้อุณหภูมิสบายจะสูงขึ้น และหากว่าความชื้นสูงกว่า 80% อุณหภูมิอากาศต้องต่ำลงอีก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กันโดยตรง

#### อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature)

เป็นอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อน(Radiation)จากสิ่งแวดล้อมรอบๆ เช่น ผนัง เพดาน เป็นต้น ระยะห่างระหว่างตัวเรากับสิ่งแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยในการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นหาก MRTสูง อุณหภูมิอากาศควรลดต่ำลง เพื่อให้อยู่ในสภาวะสบาย(Comfort Zone)

<sup>7</sup> มาตรฐานการวัดอุณหภูมินี้ได้ถูกพัฒนาโดย Webb(1960)ในประเทศสิงคโปร์ โดยที่มาตรฐานนี้ได้รวมเอาการตอบสนองของมนุษย์ของอากาศ(Acclimatization)ของมนุษย์รวมเข้ากับการวัดอุณหภูมิอากาศ, ความชื้น และการเคลื่อนที่ของอากาศโดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

$$ECI = T_w + 0.447(T - T_w) - 0.231\sqrt{V}$$

โดย  $T_w$  = อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°F)

$T$  = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°F)

$V$  = ความเร็วของการเคลื่อนที่ของอากาศ (ft/min)

ซึ่งอุณหภูมิ ECI นี้เหมาะกับการหาของเขตความสบายในเขตเมืองร้อนขึ้นอย่างประเทศไทยเป็นอย่างมากไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

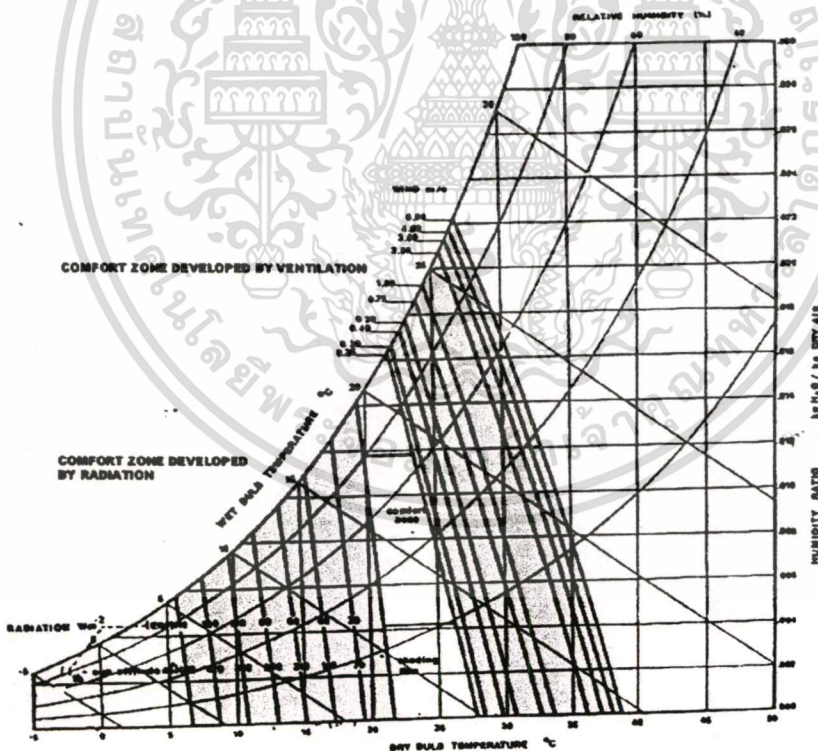
### การเคลื่อนไหวของอากาศ (Air Movement)

ลมสามารถช่วยลดความชื้นในอากาศ และช่วยทำให้การระบายความร้อนจากร่างกายทำได้เร็วขึ้น จึงทำให้เกิดความรู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ ในกรณีที่อากาศมีความชื้นสูงเราสามารถใช้ลมที่มีความเร็วสูงช่วยทำให้ความชื้นลดต่ำลงอยู่ในช่วงสบาย(Comfort level) ได้

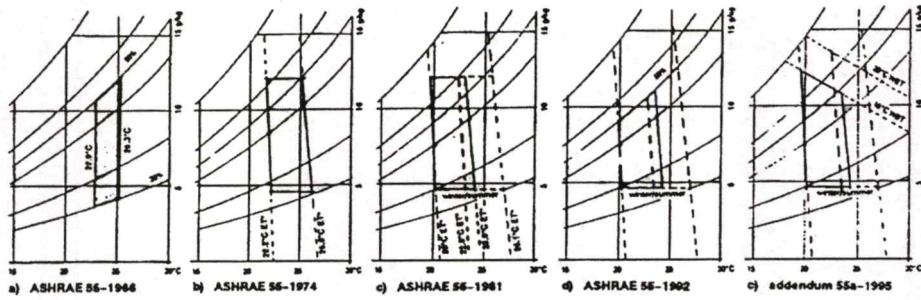
โดยลมที่เพิ่มขึ้น 0.27 เมตร/วินาที สามารถทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศจริงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) และความเร็วลมในสภาพอุณหภูมิและความชื้นปกติควรอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 เมตร/วินาที

### 3.3.3 สภาวะนำสบายของกรุงเทพมหานครบน Psychrometric Chart

Psychrometric Chart ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกโดย Yagloglou (1923) และต่อมาในปีค.ศ. 1980 Aren et al. (รูปที่ 3.17) ได้พัฒนาให้ขอบเขตความสบายสามารถเปลี่ยนแปลงตามเสื้อผ้าที่สวมใส่ ความเร็วลม และระดับของกิจกรรมที่เกิดขึ้น หลังจากนั้น ASHRAE (รูปที่ 3.18) ได้มีการพัฒนาลักษณะพื้นที่ของความสบาย(Comfort Zone)ต่อมาอีกหลายครั้งด้วยกัน



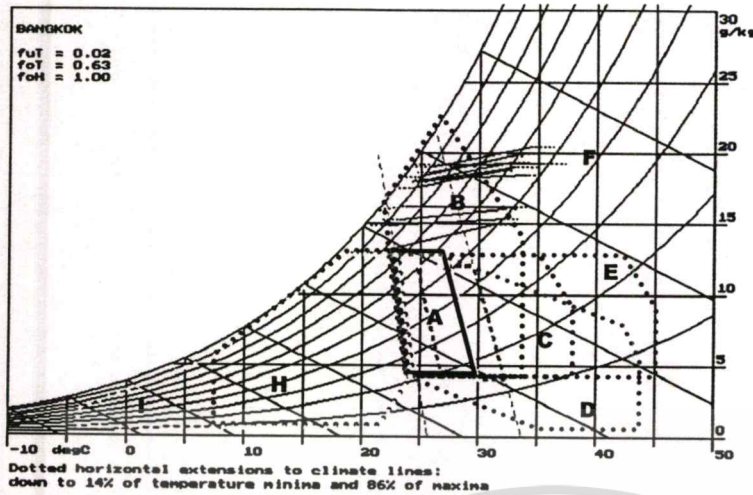
ภาพที่ 3.17 การพัฒนา Psychrometric Chart ของ Aren et al.



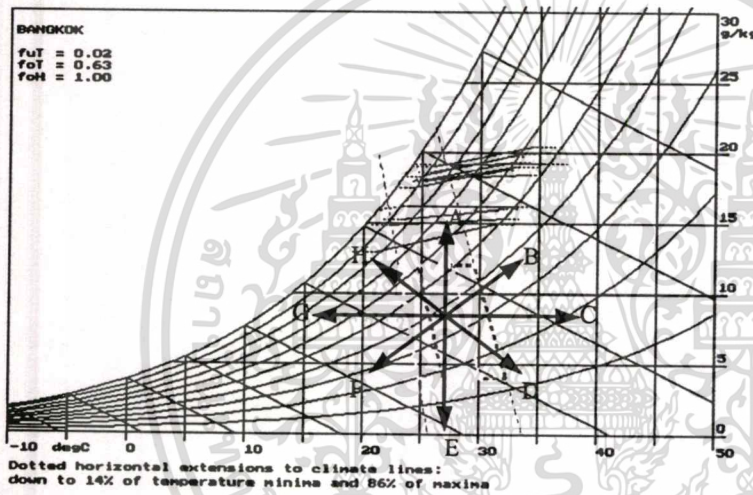
ภาพที่ 3.18 แสดงการพัฒนาลักษณะพื้นที่ของความสบาย (Comfort Zone) โดย ASHRAE

ขอบเขตของสภาวะน่าสบายที่ขึ้นอยู่กับลักษณะความชื้น ในอดีตจะใช้รูปแบบของความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เป็นตัวกำหนดขอบเขตความสบาย คือ ใช้ขอบเขตตั้งแต่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 20% ถึง 80% ซึ่งในปัจจุบันได้มีการแนะนำให้กำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายโดยอ้างอิงจากอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-Bulb Temperature) คือ ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก  $18^{\circ}\text{C}$  สำหรับฤดูหนาว และ  $20^{\circ}\text{C}$  สำหรับฤดูร้อน ต่อมาในปี 1974 ASHRAE ได้พัฒนาขอบเขตสภาวะน่าสบายโดยใช้ความดันไอน้ำในบรรยากาศ (Vapor Pressure) เป็นตัวกำหนด คือ ที่ตำแหน่ง 0.65 และ 1.9 k.Pa. ซึ่งก็สอดคล้องกับความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) ที่ 4 และ 12 g/Kg ดังปรากฏ ใน Psychrometric Chart โดยค่าดังกล่าวได้มีนำมาเป็นตัวกำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายใน Psychrometric Chart จนถึงในปัจจุบัน

การปรับสภาพอากาศเพื่อก่อให้เกิดความสบายขึ้นนั้น สามารถทำได้หลายรูปแบบด้วยกัน โดยมีหลักการดังภาพที่ 3.19 โดยที่จะมีวิธีการทำความเย็นแบบต่างๆมากมาย ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะสามารถขยายขอบเขตของความสบาย (Comfort Zone) ไปในทิศทางใดๆ เพื่อให้สอดคล้องกับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดๆ



- A. Comfort Zone
- B. Natural/Mechanical Ventilation
- C. High Thermal Mass
- D. Evaporative Cooling
- E. High Mass with Night-ventilation
- F. Conventional Air Conditioning
- G. Humidification
- H. Passive Solar Heating
- I. Active Solar Conventional Heating



- A. Humidifying
- B. Heating - Humidifying
- C. Sensible Heating
- D. Chemical Dehumidifying
- E. Dehumidifying
- F. Cooling - Dehumidifying
- G. Sensible Cooling
- H. Evaporative Cooling

ภาพที่ 3.19 แสดงเทคนิคในการปรับสภาพภูมิอากาศโดยใช้ Psychrometric Chart

### 3.3.4 วิธีการหาค่าขอบเขตความสบายจากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาบน

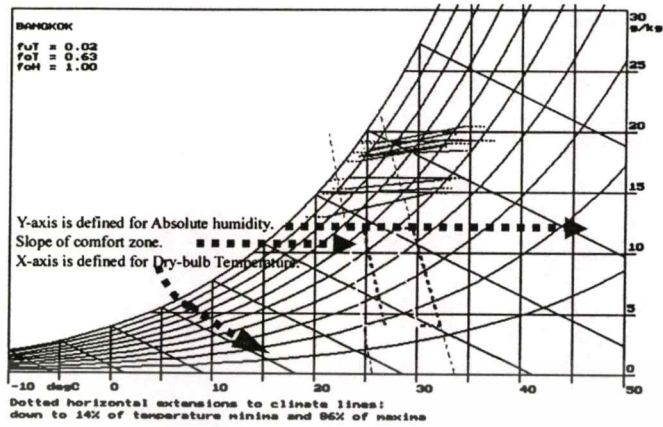
#### Psychrometric Chart

ในแต่ละภูมิภาคนั้นจะมีขอบเขตของอุณหภูมิสบายที่แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคนั้นๆ เช่น ในภูมิภาคเขตร้อนจะมีขอบเขตของอุณหภูมิสบายต่ำกว่าในภูมิภาคประเทศเขตอบอุ่น อันเนื่องมาจากความรู้สึกคุ้นเคยกับสภาพอากาศนั้นๆ (Acclimatization) ดังนั้นในการคำนวณหาขอบเขตอุณหภูมิสบาย ณ ภูมิภาคใด ๆ จึงจำเป็นต้องนำเอาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นๆ มาเป็นข้อมูลดิบและองค์ประกอบในการคำนวณด้วย

การคำนวณที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้เป็นการคำนวณเพื่อนำไป Plot ลงใน Psychrometric Chart แต่การอ่านค่าความสบายนั้นจะสามารถอ่านได้อย่างเป็นมาตรฐาน ดังภาพที่ 3.20 ซึ่งแสดงขอบเขตความสบายซึ่งถูก Plot เรียบร้อยแล้ว<sup>8</sup>

<sup>8</sup> ภาพที่ 3.20 เป็นค่าความสบายซึ่งถูก Plot จากโปรแกรม Archipak ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Steven Szokolay

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.20 ขอบเขตความสบายซึ่งถูกPlotลงบน Psychrometric Chart

การคำนวณสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้ดังต่อไปนี้

1. หาขอบเขตในแนวแกน X ซึ่งเป็นแนวแกนของค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง(Dry-bulb temperature) จากสูตร (Auliciems, 1981)

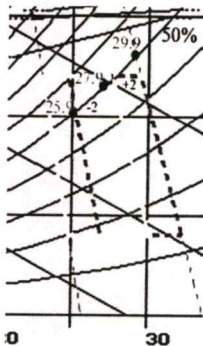
$$T_n = 17.6 + (0.31 \times T_{o.avg.}) \dots\dots 1$$

โดยที่  $T_n$  คือ อุณหภูมิที่ทำให้เกิดความสบาย

$T_{o.avg.}$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนภายนอกอาคาร

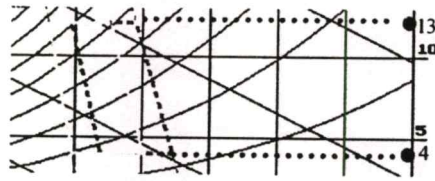
(ในกรณีนี้เราจะใช้เพียงอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด และต่ำสุดเท่านั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณ)

ในการคำนวณหา  $T_n$  จะได้ออกมาสองค่า นั่นคือ อุณหภูมิสบาย (DBT) ในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว นำค่า 2 ค่านี้มาจุดลงบนเส้นความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ที่ 50% ในตำแหน่งของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DBT) ใดๆ ที่คำนวณได้ ดังภาพที่ 3.21 โดยในแต่ละค่านั้นจะต้องทำการบวก และลบเข้าไปอีก 2 เช่น ถ้าอุณหภูมิสบายในฤดูร้อน คือ  $27.9^\circ\text{C}$  จะต้องบวก และลบเข้าไปอีก 2 ดังนั้นเราจะได้ช่วงอุณหภูมิสบายเท่ากับ  $25.9 - 29.9^\circ\text{C}$  ดังนั้นจากผลที่คำนวณได้จะทำให้เกิดช่วงความสบายขึ้น 2 ช่วง



ภาพที่ 3.21 แสดงการคำนวณหาขอบเขตอุณหภูมิสบายในแนวแกน X

2. หาดขอบเขตในแนวแกน Y ซึ่งเป็นแนวแกนของความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) ซึ่งขอบเขตที่ถูกกำหนดสำหรับเมืองไทยนั้น คือ ความชื้นสัมบูรณ์ตั้งแต่ 4 – 13 g/Kg ดังภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 แสดงการหาขอบเขตของแกน Y ซึ่งเป็นแนวแกนของความชื้นสัมบูรณ์

3. หาคความลาดชัน (Slope) ของเส้นขอบเขตความสบายในแนวแกน Y หาได้จากสูตร

$$\text{Set Line Slope} = 0.025 \times (T_n - 14) \times \text{AH} \quad \dots\dots 2$$

โดยที่ Set Line Slope คือ ค่าที่จะนำไปบวกเพิ่ม ณ ตำแหน่งใดๆ

$T_n$  คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งต่ำสุด และสูงสุดในช่วงความสบาย

$\text{AH}$  คือ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ในตำแหน่งของค่าต่ำสุด และสูงสุดของช่วงความสบาย



ภาพที่ 3.23 แสดงการplotค่า Set Line Slope ลงบน Chart

ดังนั้นเมื่อ  $T_n$  มีอยู่ 4 ค่า (2 ช่วงความสบาย คือ ฤดูร้อนและฤดูหนาว) ค่าของ Set Line Slope จึงมี 4 ค่าด้วย เมื่อได้ค่าดังกล่าวก็นำมาบวกเพิ่มขึ้นจาก  $T_n$  โดยที่นำมาคำนวณ และลากเส้นจากจุด Set Line Slope นั้นขึ้นไปหาค่า  $T_n$  ที่อยู่บนเส้น RH ที่ 50% ก็จะได้ความลาดชันของเส้นขอบเขตของความสบาย

## ตัวอย่าง การคำนวณเพื่อหาขอบเขตความสบายบน Psychrometric Chartของกรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2530 – 2539

$$To.avg. MAX = 30.5 \text{ }^{\circ}C$$

$$To.avg. MIN = 25.8 \text{ }^{\circ}C$$

จาก .....1  $Tn = 17.6 + (0.31 \times To.avg)$

ดังนั้น  $Tn \text{ Mean MAX} = 17.6 + (0.31 \times 30.5)$   
 $= 27.05 \text{ }^{\circ}C$

$$Tn \text{ Mean MIN} = 17.6 + (0.31 \times 25.8)$$

$$= 25.6 \text{ }^{\circ}C$$

$\therefore$  ช่วงอุณหภูมิ (DBT) สบาย ในฤดูร้อน  $= 25.05 - 29.05$

ในฤดูหนาว  $= 23.60 - 27.60$

นำค่าที่ได้ทั้ง 4 ค่า ไปจุดลงบนเส้นความชื้นสัมพัทธ์(RH)ที่ 50% ใน Psychrometric Chart

หาค่า Set Line Slope

จาก .....2  $\text{Set Line Slope} = 0.025 \times (Tn - 14) \times AH$

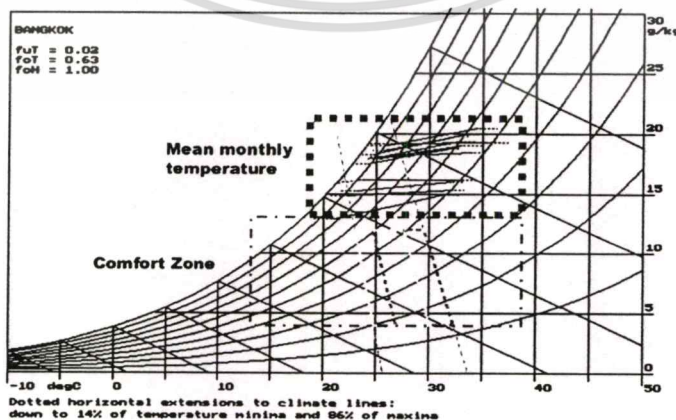
ดังนั้น  $\text{Set Line Slope} = 2.76$  เมื่อ AH ณ  $Tn = 25.05 \text{ }^{\circ}C$  คือ  $10 \text{ g/kg}$

$\text{Set Line Slope} = 4.78$  เมื่อ AH ณ  $Tn = 29.05 \text{ }^{\circ}C$  คือ  $12.7 \text{ g/kg}$

$\text{Set Line Slope} = 2.21$  เมื่อ AH ณ  $Tn = 23.60 \text{ }^{\circ}C$  คือ  $9.2 \text{ g/kg}$

$\text{Set Line Slope} = 3.94$  เมื่อ AH ณ  $Tn = 27.60 \text{ }^{\circ}C$  คือ  $11.6 \text{ g/kg}$

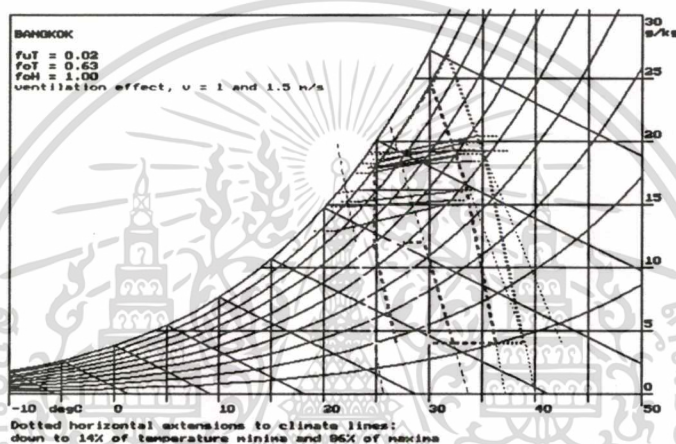
(ดูภาพที่ทำการPlotได้จาก ภาพที่ 3.24)



ภาพที่ 3.24 ขอบเขตความสบาย และอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน บน Psychrometric Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

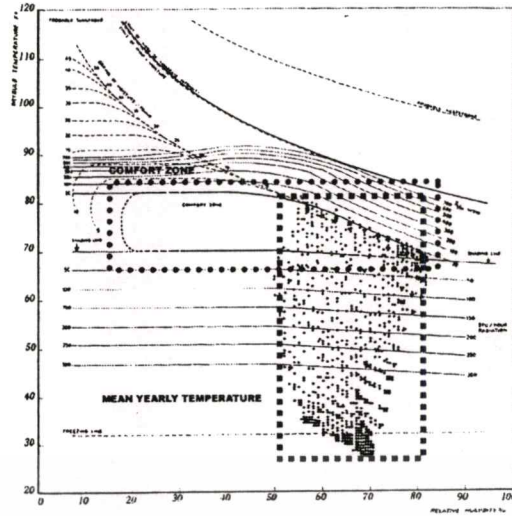
จากภาพที่ 3.24 จะเห็นขอบเขตของสภาวะนำสบายของกรุงเทพมหานครช่วงอุณหภูมิ (DBT) สบาย ในฤดูร้อน คือ 25.05 – 29.05 องศาเซลเซียส และในฤดูหนาว คือ 23.60 – 27.60 องศาเซลเซียส (ในกรณีที่ความเร็วลมเป็น 0 m/s) และสภาวะอากาศซึ่งแสดงเป็นเส้น 12 เส้น นั่นคืออุณหภูมิอากาศของ ทั้ง 12 เดือนนั่นเอง และอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่นอกขอบเขตความสบาย ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงสภาพอากาศ และเมื่อเทียบกับภาพที่ 3.19 จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ดีที่สุดเพื่อก่อให้เกิดสภาวะนำสบาย ในสภาพอากาศดังกล่าวสามารถทำได้โดยวิธีการระบายอากาศ (Ventilation) ดังรูปที่ 3.25 จะเห็นได้ว่า การระบายอากาศจะทำให้เกิดสภาวะนำสบายในสภาพอากาศที่ปกติแล้วอยู่นอกเขตความสบาย



ภาพที่ 3.25 การปรับปรุงสภาพอากาศให้สู่สภาวะนำสบายโดยการระบายอากาศ

### 3.3.5 สภาวะนำสบายของกรุงเทพมหานครบน Bioclimatic Chart

ขอบเขตความสบายยังสามารถอ่านค่าได้จาก Bioclimatic Chart ซึ่ง Victor Olgyay เป็นผู้คิดค้นขึ้นในปี 1953 โดยมีอุณหภูมิอากาศอยู่นแนวแกนตั้งและความชื้นสัมพัทธ์อยู่นแกนแนวนอน โดยมีกรอบของสภาวะนำสบายอยู่บริเวณส่วนกลางของแผนภูมิ (ภาพที่ 3.26)

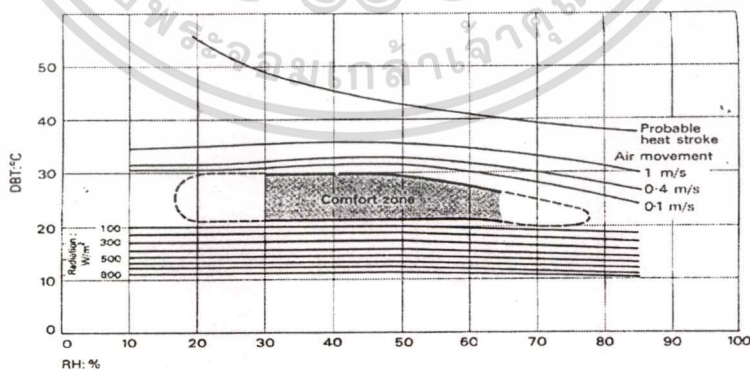


ภาพที่ 3.26 ลักษณะการอ่านค่าความสบายจาก Bioclimatic Chart

Bioclimatic Chart ในภาพที่ 3.26 จะเป็นสภาวะน่าสบายสำหรับประเทศอเมริกา ณ ละติจูดที่  $40^{\circ}$  อีกทั้งยังเหมาะสำหรับผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่มีค่า Clo เท่ากับ 1 อย่างไรก็ตาม Olgyay ได้แนะนำวิธีการปรับแผนภูมิดังกล่าวเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- ขอบเขตความสบายจะถูกเลื่อนขึ้น 1 K ในการลดลงของละติจูดทุกๆ  $12^{\circ}$
- ขอบเขตความสบายจะถูกเลื่อนลง 0.6 K เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของเสื้อผ้าที่สวมใส่ในทุกๆ 0.1 clo
- ขอบเขตความสบายจะถูกเลื่อนลง 2.5 K เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระดับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทุกๆ 1 met (ประมาณ 100 Watt)

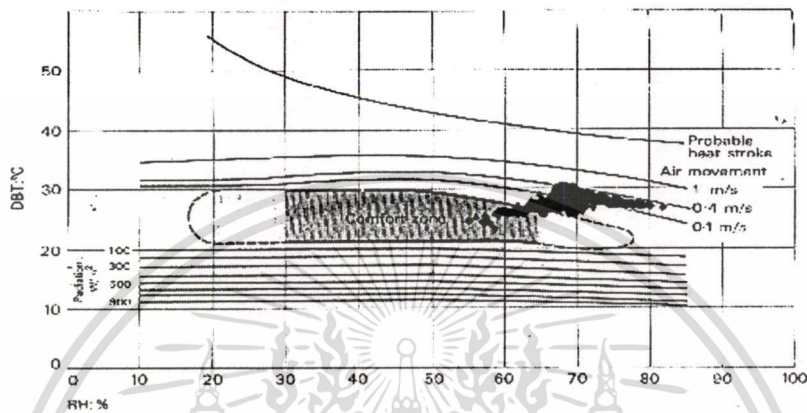
สำหรับเส้นที่อยู่เหนือพื้นที่ของขอบเขตความสบาย (Comfort Zone) จะเป็นเส้นความเร็วลมที่จะสร้างความสบายให้กับผู้คน และเส้นที่อยู่ด้านล่างนั้นจะเป็นการเพิ่มขึ้นของ MRT (Mean Radiant Temperature) หรือระดับ Solar Radiation ที่ต้องการเพื่อนสร้างความสบายให้กับสภาพอากาศที่หนาว



ภาพที่ 3.27 Bioclimatic Chart ซึ่งได้ถูกดัดแปลงให้อยู่ในระบบเมตริก และปรับปรุงให้ใช้กับเขตอากาศอบอุ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการอ่านค่าความสบายใน Bioclimatic Chart นั้นจะต้องทำการ Plot อุณหภูมิอากาศภายนอกลงบนแผนภูมิ โดยจะเป็นการ Plot ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละช่วงเวลา และจากรูปที่ 3.26 การที่จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารพอเหมาะกับความสบายเราจำเป็นต้องใช้ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์เข้ามาช่วย (ดูจากเส้นค่าความร้อนที่ต้องการได้ขอบเขตความสบาย)



ภาพที่ 3.28 ลักษณะสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร บน Bioclimatic Chart

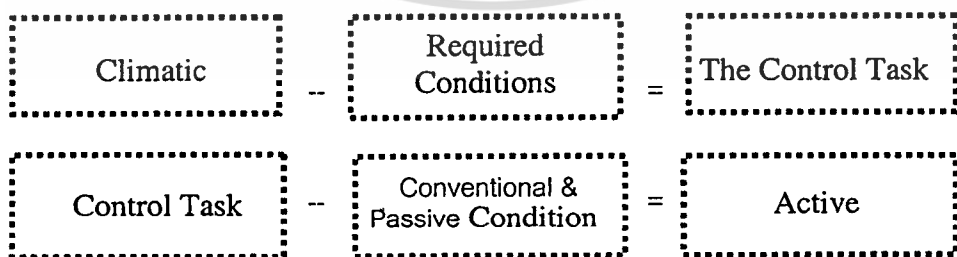
จากภาพ 3.28 จะเห็นว่าอุณหภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครจะอยู่นอกกรอบความสบายเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งการใช้ลมเข้าช่วยจะสามารถช่วยทำให้เกิดความสบายให้กับผู้ใช้อาคารได้ ดังนั้นการระบายอากาศจึงจำเป็นสำหรับอาคารในเขตกรุงเทพมหานครอย่างยิ่ง

### 3.4 แนวความคิดในการออกแบบอาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

อาคารที่วุ่นวายที่ไม่มีการใช้ระบบทำความเย็น หรือการออกแบบที่เหมาะสมนั้นในช่วงกลางวัน อุณหภูมิภายในอาคารจะสูง และจะเย็นลงในตอนกลางคืน เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า โดยการแผ่รังสี (Radiation) การพา (Convection) ความร้อนคืนสู่ท้องฟ้าซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอาคาร ซึ่งด้วยสภาพเช่นนี้จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารตลอดทั้งวัน (Indoor Diurnal Average Temperature) สูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันของภายในอาคาร (Outdoor Diurnal Average Temperature) เล็กน้อย ความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารในเวลากลางวันจะมาจาก การที่กรอบอาคารสะสมความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์แล้วแผ่รังสีเข้าสู่ภายในอาคาร และการที่รังสีแสงอาทิตย์ส่องผ่านช่องเปิดโดยตรงเข้าสู่ภายใน โดยความร้อนเหล่านี้จะค่อยๆ ถ่ายเทออกสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน ซึ่งหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออากาศภายนอกเป็นปกติ

กรอบอาคารจะยังคงรับความร้อนที่เป็นรังสีแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Solar Radiation) ถึงแม้ว่าจะมีการป้องกันแสงอาทิตย์โดยการสร้างร่มเงาให้กับช่องเปิด หรือแม้แต่การใช้สีของกรอบอาคารที่มีสีสว่างเพื่อสะท้อนความร้อน เพียงแต่เราสามารถที่จะลดความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากแสงอาทิตย์ไปได้บางส่วนเท่านั้นเอง ความร้อนที่เกิดจากรังสีแสงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมนี้ เรียกว่า Sol-Air Temperature ความร้อนเหล่านี้ยังไม่รวมกับความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมที่ทำให้เกิดความร้อนภายใน เช่น ทำครัว เปิดไฟ ฯลฯ รวมถึงความร้อนที่เกิดจากร่างกายของเราด้วยเหล่านี้จะเพิ่มอุณหภูมิภายในให้สูงขึ้น ดังนั้นหากเราจะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเย็นลงจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นที่มาก

การออกแบบอาคารเพื่อลดภาระและหาวิธีการทำความเย็นให้กับอาคารจึงเป็นสิ่งทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบอาคารแบบ Conventional Design การทำความเย็นด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling System) หรือการทำความเย็นให้กับอาคารโดยใช้เครื่องกล (Active Cooling System) เพื่อให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบายโดยใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นให้น้อยที่สุด



จาก Cooling Method Diagram<sup>1</sup> จะเห็นได้ว่าการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงานนั้น เราจะคำนึงถึงวิธีการทำความเย็นโดยวิธีธรรมชาติเป็นหลัก ด้วยเหตุนี้จึงขอมุ่งเน้นเพียงระบบการทำความเย็นชนิดนี้ (Passive Cooling) เป็นหลัก

<sup>1</sup> Cooling Method Diagram, Dr. Steven Szokolay, 4-28<sup>th</sup> Jan. 2000, Lecture Session in Bangkok, Thailand

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะมีการใช้ระบบการทำความเย็นโดยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling) หรือเครื่องกล (Active Cooling) ก็ควรตั้งอยู่บนพื้นฐานในการออกแบบเดียวกัน เพื่อช่วยลดภาระการทำความเย็นของทั้งสองระบบลง การออกแบบเบื้องต้นนี้เรียกว่า Conventional Design

ลักษณะการออกแบบอาคารที่ควรถูกนำมาพิจารณาถึง ได้แก่

- รูปร่างและรูปทรงของอาคาร (Form and Shape of Building)
- การวางทิศทางของอาคาร (Building Orientation)
- การใช้อุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด (Shading Device for Windows)
- ลักษณะและสีของเปลือกอาคาร (Building Envelope)
- ลักษณะสภาพแวดล้อมรอบๆอาคาร (Environment Near the Building)

### รูปร่างและรูปทรงของอาคาร (Form and Shape of Building)

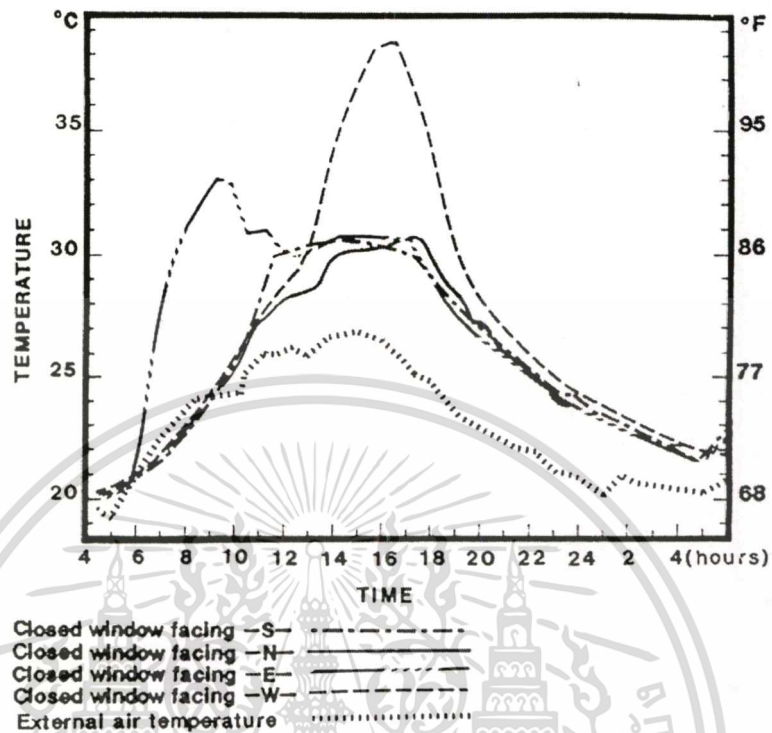
สำหรับรูปร่างและรูปทรงของอาคารที่เหมาะสมในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ที่มักมีการใช้ระบบปรับอากาศ โดยบางช่วงเวลาสามารถใช้การระบายอากาศเพื่อทำให้เกิดความสบายได้ ดังนั้นรูปร่างอาคารที่สอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศเช่นนี้ และเหมาะสมกับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศที่สุด ควรจะมีรูปร่างที่กระชับที่สุด กล่าวคือต้องมีพื้นที่ผิวภายนอกอาคารเมื่อเทียบกับพื้นที่ใช้สอยภายในให้น้อยที่สุด เพื่อลดพื้นที่ในการรับรังสีแสงอาทิตย์ที่จะทำให้อุณหภูมิภายในเพิ่มขึ้น พลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศก็จะลดลงตามด้วย

อย่างไรก็ตาม ระบบปรับอากาศนั้น ถึงแม้จะสามารถสร้างสภาวะน่าสบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายไฟฟ้าสูง<sup>2</sup> อีกทั้งในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นศักยภาพของการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาตินั้นเพียงพอที่จะทำให้เกิดความสบายได้ จึงไม่จำเป็นต้องพึ่งระบบปรับอากาศแต่อย่างใดดังนั้นการที่จะทำให้อาคารสามารถรับลมได้มากที่สุดนั้น คือ อาคารต้องมีพื้นที่ผิวภายนอกให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้รับรังสีแสงอาทิตย์มากตามไปด้วย จึงต้องมีการป้องกันแสงอาทิตย์ด้วยวิธีต่างๆโดยจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

### การวางทิศทางอาคารให้เหมาะสม (Building Orientation)

การพิจารณาถึงทิศทางอาคารนั้นโดยเหตุผลหลักก็เพื่อหาทิศทางที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิด เนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามาโดยตรงนั้นจะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารในช่วงเวลากลางวันสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ซึ่งหากเป็นอาคารที่ปรับอากาศจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนัก เป็นการเปลืองพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก

<sup>2</sup>ตารางที่ 1.3 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าภายในที่พักอาศัย แยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า ปี 2533, บทนำ ระเบียบข้อดำเนินการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.29 ผลของทิศทางและตำแหน่งของช่องเปิด

จากภาพจะเห็นว่า หน้าต่างทางด้านทิศใต้จะได้รับรังสีแสงอาทิตย์มากที่สุดจึงทำให้อุณหภูมิภายในอาคารที่เกิดจากหน้าต่างที่อยู่ทางทิศใต้สูงมากในช่วงเวลากลางวัน ส่วนผนังที่มีหน้าต่างทางด้านตะวันตกจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเวลากลางวัน

ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จุดประสงค์หลักของการเลือกทิศทางการวางอาคารที่ไม่เน้นการใช้ระบบปรับอากาศก็เพื่อการระบายอากาศเป็นหลัก เนื่องจากจะพัดพาความชื้นออกจากร่างกายและอากาศรอบๆตัว ทำให้เกิดความรู้สึกเย็นขึ้น (Physiological Effect)

แต่เมื่อการวางทิศทางของอาคารเพื่อลดผลกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ กับเพื่อผลของการระบายอากาศเกิดความขัดแย้งกัน เราจำเป็นต้องเลือกการวางอาคารเพื่อการระบายอากาศเป็นหลัก เนื่องจากว่ารังสีแสงอาทิตย์สามารถลดหรือป้องกันได้ด้วยอุปกรณ์บังแดด และหรือใช้ลักษณะของกรอบอาคารเข้าช่วย อย่างไรก็ตามต้นไม้ที่อยู่รอบๆ อาคารก็สามารถช่วยควบคุมทิศทางลมที่เข้าสู่ภายในอาคาร และสร้างร่มเงาให้กับอาคารได้ด้วยเช่นกัน แต่การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ก็เป็นแค่หลักการรองลงมาเท่านั้นเพราะเราไม่สามารถควบคุมมันได้อย่างที่ต้องการ

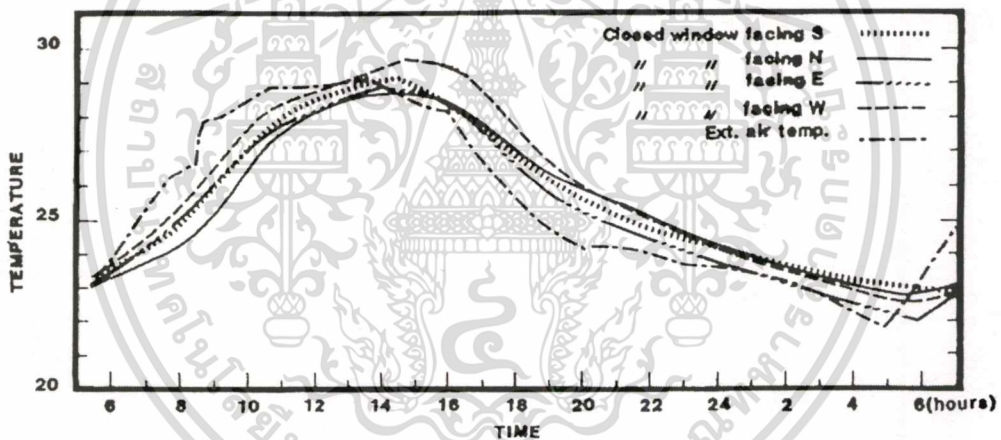
การวางทิศทางของอาคารเพื่อรับลมไม่จำเป็นว่าจะต้องให้แนวผนังตั้งฉากกับทิศทางลม แต่ควรคำนึงถึงการใช้สอยภายในมาเป็นตัวตัดสินว่าห้องใดควรได้รับลมแบบใด ซึ่งบางห้องผนังอาคารอาจต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงทำมุมกับทิศทางลมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่สุด หรือบางห้องอาจต้องการความเร็วลมภายในเพียงเล็กน้อยแต่กระจายทั่วทั้งห้อง ดังนั้นการวางทิศทางของห้องแต่ละห้องจึงไม่เหมือนกัน ซึ่งจะทำให้รูปร่างและรูปทรงของอาคารแสดงออกถึงการออกแบบเพื่อการระบายอากาศได้อย่างชัดเจนที่สุด

#### การใช้อุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่าง (Shading Device for Window)

รังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านเข้ามาทางหน้าต่างนั้นเป็นองค์ประกอบหลักๆของความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในอาคาร การที่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อป้องกันรังสีแสงอาทิตย์นั้นสำคัญอย่างมาก และยังช่วยให้เราตัดสินใจได้ง่ายเกี่ยวกับการจัดวางทิศทางของอาคาร จากรูปที่ 3.30 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในอาคารจะลดต่ำลงจากอุณหภูมิภายในที่เกิดจากหน้าต่างบนผนังที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด และจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในอาคารที่เกิดจากความแตกต่างของทิศทางการวางตำแหน่งหน้าต่างนั้น จะใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือทิศทางของหน้าต่างที่มีการใช้อุปกรณ์บังแดดจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



ภาพที่ 3.30 การทดลองเหมือนกับภาพที่ 3.2 แต่ใช้อุปกรณ์บังแดดอยู่ด้านนอกช่องเปิด

ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดจะมีลักษณะต่างๆหลายแบบ มีทั้งเป็นใช้บังแดดทางตั้ง (Fin) และทางนอน (Overhang) หรือรวมทั้ง 2 ทิศทาง (ภาพที่ 3.31 และ 3.32) ซึ่งจะป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ทางตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้เลย ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาเส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์ให้ดี เพื่อหาขนาดของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมที่สุดนั่นเอง

## Horizontal types

VIEW	SECTION	MASK	EXAMPLE	CHARACTERISTIC
				Horizontal overhangs are most efficient toward south or around southern orientations. Their mask characteristic is segmental.
				Louvers parallel to wall have the advantage to permit air circulation near to the elevation. Slanted louvers give better protection than vertical ones.
				Canvas awnings will have the same characteristics as solid overhangs, and can be made retractable.
				Where protection is needed for low sun angles, louvers hung from so-called horizontal overhangs are efficient.
				A solid, or perforated screen strip parallel to wall cuts out the lower part of the sun.
				Movable horizontal louvers change their mask characteristic according to their positioning.

ภาพที่ 3.31 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Vertical type**

VIEW:	PLAN AND SECTION:	MASK:	EXAMPLE:	CHARACTERISTIC:
				Vertical fins serve well toward east and west and near these orientations. Their mask characteristic is segmental.
				Vertical fins oblique to wall will result in asymmetrical mask. Separation from wall will avoid heat transmission.
				Movable fins can shade the whole wall, or open up in different directions according to the sun's position.

**Eggcrate types**

				Eggcrate types are combinations of horizontal and vertical types and their mask is a superimposed diagram of the two masks.
				Solid eggcrate with slanted vertical fins results in asymmetrical mask.
				Eggcrate device with movable horizontal elements shows flexible mask characteristics. Because of their high shading ratio, eggcrates are efficient in hot climates.

ภาพที่ 3.32 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

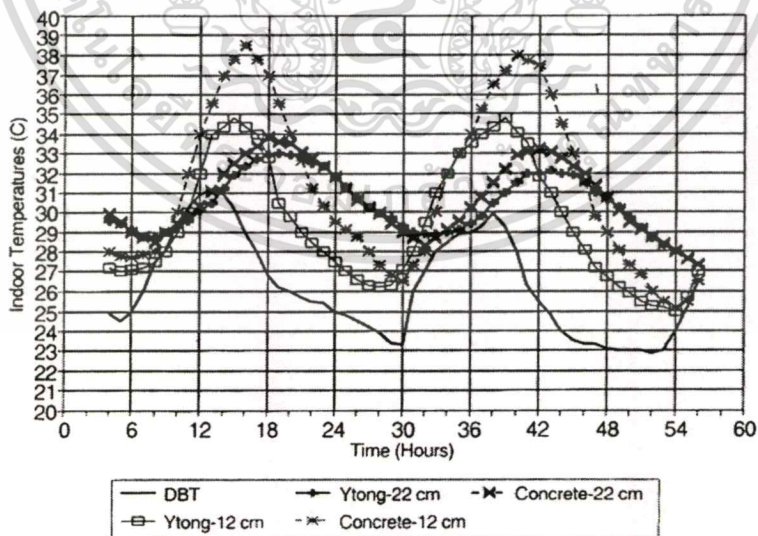
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามเราจำเป็นต้องคำนึงถึงการป้องกันแสงทางอ้อม(Indirect solar) ที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อมข้างเคียง เช่น อาคารข้างเคียง พื้นผิวภายนอก หรือแม้แต่สระน้ำ เหล่านี้จะมีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงเล็กน้อยก็ตาม และแสงเหล่านี้สะท้อนเข้ามาอาจจะรบกวนสายตา (Glare) เนื่องจากทิศทางของแสงที่เข้ามาเป็นมุมที่เข้ามาหาสายตาเราพอดี จึงควรมีการคำนึงถึงอุปกรณ์บังแดดเพื่อป้องกันแสงสะท้อนด้วย

### ลักษณะและสีของเปลือกอาคาร (Building's Envelope)

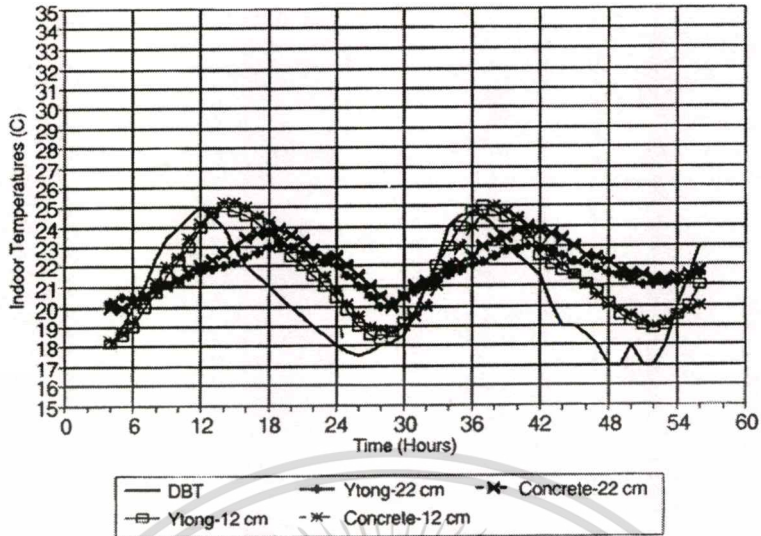
ลักษณะเปลือกอาคารมีส่วนช่วยอย่างมาก ในการลดปริมาณการทำความเย็นให้กับอาคาร (Cooling load) ให้น้อยลง โดยการป้องกันไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากรังสีแสงอาทิตย์ถ่ายเทเข้าสู่ภายในตามปกติในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นซึ่งมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในช่วงกลางวัน และกลางคืนที่น้อย โดยปกติไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส กรอบอาคารจึงควรเป็นวัสดุมวลเบาซึ่งไม่สะสมความร้อนไว้ภายใน หากว่าเราใช้วัสดุที่มีมวลมาก เช่น ผนังอิฐหรือคอนกรีต วัสดุเหล่านี้จะสะสมความร้อนไว้ในเวลากลางวันและแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารในเวลาเย็น (Time-lag) ดังนั้นวัสดุมวลมากจึงเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนที่มาก(อุณหภูมิต่ำสุดภายนอกควรต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส) เพื่อที่วัสดุเหล่านี้จะสามารถสะสมความเย็นในเวลากลางคืนได้ และนำกลับมาใช้ประโยชน์ในเวลากลางวันซึ่งทำหน้าที่เป็น Heat sink

การสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ถูกนำมาประกอบในการเลือกวัสดุเปลือกอาคาร เพื่อช่วยให้รังสีความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารมีปริมาณที่น้อยลง สีของวัสดุจึงถูกคำนึงถึงเนื่องมาจากความแตกต่างของคุณสมบัติของการสะท้อนและดูดกลืนความร้อนของสีต่างๆ (ภาพที่ 3.33 และ 3.34)



ภาพที่ 3.33 อุณหภูมิของอากาศภายในของผนังทางด้านทิศตะวันตก โดยที่ผนังเป็นสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.34 อุณหภูมิของอากาศภายในของผนังทางด้านทิศตะวันตก โดยที่ผนังเป็นสีขาว

จากรูปจะเห็นได้ว่า ผนังที่ทำด้วยสีเทานั้นจะมีอุณหภูมิภายในสูงมากเมื่อเทียบกับผนังที่ทำด้วยสีขาว อันเนื่องมาจากสีขาวมีค่าการดูดกลืนความร้อนที่ต่ำมากทำให้สามารถช่วยให้ลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร อุณหภูมิภายในก็จะอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากดังนั้นก็ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาระบบปรับอากาศแต่อย่างใด

#### ลักษณะสภาพแวดล้อมรอบ ๆ อาคาร (Environment Near the Building)

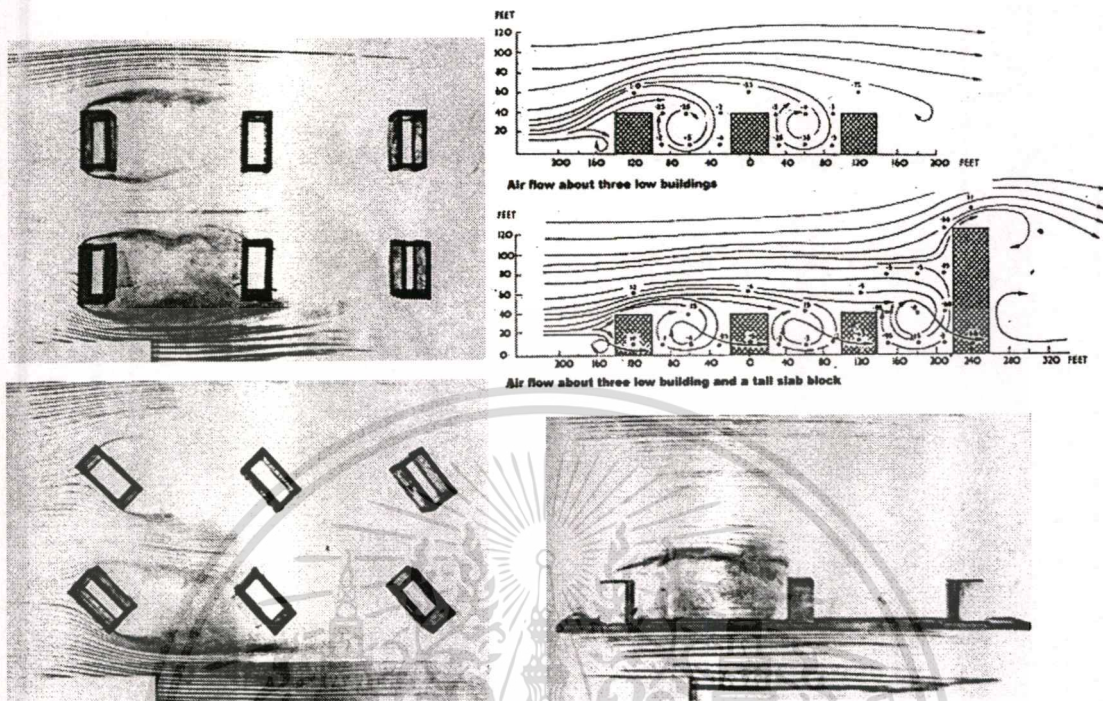
อิทธิพลของสภาวะอากาศรอบ ๆ อาคารมีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคาร และสภาวะน่าสบายอย่างมาก ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่นการใช้การระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจะไม่สำคัญมากนัก แต่หากว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลงที่พัดเข้ามาก็จะเย็นซึ่งมีผลดีขึ้นอย่างมาก ดังนั้นเราสามารถที่จะปรับปรุงสภาพแวดล้อมได้โดยการใช้สภาพแวดล้อมเดิมที่มีอยู่เพื่อทำให้อากาศภายนอกรอบ ๆ อาคารเย็นลง หรือเพื่อช่วยลดรังสีความร้อนที่มากกระทบกับกรอบอาคาร ปัจจัยแวดล้อมหลักๆที่นำมาพิจารณาในการออกแบบ มีดังต่อไปนี้

#### สิ่งก่อสร้างที่อยู่ข้างเคียง (Building Around Site)

สิ่งก่อสร้างเหล่านี้อาจจะบังข้อดี หรือข้อเสียต่ออาคาร ข้อดี คือจะสามารถป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ได้ในบางช่วงเวลาทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์บังแดดในช่วงเวลานั้น สำหรับข้อเสีย คืออาคารข้างเคียงเหล่านี้อาจเป็นตัวกลางสะท้อนแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร ในบางครั้งอาจจะบังทัศนียภาพโดยรอบได้ และอาจจะตั้งบังแนวลมจะทำให้ไม่สามารถได้รับลมจากทิศทางนั้นเลย แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความสูงและความกว้างของสิ่งก่อสร้างข้างเคียง กับระยะห่างระหว่างสิ่งก่อสร้างนั้นถึงตัวอาคารของเราด้วย (ภาพที่ 3.35) ซึ่งเราอาจสามารถใช้ประโยชน์จากลมได้เหมือนกันในบางกรณี โดยลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยอาคารจะได้รังสีแสงอาทิตย์มากที่สุดทางทิศใต้ ซึ่งทิศทางของลมประจำก็จะมาทางทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

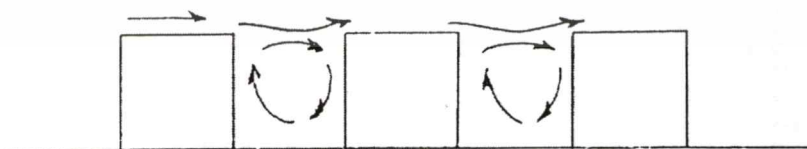
ได้ด้วยเหมือนกัน ดังนั้นหากเราสามารถเลือกได้ควรคำนึงถึงการรับลมเป็นอันดับแรก แล้วค่อยหาทางอื่น ป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ต่อไป



ภาพที่ 3.35 ลักษณะกระแสลมระหว่างอาคาร

สำหรับลักษณะของลมระหว่างอาคารนั้น ในกรณีของอาคารที่มีความสูงในระดับเดียวกันโดยที่อาคารเหล่านั้นวางตัวตั้งฉากกับทิศทางของกระแสลม ลักษณะของลมที่เกิดขึ้นระหว่างอาคารนั้นมีด้วยกัน 3 แบบ คือ

เมื่อระยะห่างระหว่างอาคารมีขนาดเล็ก  $b \leq h$  เมื่อ  $b$  คือ ระยะห่างระหว่างอาคาร และ  $h$  คือ ความสูงของอาคาร ลักษณะของลมจะพัดข้ามไปเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดจุดอับลมและความเร็วลมระหว่างอาคารต่ำ



ภาพที่ 3.36 ลักษณะของลมที่พัดผ่านกลุ่มอาคาร เมื่อ  $b \leq h$  เมื่อระยะห่างระหว่างอาคารกว้าง  $b > 4h$  ลมจะพัดลงพื้นที่ระหว่างอาคารและมีความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



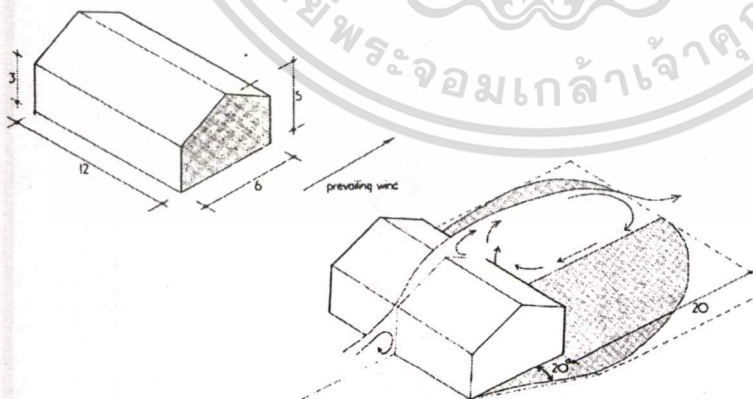
ภาพที่ 3.37 ลักษณะของลมที่พัดผ่านกลุ่มอาคาร เมื่อ  $b > 4h$

และเมื่อ  $1 < b/h < 4$  จะเกิดความแปรปรวนของกระแสลม เนื่องจากลมที่ถูกดึงขึ้นมาจากพื้นที่ระหว่างอาคาร และลมที่เหนืออาคารไม่สมดุลกัน เมื่อลมที่ถูกดึงขึ้นมา (entrainment rate) อยู่ในระดับที่สูง นั่นคือ ตำแหน่งที่ลมหยุดนิ่งเคลื่อนที่ต่ำลง ณ. ด้านหน้าของอาคารที่อยู่ด้านหลังซึ่งทำให้มีลมทดแทนเข้ามาในบริเวณดังกล่าวเพิ่มขึ้น และจะเกิดความดันซึ่งดันให้ตำแหน่งที่ลมหยุดนิ่ง (Stagnation point) ไปยังด้านหลังของอาคารด้านหน้า จนกระทั่งจะมีลมเข้ามาในพื้นที่ระหว่างอาคารน้อยลง และขบวนการดังกล่าวก็จะเกิดซ้ำอีก



ภาพที่ 3.38 ลักษณะของลมที่พัดผ่านกลุ่มอาคาร เมื่อ  $1 < b/h < 4$

สำหรับลมที่พัดผ่านเพียงอาคารเดียวนั้น เรามีวิธีหาระยะของลมที่วกกลับได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.39 แสดงระยะของลมที่วนกลับทางด้านหลังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

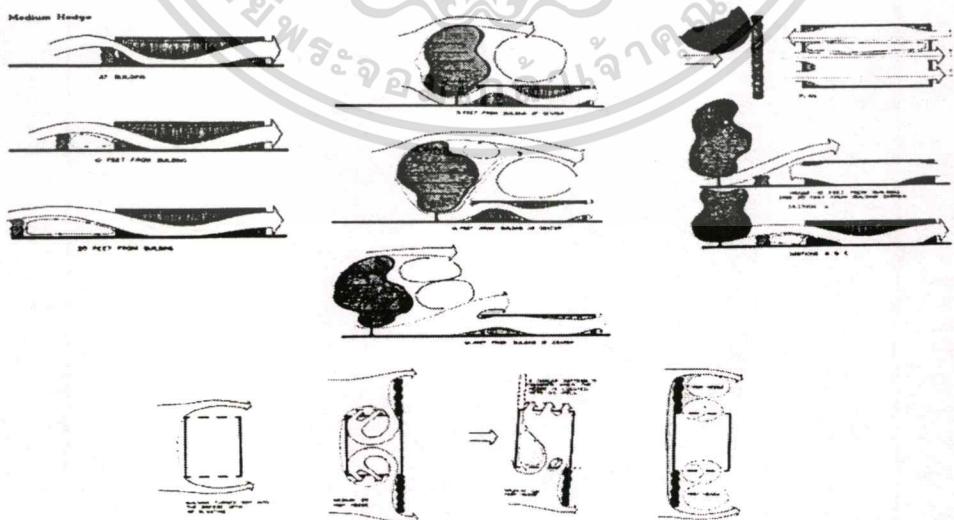
ตารางที่ 3.1 ระยะเงาของลมด้านหลังอาคารที่ลมเกิดการม้วนตัวกลับ

Building form	Width (W)	Height (H)	Roof pitch	Wind shadow length (xH) Length of the building (L)				Wind direction →	
				2A	4A	8A	16A		24A
A	A	A	0°	2½	3½	5½	8	8½	
2A	A	A	0°	2	2½	3½	6	7	
3A	A	A	0°	2½	3½	4½	5½	5½	
A	2A	A	0°	5½	8½	11½	16½	18	
A	3A	A	0°	6½	11½	16½	18½	20½	
2A	2A	A	45°	2½	5½	9½	13½	15	
2A	1.6A	A	30°	3	4	6½	10	13	
2A	1.5A	A	15°	3	5½	8½	11½	14½	
2A	1.5A	A	15°	2½	4½	6½	11	13½	

ต้นไม้และพันธุ์พืชรอบ ๆ อาคาร (Vegetation Around Building)

ประโยชน์ของพันธุ์พืชต่อการลดภาวะการทำความเย็นของอาคาร อาจแบ่งได้เป็น 3 ข้อด้วยกัน คือ

1. การใช้พันธุ์พืชเพื่อสร้างร่มเงาและลดอุณหภูมิอากาศ (Shading and Reducing Air Temperature) โดยการใช้ต้นไม้ที่มีพุ่มใบแผ่กว้างจะสามารถสร้างร่มเงาให้กับพื้นผิวโดยรอบและอาคารได้ หรืออาจจะใช้ไม้เลื้อยปกคลุมสวนต่างๆของอาคารก็สามารถช่วยป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ได้ด้วยเช่นกัน จากการวิจัยของ Parker (1983, 1987, 1989) ที่ Miami, Florida พบว่าอุณหภูมิของผนังที่ได้รับร่มเงาจากต้นไม้จะต่ำกว่าอุณหภูมิผนังที่ไม่ได้รับร่มเงาประมาณ 13.5-15.5 องศาเซลเซียส และในกรณีของไม้เลื้อยปกคลุมผนังจะสามารถลดได้ 10-12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.40 การใช้พืชพันธุ์เพื่อควบคุมทิศทางลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นไม้ที่มีพุ่มใบมากยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศโดยรอบ อันเนื่องมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นไม้จำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 220 BTU เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตรกลายเป็นไอ และความร้อนดังกล่าวต้นไม้จะดึงมาจากอากาศโดยรอบ<sup>3</sup> ดังนั้นอุณหภูมิอากาศบริเวณรอบๆ พุ่มใบจะลดต่ำลง เมื่อมีลมพัดผ่านก็จะแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ลมที่ผ่านออกมาเป็นลมที่เย็น และเข้าสู่ภายในอาคารเพื่อระบายอากาศภายในต่อไป

2. การใช้พันธุ์พืชเพื่อคลุมดิน (Ground Cover) เพื่อลดการสะท้อนของรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว (รังสีความร้อน) เข้าสู่อาคาร และยังสามารถช่วยลดแสงจ้า (Glare) ที่จะรบกวนสายตาผู้ใช้อาคาร นอกจากนี้พืชคลุมดินเหล่านี้ยังจะดูดซับน้ำจากใต้ดินมาระเหยทำให้อุณหภูมิอากาศในระดับผิวดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมาก อีกทั้งลมที่พัดผ่านก็จะมีอุณหภูมิลดลงด้วยเช่นกัน

และเมื่ออุณหภูมิอากาศรอบๆ อาคารเย็นลงผู้ใช้อาคารภายในก็จะรู้สึกเย็นสบายด้วยเช่นกัน เนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่านั่นเอง

3. การใช้ต้นไม้เพื่อควบคุมลักษณะและทิศทางของลม (Wind Control) เนื่องจากลมที่เกิดขึ้นจะมาจากหลายทิศทางหลายทาง<sup>4</sup> และในบางครั้งการออกแบบอาคารก็ไม่สามารถสอดคล้องกับทิศทางเพื่อรับลมภายนอกได้ ดังนั้นจึงมีการนำเอาพันธุ์พืชชนิดต่างๆ มาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนลักษณะลมเพื่อนำมาใช้ตามความต้องการใช้สอยภายใน (ภาพที่ 3.40) บางครั้งอาจนำต้นไม้มาเพื่อปรับเปลี่ยนทิศทาง หรือเพื่อลดความเร็วลมลง ต้นไม้ที่อยู่ทางด้านลมออก (Suction Zone) จะมีผลเพียงเล็กน้อยกับลักษณะลมภายใน ดังนั้นต้นไม้ นอกจากช่วยลดอุณหภูมิภายนอกและให้ร่มเงาแล้วยังช่วยในการระบายอากาศอีกด้วย เราจึงควรคำนึงถึงตำแหน่งการจัดวางต้นไม้ที่เหมาะสมในผังบริเวณด้วย

ทั้งหมดนี้เป็นเพียงพื้นฐานในการออกแบบอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของที่ตั้ง ผลก็คือ ผู้ใช้อาคารจะอยู่ในสภาวะน่าสบายด้วยการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นที่ลดลง แต่ยังมีวิธีการทำความเย็นให้กับอาคารโดยที่อาศัยเพียงธรรมชาติโดยรอบมาเป็นประโยชน์สูงสุด เรียกว่า Passive Cooling System

**การทำความเย็นให้กับอาคารโดยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling System)**

ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่าการที่จะสามารถสร้างความเย็นให้กับอาคารสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การทำความเย็นโดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติ (Passive Cooling System) กับการทำความเย็นโดยอาศัยเครื่องกล (Active Cooling System) ซึ่งจะมีการคำนึงถึง Conventional Design เป็นพื้นฐานเพื่อลดภาระการทำความเย็น การทำความเย็นให้กับอาคารโดยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling System) มีขั้นตอนที่ซับซ้อนมากกว่า Conventional Design เนื่องจากจะต้องใช้ส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อมารองรับขบวนการให้ผลสำเร็จ โดยเป็นการออกแบบที่ต้องการความละเอียดอย่างมากทั้งโครงสร้างภายในและภายนอกอาคาร

<sup>3</sup> สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

<sup>4</sup> การเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณและทิศทางลม พ.ศ.2542 ในภาคผนวก

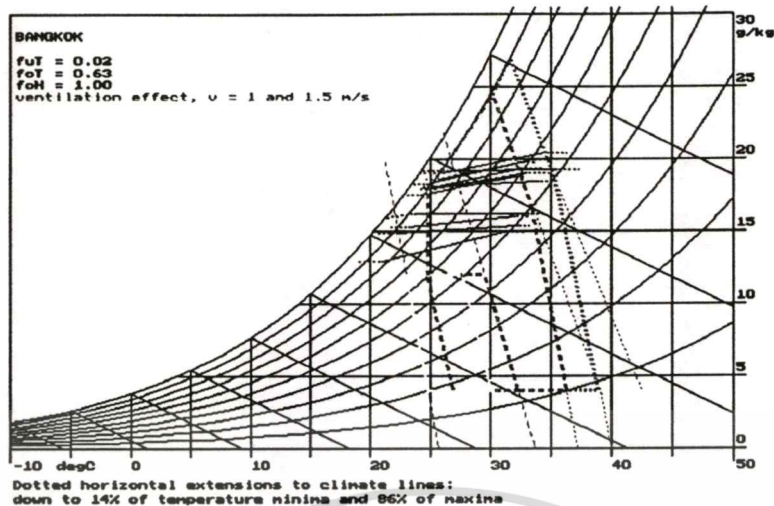
การทำความเย็นให้กับอาคารโดยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling System) สามารถแบ่งเป็นวิธีการต่างๆดังต่อไปนี้

- Comfort Ventilation เป็นการระบายอากาศเพื่อสร้างความสบายในช่วงเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน
- Nocturnal Ventilation เป็นการระบายอากาศในเวลากลางคืน เพื่อให้ทำให้โครงสร้างอาคารเย็น โดยมีการปิดอาคารในช่วงกลางวันเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร
- Radiant Cooling เป็นการนำหลักการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหลังคามาใช้เพื่อทำให้อาคารเย็นลง แต่จะมีอุปกรณ์พิเศษช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในวิธีนี้
- Direct Evaporative Cooling เป็นการนำความชื้นจากการระเหยของน้ำมาใช้ทำความเย็นภายในอาคาร
- Indirect Evaporative Cooling เป็นการทำความเย็นที่โครงสร้างโดยอาศัยการระเหยของน้ำซึ่งจะนำความร้อนออกไปด้วยจากโครงสร้างเพื่อสร้างความเย็นให้กับอาคาร
- Soil Cooling เป็นการใช้ดินเพื่อทำความเย็นให้กับอาคาร เนื่องจากดินมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอากาศ

#### การระบายอากาศ (Comfort Ventilation)

วิธีการที่ง่ายที่สุดในการทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกสบาย คือการระบายอากาศซึ่งความเร็วลมที่เกิดขึ้นจะสามารถทำให้เกิดความสบายได้ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจะสูงถึง 30 องศาเซลเซียสก็ตาม แต่ในความรู้สึกของมนุษย์จะรู้สึกเย็นขึ้นเนื่องจากความชื้นบนร่างกายและรอบๆตัวถูกพัดพาไป โดยจะนำเอาความร้อนที่ความชื้นสะสมอยู่ไปด้วย ความรู้สึกเช่นนี้เรียกว่า Physiological Cooling และการระบายอากาศในลักษณะนี้เรียกว่า Comfort Ventilation (ภาพที่ 3.41) ในการระบายอากาศแบบนี้จะเกิดประสิทธิภาพมากที่สุดก็ต่อเมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงไม่เกิน 28-32 องศาเซลเซียส แต่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพการปรับตัว (Acclimatization) ของผู้ใช้อาคารด้วย ตัวอย่างเช่นคนที่อยู่ในสภาพอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจนชินการระบายอากาศแบบนี้ก็อาจจะสามารถชอบเขตของอุณหภูมิภายนอกได้อีก อาจได้ถึง 37 องศาเซลเซียสแต่ประสิทธิภาพและความรู้สึกสบายของผู้คนยังคงไม่เปลี่ยนแปลง แต่แน่นอนว่าอากาศภายนอกสามารถที่จะถูกลดอุณหภูมิลงด้วย Conventional Design มาก่อนหน้านี้แล้วดังนั้นจึงไม่ค่อยเกิดปัญหามากนัก แต่เงื่อนไขสำคัญที่สุดในการเลือกใช้การระบายอากาศเช่นนี้ คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน (Diurnal Temperature Range) ไม่ควรเกิน 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสภาพภูมิอากาศที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นลักษณะของภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Hot-Humid Climate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.41 Psychrometric chart ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงเขตความสบายที่ขยายเนื่องจากการเพิ่มความเร็วลม

แต่บางอาคารที่มีการป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ที่ดี ทำให้มีรังสีความร้อนแผ่เข้าสู่ภายในอาคารในปริมาณน้อย อีกทั้งยังมีความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมภายในอยู่ในระดับต่ำ และอุณหภูมิภายนอกสูงกว่าภายในมากนั้น ในกรณีนี้การระบายอากาศในเวลากลางวันอาจจะทำให้อุณหภูมิภายในและอุณหภูมิของพื้นที่ผิวโครงสร้างต่างๆของอาคารสูงขึ้นมาก ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงและใช้การเปิดพัดลมเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศแทน

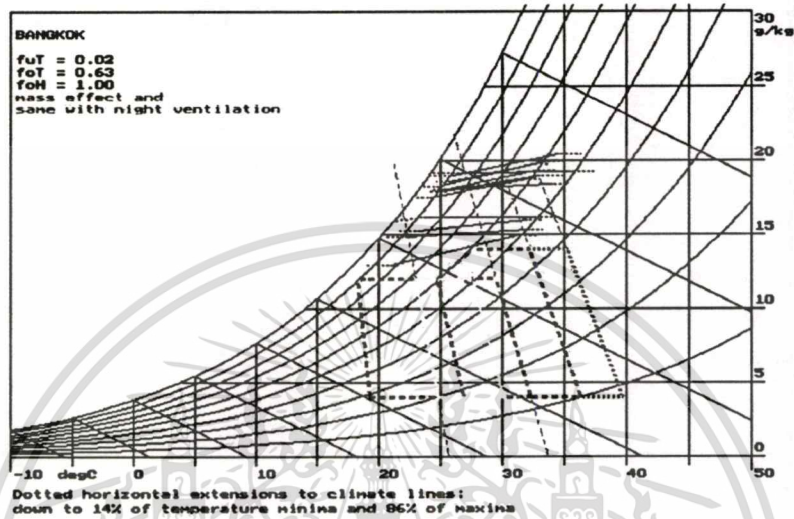
สำหรับโครงสร้างอาคารในเขตร้อนชื้นควรเป็นวัสดุมวลเบา เนื่องจากว่าหากเป็นวัสดุมวลมาก เช่น ผนังก่ออิฐ หรือคอนกรีต เป็นต้น วัสดุเหล่านี้จะมี Time-lag ที่ยาวทำให้อุณหภูมิภายในอาคารช่วงเวลาเย็นสูงมากกว่าอุณหภูมิภายนอก ประกอบกับความเร็วลมในเวลาเย็นจะลดต่ำลง และอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันก็ลดต่ำลงไม่เพียงพอที่จะทำให้โครงสร้างอาคารภายในเย็นลงได้มากนัก ทำให้โครงสร้างของอาคารในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นควรมีน้ำหนักเบา

#### การระบายอากาศเพียงในเวลากลางคืน (Nocturnal Ventilation Cooling)

การระบายอากาศเฉพาะในเวลากลางคืนนี้มีการใช้ในสภาพภูมิอากาศแบบทะเลทราย หรือร้อนแห้ง ซึ่งจะมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน (Diurnal Temperature) สูงกว่า 12 องศาเซลเซียส (B.Givoni) หรือ 8 องศาเซลเซียส (S.V. Szokolay) ขึ้นไป และมีอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลากลางคืนของฤดูร้อนต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศแบบ Nocturnal Ventilation Cooling

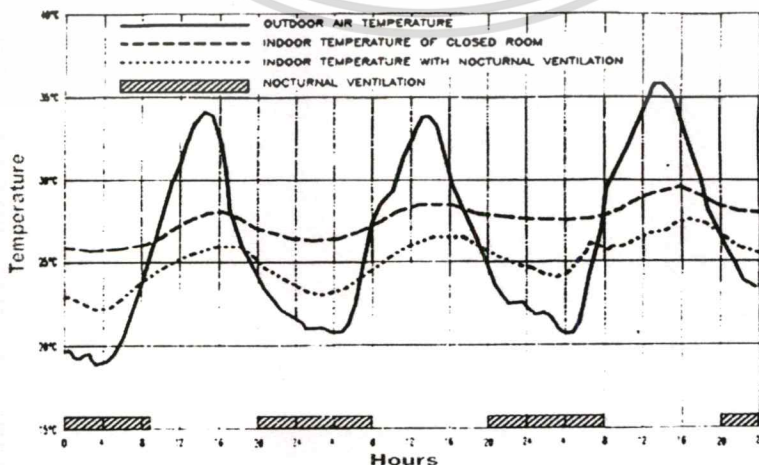
การระบายอากาศแบบ Nocturnal Ventilation Cooling นี้ จุดประสงค์คือเพื่อที่จะให้โครงสร้างภายในอาคารสะสมความเย็นในเวลากลางคืน เพื่อนำมาใช้ในเวลากลางวัน โดยโครงสร้างอาคารที่มีมวลมากจะถูกทำให้เย็นลงด้วยลมเย็นที่พัดผ่านและเก็บสะสมความเย็นนั้นไว้ได้มาก ช่วงเวลากลางวันที่อุณหภูมิภายนอกสูงมากจะทำการปิดอาคารเพื่อไม่ให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในได้ โครงสร้างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในที่สะสมความเย็นไว้จะช่วยรักษาอุณหภูมิภายในไว้ และช่วยป้องกันความร้อนที่มาจากรังสีแสงอาทิตย์ด้านนอกด้วย (Heat Sink) และเนื่องจากผนังที่มีมวลมากการส่งถ่ายความร้อนเข้าสู่อาคารจึงต้องใช้เวลาาน(Time-lagมาก) กว่าที่ความร้อนจะส่งถ่ายเข้าสู่ภายในก็เป็นช่วงเวลาเย็นซึ่งเราใช้การระบายอากาศ อีกทั้งอุณหภูมิอากาศภายนอกก็เริ่มลดต่ำลงแล้ว ทำให้ผนังทั้งภายใน และภายนอกกลับมาเย็นอีกครั้ง (ภาพที่ 3.42)



ภาพที่ 3.42 Psychrometric chart ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงเขตความสบายที่ขยายเนื่องจากการระบายอากาศในเวลากลางคืน (Nocturnal ventilation cooling)

สำหรับอาคารที่มีการใช้โครงสร้างมวลมาก มีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศที่ดี และมีการให้ร่มเงากับกรอบอาคาร จะสามารถช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดภายในอาคารลง 35-45% ของอุณหภูมิสูงสุดภายนอกอาคาร แต่หากเป็นอาคารแบบเดียวกันแต่ไม่มีการระบายอากาศในเวลากลางคืน (Nocturnal Ventilation Cooling) อุณหภูมิที่ต่ำสุดภายในอาคาร (ช่วงเวลากลางคืน) จะสูงกว่าอุณหภูมิต่ำสุดภายนอกอาคาร ประมาณ 35-45% ด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 3.43)

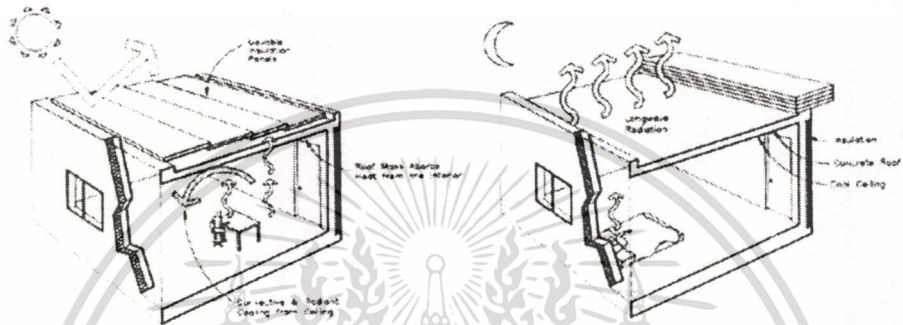


ภาพที่ 3.43 อุณหภูมิภายในห้องที่มีการใช้วิธี Nocturnal Ventilation (ทดสอบในประเทศอิสราเอล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

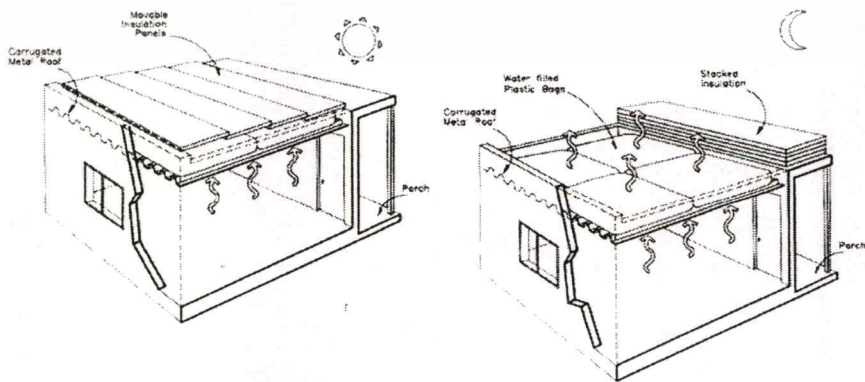
### การคายรังสีความร้อน(Radiant Cooling)

ความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ถูกเก็บกักไว้ในโครงสร้างในช่วงเวลากลางวัน จะคายรังสีความร้อน(Heat Loss) คืนกลับสู่ท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนไปสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่หลังคาของอาคารเป็นส่วนโครงสร้างที่จะได้รับรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันมากที่สุด ดังนั้นจึงได้มีการใช้วิธีต่างๆเพื่อทำให้โครงสร้างหลังคาได้รับรังสีแสงอาทิตย์น้อยที่สุด ขณะเดียวกันก็สามารถที่จะคายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหลังคาไม่ว่าจะมาจากรังสีแสงอาทิตย์ หรือจากความร้อนภายในอาคารที่ถ่ายเทให้กลับคืนสู่บรรยากาศให้มากที่สุด (Radiant Cooling)



ภาพที่ 3.44 ลักษณะของการใช้หลังคาคอนกรีต กับการใส่ฉนวนในผนังเพื่อการทำความเย็นแบบแผ่รังสี (Radiation Cooling)

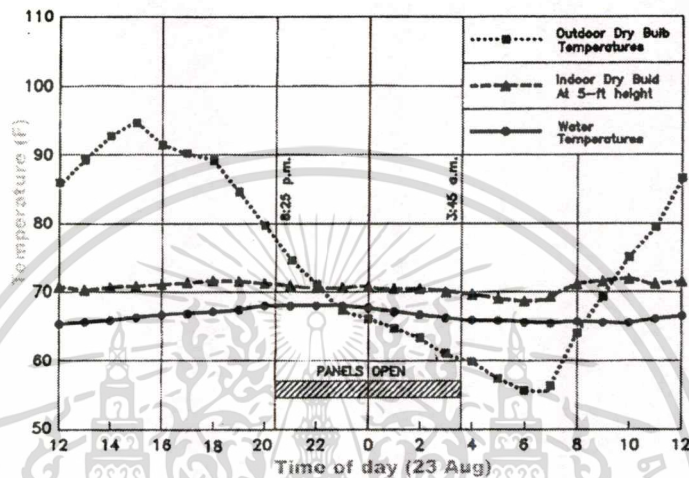
การใช้หลังคาที่มีมวลมากและปิดทับด้วยฉนวนที่เคลื่อนที่ได้ (Massive Roof with Movable Insulation)เป็นวิธีที่นำเอาหลักการข้างต้นมาใช้ได้อย่างตรงไปตรงมาที่สุด คือ การใช้ฉนวนเคลื่อนที่มาปิดทับหลังคาเพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งอาจจะเว้นช่องอากาศระหว่างฉนวนกับโครงสร้างหลังคาไว้ (Air Gap) และเมื่อถึงช่วงเวลากลางคืนฉนวนที่ปิดทับไว้จะถูกเคลื่อนที่ออกเพื่อให้โครงสร้างได้คายความร้อนที่สะสมไว้ออกสู่บรรยากาศ เนื่องจากว่าเป็นโครงสร้างมวลมากจะทำให้สะสมความเย็นในช่วงเวลากลางคืนเพื่อทำมาช่วยรักษาอุณหภูมิภายใน(Heat Sink) ในช่วงเวลาวันได้ (ภาพที่ 3.44)



ภาพที่ 3.45 ลักษณะของ Sky Therm System ซึ่งพัฒนามาจากภาพที่ 3.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกวิธีหนึ่งคือเปลี่ยนจากโครงสร้างมวลมาก (คอนกรีต) มาเป็น Water Filled Plastic Bags (ภาพที่ 3.45) วิธีนี้เรียกว่า "Sky Therm System" ซึ่งเป็นการพัฒนาโดย Harold Hay, 1978 ระบบนี้จะใช้แผ่นโครงสร้างเหล็กและ Water Bags มาวางทับไว้ด้านบนตามลำดับ น้ำที่ถูกรบรรจุใน Plastic Bags จะเปิดรับความเย็นและเก็บสะสมไว้ในช่วงเวลากลางคืน และมีฉนวนมาปิดทับ Plastic Bags ไว้ในช่วงเวลากลางวันเช่นเดียวกับวิธีแรก แต่วิธีดังกล่าวนี้จะง่ายในการติดตั้ง สะดวก และมีราคาถูกกว่าวิธีการแรก (ภาพที่ 3.46)

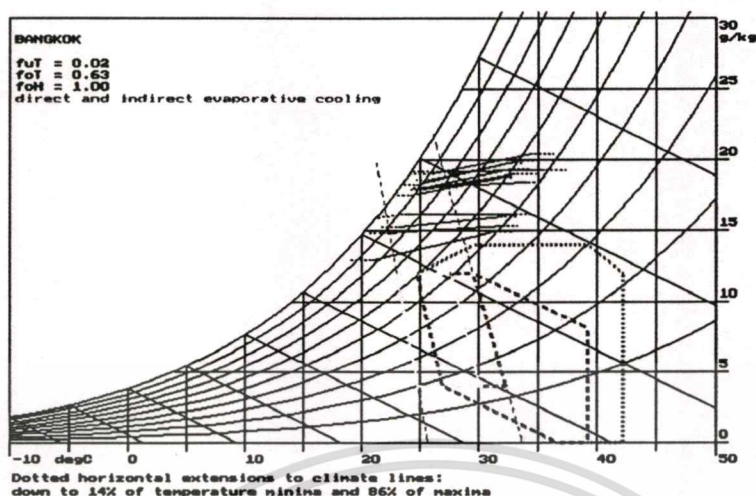


ภาพที่ 3.46 ผลของการใช้ Sky Therm System ในแคลิฟอร์เนีย

#### การระเหยของละอองน้ำ (Evaporative Cooling)

อากาศร้อนจากภายนอกสามารถทำให้เย็นด้วยการปรับปรุงสภาพแวดล้อมรอบอาคาร แต่ยังมีวิธีที่จะทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงอีกนั่นคือ การใช้ละอองน้ำฉีดเข้าอากาศเพื่อให้เกิดการระเหย ความร้อนที่มีอยู่ในอากาศนั้นออกไป (Direct Evaporative Cooling) ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศไปในตัวดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนแห้ง ซึ่งผู้คนในเขตอากาศนี้ต้องการความชื้นเพิ่มเพื่อทำให้เกิดสภาวะที่น่าสบาย วิธีนี้มีราคาต่ำใช้จ่ายที่น้อย หลักการก็คือนำลมจากภายนอกที่จะทำการระบายอากาศนั้นมาผ่านละอองน้ำ ซึ่งจะทำความชื้นที่พัดผ่านออกมาจากละอองน้ำมีอุณหภูมิที่ลดต่ำลง

แต่สำหรับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่ไม่สามารถใช้วิธีข้างต้นได้โดยตรง ก็สามารถนำหลักการระเหยความร้อนมาใช้กับอาคารได้ เรียกว่า Indirect Evaporative Cooling ซึ่งเป็นการทำให้โครงสร้างหลังคาซึ่งได้รับรังสีความร้อนมากที่สุด มีอุณหภูมิที่ลดต่ำลงด้วยการพ่นละอองน้ำสู่โครงสร้าง และนำความร้อนออกจากโครงสร้างด้วยการระเหย (Evaporate) ซึ่งวิธีการเช่นนี้จะไม่เป็นการเพิ่มความชื้นภายในอาคารแต่อย่างใด และยังช่วยทำให้อากาศบริเวณหลังคามีอุณหภูมิที่ลดต่ำลง ลมที่พัดผ่านบริเวณหลังคามีการพ่นละอองน้ำก็จะเป็นลมที่เย็นเป็นประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อม (ภาพที่ 3.47)



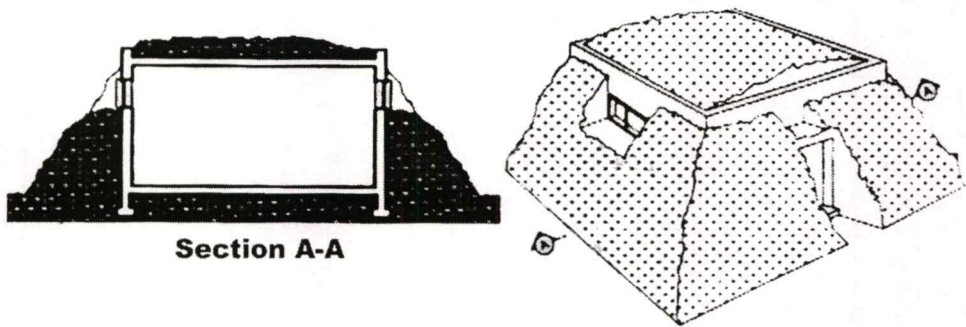
ภาพที่ 3.47 Psychrometric chart ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงเขตความสบายที่ขยายเนื่องจากการทำความเย็นจากการระเหยของไอน้ำ (Evaporative Cooling)

#### การใช้ความเย็นจากดิน (Earth as A Cooling Source)

ดินที่อยู่บริเวณรอบๆ อาคารสามารถนำมาเป็นแหล่งทำความเย็นทางธรรมชาติให้กับอาคารได้ หากว่าอุณหภูมิของดินนั้นเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งบางครั้งดินที่มีอุณหภูมิต่ำนั้นอาจต้องมีระดับความลึกถึง 2-3 เมตร ซึ่งในบางเวลาอุณหภูมิของดินก็อาจเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ ในกรณีนี้เราสามารถทำให้อุณหภูมิของดินลดต่ำลงได้ในบางครั้งอาจลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 8-10 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีการให้ร่มเงา และใช้น้ำเพื่อทำให้อุณหภูมิดินลดต่ำลง

การใช้พืชคลุมดิน วัสดุตามธรรมชาติ หรือใช้อาคารสร้างร่มเงา ได้มีการทดลองพบว่าการให้ร่มเงากับดินในช่วงฤดูร้อนของสภาพภูมิอากาศแบบร้อนแห้ง อุณหภูมิของดินในระดับความลึกที่ 2-3 เมตร จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 12-14 องศาเซลเซียส และในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จะประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส

วิธีการนำดินมาใช้เพื่อทำความเย็นให้กับอาคาร (Earth as a Cooling Source) สามารถที่จะทำได้ทั้งในทางตรงและทางอ้อม การใช้ดินมาทำความเย็นให้กับอาคารโดยตรง (Direct Coupling of The Building With The Soil) จะเป็นการนำดินมาปกคลุมส่วนต่างๆ ของโครงสร้างอาคารที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์ เช่น ผนัง หลังคา เป็นต้น เพื่อป้องกันความร้อนที่มาจากรังสีแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร และความเย็นที่มีในดินจะถ่ายเทเข้าสู่โครงสร้างอาคารอีกด้วย ซึ่งดินจะทำหน้าที่เป็น Heat Sink (ภาพที่ 3.48)



ภาพที่ 3.48 การนำความเย็นจากดินมาใช้แบบ Bermed walls โดยคำนึงถึงแสงธรรมชาติ

การใช้ดินเพื่อทำความเย็นให้กับอาคารโดยทางอ้อม (Indirect (Active) Cooling Between The Building And The Cooled Soil) เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเครื่องกลมาช่วย โดยการใช้ท่อเหล็กฝังไว้ใต้ดินซึ่งมีอุณหภูมิต่ำซึ่งในท่อเหล็กจะเป็นของไหล เช่น น้ำ หรือลม เพื่อให้ของไหลดังกล่าวแลกเปลี่ยนความร้อนกับท่อเหล็กซึ่งได้แลกเปลี่ยนความร้อนจากดินมาแล้ว ดังนั้นของไหลที่ผ่านท่อเหล็กออกมาจึงจะมีอุณหภูมิที่ต่ำลง และนำมาใช้ทำความเย็นภายในอาคารโดยการฝังท่อไว้ที่ผนัง แต่ต้องมีจำนวนมาก และ อุณหภูมิของของเหลวภายในต่ำมากเพียงพอให้ผนังของอาคารแลกเปลี่ยนความร้อนกับท่อซึ่งเย็นอย่างมีประสิทธิภาพ หรือการใช้เครื่องเป่าลมเป่าลมผ่านท่อที่เย็นทำให้ลมที่ผ่านท่อออกมาเย็นเพื่อทำความเย็นเข้าให้กับอาคาร ในกรณีนี้ความเย็นของของไหลในท่อต้องลดต่ำลงมากเพียงพอสำหรับขั้นตอนการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มาก หากอุณหภูมิของไหลไม่ต่ำมากอาจใช้การลมจากในท่อโดยตรงเพื่อทำความเย็น อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรเพื่อหมุนเวียนอากาศให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

การทำความเย็นให้กับอาคารด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling System) จะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการใช้เครื่องกลเพื่อทำความเย็น (Active Cooling System) อย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามวิธี Passive Cooling ก็มีข้อจำกัดในการใช้งานด้วย เนื่องจากว่าไม่สามารถทำให้อุณหภูมิ และความชื้นภายในอาคารลดต่ำลงเพียงพอ และสม่าเสมอที่จะสร้างสภาวะน่าสบายให้ผู้ใช้อาคารที่มีกิจกรรมภายในอาคารที่มีค่า Metabolic levels of various activities<sup>5</sup> มาก ดังนั้นหากจะใช้วิธีการทำความเย็นโดยวิธีธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพที่สุดนั้น อาคารที่เหมาะสมในการนำไปใช้คือ อาคารประเภทที่พักอาศัย แต่ก็สามารถนำไปใช้ในอากาศประเภทอื่นได้เช่นกันโดยใช้เป็นบางช่วงเวลาเท่านั้น และนำเอาเครื่องกลเข้ามาเพื่อช่วยทำความเย็นเสริม เมื่อไม่สามารถสร้างสภาวะน่าสบายด้วยการทำความเย็นให้กับอาคารด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling System)<sup>6</sup> และเนื่องจากว่าวิธีการระบายอากาศเพื่อทำความเย็นให้กับอาคารเป็นวิธี Passive Cooling ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ และสามารถสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคารได้

<sup>5</sup> ตารางที่ 1.1 Metabolic levels of various activities , บทนำ

<sup>6</sup> Energy Conservation in Buildings, Dr. Steven Szokolay, 4-28<sup>th</sup> Jan. 2000, Lecture Session in Bangkok, Thailand

อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นเหตุผลหลักที่นำเรื่องการระบายอากาศมาศึกษาเพื่อหาแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมต่อไป

ส่วนเหตุผลรอง คือ วิธีการอื่นๆไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอาคารสูงเพื่อพักอาศัย (Residential Tall Building)ที่กำลังทำการศึกษานี้ อันเนื่องมาจากว่าความสูงและขนาดของอาคารที่มาก และลักษณะการใช้สอยซึ่งสลับซับซ้อนแยกออกจากกันอย่างสิ้นเชิง จึงมีเพียงการระบายอากาศเท่านั้น ในวิธีการทำความเย็นให้กับอาคารด้วยวิธีทางธรรมชาติทั้งหมดที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 แนวความคิดในการระบายอากาศ

ความต้องการลักษณะในการระบายอากาศที่แตกต่างกันภายในอาคาร มีผลทำให้ลักษณะและทิศทางของลมที่จะเข้าสู่ภายในจำเป็นต้องแปรเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความต้องการ ซึ่งความต้องการดังกล่าวก็เป็นความต้องการซึ่งสอดคล้องกับลักษณะกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของอาคาร ลักษณะและทิศทางของลมภายนอกที่เข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะภายนอกของอาคาร ลักษณะและตำแหน่งของช่องเปิด พื้นที่ช่องเปิด และลักษณะภายในอาคาร เป็นต้น

ความต้องการลักษณะในการระบายอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ

1. การระบายอากาศเพื่อสุขภาพร่างกาย(Health Ventilation) ของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร คือ การถ่ายเทเอาอากาศเสียภายในออกไปจากอาคาร มนุษย์ต้องการออกซิเจนหายใจเข้าสู่ร่างกายเพื่อให้ระบบในร่างกายเป็นไปตามปกติและหายใจเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังนั้นอากาศภายในอาคารจึงจะค่อยๆแย่ลง และหากมีผู้ใช้อาคารหนาแน่นอากาศภายในก็จะแย่เร็วขึ้น อีกทั้งฝุ่นละอองอาจจะมีมากขึ้นเนื่องจากกิจกรรมที่ทำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการระบายอากาศเพื่อให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกสบายไม่อึดอัด (ตารางที่ 1 ในภาคผนวก) และไม่มีฝุ่นละอองด้วยการนำเอาอากาศใหม่จากภายนอกมาแทนที่ แต่ควรต้องพิจารณาถึงลักษณะความบริสุทธิ์ของอากาศภายนอกด้วย

อีกประการหนึ่งคือ อุปกรณ์เครื่องใช้ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ หลอดไฟ หรือแม้แต่การทำครัว ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นและอัตราของฝุ่นควันก็มากขึ้นด้วย จึงจำเป็นต้องมีการระบายเอาอากาศซึ่งอาจทำให้สุขภาพร่างกายของผู้ใช้อาคารแย่ลงออกไป

2. การระบายอากาศเพื่อทำความเย็นให้กับร่างกาย (Convective and Physiological Cooling Effect) เป็นการใช้ความเร็วลมเพื่อช่วยในการพัดพาเอาความชื้นและความร้อน (Convection) ที่มีอยู่บนร่างกายและรอบๆของผู้ใช้อาคารออกไป ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นขึ้น ความชื้นที่ไม่อยู่บนร่างกายนั้นจะทำให้รู้สึกอึดอัดเพราะว่าความร้อนที่เกิดขึ้นไม่สามารถที่จะถ่ายเทออกไปได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว ซึ่งในขณะที่ความชื้นได้ถูกพัดพาออกไปนั้นจะนำเอาความร้อนออกไปด้วย (Evaporative Heat Loss) ลมที่ใช้ในการระบายอากาศเพื่อพัดพาความชื้นนั้นไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิที่ต่ำ เราสามารถใช้ลมซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารมาใช้เพื่อการนี้ได้ เพราะเหตุว่าการระบายอากาศด้วยวิธีนี้จะเป็นการสร้างความรู้สึกที่เย็น (Physiological Cooling) มากกว่าที่จะเป็นการลดอุณหภูมิ ดังนั้นจึงต้องมาคำนึงถึงความเร็วลมภายในเราจะเป็นตัวกำหนดว่าร่างกายจะรู้สึกเย็นลงเพียงใด<sup>14</sup> ความชื้นบนร่างกายสามารถถ่ายเทออกไปได้เร็วเพียงใดร่างกายก็จะรู้สึกเย็นมากขึ้นเท่านั้น

3. การระบายอากาศเพื่อทำความเย็นให้กับโครงสร้างภายในอาคาร (Structural Cooling) การที่จะระบายอากาศแบบนี้ได้อุณหภูมิภายในและภายนอกต้องแตกต่างกันมาพอสมควร ซึ่งเหมาะกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนแห้งซึ่งจำเป็นต้องเก็บรักษาความเย็นไว้ในโครงสร้างเพื่อรักษาอุณหภูมิให้เย็น

<sup>14</sup> มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริงประมาณ 0.40 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 0.28 เมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเผยแพร่โดยไม่หวังผลตอบแทน ภายใต้เงื่อนไขการนำเอกสารไปใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ในเวลากลางวัน รวมไปถึงการทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ เฟอร์นิเจอร์ และสิ่งต่างๆภายในอาคารสะสมความเย็นจากลมเย็นไว้ด้วย

จากความต้องการลักษณะของการระบายอากาศที่แตกต่างกันดังกล่าว และสภาพภูมิอากาศที่ไม่แน่นอนของแต่ละพื้นที่ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการระบายอากาศเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ โดยสามารถแบ่งวิธีการระบายอากาศออกได้เป็น 2 วิธี คือ

- การระบายอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ หรือความกดดันอากาศ (Stack Effect)
- การระบายอากาศโดยอาศัยแรงดันลมพัดผ่านอาคาร (Cross Ventilation)

### 3.5.1 การระบายอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ หรือความกดดันอากาศ (Stack Effect)

เมื่ออุณหภูมิหรือความกดดันอากาศระหว่างภายใน-นอกอาคารมีความแตกต่างกัน ลมจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงหรืออุณหภูมิต่ำ ไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำหรืออุณหภูมิสูง ขณะเดียวกันอากาศร้อนภายในอาคารจะลอยตัวสูงขึ้น ตามหลักการดังกล่าวจึงสามารถให้การระบายอากาศแบบ Stack Effect ช่วยในการระบายอากาศได้ แต่ว่าการอาศัยเพียงความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความกดอากาศจะทำให้เกิดลมที่มีความเร็วต่ำเท่านั้นร่างกายสามารถรับรู้การเคลื่อนที่ของลมเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการระบายอากาศด้วยวิธีนี้จึงไม่เพียงพอที่จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นลงได้<sup>13</sup> แต่เพียงใช้เพื่อการระบายอากาศเพื่อนำอากาศเสียภายในออกไป แต่เราสามารถเพิ่มความเร็วมลภายในได้ อีกโดยการเพิ่มระยะห่างระหว่างช่องลมเข้า(Inlet) และช่องลมออก(Outlet)ให้มากขึ้น(ไม่ควรต่ำกว่าความสูงอาคาร2ชั้น) ถึงแม้ว่าจะยังคงไม่เพียงพอกับการทำความเย็นอย่างมีประสิทธิภาพก็ตาม

สำหรับอัตราการไหลของอากาศ ( $V_r$ ) อันเนื่องมาจากการระบายอากาศแบบ Stack Effect จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอก ( $T_o$ ) อุณหภูมิอากาศภายใน ( $T_i$ ) ความสูงจากกึ่งกลางช่องลมเข้าถึงกึ่งกลางของช่องลมออก( $h$ ) และพื้นที่ของช่องลมเข้า ( $A$ ) ซึ่งจะมีวิธีคำนวณที่แสดงความสัมพันธ์และเพื่อหาอัตราการไหลของอากาศภายในอาคาร (S.V. Szokolay, Jan 4<sup>th</sup>-28<sup>th</sup> 2000, Bangkok)

หากว่าเราต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของการระบายอากาศแบบ Stack Effect เพื่อสามารถทำความเย็นให้กับผู้ใช้อาคาร และหรือโครงสร้างภายใน ควรจะจัดวางตำแหน่งช่องลมเข้า (Inlet) ไว้ทางด้านรับลม(Windward) เพื่อที่จะอาศัยแรงดันลมจากภายนอกเข้าช่วยเพิ่มความเร็วมลภายใน แต่หากจะให้ได้ประสิทธิภาพที่สุด ช่องลมออก (Inlet) ควรอยู่ด้านหลังลม (Leeward) ช่องเปิดมีขนาดใหญ่ และระยะห่างระหว่างช่องลมเข้ากับช่องลมออกควรให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ จะสามารถทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นขึ้นได้ อย่างไรก็ตามก็ยังคงไม่เพียงพอที่จะทำให้โครงสร้างภายในเย็นได้ เนื่องจากว่าช่วงเวลากลางวันความเร็วลมจะลดต่ำลง

<sup>13</sup> โดยปกติความเร็วลมอย่างต่ำที่มนุษย์ต้องการเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายจะประมาณ 1-2 เมตร/วินาที ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาสำคัญของการระบายอากาศแบบ Stack Effect คือช่องเปิดที่อยู่ด้านบนจะดูแลรักษาทำความสะอาดยากหรือแม้กระทั่งการที่อยู่สูงพ้นจากสายตารเราจะไม่สามารถทราบได้ว่าสภาพของช่องเปิดยังคงดีอยู่หรือไม่ใช้งานหรือไม่ ปัญหาเรื่องน้ำฝนซึ่งหากไม่มีการออกแบบอาคารให้สามารถป้องกันช่องเปิดที่อยู่สูงนั้นจะทำให้เกิดเป็นปัญหาอย่างมากโดยเฉพาะในสภาวะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และสุดท้ายคือการ ปิด-เปิดช่องเปิดทำได้ยากและไม่สะดวกจึงควรมีระบบที่สามารถควบคุมให้ช่องเปิดสามารถควบคุมหรือมีการได้อย่างสะดวก

### 3.5.2 การระบายอากาศโดยอาศัยแรงดันของลมพัดผ่านอาคาร(Cross Ventilation)

ในการระบายอากาศแบบ Stack Effect โดยปกติจะสามารถระบายเอาฝุ่น ควันต่างๆออกไปเท่านั้น แต่มีความเร็วไม่เพียงพอที่จะพัดพาเอาความชื้นบนร่างกายออกไปเพื่อให้เกิดความสบายได้ จึงจำเป็นต้องใช้การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation โดยอาศัยแรงดันลมภายนอกพัดผ่านอาคารโดยตรง ซึ่งการระบายอากาศแบบนี้ เราสามารถที่จะควบคุมลักษณะและทิศทางของลมภายในอาคารได้ดี โดยการออกแบบขนาด ตำแหน่งและลักษณะของช่องลมเข้า-ออก และยังมีกรออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อช่วยรองรับการระบายอากาศด้วย การที่เราจำเป็นต้องมีการควบคุมลักษณะลมจากภายนอกที่เข้าสู่อาคารเนื่องจากว่าเพื่อให้ลักษณะลมภายในเหมาะสมกับการใช้สอย เช่นในห้องนั่งเล่นเราสามารถที่จะให้ลมเข้ามาในระดับผู้ใช้อาคารโดยตรง แต่ถ้าเป็นห้องนอน ณ.บริเวณเตียงนอน การที่รับลมเข้ามาปะทะกับร่างกายโดยตรงนั้นอาจทำให้รู้สึกไม่สบาย ในบางครั้งอาจจะป่วยได้ ดังนั้นจึงไม่ควรวางระดับหน้าต่าง(ช่องลมเข้า)อยู่ในระดับเตียงนอน เป็นต้น

ดังนั้น ในการระบายอากาศเพื่อสร้างความรู้สึกรบายให้กับผู้ใช้อาคารอย่างมีประสิทธิภาพจึงควรจะเป็นแบบ Cross Ventilation ซึ่งสามารถควบคุมลักษณะลมที่เข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างดี และสะดวกในการบำรุงรักษา โดยที่การระบายอากาศแบบ Stack Effect นั้นจะควบคุมทิศทางลมภายในได้อย่างยากลำบากและไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร อีกทั้งยังไม่สะดวกในการจัดการอีกด้วย

### Stack effect

Air flow in a stack is driven by the density difference between inside and outside air.

Density of air at 0°C is :  $\rho_o = 1.293 \text{ kg/m}^3$

At any other temperature T :  $\rho_t = 1.293 \times 273/T$  .....1

Where T is absolute temperature in °K

The gravitational acceleration is :  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

The inside-outside pressure difference or

Stack pressure is :  $\Delta p = h \times g \times (\rho_o - \rho_i)$

or substituting from (1)  $\Delta p = h \times 9.81 \times (1.293 \times 273/T_o - 1.293 \times 273/T_i)$

which becomes  $\Delta p = h \times 3462 \times (1/T_o - 1/T_i)$  .....2

Where T is in °K

height h is in m. (taken between centers of inlet and outlet)]

then  $\Delta p$  is in Pa(Pascal)

A useful rule of thumb is that  $\Delta p \approx 0.13 \text{ Pa/}^\circ\text{K}$  per storey.

The volume flow rate will that be  $v_r = 0.827 \times A \times \sqrt{\Delta p}$  .....3

Where A is in  $\text{m}^2$

$V_r$  is in  $\text{m}^3/\text{s}$

If apertures are in series (eg. Inlet and outlet)

Then the effective area is  $A' = \frac{A_1 + A_2}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}}$

eg :

if  $T_o = 28^\circ\text{C} = 301^\circ\text{K}$ , which gives a density of  $1.293 \times 273/301 = 1.173 \text{ kg/m}^3$

$T_i = 32^\circ\text{C} = 305^\circ\text{K}$ , which gives a density of  $1.293 \times 273/305 = 1.157 \text{ kg/m}^3$

And if  $h = 4\text{m}$

Then  $\Delta p = 4 \times 3462 \times (1/301 - 1/305) = 0.6 \text{ Pa}$

Or  $4 \times 9.81 \times (1.173 - 1.157) = 0.6 \text{ Pa}$

And if inlet = outlet = shaft cross sectional area :  $A = 0.5 \text{ m}^2$

Then  $v_r = 0.827 \times 0.5 \times \sqrt{0.6} = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}$

## Cross Ventilation

The pressure of wind is

$$P_w = 0.5 \times d \times v^2$$

Where  $d$  = air density, often taken as  $1.224 \text{ kg/m}^3$  (corresponding to  $15^\circ\text{C}$ )

$v$  = velocity in m/s

Thus generally

$$P_w = 0.612 \times v^2 \quad \dots\dots 1$$

For a building surface this must be multiplied by a pressure coefficient,  $C_p$

Typical values of which are :

On windward side  $C_{pw} = 0.5$  to  $1$

On leeward side  $C_{pl} = -0.3$  to  $-0.4$

For the side facing the wind (within  $45^\circ$  each way) :

$C_{pw} = 1$  and  $C_{pl} = -0.4$  if fully exposed (open field or water)

For the opposite (leeward side) :

$C_{pw} = 0.5$  and  $C_{pl} = -0.3$  in a density built up urban area (1-3 storey houses)

Cross ventilation is driven by the wind pressure difference

$$\Delta P_w = P_w \times (C_{pw} - C_{pl}) \quad \dots\dots 2$$

The resulting volume flow rate will be

$$V_r = 0.827 \times A \times C_e \times \sqrt{\Delta P_w} \quad (\text{in m}^3/\text{s}) \quad \dots\dots 3$$

Where  $A$  = effective area of openings

$C_e$  = effectiveness coefficient :

Values of which are :

From window in one wall only, no cross ventilation :  $0.1$

To full cross ventilation, equal inlet and outlet and no partitions :  $1$

E.g.

If  $v = 3 \text{ m/s}$   $C_{pw} = 0.9$   $C_{pl} = -0.4$

Then  $\Delta P_w = 0.612 \times 3^2 \times (0.9 - (-0.4)) =$

$$0.612 \times 9 \times 1.3 = 7.16 \text{ Pa} \quad \text{and}$$

if  $A = 3 \text{ m}^2$   $C_e = 1$  (full cross ventilation)

Then  $v_r = 0.827 \times 3 \times 1 \times \sqrt{7.16} = 6.64 \text{ m}^3/\text{s}$

จาก Energy Conservation in Building, Dr. Steven Szokolay, 4<sup>th</sup> - 28<sup>th</sup> Jan. 2000, Lecture in Bangkok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation

การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation สามารถทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความรู้สึกสบายได้ดีกว่าการระบายอากาศแบบ Stack Effect ซึ่งความเร็วลมภายในไม่เพียงพอกับการทำให้รู้สึกเย็น และการทำความเย็นให้กับโครงสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation สามารถแบ่งออกตามประโยชน์ใช้งานได้เป็น 2 ประเภท แบบแรกเป็นการอาศัยความเร็วลมที่มากพอที่จะทำให้ผู้อยู่ภายในอาคารรู้สึกเย็นโดยการพัดพาเอาความชื้นบนร่างกายและรอบๆตัวไป เรียกว่า Comfort Ventilation ส่วนอีกแบบเป็นการระบายอากาศในช่วงเวลากลางคืนเพียงช่วงเวลาเดียวเพื่อทำความเย็นให้กับโครงสร้างอาคาร ซึ่งในช่วงเวลากลางวันโครงสร้างมีสะสมความร้อนไว้จะช่วยรักษาอุณหภูมิภายในและสร้างความเย็นให้กับภายใน (Heat Sink) วิธีการระบายอากาศประเภทนี้เรียกว่า Nocturnal Ventilative Cooling

ลักษณะของ Nocturnal Ventilation นั้นจะเหมาะกับภูมิอากาศแบบร้อน-แห้ง อุณหภูมิตอนกลางวันสูงกลางคืนต่ำ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันสูง ซึ่งไม่สามารถใช้ลมร้อนในช่วงเวลากลางวันสร้างความสบายให้กับผู้ใช้อาคารได้ เนื่องจากความชื้นในอากาศที่ต่ำจึงไม่สามารถที่จะทำให้รู้สึกเย็น (Physiological Cooling) ได้ ดังนั้นจึงต้องสะสมความร้อนในช่วงเวลากลางคืนไว้ในโครงสร้างภายในให้มากที่สุดเพื่อนำมาใช้ในช่วงเวลากลางวัน โดยจะแตกต่างกับการระบายอากาศประเภท Comfort Ventilation ที่เหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ดังนั้นจึงทำการมุ่งเน้น Comfort Ventilation ซึ่งสอดคล้องกับภูมิอากาศของประเทศไทยและงานวิจัย

#### 3.6.1 การระบายอากาศแบบ Comfort Ventilation

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้างความสบายให้กับผู้ใช้อาคาร โดยลมที่มีความเร็วพอประมาณจะช่วยพัดพาเอาความชื้นบนร่างกายและรอบๆ ตัวออกไปจึงทำให้เกิดความรู้สึกที่เย็นขึ้นทั้งที่อุณหภูมิอากาศยังเท่าเดิมหรือเพิ่มมากกว่าเดิมก็ตาม เพราะความร้อนได้ถูกพัดพาออกไปพร้อมกับความชื้นด้วยความรู้สึกเช่นนี้เรียกว่า Physiological Cooling ปฏิกริยาเช่นนี้จะเกิดขึ้นในสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นสูงและมีความเร็วลมพอสมควร ลมที่พัดพาเอาความชื้นที่มีความเร็วลมมากก็จะช่วยให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้นตาม เนื่องจากความชื้นและความร้อนสามารถถ่ายเทออกไปได้อย่างรวดเร็ว

ในบางช่วงเวลาและบางสถานการณ์ลมที่เรานำมาใช้ระบายอากาศนั้น จะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิภายในก็ตาม<sup>16</sup> แต่ในหลักการของ Physiological Cooling การที่มีลมมาพัดพาเอาความชื้นออกไปไม่ว่าลมนั้นจะเป็นลมร้อนก็ตามจะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากกว่าไม่มีการระบายอากาศ แต่อุณหภูมิภายนอกก็ไม่ควรสูงเกินไปประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำ

<sup>16</sup> หากอุณหภูมิภายในเย็นกว่าภายนอกเมื่อทำการระบายอากาศจะทำให้อุณหภูมิภายในเท่ากับอุณหภูมิภายนอก หรืออาจจะสูงกว่าได้ในบางโอกาส

สุดของแต่ละวันไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นลักษณะของภูมิอากาศแบบร้อนชื้น แต่หากในบางช่วงเวลาไม่สามารถที่จะใช้การระบายอากาศได้ก็ควรเปิดพัดลมเพื่อช่วยในการพัดพาความชื้นด้วย

ลักษณะของลมรอบๆ อาคารไม่ว่าจะเป็นความเร็วหรือทิศทางจะขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพแวดล้อมรอบๆอาคาร (Microclimate) ซึ่งจะรวมถึงลักษณะความหนาแน่นของเมืองและอาคารข้างเคียง แต่สำหรับลักษณะของลมที่เข้าสู่ภายในอาคารนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

- ลักษณะของอาคารภายนอก เช่นรูปทรง ลักษณะพื้นผิว และหน้าตาภายนอกของอาคาร เป็นต้น
- ตำแหน่งและทิศทางของช่องเปิด (Opening) ที่สัมพันธ์กับทิศทางลม
- พื้นที่ของช่องเปิด ทั้งในด้านรับลม(Windward) และด้านหลังลม (Leeward)
- ชนิดและรายละเอียดของช่องเปิด
- ลักษณะและสิ่งกีดขวางภายในอาคาร เช่น เฟอร์นิเจอร์ หรือผนังซึ่งแบ่งอาคารออกเป็นหลายๆ ส่วน รวมไปถึงช่องเปิดที่เชื่อมระหว่างห้องที่ถูกแบ่งนั้นด้วย
- การใช้มุ้งลวดกันแมลงให้กับอาคาร

เหล่านี้เป็นปัจจัยหลักๆที่มีผลต่อลักษณะลมภายในอาคาร ซึ่งสามารถที่จะช่วยเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพ ในการระบายอากาศได้ การระบายอากาศแบบCross Ventilationจะมีหลักการ คือลมภายนอกที่ไหลผ่านช่องเปิดลมเข้า (Inlet Opening) ไปสู่ช่องลมออก (Outlet Opening) นั้นสามารถที่จะไหลผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด

### 3.6.2 หลักการประเมินลักษณะการระบายอากาศ

การประเมินประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารไม่เพียงแต่ต้องพิจารณาถึงปริมาณของลมที่ระบายออกไป (Air Flow Rate) ได้เท่านั้น แต่ยังคงคำนึงถึงการกระจายตัวและทิศทางของลมที่ไหลผ่านพื้นที่ภายในด้วยว่าควรเป็นลักษณะใดเพื่อสอดคล้องกับการใช้สอยภายใน โดยต้องทำการพิจารณาองค์ประกอบดังต่อไปนี้

- ทิศทางและความเร็วลม ณ.บริเวณทางลมเข้า
- ทิศทางและความเร็วลม ณ.ตำแหน่งต่างๆภายในห้อง ( Any Point of Space)
- ความเร็วลมเฉลี่ยภายใน(Average Air Speed)
- ความเร็วลมเฉลี่ย ณ.ระดับความสูงผู้ใช้อาคาร (โดยทั่วไปสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร)

โดยปกติจะไม่มีหลักการใดสามารถตัดสินว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ.ตำแหน่งต่างๆภายในห้อง (Any Point of Space)นั้นควรมีลักษณะเช่นใด แต่ขึ้นอยู่กับว่ากิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่นั้นเป็นเช่นใด ต้องการลักษณะลมเช่นใด ในบางห้องเราอาจจะมีการระบายอากาศโดยตรงโดยทั้งพื้นที่ด้านข้างให้มีความเร็วลมที่ต่ำได้<sup>17</sup> ขนาดของช่องเปิดที่ไม่เท่ากัน ตำแหน่งของช่องเปิด และทิศทาง

<sup>17</sup> ในกรณีที่ช่องลมเข้าและช่องลมออกมีขนาดเท่ากัน และอยู่ตรงข้ามกันพอดี โดยที่ช่องลมเข้ามีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของลมไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมภายนอก เป็นส่วนที่ทำให้ลักษณะของลมภายในภายในเปลี่ยนแปลงไป เช่นเมื่อช่องลมเข้ามีขนาดเล็กกว่าช่องลมออก โดยที่ทิศทางของลมภายนอกตั้งฉากกับอาคาร จะทำให้ความเร็วลม ณ.บริเวณช่องลมเข้าสูง ขณะที่ความเร็วลมเฉลี่ยภายในจะต่ำกว่าความเร็วลมสูงสุดพอสมควร และความเร็วลม ณ.ตำแหน่งต่างๆภายในจะไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

### 3.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร

#### ● ประเภทและลักษณะภายนอกของอาคาร

ประเภทของอาคารพักอาศัยไม่ว่าจะเป็นบ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ อาคารสูงเพื่อพักอาศัยที่เป็น Single-loaded หรือ Double-loaded Corridor หรืออาคารพักอาศัยที่มีจำนวนหน่วยพักอาศัยต่อชั้นที่น้อย ประมาณ 4 หน่วย จะมีผลต่อการระบายอากาศทำให้ต้องเลือกวิธีการระบายอากาศที่เกิดประสิทธิภาพที่สุด อันเนื่องมาจากอาคารแต่ละแบบมีการจัดพื้นที่ใช้สอยที่แตกต่างกัน แต่ความต้องการในการระบายอากาศยังคงเหมือนเดิม คือมีช่องเปิดด้านรับลม (Windward) และช่องเปิดเพื่อให้อากาศออก (Leeward) ในทุกๆพื้นที่ใช้สอย เพื่อให้มีการระบายอากาศเกิดประสิทธิภาพที่สุด โดยที่ในกรณีของบ้านเดี่ยวจะสามารถระบายอากาศได้ดีและทำได้ง่ายที่สุด เนื่องจากลักษณะของอาคารเอื้ออำนวยให้เราสามารถมีช่องเปิดอยู่รอบๆอาคารซึ่งไม่สามารถทำได้ในอาคารชนิดอื่นๆ เช่น คอนโดมิเนียม เป็นต้น ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องจัดการกับอุปสรรคต่างๆที่ทำให้การระบายอากาศทำได้อย่างไม่สะดวกโดยที่นำวิธีต่างๆมาใช้ เช่น เลือกชนิดของช่องเปิดที่เหมาะสม และหรือการใช้ Wingwalls เพื่อให้เกิดด้านเหนือลม (Upwind) และด้านใต้ลม (Downwind) ซึ่งมีความแตกต่างของความดันอากาศที่มากในกรณีที่มีช่องเปิดได้เพียงด้านเดียวของห้อง เป็นต้น

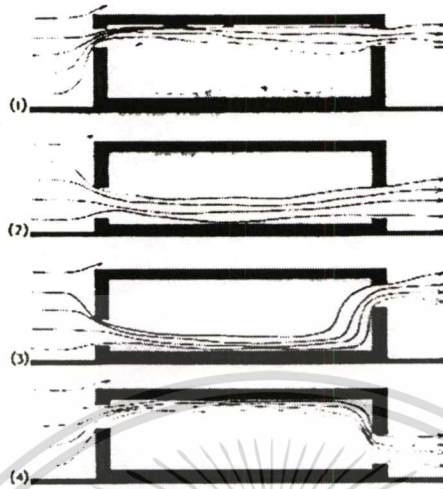
ลักษณะภายนอกของอาคาร ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่กรอบอาคาร กับพื้นที่ใช้สอยภายใน ซึ่งหากมีพื้นที่ผนังยิ่งมากก็จะสามารถมีจำนวนช่องเปิดที่มาก แต่ก็ควรให้ร่วมนอกกับผนังที่มีพื้นที่มากนั้นด้วย อย่างไรก็ตามหากอาคารนั้นใช้ระบบปรับอากาศเป็นส่วนมากก็ควรจะมีพื้นที่กรอบอาคารน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ การนำผนังเหล่านั้นมาปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับลมที่มาจากทิศทางที่แตกต่างกันเข้าสู่อาคาร (Projection) ได้โดยไม่ต้องใช้โครงสร้างใดๆมาเสริมจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และเกิดประโยชน์จากการใช้ผนังที่มากที่สุด และลักษณะภายนอกอีกประการ คือ ลักษณะของระเบียง หรือทางเดินที่ยื่นออกมาจากอาคาร ซึ่งจะมีผลต่อการให้ร่วมนอก และการระบายอากาศ ระเบียงหรือทางเดินเหล่านี้มีส่วนช่วยนำลมจากภายนอกเข้าสู่อาคาร (Projection) ได้ในตัวเอง เหมือนกับการใช้โครงสร้างผนังหากมีการค้ำยันถึงในระหว่างขั้นตอนการออกแบบ

#### ● ตำแหน่งและทิศทางของช่องเปิดที่สัมพันธ์กับทิศทางลม

##### ตำแหน่งของช่องเปิดในแนวตั้ง

องค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคารที่ตึ้นนั้น คือ การวางตำแหน่งและการดูแลรักษาหน้าต่างทางด้านรับลม (Windward) ของอาคาร ตำแหน่งของหน้าต่างทางด้านลม

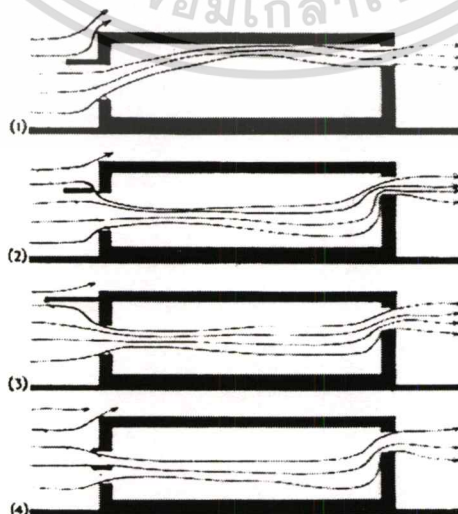
ออกนั้นก็มีผลกับลักษณะของลมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นหน้าต่างทางด้านเหนือลมจึงมีความสำคัญควรนำมาพิจารณาเป็นอันดับแรก



ภาพที่ 3.49 ลักษณะกระแสลมที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งช่องเปิด (Inlet)

- ตำแหน่งช่องเปิดอยู่ด้านบนจะไม่มีกระแสลมในระดับความสูงร่างกาย
- ตำแหน่งช่องเปิดอยู่ด้านล่างจะเกิดกระแสลมที่ดี ในกรณีที่ต้องการนำกระแสลมมาทำความเย็น
- ช่องลมเข้าอยู่ด้านล่าง ช่องลมออกอยู่ด้านบนจะทำให้กระแสลมอยู่ในระดับที่ต่ำ
- ช่องลมเข้าอยู่ด้านบน ช่องลมออกอยู่ด้านล่าง กระแสลมจะอยู่สูงระดับเพดาน

เมื่อหน้าต่างทางด้านเหนือลมอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของผนัง ลักษณะของกระแสลมภายในจะมีทิศทางเดียวกับกระแสลมภายนอกอาคาร แต่ถ้าช่องเปิดถูกจัดวางไว้ในตำแหน่งสูงใกล้เคียงกับระดับฝ้าเพดานลักษณะของกระแสลมภายในจะโน้มตัวขึ้นไปหาฝ้าเพดาน ขณะที่หากช่องเปิดอยู่ต่ำใกล้ระดับพื้นกระแสลมก็จะโน้มตัวลงหาพื้น (ภาพที่ 3.49 และ 3.50)



ภาพที่ 3.50 ผลของการใช้อุปกรณ์บังแดดต่อลักษณะของกระแสลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระแสลมจะโน้มตัวขึ้นหาเพดาน
- ช่องว่างของอุปกรณ์บังแดดกับอาคารจะทำให้เกิดกระแสลมที่ตรงมากกว่าแบบแรก
- การย้ายตำแหน่งอุปกรณ์บังแดดขึ้นด้านบนจะได้ผลแบบเดียวกับแบบที่2 แต่ต้องการอุปกรณ์บังแดดที่มีขนาดใหญ่กว่า
- การใช้เกล็ดบังแดดเป็นหน้าต่างเลยนั้นจะได้กระแสลมที่ดีมากกว่า แต่ความร้อนที่สะสมไว้ที่เกล็ดบังแดดนั้นจะทำให้ลมที่พัดผ่านเข้ามาสูในตัวอาคารมีอุณหภูมิที่สูง

### ตำแหน่งของช่องเปิดในแนวนอน

จากความคิดที่ว่าอาคารที่มีรูปร่างยาว-แคบ และผนังด้านยาวตั้งฉากกับทิศทางของลมจะทำให้มีการระบายอากาศที่ดีที่สุดนั้น เนื่องจากว่าลักษณะอาคารเช่นนี้จะทำให้เกิดความแตกต่างของความกดดันอากาศระหว่างด้านหน้า (Windward) กับด้านหลัง (Leeward) ที่มากที่สุด แต่ในความเป็นจริงการวางอาคารตั้งฉากกับแนวลมไม่ได้ทำให้การระบายอากาศมีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนของอาคารจะต้องการลักษณะของลมที่ต่างกันด้วย การวางทิศทางอาคารที่ถือว่าดีที่สุดคือ เอียงทำมุมประมาณ30-60 องศาทิศทางลมจะทำให้ลมภายในกระจายได้อย่างทั่วถึง (ดูตารางที่ 3.2 และ 3.3 ประกอบ) แต่ในกรณีที่ห้องต่างๆสามารถมีช่องเปิดได้เพียงด้านเดียวแต่มี 2 ช่องเปิดอยู่คนละมุมของห้อง เช่น ห้องชุดต่างๆ ทิศทางลมที่ทำมุมกับผนังจะสามารถทำให้เกิดความแตกต่างความกดดันอากาศระหว่างช่องเปิดทั้งสอง ทำให้เกิดการไหลของลมขึ้น ถึงแม้จะมีเพียงเล็กน้อยแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพดีกว่าลมที่มาจากทิศทางตั้งฉากกับผนัง

ด้วยเหตุที่สามารถมีช่องเปิดได้แค่ด้านเดียวนั้น จึงทำให้ความแตกต่างของความกดดันอากาศระหว่างช่องลมเข้ากับช่องลมออกมีเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาProjectionมาใช้เพื่อสร้างความแตกต่างระหว่างช่องเปิดทั้งสองให้มีมากขึ้นโดยเรียกว่า Wingwall (Vertical Projection) และได้มีการทดสอบผลการใช้งานในลักษณะต่างๆกัน (ภาพที่ 3.57) และต่อมาได้มีการทดสอบกับอาคารจริงกับแบบจำลองอาคารโดย S. Chandra (ภาพที่ 3.58) ผลการใช้ Wingwallกับอาคารไม่เพียงแต่สามารถทำให้เกิดความแตกต่างของความกดดันอากาศที่มากเท่านั้น แต่การนำเอาผนังของอาคารบางส่วนมาทำหน้าที่คล้ายWingwallนั้นจะเกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศเหมือนกับการใช้ Wingwall และเราก็ยังสามารถใช้สอยพื้นที่ด้านในของผนังดังกล่าวได้อีกด้วย(ภาพที่ 3.59)

### ● พื้นที่ของช่องเปิด

พื้นที่ของช่องเปิดจะมีผลต่อการระบายอากาศ แต่ว่าในกรณีที่ห้องที่มีหน้าต่างเพียงด้านเดียวขนาดช่องเปิดจะมีผลกระทบกับความเร็วลมภายในเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยเฉพาะกับกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับผนัง หรือลมเข้าด้านหลังของช่องเปิด (ตารางที่ 3.2) ถึงแม้ว่าจะจะมีการเพิ่มขนาดของช่องเปิดให้กว้างมากขึ้นโดยวางช่องเปิดทำมุมกับทิศทางลมความดันอากาศ และความเร็วลมภายในก็จะเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถ้าห้องมีการระบายอากาศแบบCross Ventilationการเพิ่มขนาดของช่อง

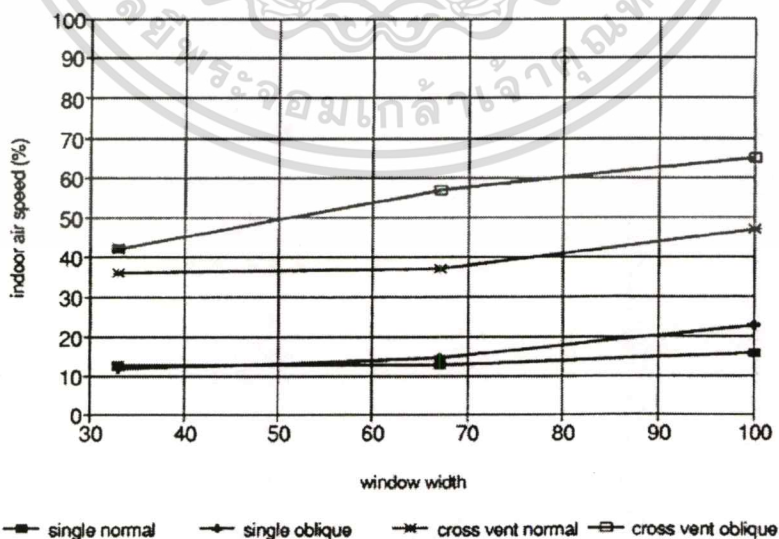
เปิดยังช่วยเพิ่มอัตราการไหลของลม (Air Flow Rate) และความเร็วลมภายในอาคารขึ้นมาก (ภาพที่ 3.51)

ตารางที่ 3.2 ผลของขนาดหน้าต่างซึ่งไม่มีการระบายอากาศแบบ Cross ventilation ต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายใน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อความเร็วลมภายนอก)

ทิศทางของลม	ความกว้างของหน้าต่าง / ความกว้างของผนัง		
	1/3	2/3	3/3
ตั้งฉากกับผนัง	13	15	16
ทำมุม 45 องศา กับผนัง	12	15	23
ทำมุม 45 องศา กับผนังด้านหลัง	14	17	17

สำหรับช่องเปิดที่มีขนาดของช่องลมเข้า (Inlet) กับช่องลมออก (Outlet) ที่เท่ากันนั้นจะมีความเร็วลมภายใน และอัตราการไหลของอากาศ (Air Flow Rate) ที่สูงสุด แต่เมื่อช่องลมเข้ากับช่องลมออกมีขนาดไม่เท่ากัน อัตราการไหลของอากาศจะดีต่อเมื่อมีความแตกต่างของช่องลมเข้าและช่องลมออกที่มากพอสมควร

แต่ถ้ามีการใช้การระบายอากาศแบบ Cross-ventilation การเพิ่มขนาดของช่องเปิดจะมีผลกับความเร็วลมภายใน (ตารางที่ 3.3) มากแต่ก็มีเงื่อนไขว่าช่องเปิดทั้งทางลมเข้า-ออกต้องเพิ่มขึ้นพร้อมๆกัน การขยายขนาดช่องเปิดเพียงช่องลมเข้าหรือออกเพียงด้านเดียวนั้นจะมีผลกับความเร็วลมภายในเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การที่ช่องลมเข้ามีขนาดเล็ก



ภาพที่ 3.51 ผลของขนาดหน้าต่างและทิศทางของลมต่อความเร็วลมภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และช่องลมออกมีขนาดใหญ่จะทำให้มีความเร็วลมสูงสุดภายใน(Maximum Indoor Speed) ที่สูงมาก แต่ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้องกลับมีปริมาณที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับห้องที่มีขนาดของช่องลมเข้าที่ใหญ่ และขนาดของช่องลมออกเล็ก ความเร็วลมภายในจะกระจายตัวกันในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งลักษณะห้องที่มีขนาดทางลมเข้าเล็กและทางลมออกที่ใหญ่จะมีความแตกต่างของความเร็วลม ณ.ตำแหน่งต่างๆภายในที่มาก (ภาพที่ 3.52)

ตารางที่ 3.3 ผลของขนาดหน้าต่างและทิศทางของลมต่อความเร็วลมภายใน (เปอร์เซ็นต์ต่อความเร็วลมภายนอก)

ความกว้าง		ช่องปิดอยู่ตรงข้ามกัน		ช่องเปิดอยู่ผนังข้างเคียง	
ช่องลมเข้า	ช่องลมออก	ลมตั้งฉาก	ลมทำมุม 45	ลมตั้งฉาก	ลมทำมุม 45
1/3	1/3	35	42	45	37
1/3	2/3	39	40	39	40
2/3	1/3	34	43	51	36
2/3	2/3	37	51	-	-
1/3	3/3	44	44	51	45
3/3	1/3	32	41	50	37
2/3	3/3	35	59	-	-
3/3	2/3	36	62	-	-
3/3	3/3	47	65	-	-

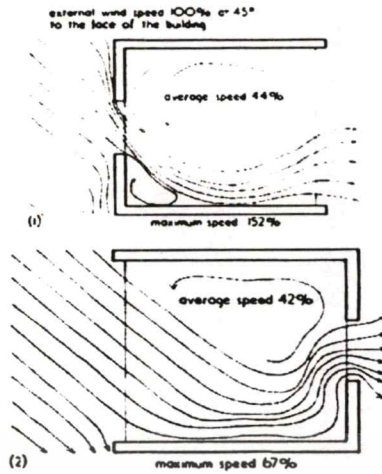
รูปแบบของช่องเปิดแต่ละแบบก็มีประโยชน์กับการใช้สอยที่แตกต่างกัน เช่น ในห้องนอนที่เตียงตั้งอยู่ติดกับหน้าต่างซึ่งหน้าต่างอยู่สูงกว่าระดับของเตียง การที่มีขนาดของทางลมเข้าที่เล็กกว่าช่องลมออกจะทำให้ผู้ที่นอนได้รับความสบายมากกว่า เนื่องจากการที่เตียงอยู่ต่ำกว่าระดับหน้าต่างความเร็วลม ณ. ระดับเตียงนั้น จะต่ำลงจากปกติดังนั้นความเร็วลมที่สูงในระดับช่องเปิดจึงจะลดต่ำลงอยู่ในสภาวะปกติ ณ.ระดับของเตียง แต่หากเป็นห้องรับแขกซึ่งผู้ใช้อาคารอยู่ในระดับเดียวกับช่องเปิด (ประมาณ 0.50-1.00 เมตร เหนือระดับพื้น) ดังนั้นจึงเหมาะสมกับห้องที่มีขนาดของช่องลมเข้าที่ใหญ่กว่าช่องลมออก ซึ่งจะช่วยให้มีความเร็วลมสูงสุดภายใน(Maximum Indoor Speed)ที่ไม่สูงและไม่รบกวนผู้ใช้อาคาร

36	24	24	28	84
31	26	25	24	93
29	24	27	30	78
30	27	27	107	20
24	28	71	152	29

$\vec{V}_1 : 44\%$

35	43	52	45	48
36	38	33	31	56
34	29	31	30	55
32	23	30	45	38
33	62	68	61	62

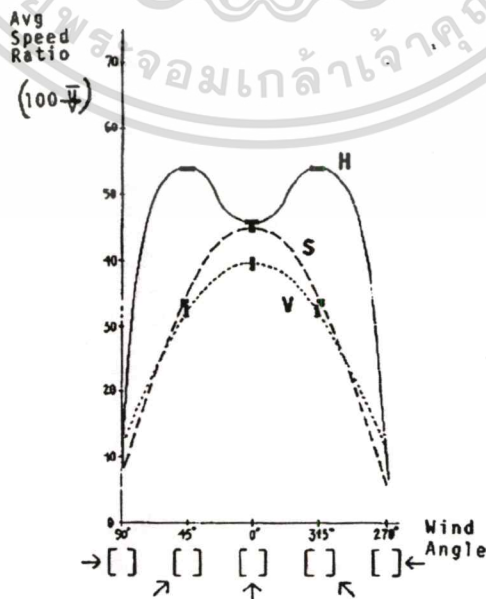
$\vec{V}_2 : 42\%$



ภาพที่ 3.52 ขนาดของช่องลมเข้า และออกที่มีผลต่อความเร็วลมภายในอาคาร

• รูปร่างของช่องเปิดลมเข้า

รูปร่างของช่องเปิดที่นำมาพิจารณาจะมีอยู่ 3 แบบด้วยกัน คือ ช่องเปิดที่มีลักษณะยาวไปตามแนวนอน ช่องเปิดที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และช่องเปิดที่ยาวตามแนวตั้ง ซึ่งได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของช่องเปิดทั้ง 3 แบบดังกล่าว (ภาพที่ 3.53) จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของช่องเปิดที่มีพื้นที่เท่ากัน คือ 22% ของพื้นที่ผนังในด้านที่มีช่องเปิดทั้งทางลมเข้าและทางลมออก แต่มีลักษณะที่ต่างกันไปตามทีกล่าวมาแล้วข้างต้น ในการใช้ช่องเปิดที่เป็นจัตุรัสและแบบที่ขยายออกตามแนวตั้งจะมีความเร็วลมสูงสุดเมื่อช่องเปิดวางตั้งฉากกับทิศทางลม และความเร็วลมเฉลี่ยภายในจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อช่องเปิดทำมุมกับทิศทางลม ซึ่ง ณ ตำแหน่งที่ช่องเปิดทำมุมกับทิศทางลม 45 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยภายในที่เกิดจากช่องเปิดลมเข้าในแนวตั้งจะลดลงมากกว่า 17% ส่วนในกรณีช่องเปิดที่เป็นจัตุรัสจะลดลงมากกว่า 26%



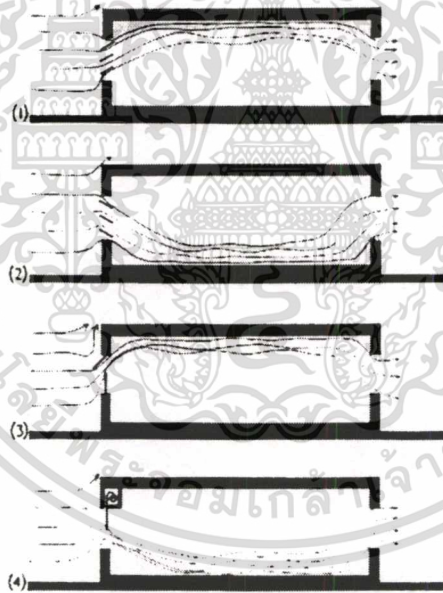
ภาพที่ 3.53 ประสิทธิภาพของช่องเปิดที่มีขนาดเท่ากันในรูปแบบต่างๆ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในกรณีของช่องเปิดในแนวนอนนั้นจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด ณ ตำแหน่งที่ช่องเปิดลมเข้า หันหน้าทำมุม 45 องศา กับทิศทางลม ซึ่งกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับในกรณีที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว(Unventilated room) แต่จะมีความเร็วลมเฉลี่ยภายในที่สูงกว่ามาก ดังนั้นการใช้ช่องเปิดลมเข้าที่มีลักษณะยาวไปตามแนวนอนจะทำให้ได้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่ช่องเปิด หันหน้าทำมุม 45 องศา กับทิศทางลม ทั้งในห้องที่ใช้การระบายอากาศอย่างสมบูรณ์(Ventilated room) หรือแม้แต่ห้องที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว (Unventilated room)

#### • ชนิดและรายละเอียดของช่องเปิด

ชนิดของช่องเปิดที่แตกต่างกันจะทำให้ลักษณะของลมภายในอาคารแตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่ง ลักษณะความแตกต่างของช่องเปิดจะทำหน้าที่ควบคุมทิศทาง และหรือปริมาณของลมเพื่อให้เหมาะสม กับลักษณะการใช้สอยภายใน (ภาพที่ 3.54)

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างรูปแบบพื้นฐานของช่องเปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศ ซึ่งสามารถนำหลัก การดังกล่าวไปพิจารณาเลือกใช้รูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 3.54 ลักษณะกระแสลมภายในที่เกิดจากการใช้ หน้าต่างชนิดต่างๆกัน

#### หน้าต่างบานเปิดกระหึ่มคู่ (Double Hung Window)

เราจะใช้หน้าต่างชนิดนี้เพื่อให้ได้ระดับความสูงของการระบายอากาศ แต่ก็ไม่สามารถควบคุม ระดับและทิศทางลมภายในได้ และอัตราการระบายอากาศจะเท่ากับพื้นที่ของหน้าต่างเพียง 1 1/2 บาน เท่านั้น ซึ่งจะทำให้ไม่ได้ประสิทธิภาพในการใช้งานอย่างเต็มที่เนื่องมาจากเป็นบานกระหึ่มนั่นเอง

#### หน้าต่างบานเลื่อน (Horizontal Sliding Door)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างชนิดนี้จะมีเนื้อที่สำหรับรับลมน้อยกว่าพื้นที่ทั้งหมดของหน้าต่างประมาณครึ่งหนึ่ง และยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมรูปแบบของลมน้อยกว่าหน้าต่างแบบ Double Hung อีก เนื่องจากทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในระนาบทางนอน(Horizontal plane) มีมากกว่าในระนาบทางตั้ง (Vertical plane) ซึ่งทำให้หน้าต่างชนิดนี้ไม่สามารถควบคุมลมเข้าสู่อาคารได้ดี

หน้าต่างบานเปิด (Casement Windows)

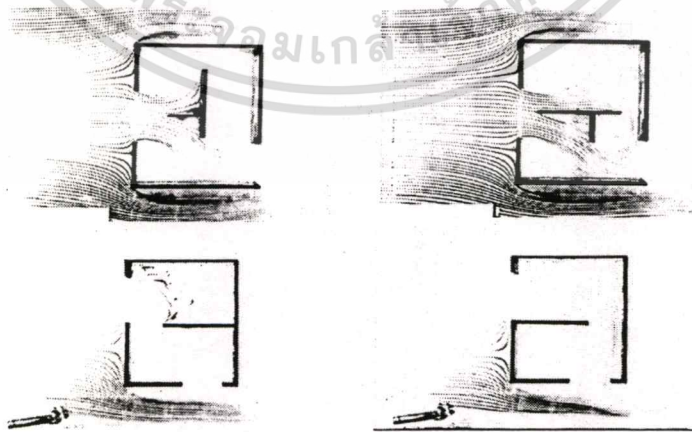
หน้าต่างชนิดนี้ด้วบานเปิดจะทำหน้าที่คล้าย Wing-Walls ซึ่งหากเราทำการเปิดตั้งฉากเพียงด้านเดียวจะสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นทางลมเข้า หรือทางลมออกได้ แต่หากว่าเราเปิดพร้อมกันทั้ง 2 บานอาจจะเกิดการแทรกสอดของลมได้ทำให้ปริมาณของลมเข้าสู่อาคารต่ำ

หน้าต่างบานเกล็ดและสวิง (Horizontal Center Pivot Hung Windows)

หน้าต่างชนิดนี้คล้ายกับหน้าต่าง Double hung แต่จะสามารถควบคุมลมทางด้านตั้งได้ กล่าวคือ สามารถปรับมุมสูงต่ำได้เพื่อให้เกิดทิศทางและการกระจายตัวของลมเพื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมต่างๆภายในได้อย่างเหมาะสม

#### • สิ่งกีดขวางและลักษณะภายในอาคาร

เมื่อได้ก็ตามที่การระบายอากาศจากช่องลมเข้า โดยผ่านห้องที่มีการแบ่งพื้นที่ใช้สอยโดยผนังภายในไปสู่ช่องลมออกจะทำให้เกิดอุปสรรคในการระบายอากาศ ซึ่งปัจจัยต่างๆที่ทำให้การระบายอากาศไม่ได้ผลตามที่ต้องการคือ ขนาดของช่องเปิดที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ใช้สอยภายในที่ถูกแบ่งออก โดยจะทำให้ทิศทางและลักษณะของลมเปลี่ยนแปลงไป ในบางครั้งอาจทำให้กระแสลมที่ผ่านช่องเปิดนั้น มีความปั่นป่วนมากขึ้นจนทำให้ไม่เป็นไปตามลักษณะการใช้สอยภายใน (ภาพที่ 3.55) ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงขนาดและตำแหน่งช่องเปิดเชื่อมนั้นให้มีขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมกับลักษณะของลมที่สอดคล้องกับการใช้สอยภายในซึ่งแตกต่างกันด้วย



ภาพที่ 3.55 ลักษณะของกระแสลมที่เกิดจากสิ่งกีดขวางภายใน

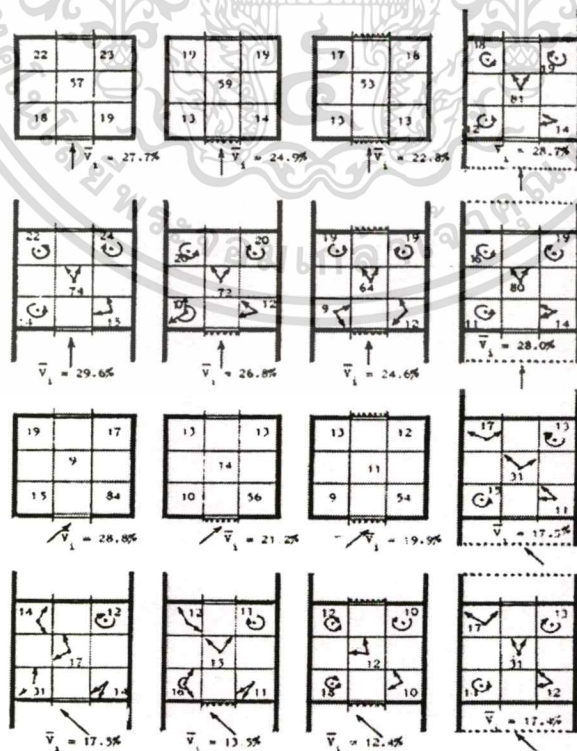
● การใช้มุ้งลวดกันแมลงให้กับอาคาร

มุ้งลวดกันแมลง (Fly-Screens) นั้นจำเป็นที่ต้องนำมาใช้ในหลายๆส่วนของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยซึ่งเป็นเขตร้อนชื้นมีแมลงค่อนข้างมาก โดยผลของ Fly-Screens นั้นจะมีผลอย่างมากเมื่อความเร็วลมภายนอกอาคารต่ำ เช่น เมื่อใช้มุ้งลวดขนาด 16 Mech เมื่อความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1 ½ ม./ช.ม. และ 2 ม./ช.ม. ความเร็วลมภายในจะลดลง 60% และ 50% ตามลำดับ และความเร็วลมภายในจะลดลง 25% เมื่อความเร็วลมภายนอกเป็น 10 ม./ช.ม.

ตำแหน่งและขนาดของFly-Screenได้ถูกทดลองโดย Givoni (1968) ซึ่งเป็นการหาข้อสรุปของการใช้ Fly-Screenอย่างเหมาะสมซึ่งอาจมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับขนาดของช่องเปิด โดยการทดลองมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- หน้าต่างที่ไม่มีFly-Screen
- หน้าต่างที่มีFly-Screenเฉพาะด้านรับลม
- หน้าต่างที่มีFly-Screenเฉพาะด้านหน้าระเบียง (Balcony)
- หน้าต่างที่มีFly-Screenบริเวณระเบียงทั้งด้านรับลมและหลังลม

จะเห็นได้ว่าผลของ Fly-Screen ที่อยู่ทางด้านลมออกนั้นจะมีผลต่อลมภายในน้อยกว่าการที่มี Fly-Screenทางด้านหน้าลม และFly-Screenยังสามารถลดการปั่นป่วนของลมที่เข้าสู่ภายในได้ในระดับหนึ่ง สังเกตจากทิศทางของลมภายในอาคารที่มี Fly-Screen ที่บริเวณระเบียง (Balcony) โดยทำมุมกับทิศทางของลมภายนอก จะมีทิศทางที่เหมือนกับกรณีของช่องเปิดที่ไม่มี Fly-Screenและลมตั้งฉากกับช่องเปิด



ภาพที่ 3.56 ลักษณะลมภายในที่เกิดจากการใช้มุ้งลวดกันแมลงในลักษณะต่างๆกัน

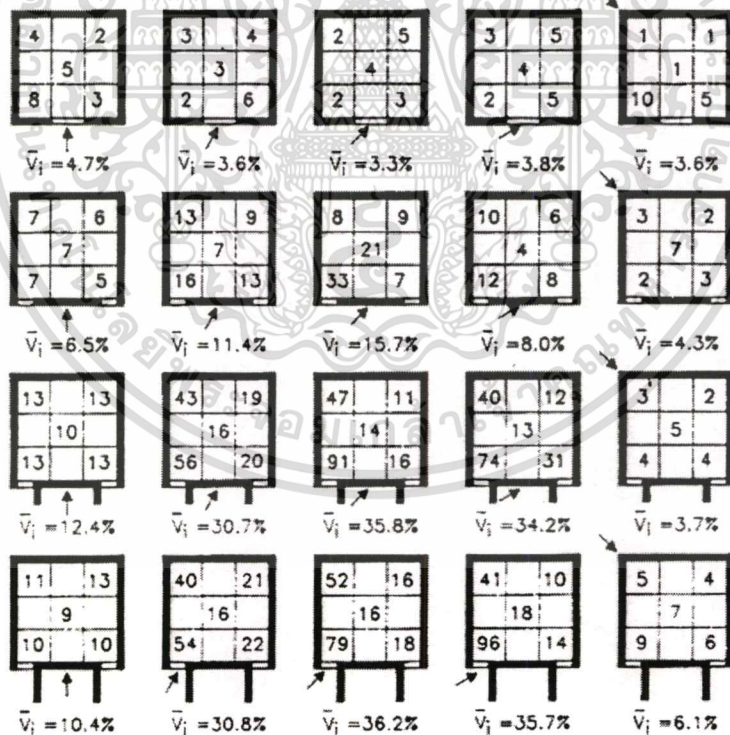
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การใช้ Wingwall เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

สำหรับห้องที่มีหน้าต่างอยู่เพียงด้านเดียวนั้นจะมีการระบายอากาศที่แย่มาก เพราะว่าการกีดกันอากาศระหว่างภายใน และภายนอกอาคารจะมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อมีลมมาในทิศทางทำมุมกับช่องเปิดเราสามารถทำให้มีการระบายอากาศภายในได้โดยการมีช่องเปิด 2 ช่องอยู่ในด้านเหนือลม (Upwind) กับใต้ลม (Downwind) ตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้สามารถระบายอากาศได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอัตราการไหลของอากาศก็ยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำอยู่

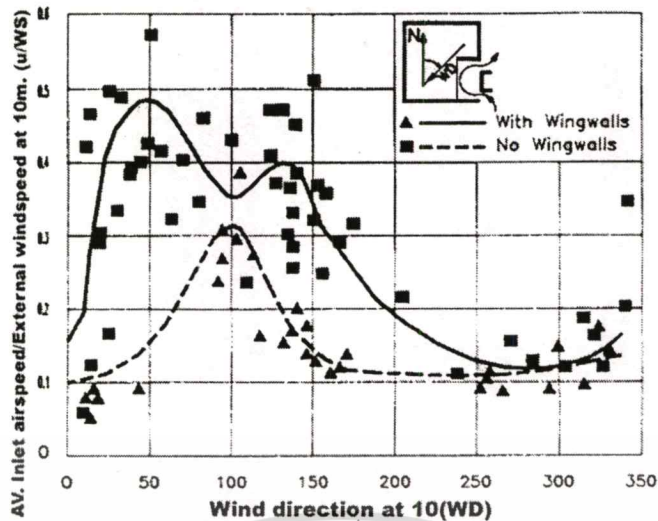
Wingwalls ได้ถูกกล่าวถึงครั้งแรกโดย B. Givoni ซึ่งเขาได้ทดลองด้วยหุ่นจำลองของอาคาร และพบว่าค่อนข้างจะช่วยให้การระบายอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ภาพที่ 3.57) ต่อมาได้มีการทดลองที่ Building Research Station (B.R.S) โดย S. Chandra ซึ่งได้มีการปรับปรุงวิธีการต่างๆเพื่อหาทางทำให้การระบายอากาศที่เกิดจากหน้าต่างที่มีอยู่เพียงด้านเดียวของห้องได้ดีขึ้น โดยการใช้ผนังภายนอก (Wingwall) เพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของความดันอากาศของหน้าต่างทั้ง 2 ช่องขึ้น ทำให้เกิด Pressure Zone และ Suction Zone อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 3.58 และ 3.59) ในการทดลองของ S. Chandra นั้นจะเห็นประสิทธิภาพของ Wingwall ว่าแม้แต่ลมที่มาในทิศทางตั้งฉากกับอาคารก็ยัง สามารถช่วยให้ความเร็วลมภายในเพิ่มมากกว่าอาคารที่ปราศจาก Wingwall



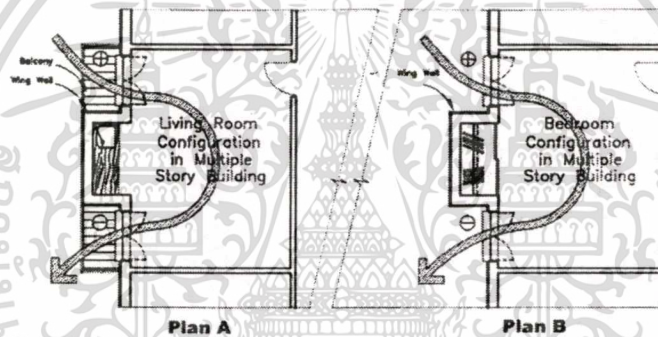
ภาพที่ 3.57 ผลของการใช้ Wingwall ต่อความเร็วของลมภายใน ( $V_i$  = ความเร็วลมภายใน) ทดลองโดย

B.Givoni, 1965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.58 ผลของการใช้ Wingwall ต่อความเร็วของลมภายใน ทดลองโดย S.Chandra, 1982



ภาพที่ 3.59 ลักษณะของการใช้โครงสร้างของอาคารมาทำหน้าที่คล้าย Wingwall โดย S. Chandra

ในการใช้ผนังภายนอกนี้จะเกิด Pressure ที่หน้าต่างด้านเหนือลม และเกิด Suction ที่หน้าต่างด้านใต้ลม โดยลมจะไหลเข้าทางช่องเปิดด้านเหนือลม และออกสู่ภายนอกทางช่องเปิดด้านใต้ลมทำให้เกิด Cross-Ventilation ในการใช้หลักการเดียวกันนี้ เราอาจจะใช้ส่วยของประโยชน์ใช้สอย (Function) หรือตัวสถาปัตยกรรม (Architecture) ให้ทำหน้าที่คล้ายกับการใช้ผนังภายนอกเพื่อก่อให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างช่องเปิด 2 ช่อง ตัวอย่างเช่น ถ้าเรามีระเบียงระเบียงที่อยู่ติดกับหน้าต่าง เราก็สามารถใช้ผนังด้านข้างของระเบียงมาทำหน้าที่เป็นผนังภายนอก เป็นต้น

ตารางที่ 3.4 ความเร็วลมภายในเฉลี่ย (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก) ในห้องที่มีช่องเปิด อยู่บนผนังเพียงด้านเดียว

พื้นที่หน้า ต่าง/พื้นที่ ผนัง	จำนวนและ ตำแหน่งของหน้า ต่าง	ทิศทางของลม				
		ตั้งจาก	ทำมุม 22.5 องศา	45 องศา	66.7 องศา	ทำมุม 45 องศา ทางด้านหลัง
2/9	1 ตรงกลาง	10.4	10.4	10.4	-	-
	2 ด้านข้าง	11.8	16.8	17.5	8.9	5.4
	2 ด้านข้างและ Projection	16.0	34.0	38.4	36.2	8.1
1/9	1 ตรงกลาง	4.7	3.6	3.3	3.8	3.6
	2 ด้านข้าง	6.5	11.4	15.7	8.0	3.4
	2 ด้านข้างและ Projection	11.4	30.8	36.0	35.0	4.9
	Balcony	17.3	-	20.8	-	-

ตารางที่ 3.4 เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง (เป็น % เมื่อเทียบกับลมภายนอกอาคาร) เป็นห้องที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว โดยมีการจัดการกับช่องเปิดที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ

จากตาราง เราจะเห็นว่าถ้าห้องมีหน้าต่างอยู่ตรงกลางค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในจะต่ำมากเมื่อหน้าต่างอยู่ในตำแหน่งทางด้านข้าง 2 ข้าง (เหนือลมกับใต้ลม) ความเร็วลมเฉลี่ยภายในจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า แต่หากมีการใช้ Vertical Projection หรือผนังภายนอก (Wingwall) ความเร็วลมเฉลี่ยภายในนั้นจะใกล้เคียงกับระดับการระบายอากาศภายในที่ดีทีเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทิศทางลมทำมุมกับผนังอาคาร ส่วนในการใช้ระเบียงจะมีผลน้อยกว่าการใช้ผนังภายนอกแต่ก็ไม่ควรมองข้ามรูปแบบนี้ไปเพราะเราสามารถที่จะใช้ประโยชน์จากระเบียงได้ด้วย และควรจำไว้ว่าหากลมมาทางด้านหลังช่องเปิดการใช้หน้าต่าง 2 ช่อง หรือใช้ผนังภายนอกเกือบจะไม่มีผลใดๆกับความเร็วลมภายในเลย

เราสามารถสรุปจากการศึกษานี้ว่าการที่จะปรับปรุงการระบายอากาศภายในที่มีประสิทธิภาพคือการใช้ผนังภายนอก และควรเปิดรับลมที่มีทิศทางลมทำมุม 20-70 องศา กับผนังเป็นการดีที่สุด

## 3.7 ครีบบอาคาร (Wingwall) กับการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศให้กับอาคาร

### 3.7.1 วัตถุประสงค์ของการนำครีบบอาคาร (Wingwall) มาใช้

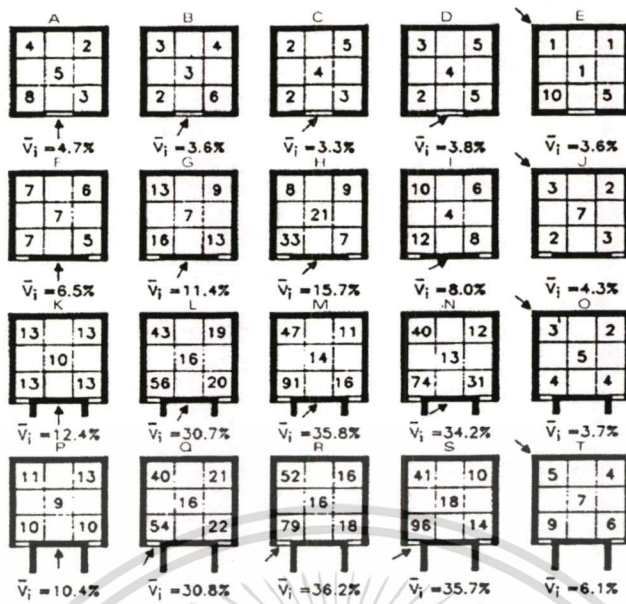
ความจำเป็นและความสำคัญในการระบายอากาศได้ถูกกล่าวถึงในบทที่ผ่านมาแล้ว แต่ปัญหาในการระบายอากาศยังคงมีอยู่นั้นคือ หากห้องมีช่องเปิดเพียงด้านเดียวการระบายอากาศจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นแนวความคิดในการที่จะทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศที่ดีในห้องที่มีลักษณะดังกล่าวจึงเกิดขึ้น โดยนำเอาทฤษฎีของความกดอากาศซึ่งถูกกล่าวไว้ในบทที่ 2<sup>1</sup> มาใช้เพื่อหาทางแก้ปัญหาโดยการสร้างให้ห้องดังกล่าวมีทั้งความกดอากาศสูง (Pressure) และความกดอากาศต่ำ (Suction) ความกดอากาศดังกล่าวจะทำให้อากาศเกิดการหมุนเวียนที่ดีซึ่งทำให้เกิดการนำโครงสร้างอาคารมาช่วยให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวขึ้น นั่นคือการนำเอาแผ่นครีบบนทางด้านตั้งมาช่วยโดยมีการทดสอบประสิทธิภาพและคิดค้นครั้งแรกโดย Baruch Givoni ในปี ค.ศ.1964-1965 จากนั้น Subrato Chandra จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาศึกษาและวิเคราะห์ในแบบ Full-Scale model ในปี 1981-1982 และในปัจจุบันผลการทดลองดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบอาคารโดยสถาปนิกอย่างกว้างขวาง

### 3.7.2 กรณีศึกษาในการนำมาใช้

- การทดสอบประสิทธิภาพครีบบอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ โดย Baruch Givoni

Baruch Givoni ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับครีบบอาคาร(Wingwall) เนื่องมาจากอาคารในปัจจุบันจะสามารถมีช่องระบายอากาศได้เพียงด้านเดียวเนื่องจากปัจจัยในการออกแบบหลายๆประการ ทำให้เมื่อมีลมเข้าปะทะกับอาคารจะทำให้เกิดแค่ความกดอากาศสูง(Pressure)เกิดขึ้นที่บริเวณช่องเปิด แต่ไม่มีการเกิดความกดอากาศต่ำ(Suction)เพื่อให้อากาศมีการถ่ายเทออกไป เป็นผลทำให้ความเร็วลมภายในห้องต่ำ และผู้ใช้อาคารจะรู้สึกไม่สบาย(Uncomfortable)โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อนชื้น จึงทำให้เกิดความคิดที่จะนำเอาครีบบอาคาร(Wingwall)ทางด้านตั้งมาช่วยทำให้เกิดการหมุนเวียนอากาศที่ดีขึ้น

ในการทดสอบได้ทำการทดสอบที่ B.R.S.(Building Research Station of the Technion, The Israel Institute of Technology in Haifa, Israel) โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วลมภายในห้องระหว่างห้องที่มีการใช้ครีบบอาคาร Wingwall) และในห้องที่ไม่มีการใช้ครีบบอาคาร Wingwall) ในสภาพลมที่มาปะทะในทิศทางต่างๆกัน ดังภาพที่ 3.60

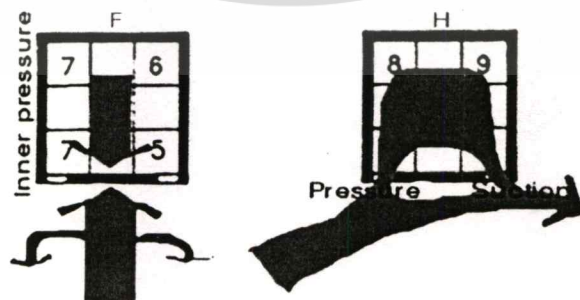


ภาพที่ 3.60 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้ครีบอาคาร (Wingwall) โดย Baruch Givoni

#### ผลการทดสอบครีบอาคาร(Wingwall) โดย Baruch Givoni

จากภาพ 3.60 ภาพ A ถึง E เป็นลมที่ปะทะห้องที่มีช่องเปิดเดียวในทิศทางต่างๆ จะเห็นได้ว่า ภาพ A จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากว่าการที่ลมปะทะตั้งฉากจะเสมือนการพยายามอัดลมเข้าไปให้ได้มากที่สุด ส่วนภาพ B C และ D นั้นลมจะสะท้อนออกมาด้วยความกดอากาศจากด้านในที่ด้านไว้

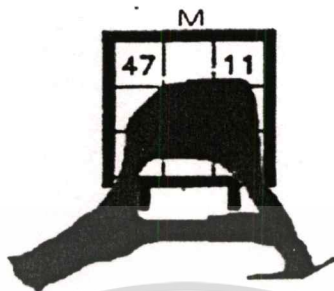
ในภาพ F ถึง J จะเป็นลมที่ปะทะกับช่องเปิดคู่ซึ่งจะมีการไหลเวียนอากาศภายในที่ดีกว่าห้องที่มีช่องเปิดเดี่ยวอยู่แล้วเนื่องจากอากาศมีทางเข้า และทางออก ทำให้อากาศเกิดการไหลเวียนได้สะดวก ซึ่งในกรณีช่องเปิดคู่นั้นลมที่เอียงทำมุมกับช่องเปิดตั้งภาพ G H และ I จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจาก ความกดอากาศของช่องเปิดทั้งสองมีความแตกต่างกันพอสมควร ซึ่งต่างจากภาพ F ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับภาพ A คือ ความกดอากาศของช่องเปิดทั้งสองมีความแตกต่างกันน้อยมาก



ภาพที่ 3.61 แสดงลักษณะทิศทางลมที่กระทำต่อช่องเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพ K ถึง T เป็นการนำเอาครีบาอาคาร (Wingwall) มาทดสอบประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ซึ่งจากความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้นั้นจะมีค่ามากกว่าภาพ A ถึง J เนื่องจากครีบาอาคาร (Wingwall) จะช่วยให้เกิดความกดอากาศที่แตกต่างกันมากบนช่องเปิดทั้ง 2 อย่างชัดเจนมากกว่าภาพ G ถึง I (ภาพที่ 3.62)



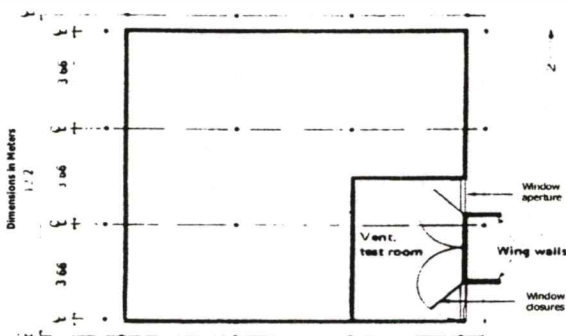
ภาพที่ 3.62 แสดงการนำเอาครีบาอาคาร (Wingwall) มาใช้ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดีขึ้น

บทสรุปการทดสอบประสิทธิภาพของครีบาอาคาร (Wingwall) โดย Baruch Givoni

จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าการใช้ครีบาอาคาร (Wingwall) จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ และความเร็วลมให้มากขึ้น แต่ขนาดของครีบาอาคาร (Wingwall) ที่ใช้จะมีผลเพียงเล็กน้อยกับประสิทธิภาพ แต่จะมีผลมากในกรณีที่มีลมมาจากทิศทางด้านหลังช่องเปิด

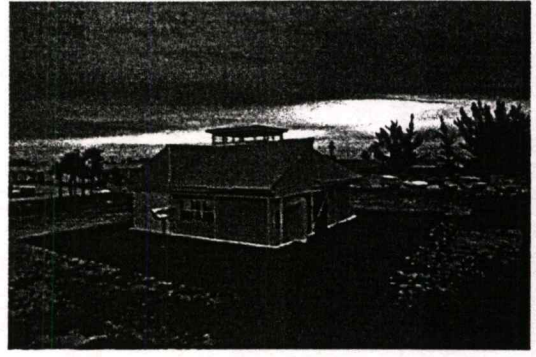
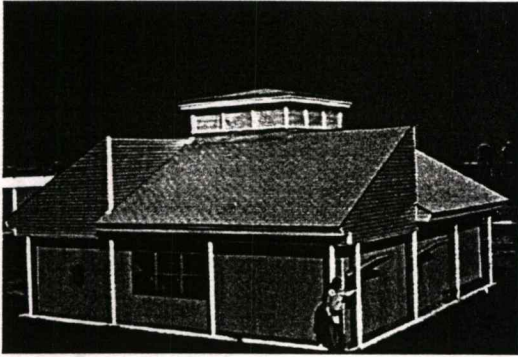
• การทดสอบประสิทธิภาพครีบาอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ โดย Subrato Chandra

การทดสอบแบบ Full-Scale Model เกิดขึ้นเพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำเอาครีบาอาคาร (Wingwall) มาใช้ ซึ่งทดสอบที่ F.S.E.C. Passive Cooling Laboratory (P.C.L.) เป็นการทดสอบกับผนังด้านตะวันออกเฉียงใต้ของ P.C.L. (ภาพที่ 3.63, 3.64) ซึ่งครีบาอาคาร (Wingwall) ที่ใช้จะเป็นคู่โดยห่างกัน 1.18 เมตร โดยที่หน้าต่างจะอยู่สูงจากพื้น 0.91 เมตร ขนาดของห้องที่ใช้ทดสอบมีความกว้าง 3.57 x 5.36 สูง 2.45 เมตร หน้าต่างนี้จะไม่ถูกระงับเป็นเพียงช่องเพื่อให้ลมเข้า การทดสอบจะทำเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีครีบาอาคาร (Wingwall) และกรณีที่ไม่มีครีบาอาคาร (Wingwall)



ภาพที่ 3.63 แปลนของอาคารทดสอบ (FSEC Passive Cooling Laboratory (PCL))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.64 ภาพถ่ายอาคารทดสอบ คนในภายคือ Mr. Philip Fairey เป็นสถาปนิกของ PCL

การหาอัตราการระบายอากาศมีการนำเอา SF6 Tracer gas มาใช้ โดยที่ห้องจะถูกปิด จากนั้นปล่อย SF6 เข้าไปในปริมาณเล็กน้อย และจะเปิดพัดลมดูดอากาศเพื่อผสม SF6 กับอากาศภายใน จากนั้นทำการปิดพัดลมแล้วเปิดหน้าต่างทิ้งไว้ 2 นาที จากนั้นปิดหน้าต่าง อากาศภายในจะถูกผสมกับ SF6 อีกครั้งเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจะนำเอาค่าปริมาณ SF6 มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาอัตราการระบายอากาศ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย จากสูตร

$$ACPH = \ln(C_i/C_f) / \Delta t$$

โดยที่  $\Delta t$  คือ เวลาที่หน้าต่างถูกเปิดไว้

$C_i$  และ  $C_f$  คือ ปริมาณของ SF6 ในการผสมครั้งที่ 1 และหลังจาก SF6 ถูกผสมเป็นครั้งที่สอง ตามลำดับ

อัตราการรั่วซึมในห้องซึ่งหน้าต่างถูกปิดอยู่นั้น จะมีอัตราการถ่ายเทของอากาศน้อยมาก คือ ประมาณ 0.15 air change / hour ณ.ขณะที่ความเร็วลมภายนอกเป็น 4 m/Sec. ดังนั้นจะไม่มีผลต่อปริมาณของ SF6 ที่ผสมกับอากาศภายในห้องแล้ว ในส่วนของความเร็วลมภายนอกและทิศทางในการทดสอบครั้งนี้จะทำการวัดที่ความสูง 10 เมตรเหนือพื้นดิน และวัดทุกๆ 10 วินาที

ในการแปลงค่า ACPH ให้เป็นความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้องเพื่อที่จะนำค่าดังกล่าวไปวิเคราะห์ต่อไปต้องคำนวณจากสูตรดังต่อไปนี้

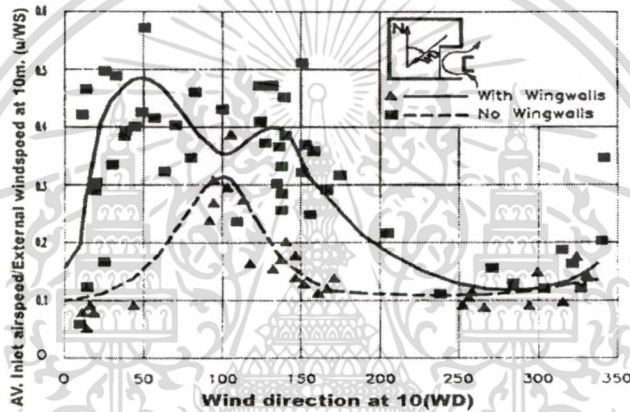
$$V = ACPH \times \text{Room Vol} / \text{Inlet area}$$

$$\text{หรือ } V = 0.012 \times ACPH$$

โดยที่ V คือ ความเร็วลมภายในห้อง m/s

### ผลการทดสอบครีบาอาคาร(Wingwall) โดย Subrato Chandra

จากภาพที่ 3.65 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าครีบาอาคาร (Wingwall) นั้นสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการไหลของอากาศภายในห้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากกราฟจะเห็นได้ว่าความเร็วลมภายในจะลดต่ำลงเกือบเท่ากับกรณีที่ไม่มีครีบาอาคาร (Wingwall) ในขณะที่ลมภายนอกทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิด ซึ่งความกดอากาศในช่องเปิดลมเข้าและลมออกจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงจะไม่มีผลกับการระบายอากาศมากนัก และการที่ความเร็วภายในห้องที่มีการใช้ครีบาอาคาร(Wingwall) จะเริ่มลดต่ำลงเรื่อยๆตั้งแต่ ทิศทางลมทำมุมกับห้องจาก  $150^{\circ}$  ถึง  $300^{\circ}$  นั้น จะเกิดจากการที่ลมเริ่มทำมุมเข้าสู่ด้านหลังของห้องซึ่งไม่มีช่องเปิด และจะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อทิศทางของลมได้หมุนกลับมาที่ด้านหน้าของห้องอีกครั้ง

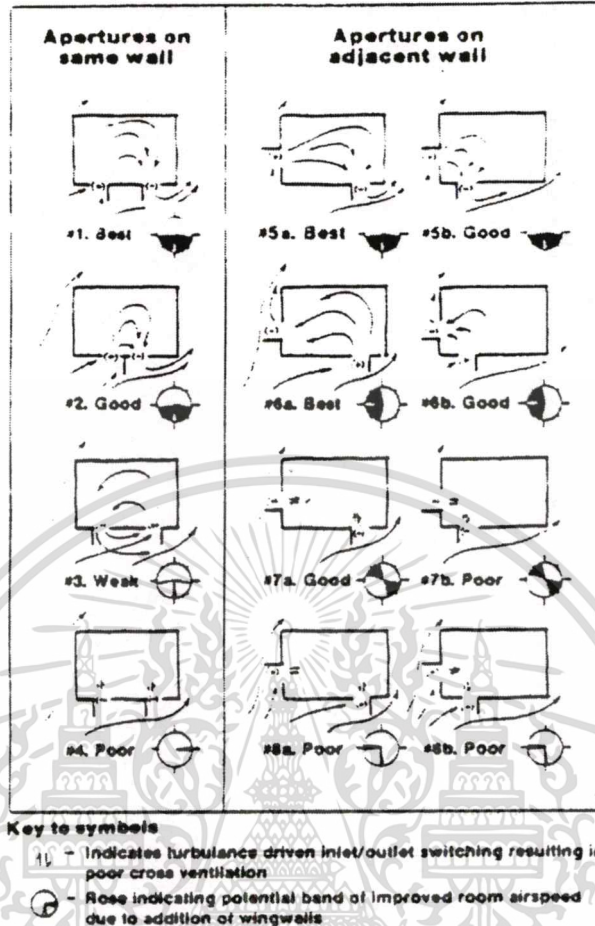


ภาพที่ 3.65 ผลของความเร็วลมภายใน กรณีใช้ครีบาอาคาร (wingwall) และไม่มีครีบาอาคาร (wingwall)

ภาพที่ 3.66 แสดงผลของการระบายอากาศในตำแหน่ง และลักษณะต่างๆของครีบาอาคาร (Wingwall) ในบางกรณีรูปแบบที่ดีที่สุดสำหรับอาคารที่ไม่สามารถที่จะนำมาเป็นบรรทัดฐานในอาคารอื่นๆได้เนื่องจากสภาพที่ตั้งที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ใน รูปที่ 3.66 # 7a สภาพที่ตั้งเป็นบริเวณที่ทิศทางลมเปลี่ยนทิศทางไปในทางตรงกันข้ามกัน ดังปรากฏในพื้นที่ชายฝั่งทะเลซึ่งเกิดลมบก และลมทะเล รูปแบบช่องเปิด และครีบาอาคาร (Wingwall) ที่ดีในสภาพพื้นที่ปกติก็จะกลายเป็นการออกแบบที่แย่มากๆไปใช้ในพื้นที่ที่มีลมมาปะทะในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ออกแบบไว้

### บทสรุปการทดสอบประสิทธิภาพของครีบาอาคาร (Wingwall) โดย Subrato Chandra

การทดสอบประสิทธิภาพในการระบายอากาศแบบ Full-Scale Model ในสภาพอากาศที่เป็นจริงนั้นสามารถยืนยันได้ว่า การนำเอาครีบาอาคาร (Wingwall) มาใช้จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งในการเพิ่มอัตราการระบายอากาศให้กับห้องซึ่งมีผนังเพียงด้านเดียวที่อยู่ภายนอกอาคาร



ภาพที่ 3.66 รูปแบบต่างๆของครีบาอาคาร (wingwall)ในกรณีของห้องที่มีหน้าต่าง 2 บานอยู่ด้านเดียวกัน และคนละด้าน ซึ่งมีผลต่อการระบายอากาศ

### 3.7.3 ประโยชน์ในการนำครีบาอาคาร (Wingwall) มาใช้กับอาคารสูงเพื่อพักอาศัย

อาคารสูงเพื่อพักอาศัยส่วนใหญ่จำเป็นต้องอาศัยการระบายอากาศแบบธรรมชาติ แต่ก็จะมีปัญหาที่เกิดจากแรงลมที่มาปะทะ หรือปัญหาจากการที่แต่ละห้องมีช่องเปิดเพียงด้านเดียวทำให้อากาศไม่สามารถระบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปริมาณลมที่แรงเกินไปมักจะเกิดในระดับความสูงที่มากจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านเสียงรบกวนอันเนื่องมาจากวัสดุต่างๆเสียดสีกัน หรือก่อความเสียหายให้กับอุปกรณ์และเครื่องใช้ภายใน แต่หากปริมาณลมน้อยเกินไปผู้ที่อาศัยอยู่ภายในก็จะอยู่ในสภาวะไม่สบาย เนื่องจากความชื้น และความร้อนจากร่างกายและภายในอาคารไม่มีการระบายออกไป จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบอาคารให้มีความพอเหมาะกับความลมที่จะเข้าสู่ภายใน

การนำครีบาอาคาร (wingwall) มาใช้กับอาคารสูงเพื่อพักอาศัย จะสามารถช่วยให้การระบายอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มความเร็วลมให้กับส่วนพักอาศัยที่อยู่ในระดับความสูงที่น้อย และช่วยลดความเร็วลมให้กับส่วนที่อยู่ในระดับความสูงที่มาก เพื่อให้เกิดความสมดุลกับส่วนพักอาศัยในทุกๆชั้นความสูงของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

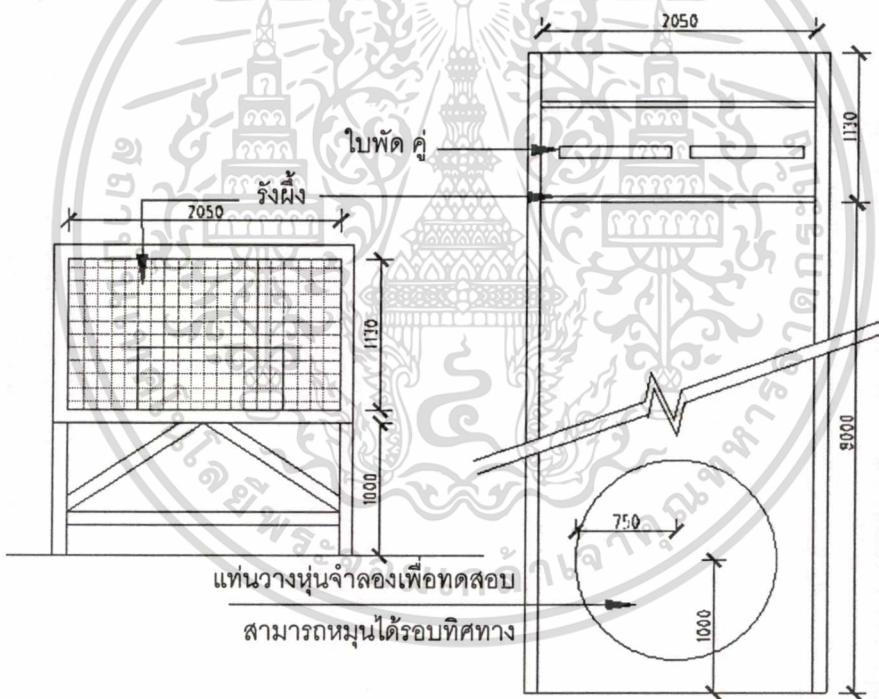
## บทที่ 4

# การออกแบบลักษณะช่องเปิด และครีบบอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ

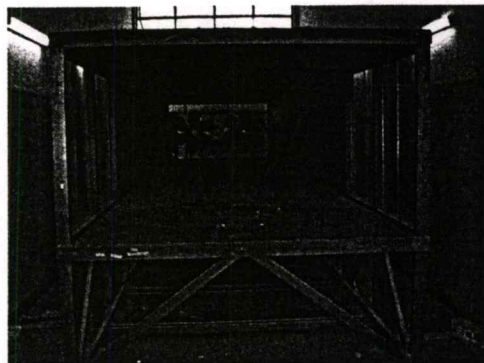
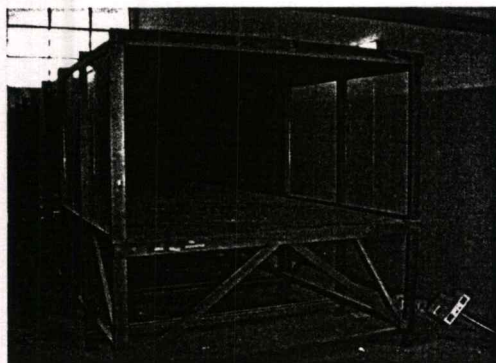
### 4.1 เครื่องมือในการทำวิจัย

#### 4.1.1. อุโมงค์ลม (Wind Tunnel)

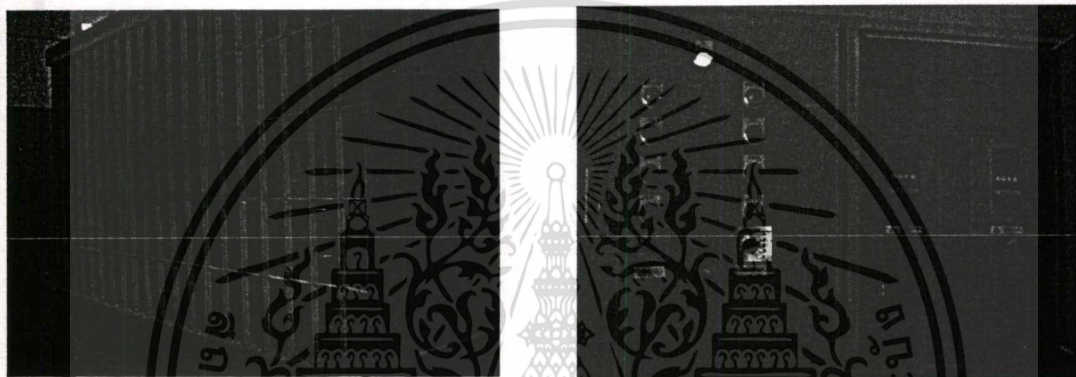
อุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดสอบหุ่นจำลองเพื่องานวิจัย เป็นของ ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีขนาดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 อุโมงค์ลมของคณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



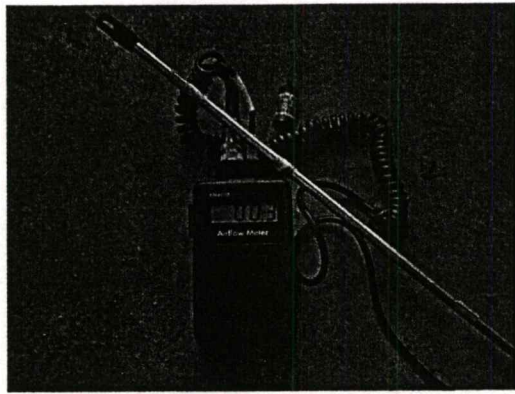
ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายอุโมงค์ลม



ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายรูปร่าง และแผนผังควบคุมความเร็วของใบพัด ตามลำดับ

#### 4.1.2 เครื่องวัดความเร็วลม (Hot-Wire Anemometer)

ขอบเขตของความเร็วที่สามารถวัดได้	0 ถึง 30 เมตร/วินาที
ความละเอียดในการวัด	0.1 เมตร/วินาที
แบตเตอรี่	9 โวลท์ (Alkaline Manganese)
ขนาดของเครื่องวัด	130 x 70 x 36 ม.ม.
ขนาดของก้านวัด	400 x 8 ม.ม. ตรงส่วนหัว 12 ม.ม.
น้ำหนักของเครื่องวัด	250 กรัม
น้ำหนักของก้านวัด	150 กรัม



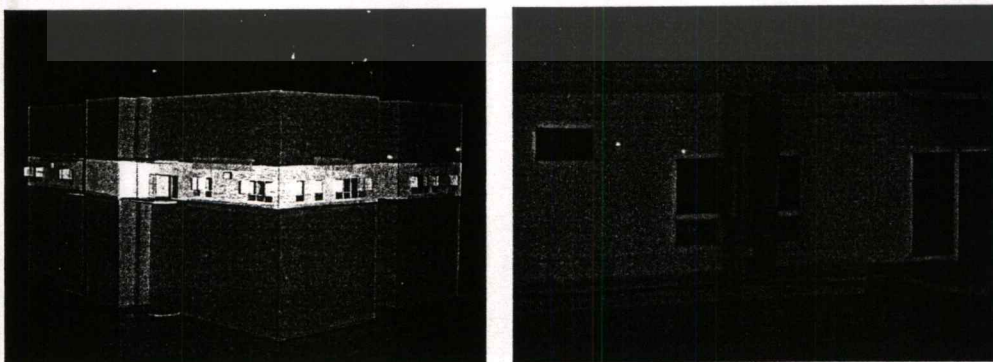
ภาพที่ 4.4 เครื่องวัดความเร็วลม (Hot-Wire Anemometer)

#### 4.1.3 หุ่นจำลอง

เพื่อทดสอบผลของมั่งลวดที่มีต่ออาคาร และอาคารตัวอย่าง ทั้งก่อน และหลังจากมีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบบอาคาร โดยทำการวัดค่าความเร็วลมภายในทั้งก่อนและหลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และหรือครีบบอาคาร เพื่อทำการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมภายหลัง



ภาพที่ 4.5 หุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างก่อนมีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบบอาคาร มาตรฐาน 1:50



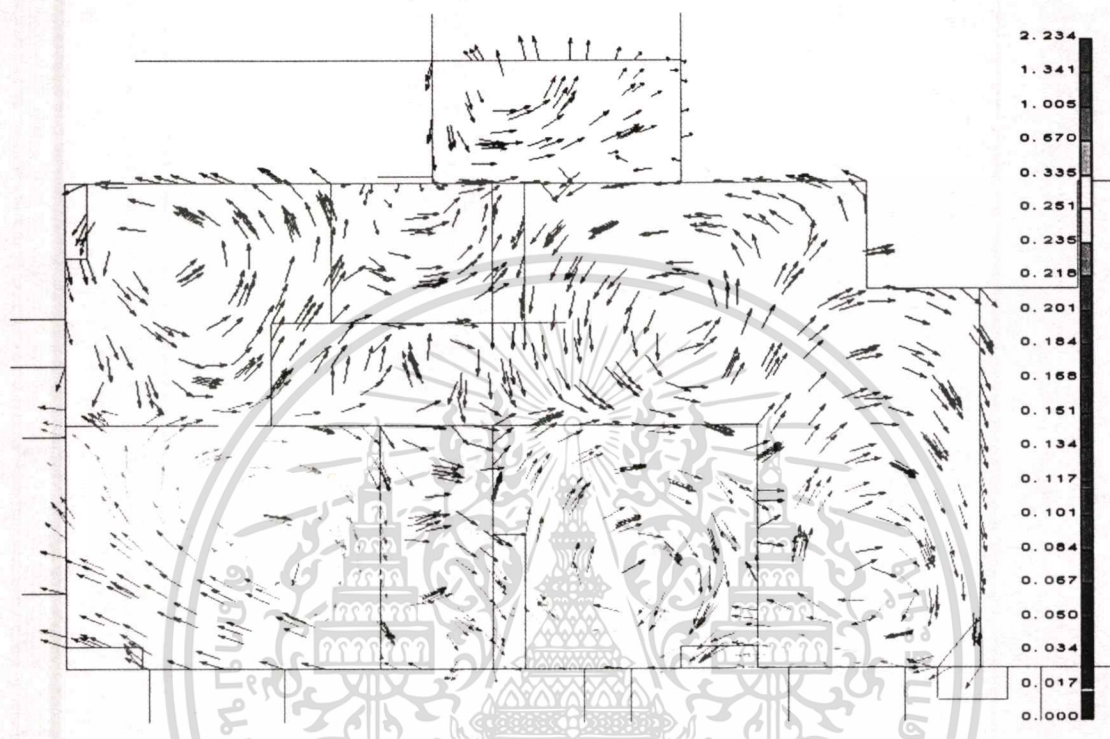
ภาพที่ 4.6 หุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างหลังจากมีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบบอาคาร มาตรฐาน

1:50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 โปรแกรม I-Deas 6.0

เพื่อจำลองลักษณะของกระแสลมภายในอาคารตัวอย่าง เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาเลือกรูปแบบที่เหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการจำลองกระแสลมภายในอาคารตัวอย่างเพื่อหาแนวทางการออกแบบช่องเปิดและครีบอลังการ

## 4.2 วิธีการคำนวณหาความเร็วลมในแต่ละชั้นความสูง

ในการคำนวณหาความเร็วลมในแต่ละชั้นความสูงต่างๆมีด้วยกัน 2 วิธี

- การนำข้อมูลความเร็วลมมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา
- การหาจากสูตรคำนวณ

การนำข้อมูลมาจากกรมอุตุนิยมวิทยาจะได้ค่าความเร็วลมที่ค่อนข้างแม่นยำ และแน่นอนกว่าการคำนวณจากสูตร เนื่องจากได้มาจากการวัดจากพื้นที่จริงๆ อย่างไรก็ตามในการนำข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาจะมีความยุ่งยากอย่างมากอีกทั้งต้องอาศัยอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำสูตรการคำนวณมาใช้ในการหาค่าความเร็วลมในแต่ละชั้นความสูง เพื่อจะนำค่าที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลม และหารูปแบบของครีบอกและช่องเปิดที่เหมาะสมต่อไป

สำหรับการหาค่าความเร็วลมในแต่ละชั้นความสูงด้วยการใช้สูตรคำนวณ จะมีตัวแปรสำคัญอยู่ด้วยกัน 2 ตัวแปร คือ ความเร็วลมในระดับอ้างอิง ซึ่งได้จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2534-2543 และค่าคงที่ของแต่ละลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งสูตรคำนวณที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้จะเป็นสูตรที่ได้มาจากการทดสอบในอุโมงค์ลม และจากการประเมินลักษณะทั่วไปของลม

ในปี 1961 Davenport, A. G. ได้ศึกษาเกี่ยวกับแรงลมที่มีผลต่อโครงสร้าง และได้นำเสนอสูตรการคำนวณความเร็วลมในระดับความสูงใดๆ คือ

$$V_z = V_g \left( \frac{Z}{Z_g} \right)^a$$

โดยที่  $V_z$  คือ ความเร็วลมในระดับความสูงที่ต้องการ (ฟุตต่อนาที)

$V_g$  คือ ความเร็วลมในระดับความสูงอ้างอิง (ฟุตต่อนาที)

$Z$  คือ ระดับความสูงเหนือพื้นดินที่ต้องการ (ฟุต)

$Z_g$  คือ ระดับความสูงอ้างอิง (ฟุต)

$a$  คือ ค่าคงที่ตามลักษณะภูมิประเทศ

$a = 0.16, Z_g = 900$  ฟุต เมื่อ สภาพพื้นที่เป็นทุ่งโล่ง หรือมีสิ่งก่อสร้างน้อยมาก

$a = 0.28, Z_g = 1,300$  ฟุต เมื่อ สภาพพื้นที่เป็นเมืองเล็กๆ หรือชานเมืองซึ่งมีสิ่งก่อสร้างที่หนาแน่นปานกลางและสูงไม่เกิน 30-50 ฟุต

$a = 0.40, Z_g = 1,700$  ฟุต เมื่อ สภาพพื้นที่เป็นเมืองที่มีสิ่งก่อสร้างหนาแน่น และมีอาคารขนาดใหญ่มากมาย

ต่อมาในปี 1981 Edward M. Noll ได้เสนอสูตรการคำนวณดังกล่าวซึ่งคล้ายๆกับของ Davenport แต่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงอ้างอิงให้เป็น 30 ฟุตเหนือระดับพื้นดิน

$$V_x = V_f ( H / 30 )^{1/n}$$

โดยที่  $V_x$  คือ ความเร็วลมในระดับความสูงที่ต้องการ (ฟุตต่อนาที)

$V_f$  คือ ความเร็วลมในระดับความสูงอ้างอิง<sup>1</sup> เหนือระดับพื้นดิน 30 ฟุต(ฟุตต่อนาที)<sup>2</sup>

$H$  คือ ระดับความสูงเหนือพื้นดินที่ต้องการ (ฟุต)

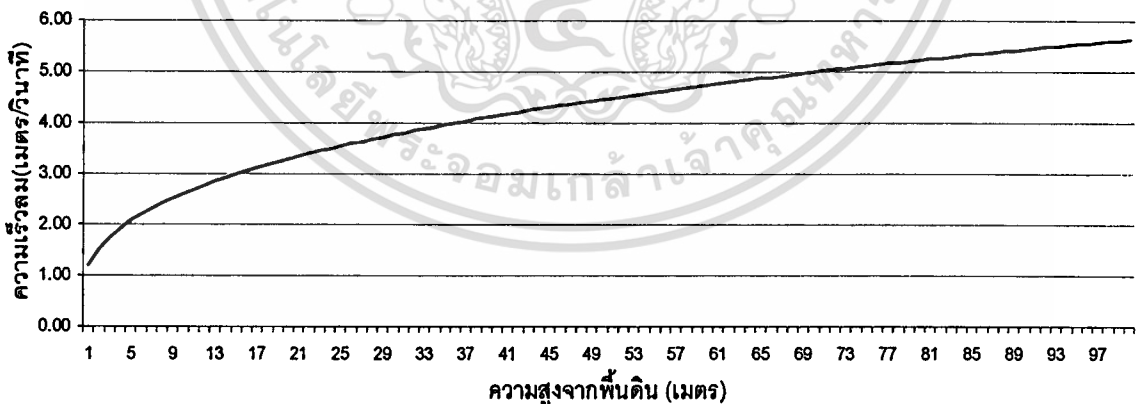
$n$  คือ ค่าคงที่ตามลักษณะภูมิประเทศ

$n = 7$  เมื่อ สภาพพื้นที่เป็นทุ่งโล่ง หรือมีสิ่งก่อสร้างน้อยมาก

$n = 5$  เมื่อ สภาพพื้นที่เป็นเมืองเล็กๆ หรือชานเมืองซึ่งมีสิ่งก่อสร้างที่หนาแน่นปานกลางและสูงไม่เกิน 30-50 ฟุต

$n = 3$  เมื่อ สภาพพื้นที่เป็นเมืองที่มีสิ่งก่อสร้างหนาแน่น และมีอาคารขนาดใหญ่มากมาย

จากสูตรการคำนวณดังกล่าว สูตรการคำนวณของ Edward M. Noll จะมีความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันมากกว่าของ Davenport เนื่องจากว่าระดับความสูงอ้างอิงที่สูตรกำหนดมานั้นสอดคล้องกับข้อมูลลมที่สามารถหาได้ ซึ่งปัจจุบันข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาจะมีเพียงแค่ระดับพื้นดิน คือ ประมาณ 30 ฟุตเหนือพื้นดิน ถึงแม้ว่าระดับอ้างอิงตามสูตรการคำนวณของ Davenport จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิประเทศแต่ก็ยังไม่สามารถหาข้อมูลความเร็วลมในระดับที่กำหนดมาได้



ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างกราฟของความเร็วลมในระดับความสูงต่างๆ ในเวลา 12.00 น. ของวันที่ 1 เดือน กุมภาพันธ์ ซึ่งได้จากสูตรการคำนวณของ Edward M. Noll

<sup>1</sup> ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาต่างๆรอบ 10 ปี(2534-2543) จากกรมอุตุนิยมวิทยา (ดูภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.3)

<sup>2</sup>  $1.85 \text{ knot} = 1 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ knot} = 0.54 \text{ m/s}$  ดังนั้น  $1 \text{ knot} = 108 \text{ ft/min}$  ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าความเร็วลมรายชั่วโมงเฉลี่ย 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2543 จากกรมอุตุนิยมวิทยา

Month	Dir	Average of 1	Average of 2	Average of 3	Average of 4	Average of 5	Average of 6	Average of 7	Average of 8	Average of 9	Average of 10	Average of 11	Average of 12	Average of 13	Average of 14	Average of 15	Average of 16	Average of 17	Average of 18	Average of 19	Average of 20	Average of 21	Average of 22
Jan	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	1.11	0.78	0.87	1.33	2.87	2.78	3.78	3.89	3.89	3.22	3.22	2.11	1.33	1.44	1.33	0.58	1.33
	2.00	0.33	0.60	0.22	0.33	0.33	0.78	0.44	0.89	1.11	1.22	3.44	3.33	4.44	3.58	3.00	1.87	1.22	0.68	1.33	1.44	1.00	0.33
	3.00	0.33	0.33	0.67	0.00	0.00	0.00	0.58	1.22	2.00	2.67	3.58	3.33	4.44	3.33	4.44	2.88	2.88	1.58	1.87	1.87	1.33	0.33
	4.00	1.11	0.33	0.33	0.58	1.00	1.33	0.78	0.22	0.89	1.89	1.44	2.00	2.22	2.78	2.33	1.89	2.58	0.78	0.33	2.11	0.67	1.11
	5.00	1.22	0.89	0.67	0.89	0.58	0.00	0.58	0.89	2.58	3.11	3.33	3.22	3.33	2.58	2.33	3.22	3.22	1.78	1.87	1.44	0.89	1.00
	6.00	1.22	0.89	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.87	1.89	3.00	3.67	3.00	4.00	4.00	3.78	3.58	2.33	2.87	1.67	1.58	1.11	1.33
	7.00	1.11	0.89	1.11	1.22	0.89	0.33	0.33	1.22	2.89	2.89	3.89	2.87	3.00	3.33	3.44	3.33	3.11	2.00	1.44	1.44	1.11	1.58
	8.00	0.33	0.33	0.44	0.89	0.33	0.33	0.33	0.00	0.44	1.00	3.33	3.33	4.87	3.44	3.33	3.11	3.11	2.00	0.44	0.87	0.67	1.00
	9.00	0.78	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.78	0.22	3.33	2.78	2.78	2.78	3.22	2.58	2.44	1.78	1.87	1.11	0.89	1.33	1.11	0.87
	10.00	0.33	0.67	1.22	0.89	1.00	0.11	0.67	0.58	1.67	1.67	2.33	2.58	2.44	3.58	3.11	2.00	1.58	1.11	0.89	1.33	1.11	0.87
	11.00	1.00	0.89	0.78	0.58	1.00	0.58	0.00	1.00	0.89	1.22	2.33	2.58	2.88	2.44	3.58	3.11	2.00	1.58	1.44	1.11	1.58	1.22
	12.00	1.58	1.32	1.22	1.22	1.58	1.11	0.89	0.22	0.22	1.33	2.33	3.00	3.00	2.22	1.58	1.58	2.22	2.00	1.22	0.78	0.78	1.33
13.00	1.22	1.22	1.00	0.78	0.67	0.89	0.89	1.44	1.11	0.44	2.58	2.22	2.22	4.22	4.22	3.11	3.11	2.58	2.89	2.78	2.58	2.58	
14.00	1.78	0.78	0.58	1.11	1.33	1.22	1.22	0.89	2.44	2.87	3.89	3.89	3.89	3.11	3.22	3.67	3.22	3.89	1.89	2.44	1.44	1.87	
15.00	1.22	1.11	1.00	1.22	1.11	0.89	0.89	1.22	2.89	3.78	4.58	4.44	5.87	3.11	3.22	4.22	4.22	3.89	2.44	2.11	1.22	1.22	
16.00	2.11	0.58	0.78	1.89	0.58	1.33	0.22	3.33	4.58	4.44	5.87	3.89	4.44	3.11	3.89	3.11	3.11	3.89	2.44	2.11	2.22	2.22	
17.00	1.00	0.87	0.00	0.78	1.89	0.58	1.33	1.00	1.00	1.11	4.22	3.00	3.78	4.44	3.44	2.89	3.58	2.58	1.78	1.00	1.87	2.00	
18.00	1.00	0.89	0.78	1.00	0.58	0.58	0.67	1.22	1.58	2.87	4.22	4.22	5.87	4.44	5.58	4.58	3.87	3.44	1.89	2.00	1.87	0.89	
19.00	1.22	0.58	0.33	1.44	1.22	1.11	0.89	1.22	1.11	1.78	2.22	3.11	4.11	4.22	2.58	4.11	4.11	3.58	1.33	2.33	1.11	2.11	
20.00	1.87	1.80	0.89	0.99	0.33	0.00	0.87	2.11	2.22	2.58	3.78	4.99	4.99	4.99	4.96	4.78	3.58	3.00	2.00	2.58	2.78	2.33	
21.00	1.33	1.44	1.78	1.87	1.87	1.22	1.58	1.00	0.87	1.89	2.78	3.00	2.44	4.44	4.44	3.68	4.87	4.58	2.78	2.44	2.58	2.00	
22.00	2.67	1.66	1.67	1.67	0.67	0.67	0.67	0.44	0.78	2.00	3.87	4.67	4.11	4.22	4.11	2.80	3.58	3.00	1.78	1.87	1.22	1.58	
23.00	1.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.22	0.58	0.78	1.22	2.78	2.87	3.87	4.11	2.80	3.58	3.00	3.33	1.78	1.67	1.33	1.87	
24.00	2.00	1.87	1.00	1.44	1.33	1.11	1.33	1.44	1.44	2.00	2.78	3.44	4.11	4.11	4.78	3.78	2.87	2.44	1.89	1.89	3.33	2.87	
25.00	1.22	0.58	0.66	0.67	0.58	0.78	0.78	0.58	1.33	1.11	1.87	2.16	3.44	4.11	4.78	3.78	2.87	2.44	1.89	1.89	3.33	2.87	
26.00	0.33	0.22	0.11	0.11	0.11	0.22	0.33	0.33	0.87	2.11	3.22	2.78	3.22	3.89	3.22	3.22	2.58	2.44	1.89	1.87	2.00	1.58	
27.00	2.33	1.89	1.89	1.56	2.33	2.59	2.33	3.22	4.33	5.44	5.87	6.11	5.87	5.87	5.87	5.87	5.87	2.22	1.87	1.33	1.22	2.00	
28.00	1.87	1.11	1.78	1.58	1.89	1.44	1.44	0.22	1.78	2.89	4.33	4.99	4.99	4.99	4.99	4.99	3.33	1.22	3.22	0.44	0.22	1.58	
29.00	0.00	0.67	1.22	1.44	1.44	0.87	0.22	0.58	1.59	3.33	4.87	6.11	5.33	3.00	2.78	2.11	2.11	2.33	1.58	1.89	2.22	1.00	
30.00	1.22	1.22	1.22	1.11	1.67	1.33	1.66	1.33	2.44	4.89	4.58	4.58	4.89	4.89	3.78	4.22	6.11	1.33	2.68	1.58	1.58	1.11	
31.00	1.33	1.22	0.87	0.44	1.44	0.87	2.11	2.22	2.33	3.11	3.00	3.00	4.78	6.11	4.00	3.87	3.87	3.44	0.78	1.22	1.58	1.11	
Jan Total	1.14	0.84	0.79	0.90	0.83	0.71	0.84	1.07	1.89	2.89	3.29	3.85	4.10	3.89	3.89	3.80	3.20	2.72	1.89	1.87	1.59	1.55	
Feb	1.00	2.58	1.87	1.44	1.44	1.58	1.44	2.00	2.00	3.44	4.78	3.58	4.87	4.58	4.44	3.11	3.44	2.00	2.33	3.00	1.87	2.00	
	2.00	2.00	0.67	0.44	0.33	1.89	3.89	2.89	3.41	4.87	5.22	6.57	5.89	5.87	5.89	4.22	4.00	3.78	2.58	2.78	3.00	2.44	
	3.00	1.44	2.11	1.87	2.22	1.78	1.59	1.78	2.22	3.44	4.11	4.87	3.89	5.00	3.00	2.97	3.11	1.44	1.22	2.11	1.87	1.00	
	4.00	0.89	0.58	0.68	0.89	1.87	1.58	1.33	1.33	3.78	5.00	6.44	6.22	5.00	5.00	3.78	3.78	3.22	1.78	1.33	1.11	1.78	
	5.00	2.44	1.22	1.44	1.78	2.44	1.58	2.44	3.22	3.44	5.00	4.89	5.00	5.89	4.33	3.78	3.58	2.78	2.22	1.58	1.58	2.89	
	6.00	3.00	2.44	2.33	2.00	1.22	1.44	1.11	2.58	2.22	3.33	3.89	4.22	4.87	3.89	3.89	2.58	2.11	2.00	2.11	1.44	1.58	
	7.00	0.89	0.33	0.00	0.33	0.89	0.22	0.00	0.11	1.11	2.78	3.89	3.89	3.89	3.33	2.78	2.89	2.58	3.11	1.89	2.33	1.11	
	8.00	2.33	1.22	0.89	0.89	0.78	0.44	0.58	1.68	1.22	2.44	4.00	3.78	4.89	5.33	4.58	4.22	4.58	3.22	3.11	2.00	2.33	
	9.00	2.78	2.00	0.22	1.87	1.11	0.87	1.11	1.78	1.78	2.58	3.87	3.44	3.44	4.00	2.33	3.11	2.89	3.44	3.11	1.78	2.89	
	10.00	1.66	1.11	1.66	1.00	0.22	0.58	0.68	2.22	3.87	3.87	3.44	3.11	3.89	3.89	5.11	6.22	3.89	3.00	2.44	2.44	2.58	
	11.00	3.87	3.00	2.44	2.58	1.89	1.78	1.89	1.00	2.11	3.33	3.87	4.44	4.44	4.00	4.33	4.78	4.11	4.22	3.33	4.00	4.22	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาต  
 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 4.3 อาคารตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพครีบอลังการ (Wingwall) และช่องเปิด(Opening)

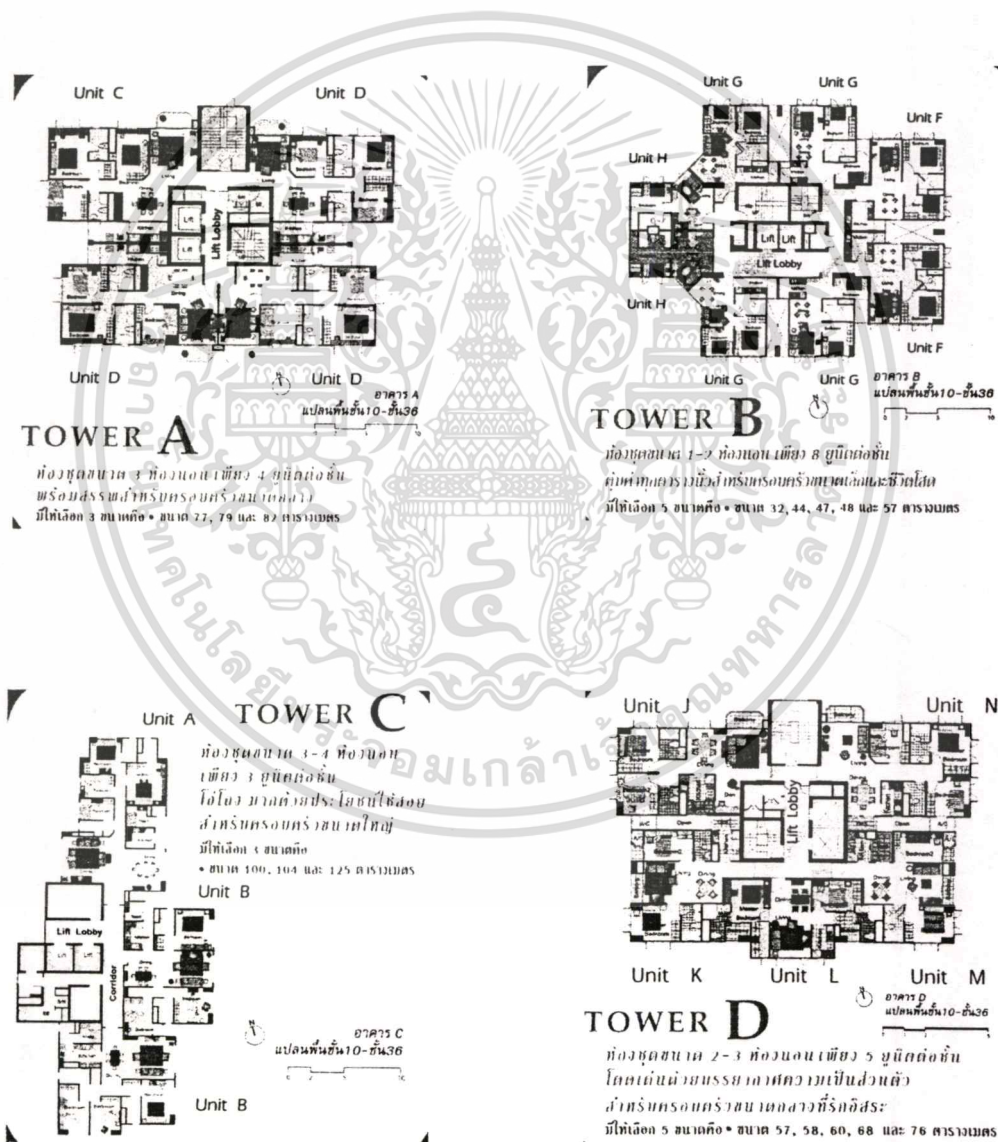
โครงการลุมพินี เฟลส วอเตอร์ครีฟ

ที่ตั้ง ถนน รัชดาภิเษก บริเวณสี่แยกรัชชนนทรี จ.กรุงเทพมหานคร

เจ้าของโครงการ บริษัท แกรนด์ ยูนิตี้ ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด

ขนาดที่ดิน 3 ไร่ 3 งาน 29 ตารางวา

ลักษณะอาคาร เป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 36 ชั้น จำนวน 4 อาคาร รวมประมาณ 620 ยูนิิต

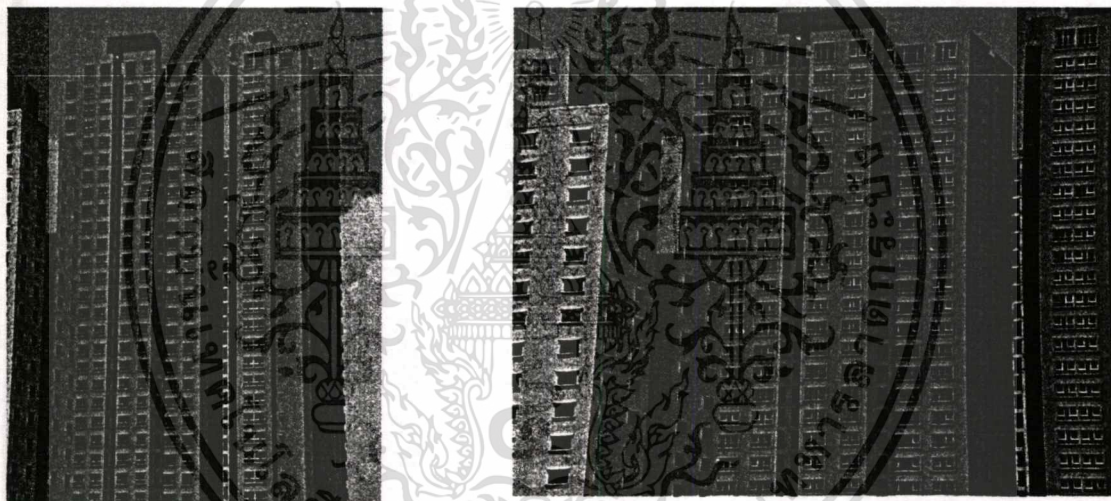


ภาพที่ 4.9 ผังพื้นที่ของโครงการ ลุมพินี เฟลส วอเตอร์ครีฟ แบบ A, B, C และ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารโครงการ ลุมพินี เพลส วอเตอร์คลิฟ มีความเหมาะสมในด้านพื้นที่โดยรอบซึ่งเหมาะกับการอยู่อาศัย เหมาะกับการระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ และยังมีความสูงที่พอเหมาะกับงานวิจัยชิ้นนี้ มีอาคารสูงในบริเวณใกล้เคียงไม่มาก ทำให้ทิศทางลมไม่ผันผวน

อาคารที่นำมาใช้ในการออกแบบ และทดสอบประสิทธิภาพของครีบบอาคาร(Wingwall) และช่องเปิด(Opening) คือ อาคาร A (ภาพที่ 4.9)ซึ่งหากมองจากผังอาคารจะพบว่าทุกๆห้องในแต่ละยูนิตจะมีช่องเปิดเพียงด้านเดียว ทำให้ไม่มีการระบายอากาศโดยวิธีการธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพเพียงพอกับการอยู่อาศัย จำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศเป็นหลัก แต่หากมีการปรับปรุงลักษณะอาคารให้มีความเหมาะสมโดยการใช้ครีบบอาคาร(Wingwall) ก็ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาระบบปรับอากาศตลอดเวลา อีกทั้งไม่จำเป็นต้องเปิดประตูทางเข้าหลัก และประตูอื่นๆภายใน เพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านได้ดังที่ผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่ในอาคารประเภทนี้กระทำกัน



ภาพที่ 4.10 ทศนิยมภาพภายนอก ของอาคารแบบ A

#### 4.4 แนวความคิดในการออกแบบช่องเปิด (Opening) และครีบบอาคาร (Wingwall)

แนวความคิดหลักในการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคารของงานวิจัยนี้เพื่อ

1. การถ่ายเทอากาศ (Supply fresh air) ซึ่งสามารถคำนวณค่าอัตราการถ่ายเทอากาศได้เป็น Air change per hour
2. สร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้อยู่อาศัย ในที่นี้จะนำค่าอุณหภูมิ ECI เป็นมาตรฐานในการวัดค่าความสบาย

สำหรับแนวความคิดในการออกแบบช่องเปิด(Opening) และครีบบอาคาร (Wingwall)เพื่อให้ได้อัตราการไหลเวียนของอากาศที่ดี สามารถแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

4.4.1 การออกแบบช่องเปิด (Opening)

4.4.2 การออกแบบครีบบอาคาร (Wingwall)

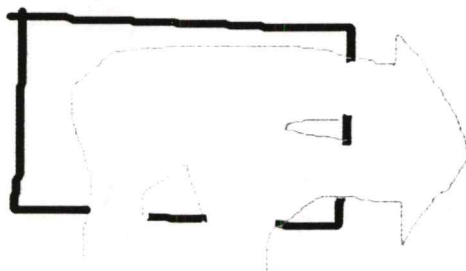
4.4.1 การออกแบบช่องเปิด (Opening)

4.4.1.1 การออกแบบตำแหน่งช่องเปิด

- 1) พื้นที่ช่องเปิดทางด้านลมเข้า เท่ากับ พื้นที่ช่องเปิดทางด้านลมออก<sup>1</sup> จะทำให้ความเร็วลมภายในสม่ำเสมอ และมีอัตราการไหลสูงสุด (Air Flow Rate)
- 2) ตำแหน่งในการวางช่องเปิดนั้น เป็นตำแหน่งที่ช่วยให้ลมกระจายได้ทั่วทั้งห้อง หรือกระจายได้ถึงส่วนที่ใช้สอยสำคัญ



ภาพที่ 4.11 แสดงการวางตำแหน่งช่องเปิดซึ่งทำให้เกิดจุดอับลมขึ้นภายในห้อง



ภาพที่ 4.12 แสดงการวางตำแหน่งช่องเปิดแบบสมดุลง ช่วยให้อากาศหมุนเวียนได้ทั่วถึงทั้งห้อง

<sup>1</sup> จากบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5 การระบายอากาศแบบ Cross ventilation เรื่อง พื้นที่ช่องช่องเปิด อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.1.2 การออกแบบทิศทางการเปิดของบานหน้าต่าง

หน้าต่างบานเปิดแบบนี้ทำหน้าที่คล้ายกับครีบอลังการ<sup>2</sup> ช่วยให้ช่องเปิดด้านหนึ่งเป็นทางลมเข้า (Positive) ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นทางลมออก (Negative) และยังสามารถช่วยดักลมเข้าสู่อาคาร หากออกแบบการเปิดที่ไม่ดีมีเพียงช่องทางลมเข้า ก็ไม่ต่างจากการมีช่องเปิดเพียงด้านเดียว (ภาพที่ 4.13)



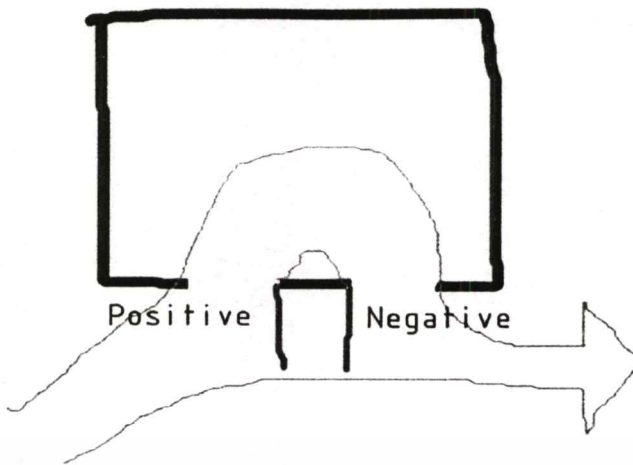
ภาพที่ 4.13 แสดงการเปิดของบานหน้าต่างที่ทำให้เกิดการอันของลมภายในห้อง

ภาพที่ 4.14 แสดงการเปิดของบานหน้าต่างเพื่อให้เกิดการระบายอากาศขึ้นภายในห้อง

#### 4.4.2 การออกแบบครีบอลังการ (Wingwall)

หลักการของครีบอลังการที่ใช้ในการออกแบบ มีด้วยกัน 2 ประการ<sup>3</sup> คือ การทำให้เกิดการระบายอากาศในช่องเปิดที่อยู่บนผนังเพียงด้านเดียว(ภาพที่ 4.15) และอีกประการ คือ การช่วยดักลมเข้าสู่ตัวอาคารให้มากขึ้น (ภาพที่ 4.16)

<sup>2</sup> จากบทที่ 4 หัวข้อ 4.2 การระบายอากาศแบบ cross-ventilation เรื่อง ชนิดของช่องเปิด อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 การใช้ crib อาคาร (Wingwall) เพื่อช่วยให้เกิดการระบายอากาศในช่องเปิดที่อยู่บนผนังด้านเดียว



ภาพที่ 4.16 การใช้ crib อาคาร (Wingwall) เพื่อช่วยดูดลมให้เข้าสู่ตัวอาคารมากขึ้น

## 4.5 การทดสอบหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม

การทดสอบหุ่นจำลองเพื่อออกแบบครีบาอาคาร(Wingwall) และช่องเปิด(Opening) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

- 4.5.1 การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบครีบาอาคาร(Wingwall)และช่องเปิด(Opening)ที่เหมาะสม
- 4.5.2 การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างหลังมีการใช้ครีบาอาคาร(Wingwall)และช่องเปิด(Opening)ที่เหมาะสม

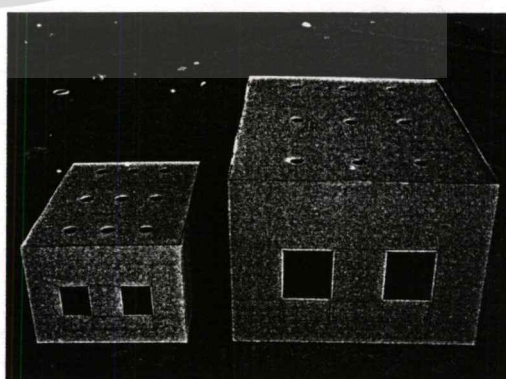
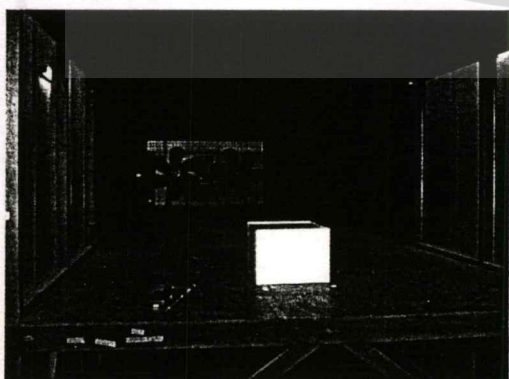
### 4.5.1 การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด (Opening) และครีบาอาคาร (Wingwall)

ทำการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงปริมาณ และความเร็วลมที่เป็นปัญหาภายในอาคาร โดยทำหุ่นจำลองเพียงชั้นเดียว แล้วนำเอาปริมาณและความเร็วในความเร็วระดับต่างๆที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาความเร็วลมภายในที่เป็นจริงในแต่ละชั้นของอาคาร

แต่เนื่องจากช่องเปิดนั้นจำเป็นต้องมีมั่งลวดเพื่อกันแมลงต่างๆ จึงต้องมีการทดสอบปริมาณลมที่เข้าสู่อาคาร ด้วยหุ่นจำลอง 2 มาตรฐานด้วยกัน เพื่อจะทราบว่าความถี่ของมั่งลวดมีผลต่อความเร็วลมภายในมากน้อยเพียงใด

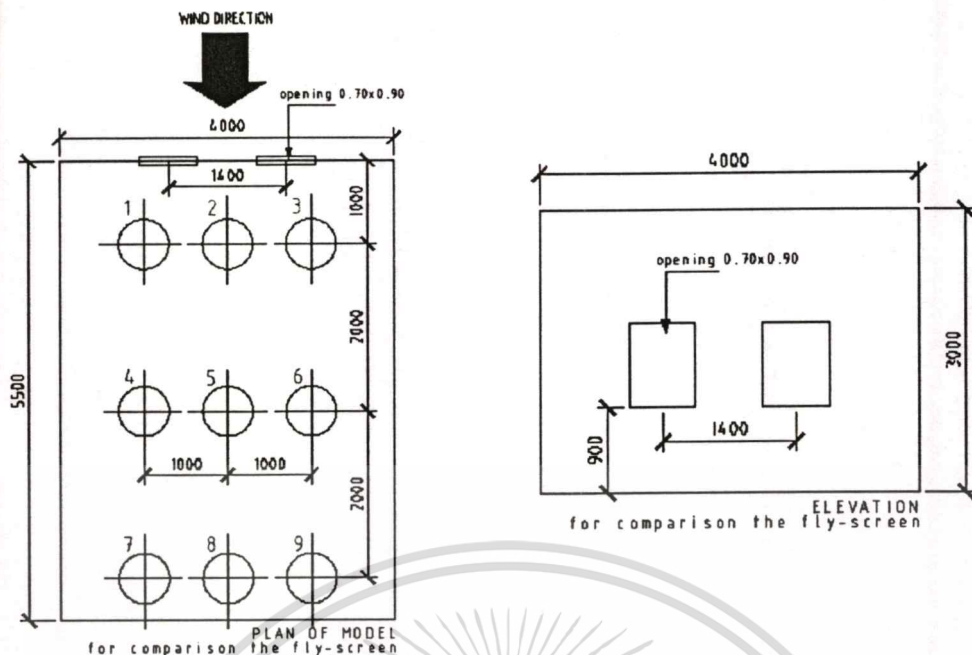
### หุ่นจำลองในการทดสอบผลของความเร็วลมภายในอันเนื่องมาจากความถี่ของมั่งลวด

ทำการทดสอบใน 2 มาตรฐาน คือ 1: 12.5 และ 1: 20 โดยมีขนาด กว้าง4.00 x ยาว5.50 x สูง 3.00 ม. และมีการเจาะช่องเพื่อนำเอา Hot-wire anemometer เข้าไปวัดความเร็วลมภายใน จำนวน 9 ช่อง โดยมีระยะห่างเท่าๆกัน คือ # 1.00 x 2.00 ม. โดยมีช่องเปิดเพื่อรับลมขนาด 0.70 x 0.90 ม. สูงจากพื้น 0.90 ม. จำนวน 2 ช่อง (ภาพที่ 4.17 และ 4.18 )



ภาพที่ 4.17 รูปถ่ายหุ่นจำลองเพื่อทดสอบมั่งลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 ขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบมุ้งลวด

ทำการทดลองโดยนำหุ่นจำลองแต่ละมาตรฐานเข้าอุโมงค์ลมเพื่อทำการวัดค่าความเร็วลมภายใน 2 ครั้ง คือ

1. หุ่นจำลองแบบที่ไม่มีมุ้งลวด
2. หุ่นจำลองแบบที่มีมุ้งลวด โดยที่ใช้มุ้งลวดความถี่ 49 ช่อง ต่อ ตารางเซนติเมตร(ภาพที่ 4.19) ทั้ง 2 มาตรฐาน



ภาพที่ 4.19 มุ้งลวดที่นำมาใช้ในการทดสอบ ความถี่ 49 ช่อง ต่อ ตารางเซนติเมตร

ผลการทดสอบหุ่นจำลองทั้ง 2 มาตรฐาน ใน 2 กรณี คือ มีมุ้งลวด และไม่มีมุ้งลวด เพื่อทราบผลของความเร็วลมภายในอันเนื่องมาจากความถี่ของมุ้งลวด มีดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 4.3 และ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 ผลการทดสอบหุนจำลองในอุโมงค์ลมเพื่อทราบความเร็วลมภายในอันเนื่องมาจากความถี่ของมุ้งลวด ในมาตราส่วน 1:12.5 และ 1:20 ตามลำดับ

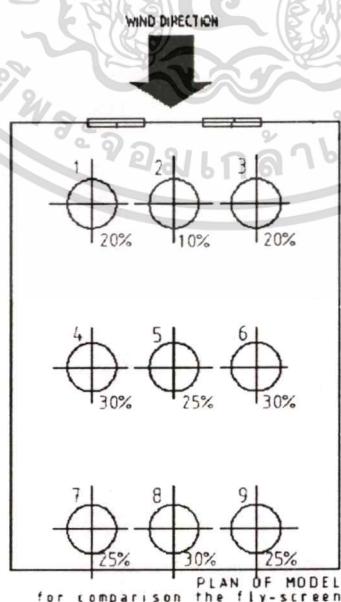
มาตราส่วน 1:12.5

ตำแหน่งที่ทำการวัด	ความเร็วลมภายใน ณ. ตำแหน่งต่างๆ โดยสูง จากพื้น 1.00 ม. (M/S)	
	มีมุ้งลวด	ไม่มีมุ้งลวด
1	0.40	0.50
2	0.50	0.60
3	0.40	0.50
4	0.20	0.30
5	0.30	0.40
6	0.20	0.30
7	0.15	0.20
8	0.15	0.15
9	0.15	0.15

มาตราส่วน 1:20

ตำแหน่งที่ทำการวัด	ความเร็วลมภายใน ณ. ตำแหน่งต่างๆ โดยสูง จากพื้น 1.00 ม. (M/S)	
	มีมุ้งลวด	ไม่มีมุ้งลวด
1	0.40	0.45
2	0.50	0.60
3	0.40	0.50
4	0.20	0.25
5	0.30	0.30
6	0.20	0.30
7	0.20	0.20
8	0.10	0.15
9	0.15	0.20

จากผลการทดสอบหุนจำลองในอุโมงค์ลม พบว่าความถี่ของมุ้งลวดที่ต่างกันประมาณ 1 เท่า (จากการทดสอบในหุนจำลองที่มีขนาดต่างกันประมาณ 1 เท่าตัว) จะไม่มีผลต่อความเร็วลมภายใน อย่างไรก็ตามการที่มีมุ้งลวดจะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารลดลงประมาณ 10-20% เมื่อเทียบกับความเร็วลมเมื่อไม่มีมุ้งลวด โดยในแต่ละตำแหน่งจะมีความเร็วลมลดลงตามอัตราส่วนดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 4.20)



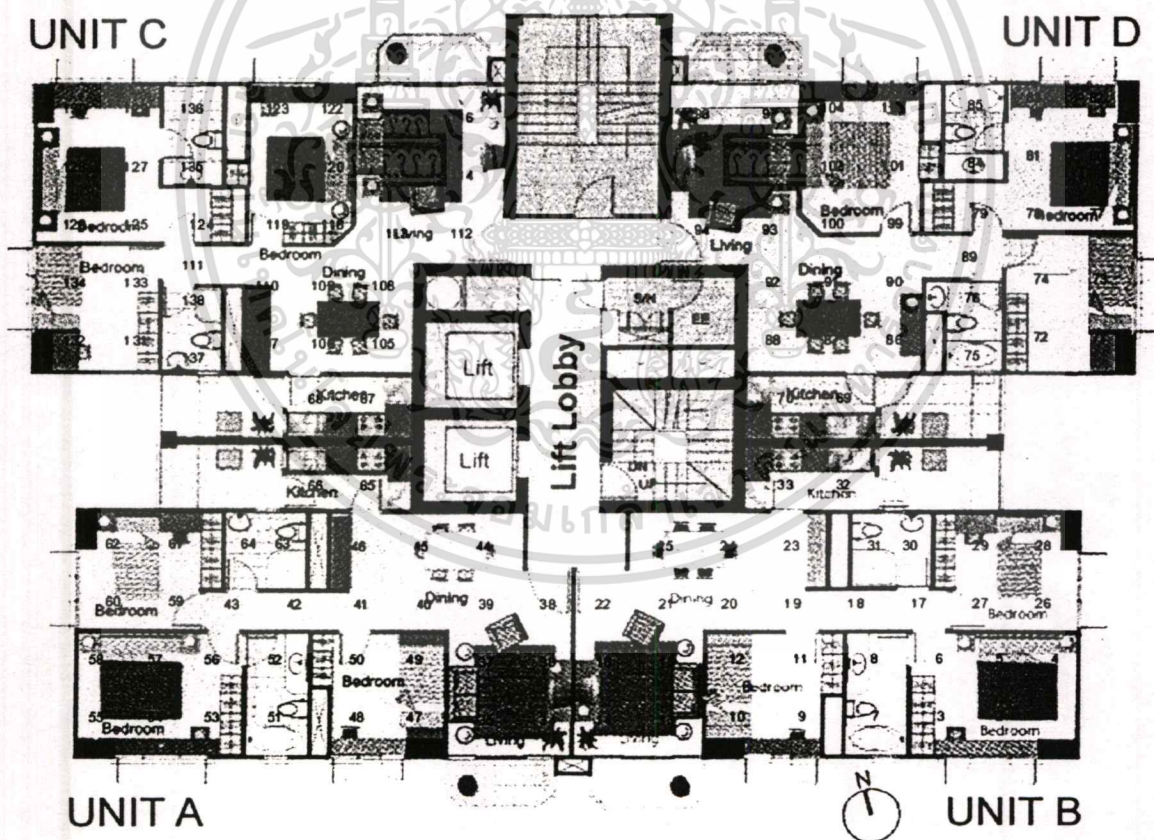
ภาพที่ 4.20 อัตราส่วนการลดลงของความเร็วลมภายในที่มีมุ้งลวด เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีมุ้งลวด(กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารเปิดเพียงด้านเดียว) ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

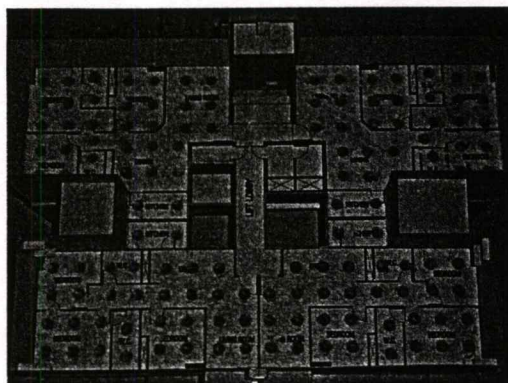
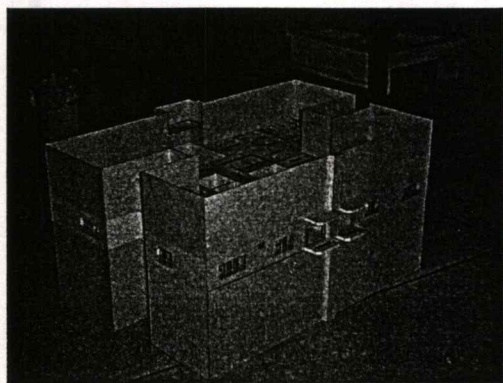
อีกทั้งจากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ความเร็วลมทางด้านหลังห้อง เมื่อเปรียบเทียบกับ ด้านใกล้กับช่องเปิดจะมีความแตกต่างอย่างมาก อันเนื่องมาจากการที่ลมไม่สามารถระบายออกไปได้ ทำให้เกิดความกดดันจากภายใน ความเร็วลมภายในจึงมีค่าน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด(แตกต่างกัน60-70%) แต่ถ้าหากลมสามารถระบายออกไปได้ความเร็วลมภายในจะค่อนข้างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ยังต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายๆอย่างด้วยกัน<sup>1</sup>

#### การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่าง

ทำการทดสอบในมาตราส่วน 1:50 โดยเป็นหุ่นจำลองที่เหมือนจริง คือ มีการสร้างให้ชั้นที่ทำการวัดถูกประกบทั้งบน และล่างให้เหมือนกับสภาพจริงของอาคารสูง (ภาพที่ 4.22) ในการเจาะช่องเพื่อสอดเครื่องมือวัดลมเข้าไปวัดความเร็วลมภายในนั้น เจาะทุกๆระยะ 2 เมตร(ตามมาตราส่วน) ทั้งหมด 138 ช่อง ระดับความสูงของการวัดจะวัดตามการใช้สอยภายใน โดยวัดที่ระดับ 0.90 เมตร จากพื้นห้อง ในส่วนของห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร และ 0.50 เมตร ในส่วนของห้องนอน เพื่อทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้น และทำการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 4.21 แสดงผังของอาคารตัวอย่าง และตำแหน่งในการวัดลมทั้ง 138 จุด ก่อนมีการออกแบบ



ภาพที่ 4.22 ภาพถ่ายหุ่นจำลอง ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด(Opening) และค้ำปีกอาคาร(Wingwall)

จากผลการวัดความเร็วลมภายในของอาคารตัวอย่าง พบว่าสภาพลมภายในค่อนข้างแย่มาก เนื่องจากมีช่องเปิดบนผนังเพียงด้านเดียว ทำให้ลมไปอัดตัวอยู่บริเวณช่องเปิด ในส่วนอื่นๆความเร็วลมจะต่ำมาก ความเร็วลมจะเกาะตัวอยู่ประมาณ 3.57 - 7.14%ของความเร็วลมภายนอก ซึ่งเป็นความเร็วลมภายในที่ต่ำจนไม่สามารถรู้สึกได้<sup>2</sup>

ตารางที่ 4.5 ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และค้ำปีกอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก)

ความเร็วลมภายในเทียบกับความเร็วลมภายนอก (%)			
ตำแหน่ง	ทิศทางลมมาจากทิศใต้ กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม	ทิศทางลมมาจากทิศ ตะวันตกเฉียงใต้ มิถุนายน ถึง สิงหาคม	ทิศทางลมมาจากทิศ ตะวันตก กันยายน
Bed Room			
1	7.14	14.29	17.86
2	7.14	35.71	14.29
3	14.29	3.57	7.14
4	7.14	14.29	16.07
5	10.71	7.14	14.29
6	14.29	3.57	8.93
W.C.			
7	1.79	3.57	7.14
8	1.79	0.00	7.14
Bed Room			
9	10.71	17.86	10.71
10	17.86	7.14	5.36
11	1.79	3.57	3.57
12	5.36	7.14	1.79

<sup>2</sup> จากภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.2 ค่าความเร็วลมภายในอาคารที่อาศัยที่พักอาศัยที่ดองอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบนอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก)

Living Room & Dining Room			
13	14.29	32.14	28.57
14	32.14	14.29	10.71
15	14.29	17.86	23.21
16	17.86	14.29	14.29
17	1.79	1.79	3.57
18	3.57	1.79	7.14
19	7.14	3.57	10.71
20	7.14	7.14	10.71
21	7.14	8.93	10.71
22	14.29	10.71	10.71
23	3.57	3.57	1.79
24	7.14	14.29	7.14
25	7.14	14.29	12.50
Bed Room			
26	5.36	12.50	7.14
27	5.36	1.79	5.36
28	12.50	3.57	10.71
29	7.14	7.14	7.14
W.C.			
30	1.79	1.79	0.00
31	5.36	3.57	0.00
Kitchen			
32	3.57	7.14	7.14
33	7.14	10.71	7.14
Living Room & Dining Room			
34	7.14	21.43	17.86
35	28.57	14.29	8.93
36	14.29	7.14	7.14
37	14.29	14.29	14.29
38	10.71	5.36	7.14
39	14.29	7.14	10.71
40	7.14	7.14	10.71
41	10.71	5.36	5.36
42	5.36	0.00	7.14
43	1.79	0.00	0.00
44	10.71	1.79	3.57
45	10.71	3.57	3.57
46	8.93	3.57	1.79
Bed Room			
47	1.79	14.29	16.07
48	21.43	7.14	5.36
49	0.00	7.14	8.93
50	1.79	3.57	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก)

W.C.			
51	3.57	0.00	1.79
52	5.36	1.79	1.79
Bed Room			
53	21.43	14.29	17.86
54	17.86	10.71	7.14
55	17.86	5.36	7.14
56	17.86	10.71	14.29
57	10.71	7.14	7.14
58	5.36	3.57	3.57
Bed Room			
59	1.79	3.57	7.14
60	3.57	7.14	10.71
61	8.93	10.71	17.86
62	10.71	14.29	25.00
W.C.			
63	0.00	0.00	0.00
64	0.00	0.00	0.00
Kitchen			
65	1.79	1.79	0.00
66	7.14	7.14	5.36
Kitchen			
67	5.36	3.57	7.14
68	1.79	5.36	14.29
Kitchen			
69	10.71	0.00	1.79
70	7.14	0.00	0.00
Bed Room			
71	10.71	3.57	3.57
72	8.93	0.00	1.79
73	21.43	0.00	5.36
74	10.71	0.00	1.79
W.C.			
75	0.00	0.00	3.57
76	1.79	0.00	0.00
Bed Room			
77	1.79	0.00	1.79
78	1.79	0.00	1.79
79	1.79	0.00	0.00
80	3.57	3.57	3.57
81	3.57	0.00	3.57
82	3.57	5.36	7.14
83	3.57	3.57	5.36
W.C.			
84	0.00	0.00	0.00
85	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบอลาคาร์ที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก)

Living Room & Dining Room			
86	5.36	0.00	0.00
87	7.14	0.00	1.79
88	7.14	0.00	1.79
89	3.57	0.00	0.00
90	3.57	0.00	1.79
91	17.86	3.57	1.79
92	7.14	3.57	1.79
93	23.21	5.36	5.36
94	8.93	1.79	3.57
95	23.21	5.36	8.93
96	7.14	1.79	1.79
97	21.43	8.93	10.71
98	5.36	5.36	5.36
Bed Room			
99	0.00	0.00	3.57
100	0.00	0.00	1.79
101	1.79	1.79	3.57
102	1.79	3.57	5.36
103	3.57	1.79	7.14
104	3.57	7.14	1.79
Living Room & Dining Room			
105	1.79	5.36	8.93
106	7.14	3.57	12.50
107	1.79	5.36	10.71
108	5.36	10.71	10.71
109	7.14	8.93	8.93
110	1.79	3.57	14.29
111	0.00	1.79	3.57
112	0.00	1.79	7.14
113	3.57	7.14	7.14
114	1.79	1.79	5.36
115	3.57	7.14	5.36
116	5.36	0.36	44.64
117	10.71	17.86	16.07
Bed Room			
118	1.79	0.00	0.00
119	0.00	0.00	0.00
120	3.57	0.00	0.00
121	1.79	0.00	0.00
122	3.57	0.00	0.00
123	3.57	1.79	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และคิริบอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก)

Bed Room			
124	1.79	0.00	0.00
125	5.36	0.00	0.00
126	1.79	0.00	0.00
127	3.57	0.00	0.00
128	1.79	0.00	0.00
129	3.57	1.79	0.00
130	3.57	1.79	0.00
Bed Room			
131	1.79	1.79	5.36
132	3.57	3.57	7.14
133	1.79	3.57	10.71
134	3.57	8.93	21.43
W.C.			
135	0.00	0.00	0.00
136	0.00	0.00	0.00
W.C.			
137	0.00	5.36	7.14
138	0.00	7.14	7.14

หลังจากได้ค่าความเร็วลมภายในเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอกที่ได้จากการทดสอบในอุโมงค์ลม นำค่าดังกล่าวมาเทียบกับความเร็วลมภายนอกที่ได้จากการคำนวณหาในระดับชั้นต่างๆ เพื่อทราบค่าความเร็วลมภายในในแต่ละชั้นของอาคาร

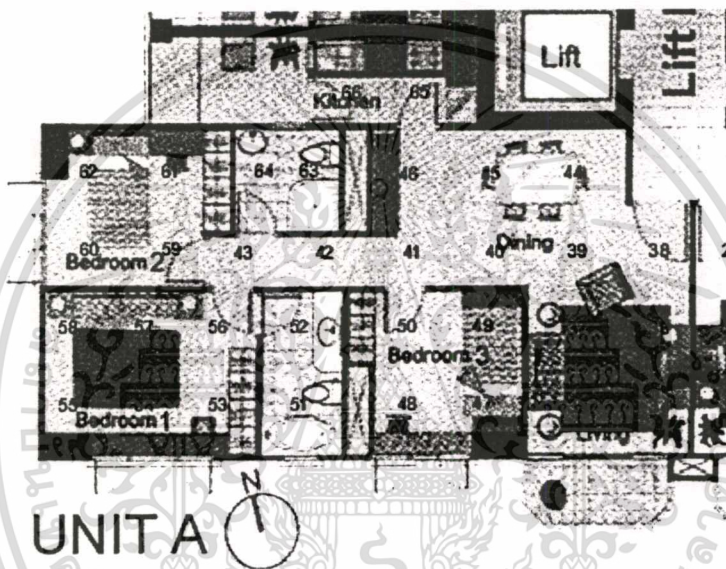
จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าแม้แต่ห้องที่อยู่ทางด้านหน้าลม ความเร็วลมภายในก็ยิ่งเบามาก ประมาณ 10.71-14.28% ของความเร็วลมภายนอก ซึ่งนั่นเป็นเพราะ การที่มีช่องเปิดบนผนังเพียงด้านเดียว ทำให้อากาศภายในตันอากาศภายนอกไม่ให้เข้าไปไหลเวียนได้อย่างสะดวก ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบช่องเปิด (Opening) และคิริบอาคาร (Wingwall) เพื่อเพิ่มความเร็วลมภายในให้เหมาะสมกับที่พักอาศัย



#### 4.5.2 การทดสอบหุ่นจำลองของอาคารตัวอย่างหลังมีการออกแบบช่องเปิด (Opening) และ ครีบบนอาคาร (Wingwall)

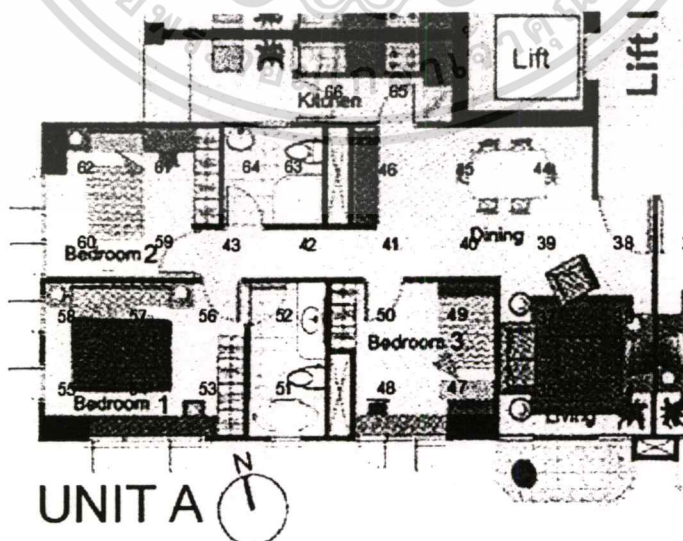
สำหรับหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของช่องเปิด(Opening) และครีบบนอาคาร(Wingwall) ใช้หุ่นจำลองมาตราส่วน 1:50 ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบต่างๆของช่องเปิด(Opening) และครีบบนอาคาร(Wingwall) ตามแนวความคิดในการออกแบบ

##### 4.5.2.1 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และครีบบนอาคาร (Wingwall) ของ UNIT A มีดังต่อไปนี้



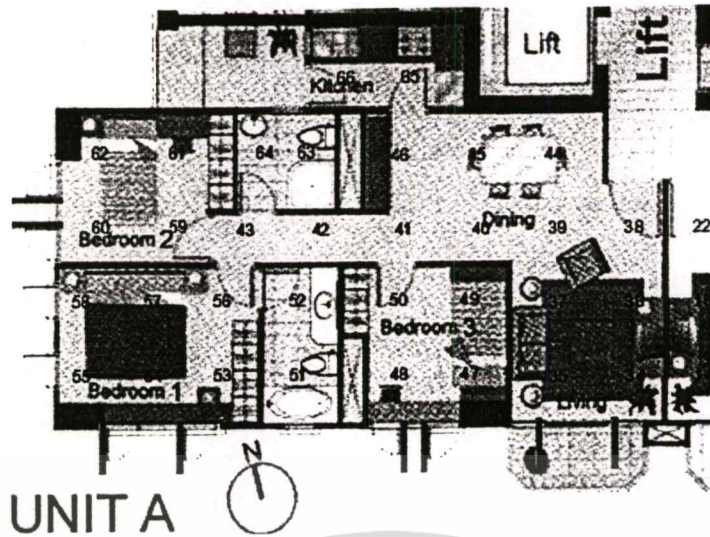
ภาพที่ 4.23 ผังอาคารของ Unit A ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบนอาคาร

4.23 ผังอาคาร



ภาพที่ 4.24 ผังอาคารของ Unit A หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด

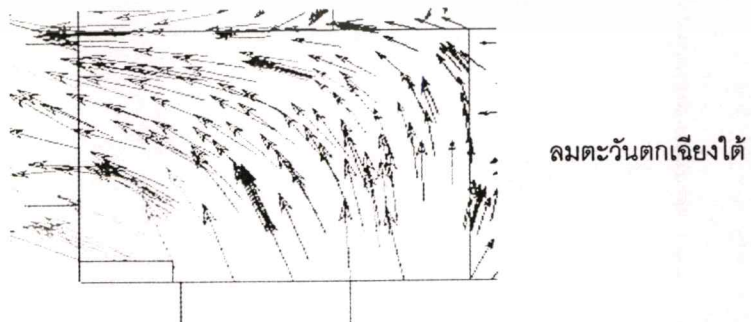
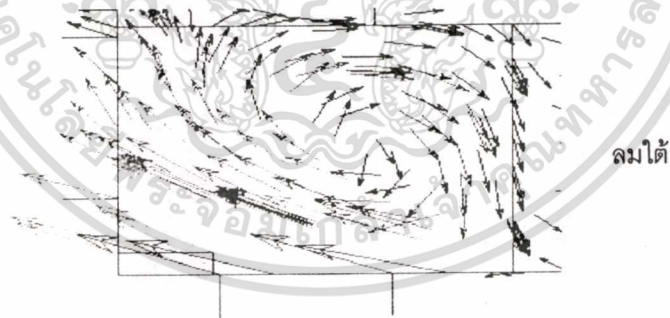
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 ผังอาคารของ Unit A หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ ครัวอาคาร

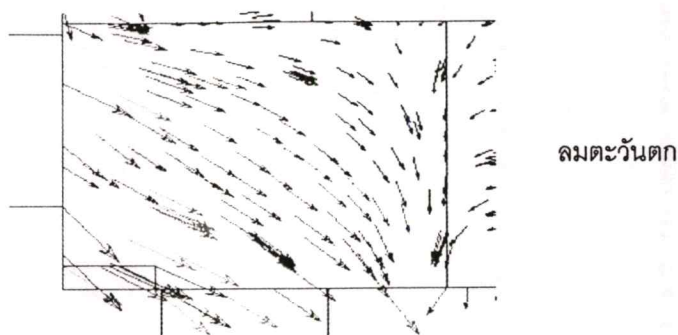
1) ห้องนอน 1 ใน Unit A (ดูภาพที่ 4.23 – 4.25 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลบนผนังทั้ง 2 ด้าน
- ลักษณะการเปิด เมื่อลมมาทางทิศใต้ และตะวันตกเฉียงใต้ ช่องเปิดทางด้านหน้าจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านข้างจะเป็นส่วนระบายลมออก แต่เมื่อลมมาทางทิศตะวันตกช่องเปิดทางด้านข้างจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านหน้าจะกลับกลายเป็นส่วนระบายลมออก ผลที่ได้จากการออกแบบช่องเปิดใหม่ ทำให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตัว (ตารางที่ 4.7)



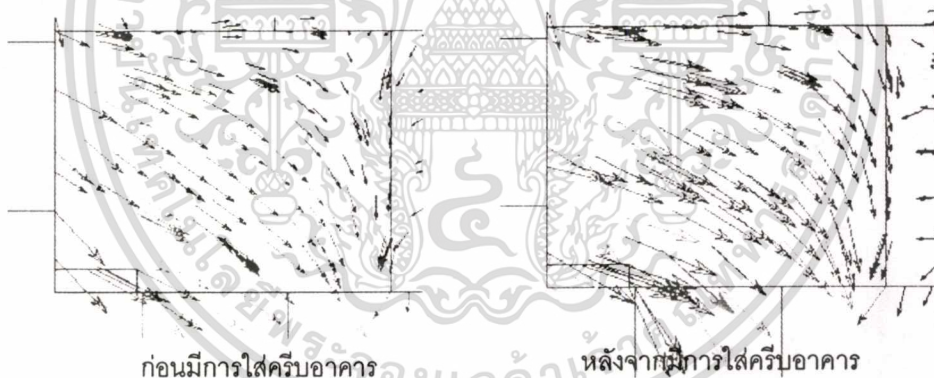
ภาพที่ 4.26 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.26(ต่อ) แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

- ลักษณะของครีบอลคาร (Wingwall) เลือกใส่ครีบอลคารเพียงด้านหน้าด้านเดียว เนื่องจากว่าหากใส่ครีบอลคารทางด้านข้างจะไปบังและเปลี่ยนทิศทางการลมที่จะเข้าสู่ ห้องนอน 2 เมื่อลมมาจากทางทิศ ตะวันตกเฉียงใต้ และเหตุผลในการใส่ครีบอลคารไว้ในหน้าต่างด้านหน้าทั้ง 2 บาน เพราะว่า เมื่อลมมา ทางทิศตะวันตก ครีบอลคารจะช่วยให้ช่องเปิดทางด้านหน้าเป็นส่วนระบายลมได้อย่างสมบูรณ์แบบยั้ง <sup>ขึ้น</sup>

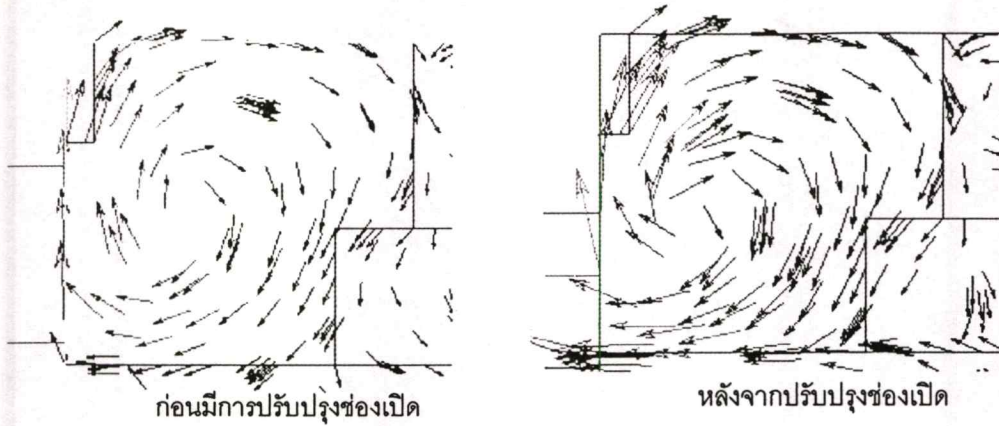


ภาพที่ 4.27 ครีบอลคารซึ่งช่วยให้การระบายลมในห้องนอน 1 สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## 2) ห้องนอน 2 ใน Unit A (ดูภาพที่ 4.23 – 4.25 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งเดิม และไม่สามารถเปิดช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้ในผนังอีกด้านหนึ่ง เนื่องจากว่าทางด้านหลังเป็นระเบียงของห้องครัว ซึ่งอาจจะทำให้ไม่มีความเป็นส่วนตัว
- ลักษณะการเปิด เปิดให้เหมือนการใช้ครีบอลคาร นั่นคือ การเปิดให้บานหน้าต่างไว้ระหว่างกัน จะทำให้ช่องหนึ่งเป็นส่วนรับลม และอีกช่องเป็นส่วนระบายลม (ตารางที่ 4.7)
- ลักษณะของครีบอลคาร (Wingwall) ใส่ครีบอลคารอยู่ในตำแหน่งเดียวกับบานเปิด เพื่อช่วยดักลม ให้เข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.28 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 2 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น

### 3) ห้องนอน 3 ใน Unit A (ดูภาพที่ 4.23 – 4.25 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งเดิม และไม่สามารถเปิดช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้
- ลักษณะการเปิด เปิดให้เหมือนการใช้ครีบอลังการ นั่นคือ การเปิดให้บานหน้าต่างไว้ระหว่งกัน จะทำให้ช่องหนึ่งเป็นส่วนรับลม และอีกช่องเป็นส่วนระบายลม (ตารางที่ 4.7)
- ลักษณะของครีบอลังการ (Windwall) ใส่ครีบอลังการอยู่ในตำแหน่งเดียวกับบานเปิด เพื่อช่วยดักลมให้เข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น (ตารางที่ 4.7)



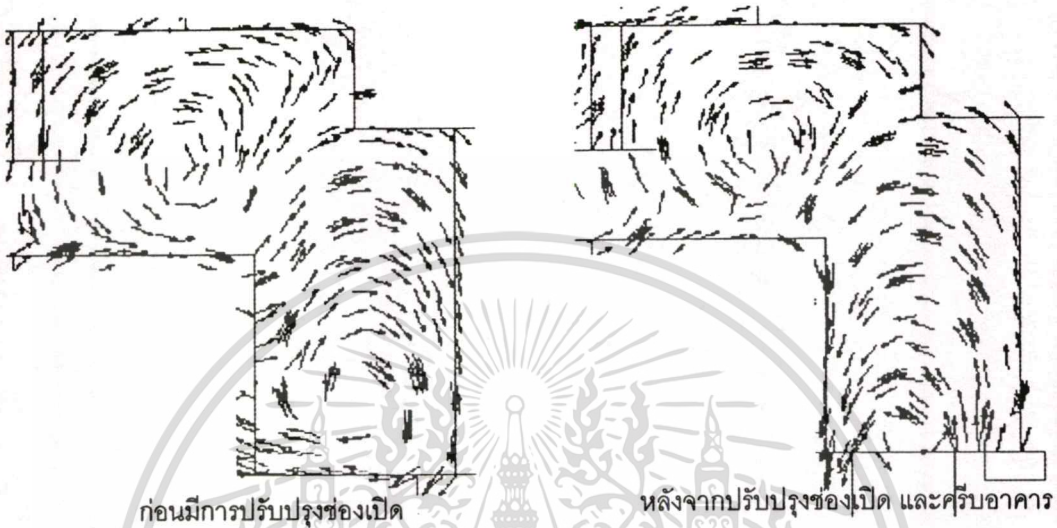
ภาพที่ 4.29 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 3 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่ครีบอลังการ จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น

### 4) ห้องนั่งเล่น และส่วนทานอาหาร ใน Unit A (ดูภาพที่ 4.23 – 4.25 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด จากเดิมด้านข้างของประตูทางออกสู่ระเบียงเป็นกระจกติดตาย เปลี่ยนมาเป็นบานเกล็ดปรับได้ความสูงเท่ากับประตู เพื่อเพิ่มปริมาณลมเข้าสู่ตัวอาคาร

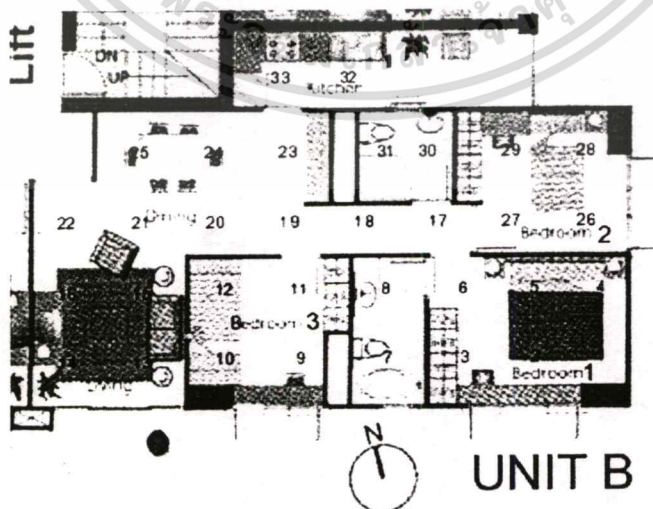
เอกสารนี้ ลักษณะการเปิด เป็นบานเกล็ดปรับมุมได้ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ลักษณะของคิรบอาคาร (Wingwall)** ใสคิรบอาคารระหว่างเกิดระบายนอากาศ กับประตูออกสู่ระเบียง ทั้งสองข้าง เพื่อช่วยให้อากาศสามารถไหลเวียนได้อย่างสะดวกขึ้น สำหรับคิรบอาคารในส่วนนี้ไม่สามารถที่ยื่นยาวมากกว่า 1 เมตรได้เนื่องจากว่า ระเบียงกว้างเพียง 1.60 เมตร เท่านั้น หากยื่นยาวกว่า 1 เมตร พื้นที่ใช้สอยของระเบียงจะเสียไป



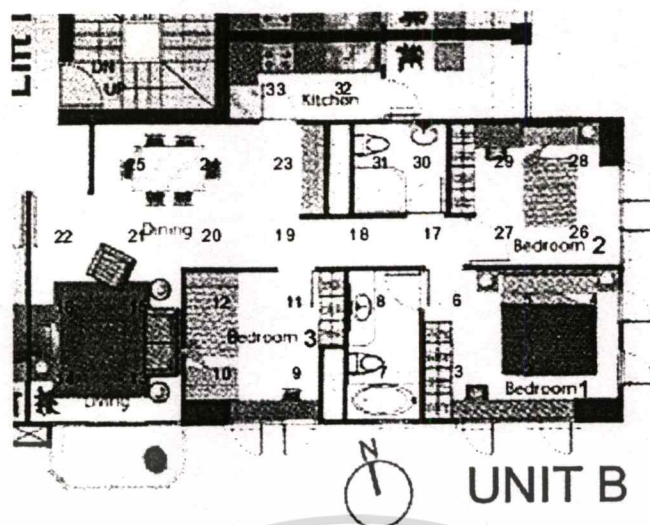
ภาพที่ 4.30 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใสคิรบอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ)

#### 4.5.2.2 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และคิรบอาคาร (Wingwall) ของ UNIT B มีดังต่อไปนี้

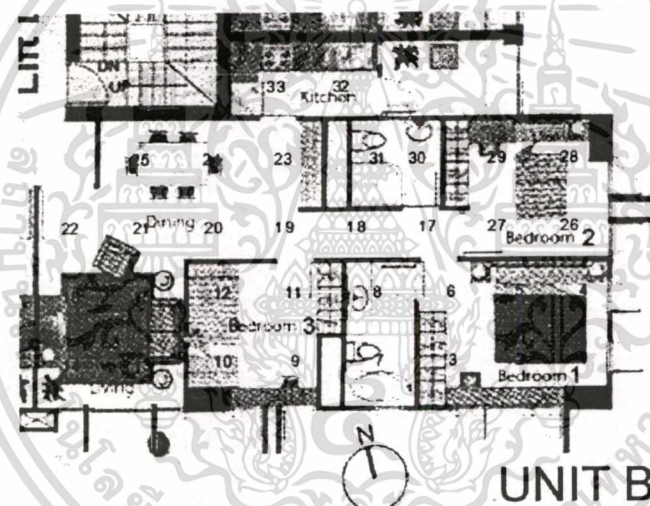


ภาพที่ 4.31 ผังอาคารของ Unit B ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และคิรบอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.32 ผังอาคารของ Unit B หลังมีการออกแบบช่องเปิด



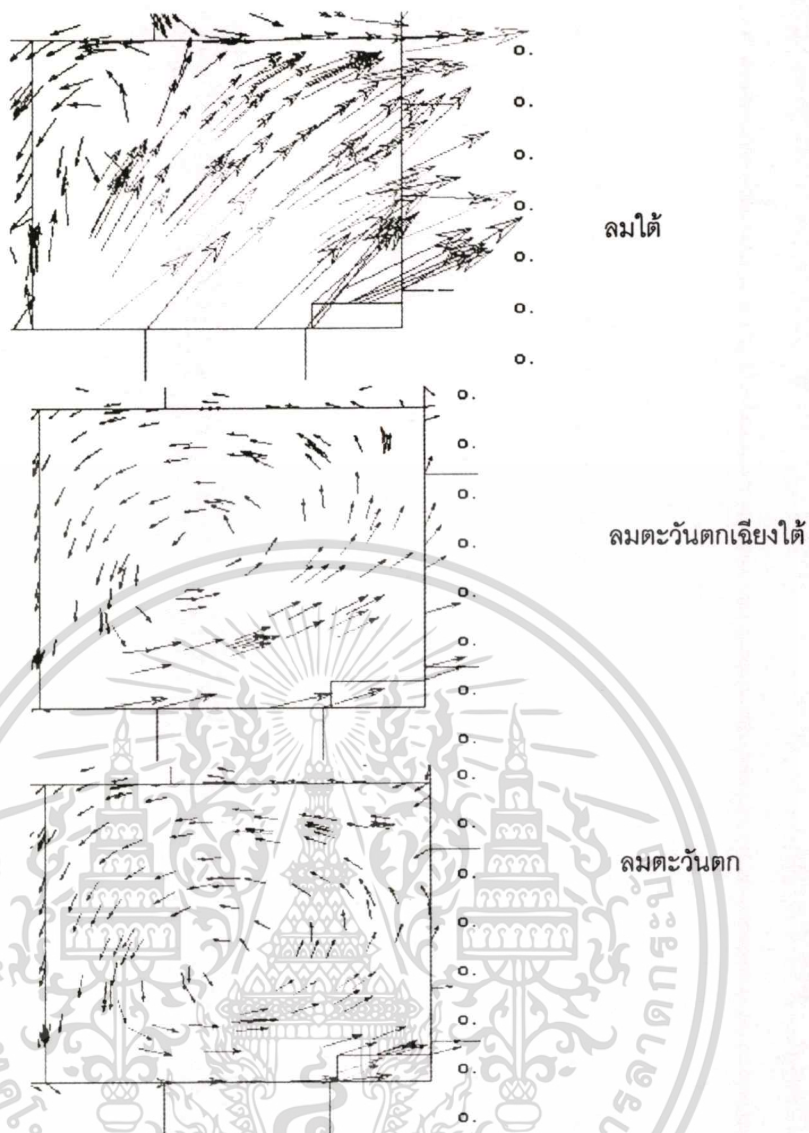
ภาพที่ 4.33 ผังอาคารของ Unit B หลังมีการออกแบบช่องเปิด และค้ำอาคาร

1) ห้องนอน 1 ใน Unit B (ดูภาพที่ 4.31 – 4.33 ประกอบ)

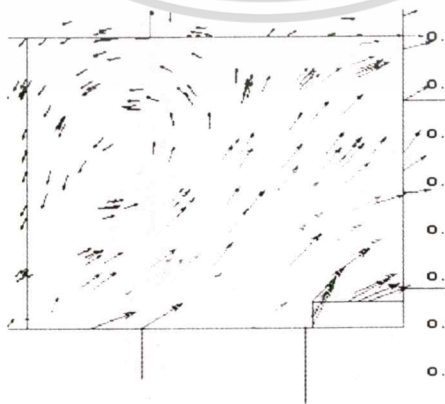
- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลบนผนังทั้ง 2 ด้าน
- ลักษณะการเปิด ช่องเปิดทางด้านหน้าจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านข้างจะเป็นส่วนระบายลมออก ผลที่ได้จากการออกแบบช่องเปิดใหม่ ทำให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้น 2 -3 เท่าตัว (ตารางที่ 4.7)

- ลักษณะของค้ำอาคาร (Wingwall) เลือกใส่ค้ำอาคารเพียงด้านหน้าด้านเดียว เนื่องจากค้ำอาคารทางช่องเปิดด้านข้างไม่มีผลกับความเร็วลมภายใน ส่วนค้ำอาคารทางด้านหน้านั้น มีเพียงบริเวณช่องเปิดบานริม เนื่องจากหากลมมาทางทิศตะวันตก หรือตะวันตกเฉียงใต้ ค้ำอาคารอาจจะบังและเปลี่ยนทิศทางลมที่จะเข้าสู่ช่องเปิดบานริมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.34 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตก  
เฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

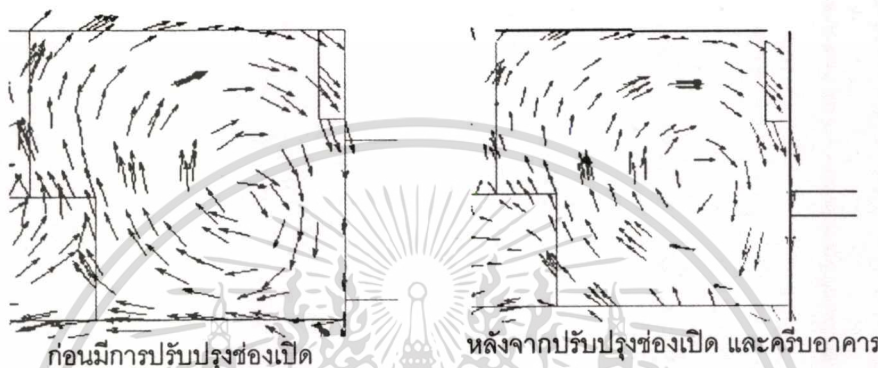


ภาพที่ 4.35 แสดงการใช้พัดลมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 1 (ลมภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ห้องนอน 2 ใน Unit B (ดูภาพที่ 4.31 – 4.33 ประกอบ)

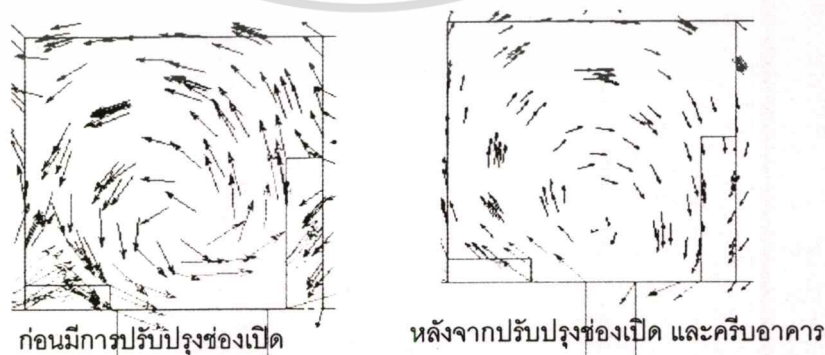
- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งเดิม และไม่สามารถเปิดช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้ในผนังอีกด้านหนึ่ง เนื่องจากว่าทางด้านหลังเป็นระเบียงของห้องครัว ซึ่งอาจจะทำให้ไม่มีความเป็นส่วนตัว
- ลักษณะการเปิด เปิดให้เหมือนการใช้ครีบอกอาคาร นั่นคือ การเปิดให้บานหน้าต่างไว้ระหว่งกัน จะทำให้ช่องหนึ่งเป็นส่วนรับลม และอีกช่องเป็นส่วนระบายลม (ตารางที่ 4.7)
- ลักษณะของครีบอกอาคาร (Wingwall) ใส่ครีบอกอาคารอยู่ในตำแหน่งเดียวกับบานเปิด เพื่อช่วยดักลม ให้เข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น



ภาพที่ 4.36 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 2 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และครีบอกอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น

## 3) ห้องนอน 3 ใน Unit B (ดูภาพที่ 4.31 – 4.33 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งเดิม และไม่สามารถเปิดช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้
- ลักษณะการเปิด เปิดให้เหมือนการใช้ครีบอกอาคาร นั่นคือ การเปิดให้บานหน้าต่างไว้ระหว่งกัน จะทำให้ช่องหนึ่งเป็นส่วนรับลม และอีกช่องเป็นส่วนระบายลม (ตารางที่ 4.7)
- ลักษณะของครีบอกอาคาร (Wingwall) ใส่ครีบอกอาคารอยู่ในตำแหน่งเดียวกับบานเปิด เพื่อช่วยดักลม ให้เข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น (ตารางที่ 4.7)

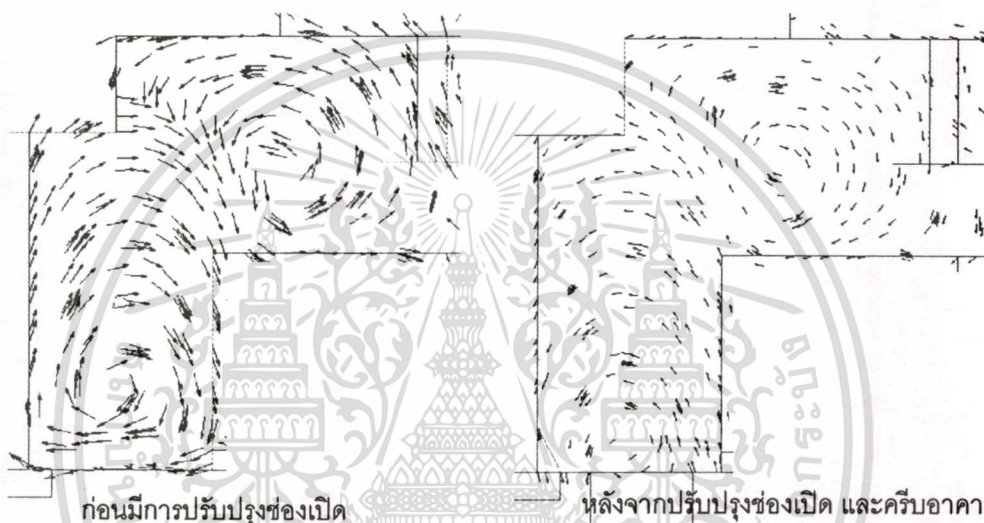


ภาพที่ 4.37 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนอน 3 ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่ครีบอกอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4) ห้องนั่งเล่น และส่วนทานอาหาร ใน Unit B (ดูภาพที่ 4.31 – 4.33 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด จากเดิมด้านข้างของประตูทางออกสู่ระเบียงเป็นกระจกติดตาย เปลี่ยนมาเป็นบานเกล็ดปรับได้ความสูงเท่ากับประตู เพื่อเพิ่มปริมาณลมเข้าสู่ตัวอาคาร
- ลักษณะการเปิด เป็นบานเกล็ดปรับมุมได้
- ลักษณะของคียบอาคาร (Wingwall) ใส่คียบอาคารระหว่างเกล็ดระบายนอกอากาศ กับประตูออกสู่ระเบียง ทั้งสองข้าง เพื่อช่วยให้อากาศสามารถไหลเวียนได้อย่างสะดวกขึ้น สำหรับคียบอาคารในส่วนนี้ไม่สามารถที่ยื่นยาวมากกว่า 1 เมตรได้เนื่องจากว่า ระเบียงกว้างเพียง 1.60 เมตร เท่านั้น หากยื่นยาวกว่า 1 เมตร พื้นที่ใช้สอยของระเบียงจะเสียไป



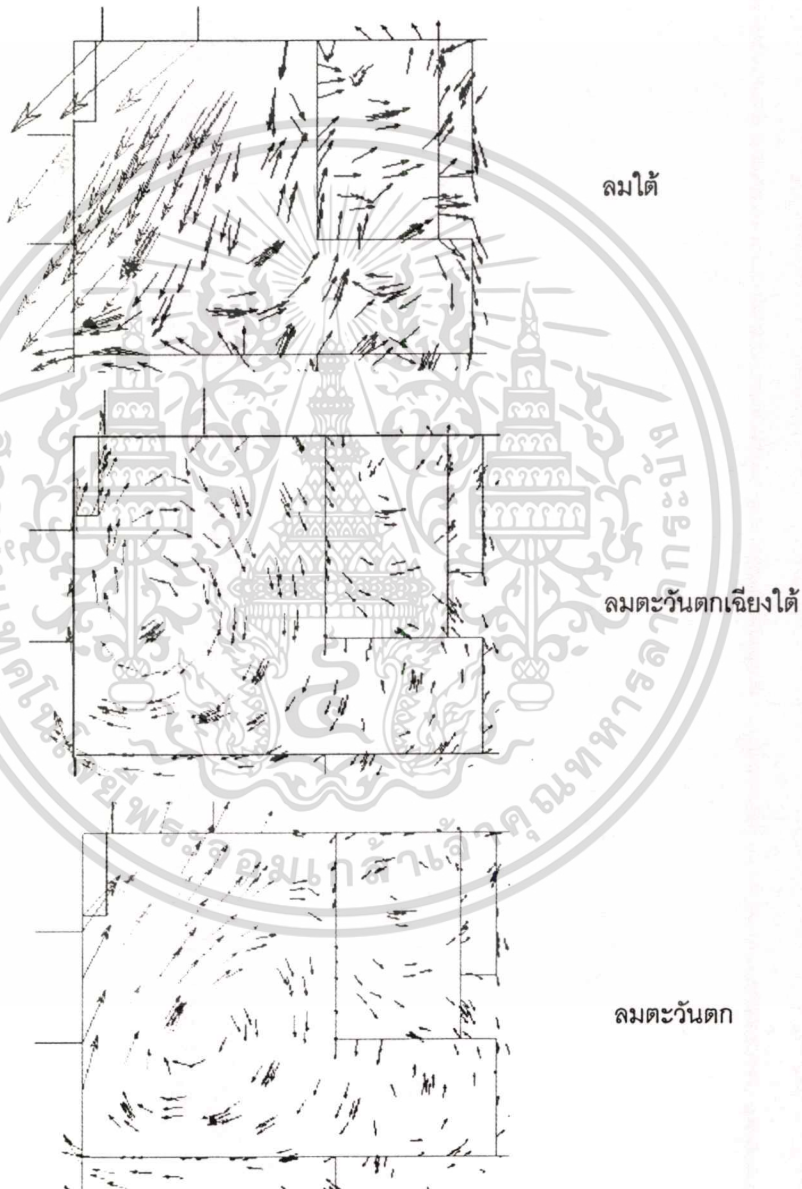
ภาพที่ 4.38 แสดงการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด และใส่คียบอาคาร จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ)

#### 4.5.2.3 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และคียบอาคาร (Wingwall) ของ UNIT C มีดังต่อไปนี้



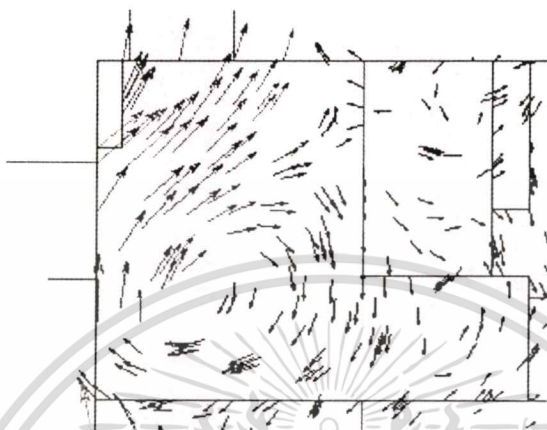
1) ห้องนอน 1 ใน Unit C (ดูภาพที่ 4.39 – 4.41 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลบนผนังทั้ง 2 ด้าน
- ลักษณะการเปิด เมื่อลมมาจากทางทิศใต้ ช่องเปิดทางด้านหลังจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านข้างจะเป็นส่วนระบายลมออก แต่เมื่อลมมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกช่องเปิดทางด้านข้างจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านหลังจะกลับกลายเป็นส่วนระบายลมออก ผลที่ได้จากการออกแบบช่องเปิดใหม่ ทำให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตัว (ตารางที่ 4.7)



ภาพที่ 4.42 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

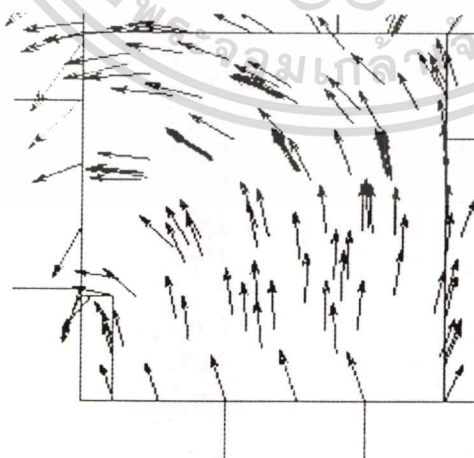
- ลักษณะของครีบาอาคาร (Wingwall) เลือกใส่ครีบาอาคารเพียงด้านข้างด้านเดียว เนื่องจากครีบาอาคารทางช่องเปิดด้านหลังไม่มีผลกับความเร็วลมภายใน ส่วนครีบาอาคารทางด้านข้างนั้น มีเพียงบริเวณช่องเปิดบานริม เนื่องจากหากลมมาทางทิศตะวันตก หรือตะวันตกเฉียงใต้ ครีบาอาคารอาจจะบังและเปลี่ยนทิศทางการไหลที่จะเข้าสู่ช่องเปิดบานริมได้



ภาพที่ 4.43 แสดงการใช้ครีบาอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 1 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้)

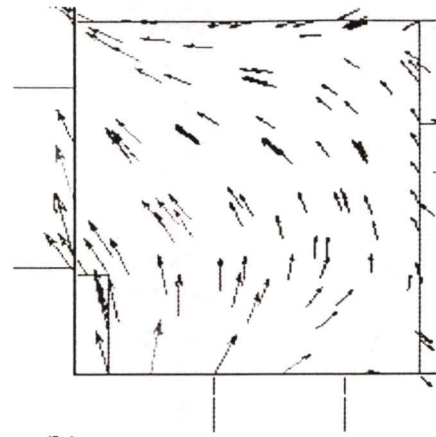
2) ห้องนอน 2 ใน Unit C (ดูภาพที่ 4.39 – 4.41 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลบนผนังทั้ง 2 ด้าน
- ลักษณะการเปิด ช่องเปิดทางด้านหน้าจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านข้างจะเป็นส่วนระบายลมออก ผลที่ได้จากการออกแบบช่องเปิดใหม่ ทำให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้น 2 -3 เท่าตัว (ตารางที่ 4.7)

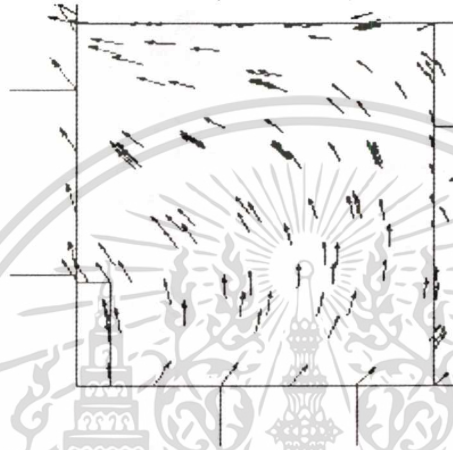


ลมใต้

ภาพที่ 4.44 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 2 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ



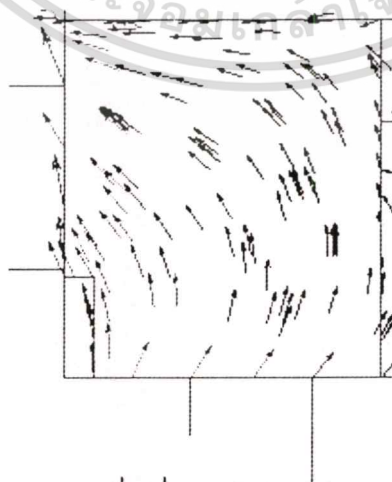
ลมตะวันตกเฉียงใต้



ลมตะวันตก

ภาพที่ 4.44 (ต่อ) แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 2 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

- ลักษณะของครีบาการ (Wingwall) เลือกใส่ครีบาการเพียงด้านหน้าด้านเดียว เนื่องจากครีบาการทางช่องเปิดด้านข้างไม่มีผลกับความเร็วลมภายใน ส่วนครีบาการทางด้านหน้านั้น มีเพียงบริเวณช่องเปิดบานใน ซึ่งใกล้กับกระเบื้องห้องครัว

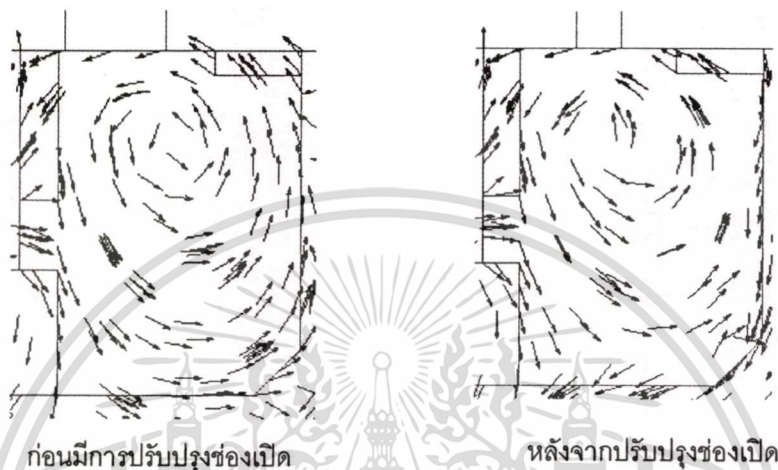


ภาพที่ 4.45 แสดงการใช้ครีบาการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 2 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) ห้องนอน 3 ใน Unit C (ดูภาพที่ 4.39 – 4.41 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งเดิม และไม่สามารถเปิดช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้
- ลักษณะการเปิด เปิดให้เหมือนการใช้ครีบอกอาคาร นั่นคือ การเปิดให้บานหน้าต่างไว้ระหว่างกัน จะทำให้ช่องหนึ่งเป็นส่วนรับลม และอีกช่องเป็นส่วนระบายลม (ตารางที่ 4.7)

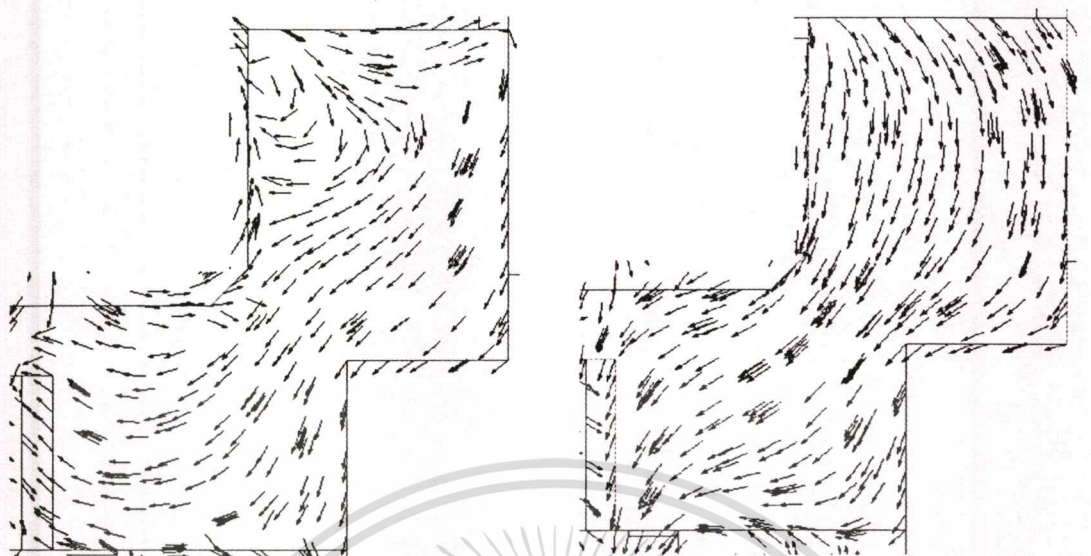


ภาพที่ 4.46 การหมุนเวียนของอากาศภายในยังคงเดิม

- ลักษณะของครีบอกอาคาร (Wingwall) ใ้ครีบอกอาคารอยู่ในตำแหน่งเดียวกับบานเปิด เพื่อช่วยดักลมให้เข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น (ตารางที่ 4.7)

### 4) ห้องนั่งเล่น และส่วนทานอาหาร ใน Unit C (ดูภาพที่ 4.39 – 4.41 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด จากเดิมด้านข้างของประตูทางออกสู่ระเบียงเป็นกระจกติดตาย เปลี่ยนมาเป็นบานเกล็ดปรับได้ความสูงเท่ากับประตู เพื่อเพิ่มปริมาณลมเข้าสู่ตัวอาคาร และเพิ่มบานเกล็ดขนาด 1.00 x 2.00 เมตร บริเวณส่วนทานอาหาร กับระเบียงห้องครัว เพื่อช่วยให้ลมมีทางเข้า-ออก
- ลักษณะการเปิด เป็นบานเกล็ดปรับมุมได้
- ลักษณะของครีบอกอาคาร (Wingwall) ใ้ครีบอกอาคารระหว่างเกล็ดระบายอากาศ กับประตูออกสู่ระเบียง ทั้งสองข้าง เพื่อช่วยให้อากาศสามารถไหลเวียนได้อย่างสะดวกขึ้น สำหรับครีบอกอาคารในส่วนนี้ไม่สามารถที่จะยื่นยาวมากกว่า 1 เมตรได้เนื่องจากว่า ระเบียงกว้างเพียง 1.60 เมตร เท่านั้น หากยื่นยาวกว่า 1 เมตร พื้นที่ใช้สอยของระเบียงจะหายไป



ก่อนมีการปรับปรุงช่องเปิด

หลังจากปรับปรุงช่องเปิด ลมมาทางทิศใต้



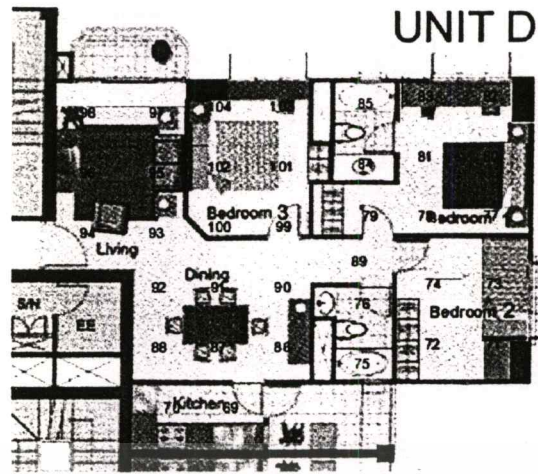
หลังจากปรับปรุงช่องเปิด ลมมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

หลังจากปรับปรุงช่องเปิด ลมมาทางทิศตะวันตก

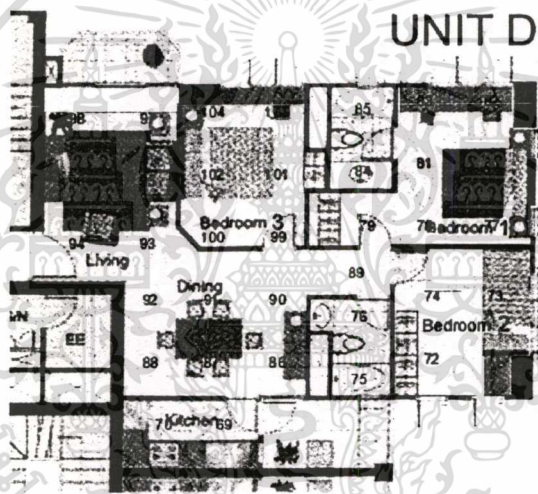
ภาพที่ 4.47 การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ)

4.5.2.4 การออกแบบ และทดสอบหุ่นจำลองของช่องเปิด (Opening) และคานปีกอาคาร (Wingwall) ของ UNIT D มีดังต่อไปนี้

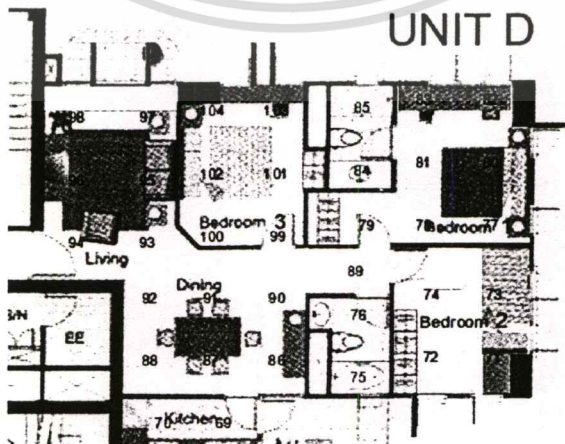
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.48 ผังอาคารของ Unit D ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบาาคาร



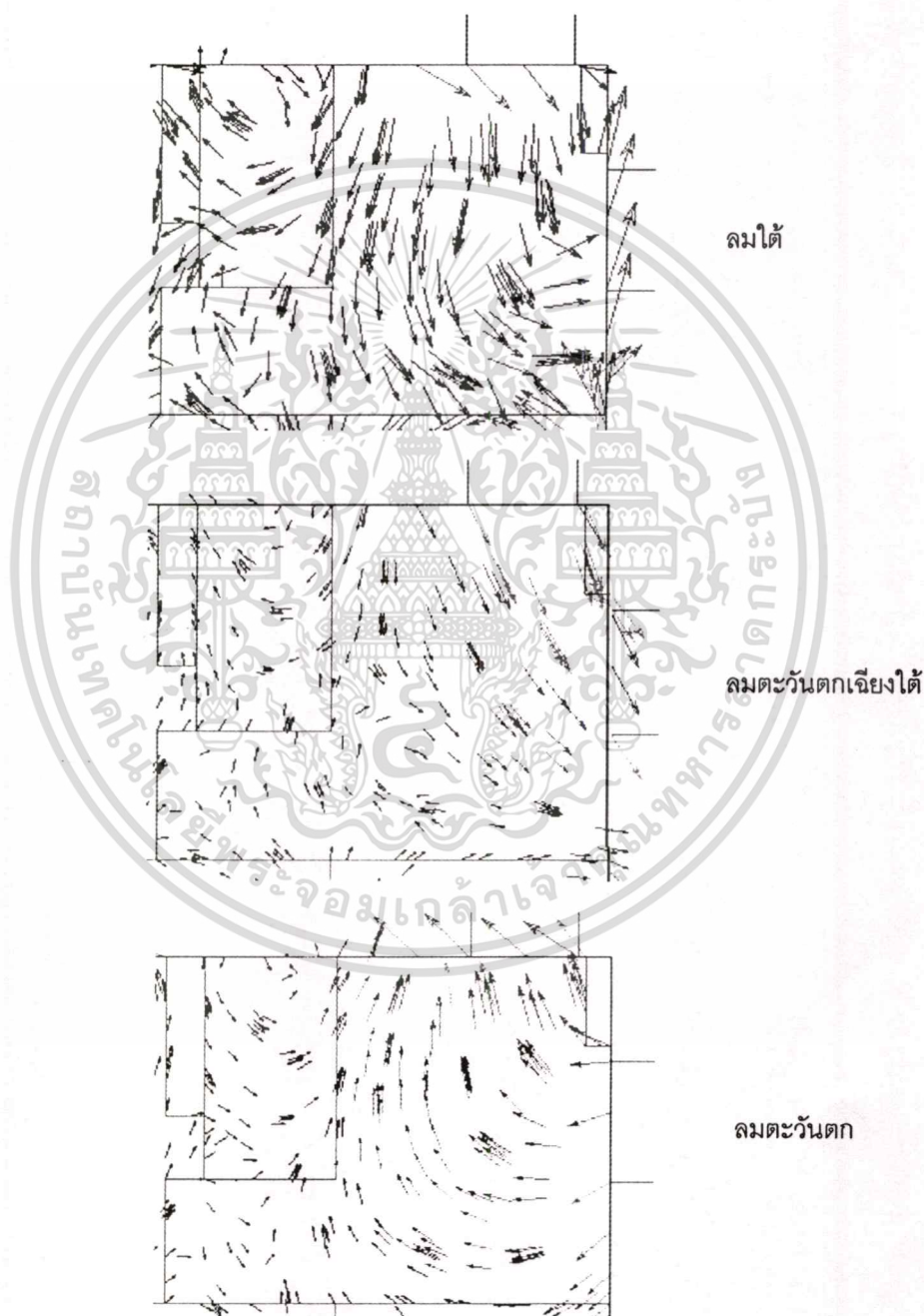
ภาพที่ 4.49 ผังอาคารของ Unit D หลังมีการออกแบบช่องเปิด



ภาพที่ 4.50 ผังอาคารของ Unit D หลังมีการออกแบบช่องเปิด และครีบาาคาร  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ห้องนอน 1 ใน Unit D (ดูภาพที่ 4.48 – 4.50 ประกอบ)

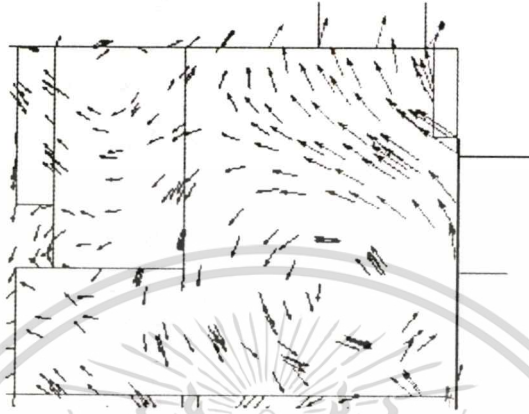
- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลบนผนังทั้ง 2 ด้าน
- ลักษณะการเปิด เมื่อลมมาจากทางทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ช่องเปิดทางด้านหลังจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านข้างจะเป็นส่วนระบายลมออก แต่เมื่อลมมาจากทางทิศตะวันตกช่องเปิดทางด้านข้างจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านหลังจะกลับกลายเป็นส่วนระบายลมออก ผลที่ได้จากการออกแบบช่องเปิดใหม่ ทำให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตัว (ตารางที่ 4.7)



ภาพที่ 4.51 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 1 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตก  
เฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

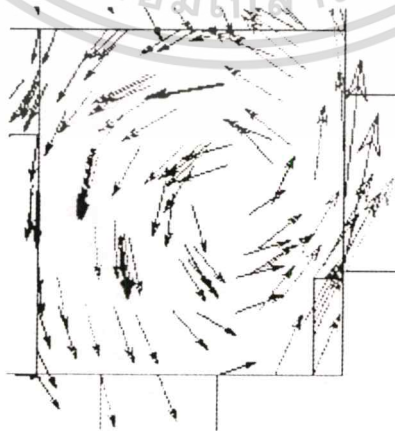
- **ลักษณะของคียบอาคาร (Wingwall)** เลือกใส่คียบอาคารเพียงด้านข้างด้านเดียว เนื่องจากคียบอาคารทางช่องเปิดด้านหลังไม่มีผลกับความเร็วลมภายใน ส่วนคียบอาคารทางด้านข้างนั้น มีเพียงบริเวณช่องเปิดบานริม เนื่องจากหากลมภายนอกมาทางทิศใต้คียบอาคารอาจจะบังและเปลี่ยนทิศทางลมที่จะเข้าสู่ช่องเปิดบานริมได้



ภาพที่ 4.52 แสดงการใช้คียบอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของ ห้องนอน 1 (ลมภายนอกมาจากทิศใต้)

2) ห้องนอน 2 ใน Unit D (ดูภาพที่ 4.48- 4.50 ประกอบ)

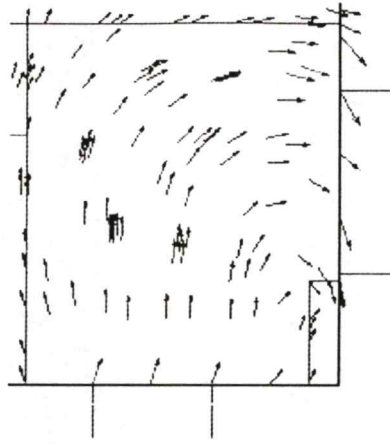
- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลบนผนังทั้ง 2 ด้าน
- **ลักษณะการเปิด** เมื่อลมมาจากทางทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ช่องเปิดทางด้านหน้าจะเป็นส่วนรับลม และช่องเปิดส่วนด้านข้างจะเป็นส่วนระบายลมออก แต่เมื่อลมมาจากทางทิศตะวันตกช่องเปิดด้านหน้าจะกลายเป็นช่องระบายลมออก และช่องเปิดด้านข้างจะรับลมเข้าสู่ตัวอาคารผลที่ได้จากการออกแบบช่องเปิดใหม่ ทำให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตัว (ตารางที่ 4.7)



ลมใต้

ภาพที่ 4.53 แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 2 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



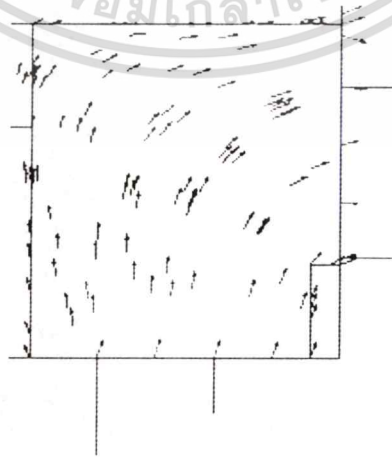
ลมตะวันตกเฉียงใต้



ลมตะวันตก

ภาพที่ 4.53(ต่อ) แสดงทิศทางการไหลของลมภายในห้องนอน 2 เมื่อลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ตามลำดับ

- ลักษณะของครีบาอาคาร (Wingwall) เลือกใส่ครีบาอาคารเพียงด้านหน้าด้านเดียว เนื่องจากครีบาอาคารทางช่องเปิดด้านข้างไม่มีผลกับความเร็วลมภายใน ส่วนครีบาอาคารทางด้านหน้านั้น มีเพียงบริเวณช่องเปิดบานใน ซึ่งใกล้เคียงกระเบื้องห้องครัว



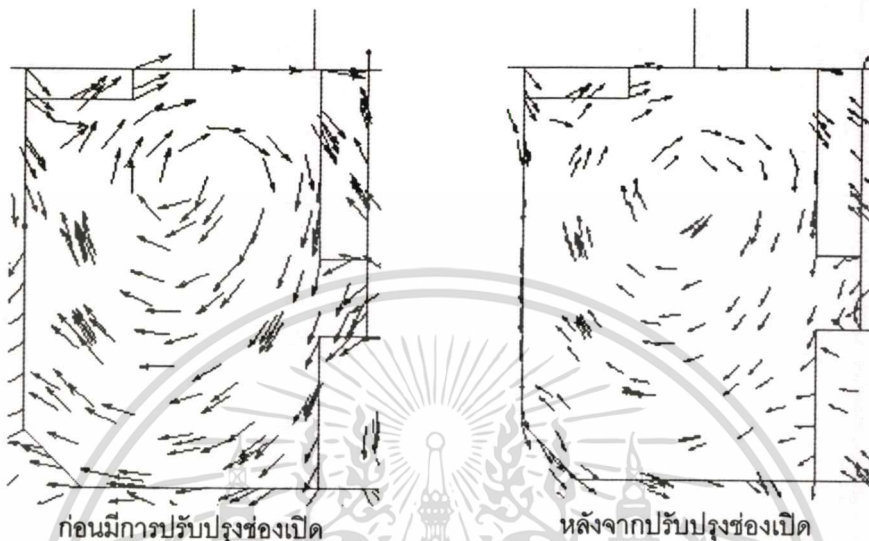
ภาพที่ 4.54 แสดงการใช้ครีบาอาคารกับห้องนอน 2 (ลมภายนอกมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้) ซึ่งไม่ค่อย

มีผลกับทิศทางการไหลของลมภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) ห้องนอน 3 ใน Unit D (ดูภาพที่ 4.48 – 4.50 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด อยู่ในตำแหน่งเดิม และไม่สามารถเปิดช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้
- ลักษณะการเปิด เปิดให้เหมือนการใช้ครีบาอาคาร นั่นคือ การเปิดให้บานหน้าต่างไว้ระหว่างกัน จะทำให้ช่องหนึ่งเป็นส่วนรับลม และอีกช่องเป็นส่วนระบายลม (ตารางที่ 4.7)

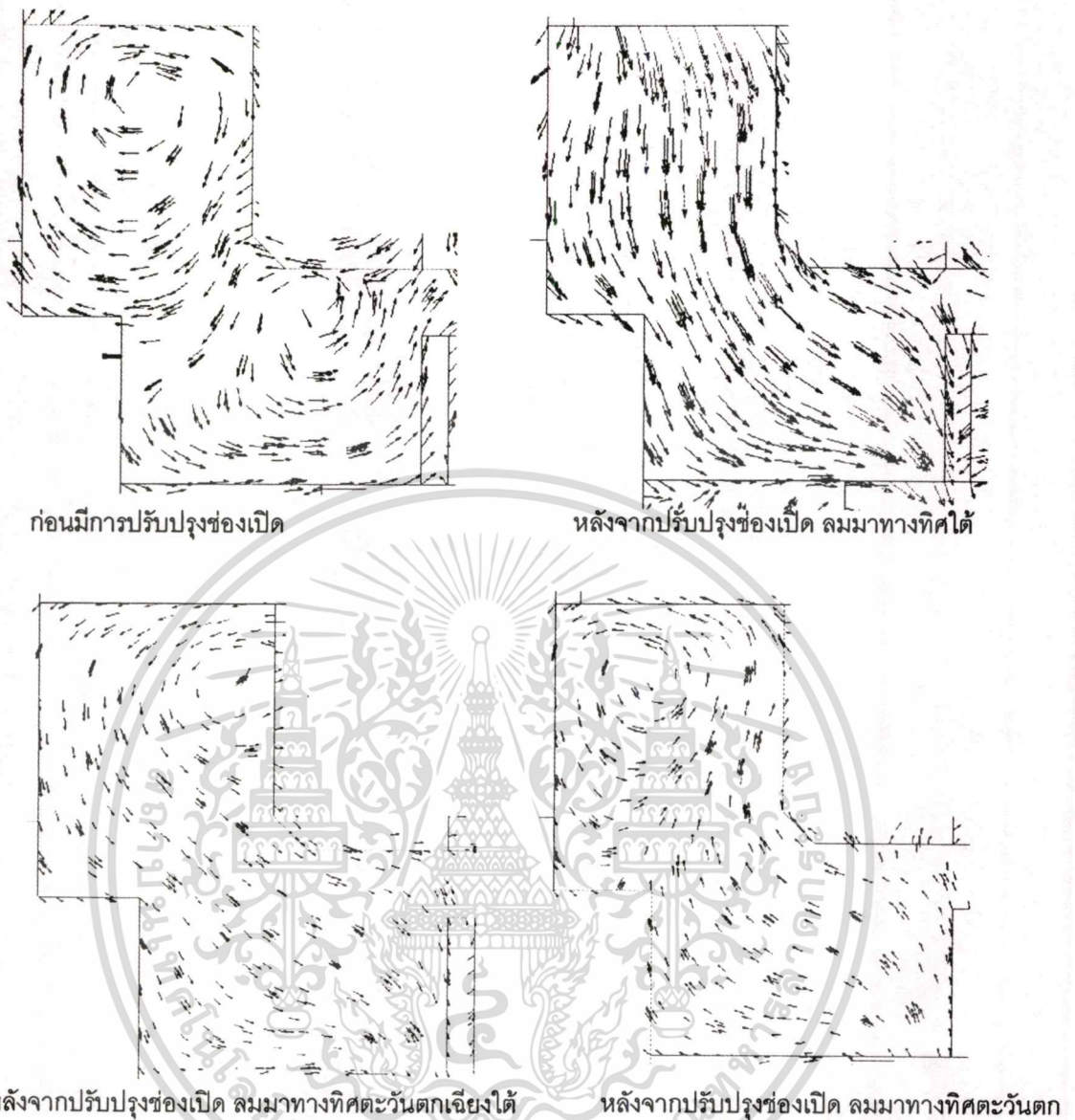


ภาพที่ 4.55 การหมุนเวียนของอากาศภายในยังคงเดิม

- ลักษณะของครีบาอาคาร (Wingwall) ใส่ครีบาอาคารอยู่ในตำแหน่งเดียวกับบานเปิด เพื่อช่วยดักลมให้เข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น (ตารางที่ 4.7)

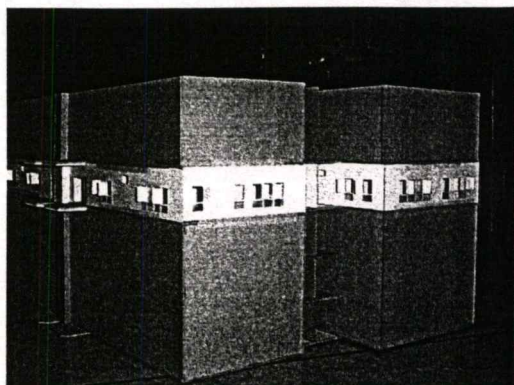
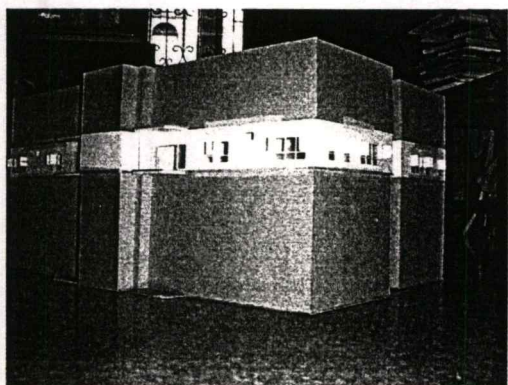
### 4) ห้องนั่งเล่น และส่วนทานอาหาร ใน Unit D (ดูภาพที่ 4.48 – 4.50 ประกอบ)

- ตำแหน่งช่องเปิด จากเดิมด้านข้างของประตูทางออกสู่ระเบียงเป็นกระจกติดตาย เปลี่ยนมาเป็นบานเกล็ดปรับได้ความสูงเท่ากับประตู เพื่อเพิ่มปริมาณลมเข้าสู่ตัวอาคาร และเพิ่มบานเกล็ดขนาด 1.00 x 2.00 เมตร บริเวณส่วนทานอาหาร กับระเบียงห้องครัว เพื่อช่วยให้ลมมีทางเข้า-ออก
- ลักษณะการเปิด เป็นบานเกล็ดปรับมุมได้
- ลักษณะของครีบาอาคาร (Wingwall) ใส่ครีบาอาคารระหว่างเกล็ดระบายอากาศ กับประตูออกสู่ระเบียง ทั้งสองข้าง เพื่อช่วยให้อากาศสามารถไหลเวียนได้อย่างสะดวกขึ้น สำหรับครีบาอาคารในส่วนนี้ไม่สามารถที่จะยื่นยาวมากกว่า 1 เมตรได้เนื่องจากว่า ระเบียงกว้างเพียง 1.60 เมตร เท่านั้น หากยื่นยาวกว่า 1 เมตร พื้นที่ใช้สอยของระเบียงจะเสียไป



ภาพที่ 4.56 การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องนั่งเล่น และห้องทานอาหาร ภายหลังจากปรับเปลี่ยนช่องเปิด จะเห็นว่าอากาศจะหมุนเวียนได้ดีขึ้น และความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ)

หลังจากออกแบบรูปแบบต่างๆของช่องเปิด และครีบาาคาร ได้นำหุ่นจำลองเข้าทดสอบวัดความเร็วลมภายใน เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสม (ภาพที่ 4.57 – 4.58) และได้ค่าความเร็วลมดังในตารางที่ 4.7 โดยตำแหน่งที่ทำกรวัดสามารถดูได้จากภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.57 หุ่นจำลองที่มีการออกแบบช่องเปิด (Opening)



ภาพที่ 4.58 การทดสอบใส่ค้ำอาคาร (Wingwall) ในลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อน-หลังการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคารที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วมภายนอก)

ความเร็วลมภายในเทียบกับความเร็วลมภายนอก (%)												
ตำแหน่ง	ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ cribอาคาร					
	South wind	South-west wind	West wind	South wind	South-west wind	West wind	1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.
							South wind		South-west wind		West wind	
Bed Room												
1	7.14	14.29	17.86	21.43	21.43	17.86	35.71	35.71	32.14	48.21	26.79	33.93
2	7.14	35.71	14.29	17.86	25.00	26.79	25.00	28.57	32.14	32.14	25.00	33.93
3	14.29	3.57	7.14	32.14	25.00	17.86	71.43	82.14	35.71	42.86	28.57	32.14
4	7.14	14.29	16.07	39.29	39.29	23.21	50.00	46.43	50.00	60.71	32.14	42.86
5	10.71	7.14	14.29	25.00	42.86	25.00	35.71	39.29	46.43	46.43	28.57	32.14
6	14.29	3.57	8.93	35.71	25.00	17.86	42.86	46.43	35.71	39.29	21.43	28.57
W.C.												
7	1.79	3.57	7.14	1.79	3.57	7.14	1.79	1.79	3.57	3.57	7.14	7.14
8	1.79	0.00	7.14	1.79	0.00	7.14	1.79	1.79	0.00	0.00	7.14	7.14
Bed Room												
9	10.71	17.86	10.71	17.86	21.43	23.21	28.57	46.43	21.43	25.00	25.00	25.00
10	17.86	7.14	5.36	7.14	16.07	14.29	14.29	25.00	23.21	30.36	25.00	35.71
11	1.79	3.57	3.57	7.14	21.43	21.43	17.86	30.36	35.71	46.43	21.43	25.00
12	5.36	7.14	1.79	7.14	14.29	10.71	10.71	23.21	17.86	28.57	21.43	32.14
Living Room & Dining Room												
13	14.29	32.14	28.57	14.29	21.43	14.29	28.57	N/A	25.00	N/A	14.29	N/A
14	32.14	14.29	10.71	28.57	21.43	12.50	32.14	N/A	35.71	N/A	25.00	N/A
15	14.29	17.86	23.21	17.86	21.43	14.29	25.00	N/A	14.29	N/A	14.29	N/A
16	17.86	14.29	14.29	25.00	21.43	14.29	25.00	N/A	28.57	N/A	21.43	N/A
17	1.79	1.79	3.57	3.57	8.93	3.57	3.57	N/A	5.36	N/A	3.57	N/A
18	3.57	1.79	7.14	3.57	10.71	3.57	3.57	N/A	8.93	N/A	3.57	N/A
19	7.14	3.57	10.71	5.36	5.36	1.79	5.36	N/A	10.71	N/A	3.57	N/A
20	7.14	7.14	10.71	10.71	12.50	7.14	8.93	N/A	21.43	N/A	7.14	N/A
21	7.14	8.93	10.71	14.29	32.14	19.64	21.43	N/A	17.86	N/A	19.64	N/A
22	14.29	10.71	10.71	21.43	19.64	7.14	17.86	N/A	21.43	N/A	14.29	N/A
23	3.57	3.57	1.79	7.14	14.29	1.79	7.14	N/A	10.71	N/A	1.79	N/A
24	7.14	14.29	7.14	10.71	7.14	1.79	10.71	N/A	14.29	N/A	3.57	N/A
25	7.14	14.29	12.50	10.71	23.21	7.14	17.86	N/A	14.29	N/A	7.14	N/A
Bed Room												
26	5.36	12.50	7.14	17.86	14.29	8.93	19.64	32.14	17.86	23.21	10.71	19.64
27	5.36	1.79	5.36	7.14	7.14	1.79	8.93	23.21	10.71	17.86	12.50	17.86
28	12.50	3.57	10.71	17.86	10.71	10.71	17.86	30.36	21.43	28.57	17.86	21.43
29	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	8.93	21.43	12.50	19.64	12.50	19.64
W.C.												
30	1.79	1.79	0.00	1.79	1.79	0.00	1.79	1.79	1.79	1.79	0.00	0.00
31	5.36	3.57	0.00	5.36	3.57	0.00	5.36	5.36	3.57	3.57	0.00	0.00

ตารางที่ 4.7(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อน-หลังการออกแบบช่องเปิด และครีบาอาคาร  
ที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วลมภายนอก)

ความเร็วลมภายในเทียบกับความเร็วลมภายนอก (%)												
ตำแหน่ง	ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ ครีบาอาคาร			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ ครีบาอาคาร					
							1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.
	South wind	South-west wind	West wind	South wind	South-west wind	West wind	South wind		South-west wind		West wind	
Kitchen												
32	3.57	7.14	7.14	3.57	7.14	7.14	3.57	3.57	7.14	7.14	7.14	7.14
33	7.14	10.71	7.14	7.14	10.71	7.14	7.14	7.14	10.71	10.71	7.14	7.14
Living Room & Dining Room												
34	7.14	21.43	17.86	14.29	39.29	28.57	32.14	N/A	21.43	N/A	28.57	N/A
35	28.57	14.29	8.93	35.71	14.29	17.86	35.71	N/A	39.29	N/A	32.14	N/A
36	14.29	7.14	7.14	17.86	28.57	16.07	25.00	N/A	21.43	N/A	25.00	N/A
37	14.29	14.29	14.29	32.14	17.86	19.64	32.14	N/A	32.14	N/A	21.43	N/A
38	10.71	5.36	7.14	14.29	25.00	17.86	14.29	N/A	10.71	N/A	17.86	N/A
39	14.29	7.14	10.71	28.57	25.00	10.71	28.57	N/A	25.00	N/A	17.86	N/A
40	7.14	7.14	10.71	10.71	17.86	14.29	12.50	N/A	14.29	N/A	14.29	N/A
41	10.71	5.36	5.36	10.71	21.43	10.71	10.71	N/A	7.14	N/A	14.29	N/A
42	5.36	0.00	7.14	17.86	10.71	10.71	21.43	N/A	7.14	N/A	14.29	N/A
43	1.79	0.00	0.00	14.29	1.79	5.36	14.29	N/A	5.36	N/A	7.14	N/A
44	10.71	1.79	3.57	17.86	12.50	7.14	21.43	N/A	14.29	N/A	10.71	N/A
45	10.71	3.57	3.57	21.43	14.29	7.14	25.00	N/A	14.29	N/A	10.71	N/A
46	8.93	3.57	1.79	7.14	14.29	1.79	7.14	N/A	12.50	N/A	7.14	N/A
Bed Room												
47	1.79	14.29	16.07	7.14	8.93	8.93	10.71	10.71	14.29	17.86	16.07	17.86
48	21.43	7.14	5.36	14.29	14.29	14.29	17.86	23.21	28.57	35.71	25.00	28.57
49	0.00	7.14	8.93	7.14	7.14	7.14	14.29	17.86	16.07	21.43	14.29	14.29
50	1.79	3.57	0.00	14.29	7.14	7.14	17.86	21.43	14.29	21.43	16.07	17.86
W.C.												
51	3.57	0.00	1.79	3.57	0.00	1.79	3.57	3.57	0.00	0.00	1.79	1.79
52	5.36	1.79	1.79	5.36	1.79	1.79	5.36	5.36	1.79	1.79	1.79	1.79
Bed Room												
53	21.43	14.29	17.86	17.86	17.86	25.00	28.57	28.57	14.29	17.86	28.57	25.00
54	17.86	10.71	7.14	21.43	14.29	28.57	21.43	21.43	17.86	10.71	28.57	32.14
55	17.86	5.36	7.14	21.43	14.29	42.86	25.00	25.00	17.86	17.86	42.86	35.71
56	17.86	10.71	14.29	16.07	17.86	28.57	25.00	32.14	17.86	17.86	35.71	28.57
57	10.71	7.14	7.14	42.86	16.07	21.43	46.43	46.43	17.86	21.43	25.00	35.71
58	5.36	3.57	3.57	21.43	17.86	17.86	28.57	28.57	28.57	28.57	21.43	17.86
Bed Room												
59	1.79	3.57	7.14	5.36	3.57	25.00	8.93	10.71	10.71	17.86	21.43	17.86
60	3.57	7.14	10.71	7.14	10.71	32.14	14.29	12.50	14.29	21.43	39.29	35.71
61	8.93	10.71	17.86	17.86	5.36	17.86	21.43	21.43	10.71	17.86	14.29	14.29
62	10.71	14.29	25.00	10.71	10.71	17.86	10.71	14.29	14.29	17.86	17.86	14.29

ตารางที่ 4.7(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อน-หลังการออกแบบช่องเปิด และครีบบาคาร  
 ที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วมภายนอก)

ความเร็วลมภายในเทียบกับความเร็วลมภายนอก (%)												
ตำแหน่ง	ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ ครีบบาคาร			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และ ครีบบาคาร					
							1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.
	South wind	South-west wind	West wind	South wind	South-west wind	West wind	South wind		South-west wind		West wind	
W.C.												
63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kitchen												
65	1.79	1.79	0.00	1.79	1.79	0.00	1.79	1.79	1.79	1.79	0.00	0.00
66	7.14	7.14	5.36	7.14	7.14	5.36	7.14	7.14	7.14	7.14	5.36	5.36
Kitchen												
67	5.36	3.57	7.14	5.36	3.57	7.14	5.36	5.36	3.57	3.57	7.14	7.14
68	1.79	5.36	14.29	1.79	5.36	14.29	1.79	1.79	5.36	5.36	14.29	14.29
Kitchen												
69	10.71	0.00	1.79	10.71	0.00	1.79	10.71	10.71	0.00	0.00	1.79	1.79
70	7.14	0.00	0.00	7.14	0.00	0.00	7.14	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Bed Room												
71	10.71	3.57	3.57	17.86	7.14	5.36	28.57	N/A	10.71	N/A	10.71	N/A
72	8.93	0.00	1.79	25.00	7.14	7.14	35.71	N/A	7.14	N/A	7.14	N/A
73	21.43	0.00	5.36	14.29	5.36	7.14	17.86	N/A	7.14	N/A	7.14	N/A
74	10.71	0.00	1.79	21.43	7.14	7.14	28.57	N/A	7.14	N/A	7.14	N/A
W.C.												
75	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57	3.57
76	1.79	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.79	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Bed Room												
77	1.79	0.00	1.79	14.29	8.93	10.71	23.21	23.21	8.93	8.93	10.71	10.71
78	1.79	0.00	1.79	10.71	5.36	7.14	14.29	16.07	5.36	5.36	7.14	7.14
79	1.79	0.00	0.00	3.57	3.57	5.36	5.36	5.36	3.57	3.57	5.36	5.36
80	3.57	3.57	3.57	25.00	10.71	10.71	35.71	42.86	10.71	10.71	10.71	12.50
81	3.57	0.00	3.57	14.29	7.14	10.71	17.86	23.21	7.14	7.14	10.71	12.50
82	3.57	5.36	7.14	21.43	12.50	16.07	25.00	23.21	12.50	12.50	16.07	16.07
83	3.57	3.57	5.36	14.29	7.14	10.71	14.29	14.29	7.14	7.14	10.71	10.71
W.C.												
84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Living Room & Dining Room												
86	5.36	0.00	0.00	39.29	8.93	17.86	32.14	N/A	8.93	N/A	14.29	N/A
87	7.14	0.00	1.79	14.29	7.14	7.14	14.29	N/A	5.36	N/A	3.57	N/A
88	7.14	0.00	1.79	14.29	5.36	7.14	10.71	N/A	1.79	N/A	3.57	N/A
89	3.57	0.00	0.00	14.29	0.00	5.36	10.71	N/A	0.00	N/A	1.79	N/A
90	3.57	0.00	1.79	32.14	5.36	21.43	21.43	N/A	5.36	N/A	14.29	N/A
91	17.86	3.57	1.79	14.29	7.14	10.71	10.71	N/A	7.14	N/A	5.36	N/A
92	7.14	3.57	1.79	14.29	12.50	10.71	8.93	N/A	10.71	N/A	5.36	N/A
93	23.21	5.36	5.36	21.43	7.14	14.29	17.86	N/A	5.36	N/A	7.14	N/A
94	8.93	1.79	3.57	14.29	10.71	10.71	12.50	N/A	5.36	N/A	5.36	N/A
95	23.21	5.36	8.93	10.71	7.14	14.29	8.93	N/A	7.14	N/A	7.14	N/A
96	7.14	1.79	1.79	14.29	7.14	14.29	12.50	N/A	7.14	N/A	7.14	N/A
97	21.43	8.93	10.71	7.14	12.50	17.86	5.36	N/A	10.71	N/A	5.36	N/A
98	5.36	5.36	5.36	14.29	14.29	14.29	10.71	N/A	14.29	N/A	7.14	N/A

ตารางที่ 4.7(ต่อ) ค่าความเร็วลมภายในอาคารตัวอย่างก่อน-หลังการออกแบบช่องเปิด และครีบบาคาร  
 ที่ทำการวัดจากหุ่นจำลอง (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วมภายนอก)

ความเร็วลมภายในเทียบกับความเร็วลมภายนอก (%)												
ตำแหน่ง	ก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และ ครีบบาคาร			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด			หลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบาคาร					
							1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.	1.00ม.	2.00ม.
	South wind	South-west wind	West wind	South wind	South-west wind	West wind	South wind		South-west wind		West wind	
Bed Room												
99	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	0.00	1.79	1.79	1.79
100	0.00	0.00	1.79	3.57	0.00	1.79	3.57	1.79	0.00	1.79	1.79	1.79
101	1.79	1.79	3.57	1.79	3.57	3.57	1.79	1.79	3.57	1.79	3.57	3.57
102	1.79	3.57	5.36	5.36	1.79	5.36	5.36	3.57	1.79	5.36	3.57	3.57
103	3.57	1.79	7.14	7.14	5.36	7.14	7.14	5.36	5.36	12.50	8.93	7.14
104	3.57	7.14	1.79	3.57	7.14	7.14	3.57	3.57	3.57	3.57	5.36	3.57
Living Room & Dining Room												
105	1.79	5.36	8.93	10.71	10.71	17.86	7.14	N/A	10.71	N/A	10.71	N/A
106	7.14	3.57	12.50	16.07	16.07	25.00	10.71	N/A	8.93	N/A	10.71	N/A
107	1.79	5.36	10.71	19.64	82.14	107.14	14.29	N/A	39.29	N/A	67.86	N/A
108	5.36	10.71	10.71	14.29	21.43	28.57	8.93	N/A	10.71	N/A	14.29	N/A
109	7.14	8.93	8.93	14.29	14.29	17.86	10.71	N/A	12.50	N/A	10.71	N/A
110	1.79	3.57	14.29	5.36	53.57	57.14	3.57	N/A	35.71	N/A	42.86	N/A
111	0.00	1.79	3.57	0.00	21.43	21.43	0.00	N/A	17.86	N/A	17.86	N/A
112	0.00	1.79	7.14	12.50	14.29	14.29	8.93	N/A	7.14	N/A	10.71	N/A
113	3.57	7.14	7.14	10.71	21.43	28.57	10.71	N/A	17.86	N/A	25.00	N/A
114	1.79	1.79	5.36	12.50	14.29	14.29	8.93	N/A	7.14	N/A	10.71	N/A
115	3.57	7.14	5.36	8.93	25.00	28.57	7.14	N/A	23.21	N/A	28.57	N/A
116	5.36	0.36	44.64	12.50	17.86	14.29	7.14	N/A	10.71	N/A	10.71	N/A
117	10.71	17.86	16.07	16.07	23.21	25.00	10.71	N/A	23.21	N/A	25.00	N/A
Bed Room												
118	1.79	0.00	0.00	3.57	0.00	1.79	3.57	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00
119	0.00	0.00	0.00	3.57	0.00	1.79	8.93	10.71	0.00	0.00	1.79	0.00
120	3.57	0.00	0.00	5.36	1.79	5.36	5.36	3.57	0.00	1.79	1.79	1.79
121	1.79	0.00	0.00	5.36	1.79	5.36	5.36	5.36	0.00	1.79	1.79	1.79
122	3.57	0.00	0.00	1.79	0.00	5.36	1.79	3.57	0.00	1.79	3.57	5.36
123	3.57	1.79	0.00	7.14	3.57	5.36	7.14	8.93	5.36	3.57	5.36	5.36
Bed Room												
124	1.79	0.00	0.00	3.57	8.93	7.14	3.57	3.57	16.07	16.07	12.50	14.29
125	5.36	0.00	0.00	5.36	21.43	14.29	7.14	7.14	26.79	26.79	17.86	25.00
126	1.79	0.00	0.00	7.14	14.29	7.14	8.93	7.14	10.71	14.29	12.50	14.29
127	3.57	0.00	0.00	5.36	19.64	42.86	14.29	14.29	17.86	23.21	42.86	42.86
128	1.79	0.00	0.00	7.14	35.71	35.71	8.93	10.71	42.86	30.36	21.43	35.71
129	3.57	1.79	0.00	7.14	17.86	32.14	8.93	8.93	17.86	17.86	42.86	35.71
130	3.57	1.79	0.00	10.71	21.43	25.00	10.71	10.71	21.43	17.86	25.00	25.00
Bed Room												
131	1.79	1.79	5.36	7.14	28.57	8.93	7.14	N/A	35.71	N/A	14.29	N/A
132	3.57	3.57	7.14	8.93	16.07	14.29	14.29	N/A	21.43	N/A	25.00	N/A
133	1.79	3.57	10.71	10.71	21.43	8.93	10.71	N/A	25.00	N/A	10.71	N/A
134	3.57	8.93	21.43	7.14	17.86	10.71	10.71	N/A	21.43	N/A	10.71	N/A
W.C.												
135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
136	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W.C.												
137	0.00	5.36	7.14	0.00	5.36	7.14	0.00	0.00	5.36	5.36	7.14	7.14
138	0.00	7.14	7.14	0.00	7.14	7.14	0.00	0.00	7.14	7.14	7.14	7.14

จากตารางที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมภายในทั้งก่อน และหลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และครีบอลังการ จากนั้นนำเอาข้อมูลดังกล่าวซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับความเร็วลมภายนอก ไปเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกในระดับความสูงต่างๆ ซึ่งได้จากการคำนวณเพื่อทราบความเร็วลมภายในของส่วนพักอาศัยชั้นต่างๆ ซึ่งจากตารางที่ 4.7 พบว่าช่องเปิด (Opening) และครีบอลังการ (Wingwall) ที่ทำการทดสอบกับอาคารตัวอย่างสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพได้มาก ในกรณีของช่องเปิดที่ได้รับการออกแบบ ช่วยให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศดีขึ้น โดยที่ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 100-300% และเมื่อใส่ครีบอลังการเพิ่มเข้าไปสามารถช่วยปรับเปลี่ยนทิศทางของกระแสลมภายในให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ และความเร็วเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 200-400% จากอาคารตัวอย่างก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบอลังการ อย่างไรก็ตามความยาวของครีบอลังการ มีผลกับความเร็วลมภายในเพียงเล็กน้อย แต่จะมีผลต่อทิศทางของกระแสลมมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของผังอาคารด้วย

สำหรับห้องที่อยู่ด้านหลังลมของอาคารนั้น เช่น ห้องนอน 3 ของ UNITC และ D ความเร็วลมจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยมาก เนื่องจากลมที่อ้อมอาคารด้านหน้า และย้อนเข้าทางด้านหลังเป็นกระแสนลมที่มีความเร็วไม่มากนัก สำหรับในส่วนของห้องครัว และห้องน้ำนั้นเป็นสถานที่ใช้งานเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นจึงไม่ได้ทำการออกแบบเพื่อให้ความเร็วลม และการไหลของอากาศดีขึ้นแต่อย่างไร









## 4.6 การหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ และสภาวะน่าสบายที่เหมาะสม สำหรับอาคารตัวอย่าง

การหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ และสภาวะน่าสบายที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถพิจารณาในการเลือกใช้รูปแบบของช่องเปิด หรือครีบบอาคาร เป็นวัตถุประสงค์หลักของการระบายอากาศ ซึ่งสภาวะน่าสบาย คือ อุณหภูมิภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัย โดยเลือกพิจารณาเฉพาะห้องนอน และส่วนนั่งเล่น-ทานอาหาร ห้องครัว และห้องน้ำเป็นห้องที่มีกิจกรรมภายในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น จึงไม่นำมาพิจารณา และพิจารณาเป็นช่วงเวลาการใช้งานในแต่ละห้อง คือ ห้องนอน จะพิจารณาในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และห้องนั่งเล่น-ทานอาหาร จะพิจารณาในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และตำแหน่งภายในห้องที่ทำการพิจารณาจะเป็นตำแหน่งที่มีการใช้งาน ในส่วนที่เป็นทางสัญจรนั้นไม่นำมาพิจารณารวม เนื่องจากต้องการให้ค่าที่ได้เป็นค่าของตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยหลักเท่านั้น การวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราการถ่ายเทอากาศ และอุณหภูมิภายใน จะพิจารณาเป็น 4 ช่วง ความสูง คือ ในส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1 ชั้นที่10 ชั้นที่20 และชั้นที่30 ซึ่งความเร็วลมภายใน และอุณหภูมิภายในระหว่างชั้น 1 และชั้นที่30 มีความแตกต่างกันไม่มาก จึงสามารถพิจารณาข้อมูลเป็นช่วงๆได้โดยไม่มีปัญหาใดๆ

### 4.6.1 การหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ

เพื่อทราบค่าความเร็วลมภายในที่เพียงพอสำหรับการระบายอากาศเสีย ฝุ่น หรือละอองต่างๆ ออกจากห้อง แล้วนำอากาศใหม่เข้าแทนที่ สำหรับสูตรการคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ นำมาจากบทที่ 3 หัวข้อ 3.6 ครีบบอาคาร กับการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศให้กับอาคาร คือ

$$V = \text{ACPH} \times \text{Room Volume} / \text{Inlet Area}$$

โดย V คือ ความเร็วลมภายในห้อง (m/s)

ACPH คือ อัตราการถ่ายเทของอากาศ (Air change/hour)

Room Volume คือ ปริมาตรของห้อง (cubic meter) : ในอาคารตัวอย่างความสูงของห้อง คือ 2.5 เมตร

Inlet area คือ พื้นที่ช่องเปิด (sq.m.)

สำหรับอัตราการถ่ายเทอากาศ(ACPH)ที่เหมาะสม ดูได้จากภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.1 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ACPH สำหรับห้องพักอาศัยทุกๆไป มีค่า 4 Air change/hour

ACPH สำหรับห้องครัว มีค่า 13 Air change/hour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นสามารถหาค่าความเร็วลมภายในที่ต้องการเพื่อการถ่ายเทอากาศในอาคารตัวอย่างก่อน มีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบบอาคารจากสูตรคำนวณดังกล่าว แล้วนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความเร็วลมภายในแต่ละชั้นของอาคารที่ได้จากการทดสอบหุ่นจำลอง(ภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.4 - ข.9) เพื่อทำการเลือกรูปแบบของช่องเปิด และครีบบอาคารที่เหมาะสมต่อไป โดยผลการคำนวณหาค่าความเร็วลมภายในที่ต้องการมีดังต่อไปนี้

#### UNIT A และ B

ห้องนอน 1 : Room Volume =  $6 \times 4.5 \times 2.5 = 67.5$  cu.m. , Inlet area = 1.6 sq.m. :  $V = 0.046$  m/s

ห้องนอน 2 : Room Volume =  $5 \times 4.5 \times 2.5 = 56.25$  cu.m. , Inlet area = 1.6 sq.m. :  $V = 0.03$  m/s

ห้องนอน 3 : Room Volume =  $5 \times 4.5 \times 2.5 = 56.25$  cu.m. , Inlet area = 1.6 sq.m. :  $V = 0.03$  m/s

ห้องครัว : Room Volume =  $2 \times 4.5 \times 2.5 = 22.5$  cu.m. , Inlet area = 0.8 sq.m. :  $V = 0.1$  m/s

ห้องนั่งเล่น : Room Volume =  $((4 \times 7) + (7 \times 4.4)) \times 2.5 = 147$  cu.m. , Inlet area = 4 sq.m.  $V = 0.04$  m/s

#### UNIT C และ D

ห้องนอน 1 : Room Volume =  $5.5 \times 4.5 \times 2.5 = 61.87$  cu.m. , Inlet area = 1.6 sq.m. :  $V = 0.04$  m/s

ห้องนอน 2 : Room Volume =  $5 \times 4.5 \times 2.5 = 56.25$  cu.m. , Inlet area = 1.6 sq.m. :  $V = 0.03$  m/s

ห้องนอน 3 : Room Volume =  $5.5 \times 4 \times 2.5 = 55$  cu.m. , Inlet area = 1.6 sq.m.  $V = 0.04$  m/s

ห้องครัว : Room Volume =  $2 \times 4.5 \times 2.5 = 22.5$  cu.m. , Inlet area = 0.8 sq.m.  $V = 0.1$  m/s

ห้องนั่งเล่น : Room Volume =  $((5 \times 7) + (6 \times 5)) \times 2.5 = 162.5$  cu.m. , Inlet area = 4 sq.m.  $V = 0.045$  m/s

นำค่าความเร็วลมภายในที่ต้องการในแต่ละห้องไปเปรียบเทียบกับความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่างๆภายในห้องในแต่ละชั้นของอาคาร เป็นรายชั่วโมง โดยพิจารณาช่วงเวลาใช้งาน และตำแหน่งในการใช้งานหลัก เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบช่องเปิด และหรือครีบบอาคาร เมื่อได้เปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงภายในๆแต่ละจุด ของแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีความเร็วลมต่ำกว่าที่ต้องการเพื่อถ่ายเทอากาศ (ตารางที่ 4.11) เช่น ในเวลา 1.00 น. ณ ตำแหน่งที่ 1 (ห้องนอน 1 UNIT B) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงกันยายน มีความเร็วลมต่ำกว่า 0.046 เมตร/วินาที อยู่ 11.9% นั่นคือ 29 ชั่วโมงจาก 243 ชั่วโมง

จากนั้นนำผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจากมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีความเร็วลมต่ำกว่าที่ต้องการเพื่อถ่ายเทอากาศ มาทำเป็นเปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12) จะเห็นว่าในการออกแบบช่องเปิด และหรือครีบบอาคาร เพื่อให้ความเร็วลมภายในสูงเพียงพอกับการถ่ายเทอากาศในทุกๆชั่วโมง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงกันยายน ไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามในการออกแบบเพิ่มเติมดังกล่าว สามารถทำให้จำนวนชั่วโมงที่มีความเร็ว

ลมต่ำกว่ามาตรฐานที่คำนวณไว้ข้างต้น ลดลงได้กว่า 500% ในห้องนอน 3 UNIT A และ 100% ขึ้นไปเป็นส่วนใหญ่

แต่ในทางสถิติ ค่าต่างๆสามารถคลาดเคลื่อนได้โดยประมาณ 5% โดยที่ถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ 100% โดยนำมาพิจารณากับจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมภายในต่ำกว่ามาตรฐานของแต่ละห้องที่ได้จากการคำนวณ หากออกแบบช่องเปิด และครีบอกอาคารเพื่อให้จำนวนชั่วโมงในแต่ละจุดมีความเร็วลมมากกว่ามาตรฐานดังกล่าว 95% ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด อีกนัยหนึ่งคือ ลดจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมต่ำกว่ามาตรฐาน ให้เหลือเพียง 5% ก็ถือได้ว่าห้องดังกล่าวมีความเร็วลมที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทอากาศที่ดี ซึ่งในการออกแบบช่องเปิด และหรือครีบอกอาคารเพื่อลดชั่วโมงดังกล่าวให้เหลือเพียง 5% มีดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 4.13)

จากตารางจะเห็นว่าเกือบทุกห้องจะไม่สามารถทำให้จำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมเพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ มากกว่า 95% ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด เนื่องจากมีหลายๆช่วงเวลาที่มีความเร็วลมภายนอกเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นธรรมชาติของลม ไม่สามารถจะทำให้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีลมได้ ทำให้รูปแบบช่องเปิด และหรือครีบอกอาคารไม่มีผลกับช่วงเวลาที่มีความเร็วลมภายนอกเป็นศูนย์ และมีผลไม่มากสำหรับช่วงเวลาที่มีความเร็วลมภายนอกต่ำมาก ถึงแม้ว่ารูปแบบดังกล่าวจะช่วยให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น 100-300% ก็ตาม ส่วนในห้องครั้นนั้น ไม่สามารถมีการเพิ่มเติมรูปแบบใดๆเข้าไปได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่เพียงพอที่จะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงช่องเปิด หรือครีบอกอาคาร



ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบต้นทุนของจำนวนชิ้นภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจากมีการออกแบบของเปิด และศรีบอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มี  
 ความเร็วลมต่ำกว่าที่ต้องการเพื่อถ่ายเทอากาศ

1st floor													
		Unit B				Unit C				Unit D			
		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin
Existing	37.6%	28.7%	53.7%	10.3%	22.6%	31.3%	26.9%	4.2%	81.1%	34.2%	84.0%	25.6%	81.1%
Opening	12.2%	20.3%	21.3%	3.3%	8.3%	18.8%	12.4%	5.5%	18.3%	11.4%	59.3%	4.1%	22.7%
Wingwall 1	10.0%	9.8%	8.8%	2.5%	7.0%	11.1%	8.2%	3.8%	13.5%	8.8%	82.2%	8.5%	21.8%
Wingwall 2	10.5%	8.3%	8.5%	2.5%	6.8%	7.0%	6.5%	3.8%	12.8%	8.8%	87.6%	6.5%	21.6%
10th floor													
		Unit B				Unit C				Unit D			
		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin
Existing	25.7%	19.0%	44.0%	6.5%	13.0%	20.9%	17.5%	2.7%	72.4%	22.5%	74.0%	16.9%	68.9%
Opening	7.1%	13.4%	13.2%	2.4%	6.8%	12.4%	8.6%	3.6%	11.7%	8.5%	48.5%	2.5%	15.1%
Wingwall 1	6.8%	7.3%	6.9%	2.0%	6.4%	7.9%	6.9%	2.7%	9.7%	7.2%	57.1%	4.0%	14.7%
Wingwall 2	7.5%	6.8%	6.8%	2.0%	6.3%	6.4%	6.2%	2.7%	8.8%	7.2%	56.6%	4.0%	14.0%
20th floor													
		Unit B				Unit C				Unit D			
		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin
Existing	21.3%	16.5%	41.3%	5.3%	11.0%	18.7%	16.9%	2.5%	67.6%	18.0%	68.7%	14.1%	61.6%
Opening	6.7%	11.6%	11.0%	2.2%	6.4%	11.9%	8.4%	3.2%	10.8%	7.8%	42.7%	2.3%	12.5%
Wingwall 1	6.4%	7.0%	6.8%	1.8%	6.3%	7.0%	6.7%	2.5%	8.3%	7.0%	55.6%	3.5%	12.0%
Wingwall 2	7.2%	6.6%	6.8%	1.8%	6.3%	6.3%	6.1%	2.5%	8.3%	7.0%	50.2%	3.5%	11.9%
30th floor													
		Unit B				Unit C				Unit D			
		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Ming&Dinin
Existing	19.0%	13.6%	38.2%	4.4%	10.3%	15.7%	13.0%	2.1%	65.3%	15.4%	66.4%	12.7%	58.2%
Opening	6.6%	10.0%	6.4%	2.0%	6.4%	9.7%	7.6%	2.8%	9.2%	7.4%	38.1%	2.1%	9.8%
Wingwall 1	6.4%	6.6%	6.6%	1.7%	6.2%	6.8%	6.4%	2.2%	7.7%	6.4%	53.7%	2.8%	9.6%
Wingwall 2	6.5%	6.4%	6.5%	1.7%	6.1%	6.3%	6.1%	2.2%	7.5%	6.4%	46.6%	2.8%	9.5%



#### 4.6.2 การหาค่าสภาวะน่าสบาย

ค่าความสบายที่นำมาพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ลักษณะของช่องเปิด หรือครีบอลังการ คือ ค่าอุณหภูมิ ECI ซึ่งเป็นมาตรฐานการวัดที่นำเอาความชื้น และความเร็วลมเข้ามาพิจารณา<sup>1</sup> ในการหาค่าอุณหภูมิ ECI สามารถใช้สูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$ECI = T_w + 0.447(T - T_w) - 0.231\sqrt{V}$$

โดยที่

$T_w$  = อุณหภูมิภาวะเปียก (°F)

$T$  = อุณหภูมิภาวะแห้ง (°F)

$V$  = ความเร็วของการเคลื่อนไหวยของอากาศ (ft/min)

ECI = อุณหภูมิในเขตเมืองร้อนชื้น (°F)

เนื่องจากค่าของอุณหภูมิภาวะแห้ง และอุณหภูมิภาวะเปียก ภายในอาคาร ไม่สามารถทำการวัดได้ในอาคารตัวอย่างจริง จึงต้องพิจารณาจากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา รอบ 10 ปี ซึ่งเป็นค่าอากาศภายนอกตัวอาคาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2543 แล้วนำมาเฉลี่ยหาอุณหภูมิภาวะแห้ง และอุณหภูมิภาวะเปียกเป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ – กันยายน จากนั้นทำการหาค่าอุณหภูมิภาวะแห้ง-เปียกภายในอาคาร แต่เนื่องจากไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลจริงเป็นรายชั่วโมงในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึงกันยายนได้ จึงมีการประมาณการความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอก และภายใน โดยทำการวัดจริงตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน ที่บ้านของผู้วิจัย<sup>2</sup> แล้วจึงเทียบกลับไปสู่อุณหภูมิภายนอกของกรมอุตุนิยมวิทยา จึงได้อุณหภูมิภายในที่ต้องการ (ดูภาคผนวก ก. ตารางที่ ก. 1)

ค่าความเร็วลมจะใช้ค่าในแต่ละจุดของแต่ละชั้น เป็นรายชั่วโมงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงกันยายน ทั้งก่อน และหลังมีการออกแบบช่องเปิด และครีบอลังการ (ตารางที่ 4.6 และ 4.8-4.10) และมาแทนค่าเพื่อทราบค่าอุณหภูมิ ECI แล้วจึงนำไปเทียบกับช่วงอุณหภูมิสบาย โดยพิจารณาเป็นช่วงเวลาการใช้งานในแต่ละห้อง คือ ห้องนอน จะพิจารณาในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. และห้องนั่งเล่น-ทานอาหาร จะพิจารณาในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. และตำแหน่งภายในห้องที่ทำการพิจารณาจะเป็นตำแหน่งที่มีการใช้งาน ในส่วนที่เป็นทางสัญจรนั้นไม่นำมาพิจารณารวม เนื่องมาจากต้องการให้ค่าที่ได้เป็นค่าของตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยหลักเท่านั้น ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ใช้ค่าอุณหภูมิสบาย (ECI) เท่ากับ 25.5-27.7 องศาเซลเซียส<sup>3</sup> โดยในการเปรียบเทียบจะนำจำนวนชั่วโมงของแต่ละตำแหน่งภายในที่มีอุณหภูมิ ECI สูงเกิน 27.7 องศาเซลเซียส มาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.14-4.17)

<sup>1</sup> คู่มือละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานนี้ได้ ใน ภาคผนวก ก.

<sup>2</sup> วันที่ 26-27 เมษายน 2546

<sup>3</sup> ปรีชญา รังสิรักษ์, แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ตารางที่ 4.14 ตัวอย่างจำนวนชั่วโมงภายในแต่ละจุด(ทั้งหมดมี 138จุด แต่ ณ.ที่นี้แสดงเพียง 36 จุด) ของแต่ละชั้น(ส่วนที่อาศัยชั้นที่ 1)ของอาคารก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบอลาคาร์ เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส (แสดงด้วยสีส้ม)

เปิด และครีบอลาคาร์ เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส (แสดงด้วยสีส้ม)

Mon	Day	Hour	Dry Temp (Inside)	%RH (Inside)	Wet Temp
03.00	1	1	79.38	26.82	26.81
03.00	2	1	79.09	26.57	26.41
03.00	3	1	79.41	26.86	26.78
03.00	4	1	79.89	27.00	27.00
03.00	5	1	78.78	26.34	26.34
03.00	6	1	78.92	27.03	27.03
03.00	7	1	79.72	27.07	27.07

ตำแหน่งที่มีการใช้งาน เพื่อบำรุงอาคารออกนอก												
ECI (method) by Position	1	2	4	6	10	12	13	14	15	16	24	25
OK-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



ตารางที่ 4.16 ผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจากมีการออกแบบของเปิด และครึ่งชั่วโมง ที่มีคุณภาพ ECI สูง

กว่า 27.7 องศาเซลเซียส

		Overall Hours.point																											
		7,776			3,888			23,328			7,776			3,888			31,104			7,776			3,888			31,104			
		Unit B						Unit C						Unit D															
hour.point		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin
Existing	286	466	452	1568	337	387	162	1352	697	287	363	3355	706	144	356	289													
Opening	149	327	183	944	141	277	178	1174	395	167	238	1823	218	107	296	208													
Wingwall 1	127	243	121	721	106	246	120	948	297	119	274	2351	177	82	296	241													
Wingwall 2	127	221	113	721	101	138	70	948	296	119	267	2351	159	82	323	241													
		10th floor						Unit C						Unit D															
hour.point		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin												
Existing	210	373	430	1193	253	303	122	993	611	233	319	2840	616	110	316	235													
Opening	105	245	139	627	104	205	136	839	308	122	192	1368	164	80	252	158													
Wingwall 1	94	174	89	400	83	172	89	588	219	89	228	1848	131	57	252	189													
Wingwall 2	95	163	79	400	78	98	54	588	225	89	219	1848	122	57	277	189													
		20th floor						Unit C						Unit D															
hour.point		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin												
Existing	186	336	422	1042	220	262	106	849	569	197	295	2624	566	101	299	213													
Opening	90	214	118	482	91	176	116	697	266	105	168	1159	134	65	231	133													
Wingwall 1	82	148	77	314	74	150	77	476	184	77	206	1616	106	50	231	164													
Wingwall 2	82	141	74	314	74	83	42	476	193	77	189	1616	98	50	251	164													
		30th floor						Unit C						Unit D															
hour.point		Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin												
Existing	170	320	417	940	199	231	96	752	544	183	283	2448	542	96	288	195													
Opening	84	194	106	405	87	160	104	609	238	98	150	1010	128	61	217	118													
Wingwall 1	77	141	73	265	73	142	73	404	175	73	190	1458	100	46	217	149													
Wingwall 2	77	127	69	265	71	78	40	404	177	73	172	1458	91	46	237	149													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านการค้า

ตารางที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อน และหลังจาการออกแบบของเปิด และศรีอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มี  
อุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส

%	1st floor															
	Unit A			Unit B			Unit C			Unit D						
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin
Existing	3.7%	6.0%	11.6%	6.7%	4.3%	5.0%	4.2%	5.8%	9.0%	7.4%	9.3%	10.8%	9.1%	3.7%	9.2%	9.3%
Opening	1.9%	4.2%	4.7%	4.0%	1.8%	3.6%	4.6%	5.0%	5.1%	4.3%	6.1%	5.9%	2.8%	2.8%	7.6%	6.7%
Wingwall 1	1.6%	3.1%	3.1%	3.1%	1.4%	3.2%	3.1%	4.1%	3.8%	3.1%	7.0%	7.6%	2.3%	2.1%	7.6%	7.8%
Wingwall 2	1.6%	2.8%	2.9%	3.1%	1.3%	1.8%	1.8%	4.1%	3.8%	3.1%	6.9%	7.6%	2.0%	2.1%	8.3%	7.8%
%	10th floor															
	Unit A			Unit B			Unit C			Unit D						
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin
Existing	2.7%	4.8%	11.1%	5.1%	3.3%	3.9%	3.1%	4.3%	7.9%	6.0%	8.2%	9.1%	7.9%	2.8%	8.1%	7.6%
Opening	1.4%	3.2%	3.6%	2.7%	1.3%	2.6%	3.5%	3.6%	4.0%	3.1%	4.9%	4.4%	2.1%	2.1%	6.5%	5.1%
Wingwall 1	1.2%	2.2%	2.3%	1.7%	1.1%	2.2%	2.3%	2.5%	2.8%	2.3%	5.9%	5.9%	1.7%	1.5%	6.5%	6.1%
Wingwall 2	1.2%	2.1%	2.0%	1.7%	1.0%	1.3%	1.4%	2.5%	2.9%	2.3%	5.6%	5.9%	1.6%	1.5%	7.1%	6.1%
%	20th floor															
	Unit A			Unit B			Unit C			Unit D						
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin
Existing	2.4%	4.3%	10.9%	4.5%	2.8%	3.4%	2.7%	3.6%	7.3%	5.1%	7.6%	8.4%	7.3%	2.6%	7.7%	6.9%
Opening	1.2%	2.8%	3.0%	2.1%	1.2%	2.3%	3.0%	3.0%	3.4%	2.7%	4.3%	3.7%	1.7%	1.7%	5.9%	4.3%
Wingwall 1	1.1%	1.9%	2.0%	1.3%	1.0%	1.9%	2.0%	2.0%	2.4%	2.0%	5.3%	5.2%	1.4%	1.3%	5.9%	5.3%
Wingwall 2	1.1%	1.8%	1.9%	1.3%	1.0%	1.1%	1.1%	2.0%	2.5%	2.0%	4.9%	5.2%	1.3%	1.3%	6.5%	5.3%
%	30th floor															
	Unit A			Unit B			Unit C			Unit D						
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin
Existing	2.2%	4.1%	10.7%	4.0%	2.6%	3.0%	2.5%	3.2%	7.0%	4.7%	7.3%	7.9%	7.0%	2.5%	7.4%	6.3%
Opening	1.1%	2.5%	2.7%	1.7%	1.1%	2.1%	2.7%	2.6%	3.1%	2.5%	3.9%	3.2%	1.6%	1.6%	5.6%	3.8%
Wingwall 1	1.0%	1.8%	1.9%	1.1%	0.9%	1.8%	1.9%	1.7%	2.3%	1.9%	4.9%	4.7%	1.3%	1.2%	5.6%	4.8%
Wingwall 2	1.0%	1.6%	1.8%	1.1%	0.9%	1.0%	1.0%	1.7%	2.3%	1.9%	4.4%	4.7%	1.2%	1.2%	6.1%	4.8%

จากค่าเปอร์เซ็นต์ของผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องต่างๆ ในแต่ละชั้นของอาคารก่อนมีการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร เป็นรายชั่วโมง ที่มีอุณหภูมิ ECI สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.17) พบว่าในการออกแบบช่องเปิด และหรือครีบบอาคาร เพื่อให้อุณหภูมิภายในอยู่ในสภาวะน่าสบายในทุกๆ ชั่วโมงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงกันยายน ไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามในการออกแบบเพิ่มเติมดังกล่าว สามารถทำให้จำนวนชั่วโมงที่มีอุณหภูมิสูงกว่าขอบเขตความสบายลดลงได้มากที่สุดถึง 500% ในห้องนอน 3 UNIT A และ 100% เป็นส่วนใหญ่

แต่ในทางสถิติ ค่าต่างๆสามารถคลาดเคลื่อนได้โดยประมาณ 5% โดยที่ถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ 100% โดยนำมาพิจารณาเกี่ยวกับจำนวนชั่วโมงที่มีอุณหภูมิภายในห้องสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส หากออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคารเพื่อให้จำนวนชั่วโมงในแต่ละจุดอยู่ในช่วงอุณหภูมิสบาย 95% ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด อีกนัยหนึ่งคือ ลดจำนวนชั่วโมงที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส ให้เหลือเพียง 5% ก็ถือได้ว่าห้องดังกล่าวมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงสบาย ซึ่งในการออกแบบช่องเปิด และหรือครีบบอาคารเพื่อลดชั่วโมงดังกล่าวให้เหลือเพียง 5% มีดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 4.18)



ตารางที่ 4.18 ผลการเลือกใช้ลักษณะของช่องเปิด และหรือคิรขาอาคาร โดยพิจารณาจากอุณหภูมิ ECI ภายใน ณ ตำแหน่งใช้สอยหลัก ที่อยู่ต่ำกว่า 27.7 องศาเซลเซียส เกิน

95%ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด

1st floor																					
%	Unit A				Unit B				Unit C				Unit D								
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	
Existing	3.7%	6.0%	11.6%	6.7%	4.3%	5.0%	4.2%	5.8%	9.0%	7.4%	9.3%	10.8%	9.1%	3.7%	9.2%	9.3%					
Opening	1.9%	4.2%	4.7%	4.0%	1.8%	3.6%	4.6%	5.0%	5.1%	4.3%	6.1%	5.9%	2.8%	2.8%	7.6%	6.7%					
Wingwall 1	1.6%	3.1%	3.1%	3.1%	1.4%	3.2%	3.1%	4.1%	3.8%	3.1%	7.0%	7.6%	2.3%	2.1%	7.6%	7.8%					
Wingwall 2	1.6%	2.8%	2.9%	3.1%	1.3%	1.8%	1.8%	4.1%	3.8%	3.1%	6.9%	7.6%	2.0%	2.1%	8.3%	7.8%					
10th floor																					
%	Unit A				Unit B				Unit C				Unit D								
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	
Existing	2.7%	4.8%	11.1%	5.1%	3.3%	3.9%	3.1%	4.3%	7.9%	6.0%	8.2%	9.1%	7.9%	2.8%	8.1%	7.6%					
Opening	1.4%	3.2%	3.6%	2.7%	1.3%	2.6%	3.5%	3.6%	4.0%	3.1%	4.9%	4.4%	2.1%	2.1%	6.5%	5.1%					
Wingwall 1	1.2%	2.2%	2.3%	1.7%	1.1%	2.2%	2.3%	2.5%	2.8%	2.3%	5.9%	5.9%	1.7%	1.5%	6.5%	6.1%					
Wingwall 2	1.2%	2.1%	2.0%	1.7%	1.0%	1.3%	1.4%	2.5%	2.9%	2.3%	5.6%	5.9%	1.6%	1.5%	7.1%	6.1%					
20th floor																					
%	Unit A				Unit B				Unit C				Unit D								
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	
Existing	2.4%	4.3%	10.9%	4.5%	2.8%	3.4%	2.7%	3.6%	7.3%	5.1%	7.6%	8.4%	7.3%	2.6%	7.7%	6.9%					
Opening	1.2%	2.8%	3.0%	2.1%	1.2%	2.3%	3.0%	3.0%	3.4%	2.7%	4.3%	3.7%	1.7%	1.7%	5.9%	4.3%					
Wingwall 1	1.1%	1.9%	2.0%	1.3%	1.0%	1.9%	2.0%	2.0%	2.4%	2.0%	5.3%	5.2%	1.4%	1.3%	5.9%	5.3%					
Wingwall 2	1.1%	1.8%	1.9%	1.3%	1.0%	1.1%	1.1%	2.0%	2.5%	2.0%	4.9%	5.2%	1.3%	1.3%	6.5%	5.3%					
30th floor																					
%	Unit A				Unit B				Unit C				Unit D								
	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Wing&Dinin	
Existing	2.2%	4.1%	10.7%	4.0%	2.6%	3.0%	2.5%	3.2%	7.0%	4.7%	7.3%	7.9%	7.0%	2.5%	7.4%	6.3%					
Opening	1.1%	2.5%	2.7%	1.7%	1.1%	2.1%	2.7%	2.6%	3.1%	2.5%	3.9%	3.2%	1.6%	1.6%	5.6%	3.8%					
Wingwall 1	1.0%	1.8%	1.9%	1.1%	0.9%	1.8%	1.9%	1.7%	2.3%	1.9%	4.9%	4.7%	1.3%	1.2%	5.6%	4.8%					
Wingwall 2	1.0%	1.6%	1.8%	1.1%	0.9%	1.0%	1.0%	1.7%	2.3%	1.9%	4.4%	4.7%	1.2%	1.2%	6.1%	4.8%					

เป็นรูปแบบที่ดีที่สุด ถึงแม้ว่าไม่สามารถทำให้จำนวนชั่วโมงที่มีอุณหภูมิ ECI ภายใน มากกว่า 95%จากจำนวนชั่วโมงทั้งหมดก็ตาม

เป็นรูปแบบที่สามารถทำให้จำนวนชั่วโมงที่มีอุณหภูมิ ECI ภายใน มากกว่า 95%จากจำนวนชั่วโมงทั้งหมด

เอกสารนี้เป็น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

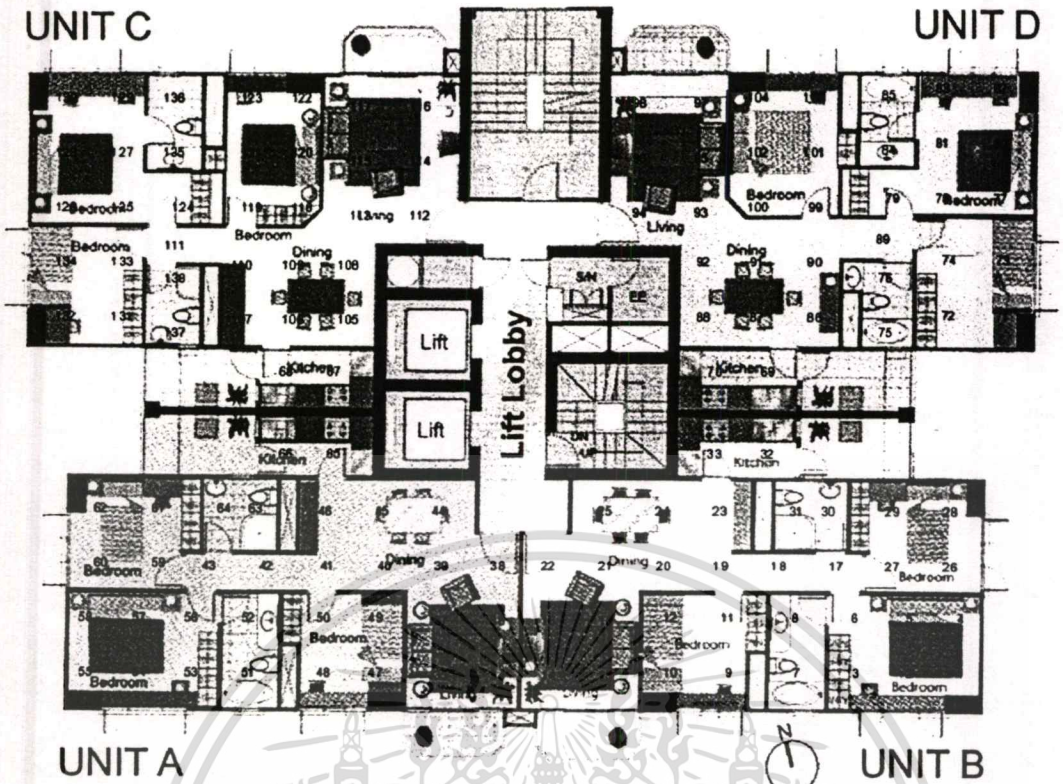
ระโยชน์ในการค้า

#### 4.7 รูปแบบของช่องเปิด (Opening) และครีบอลังคาร (Wingwall) ที่เหมาะสม

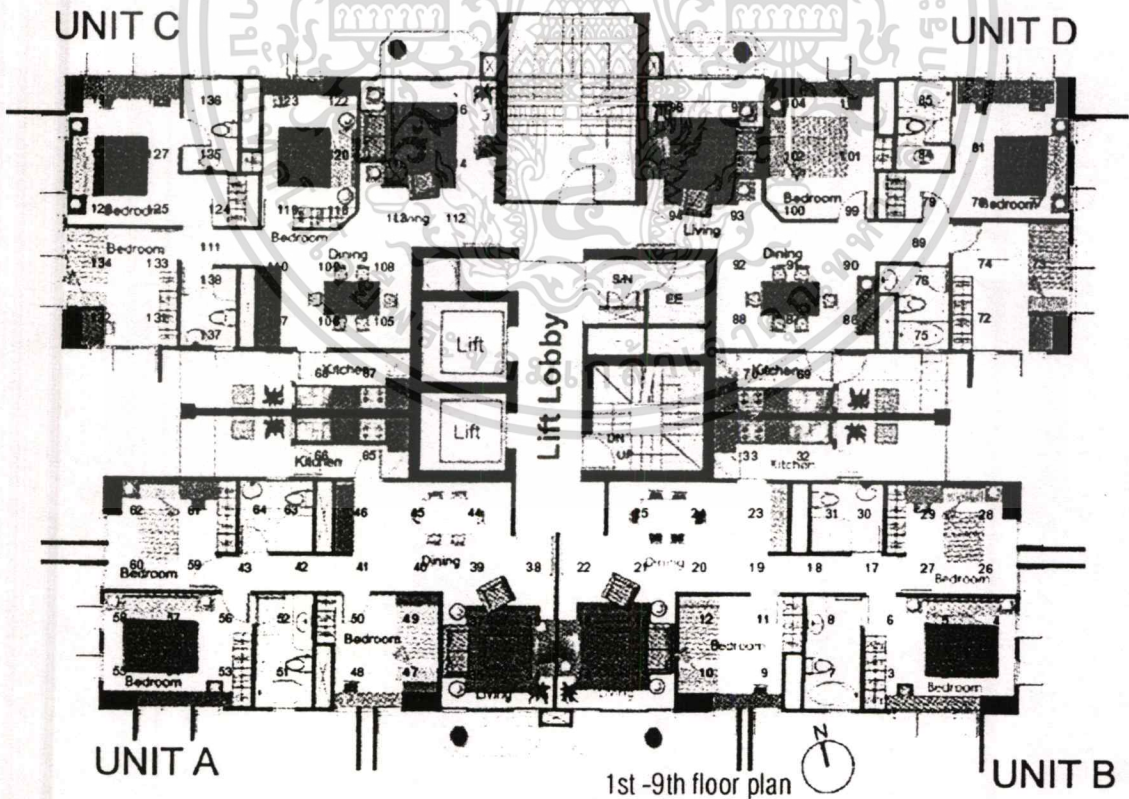
จากตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.18 เป็นรูปแบบของช่องเปิด และหรือครีบอลังคารที่ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศ และอุณหภูมิภายในอาคารอยู่ในช่วงน่าสบาย โดยสามารถนำรูปแบบที่ได้จาก 2 ตารางดังกล่าวมาพิจารณาเพื่อได้รูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้มีทั้งอัตราการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม และทำให้อุณหภูมิ ECI ภายในอาคารอยู่ในช่วงความสบาย (ตารางที่ 4.19 และภาพที่ 4.59-4.62)

ตารางที่ 4.19 ผลการเลือกใช้ลักษณะของช่องเปิด และครีบอลังคาร

UNIT A	รูปแบบเดิม	ออกแบบช่องเปิด	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 1 เมตร	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 2 เมตร
ห้องนอน 1	×	×	✓	×
ห้องนอน 2	×	×	×	✓
ห้องนอน 3	×	×	✓ ชั้น20-30	✓ ชั้น1-19
ห้องนั่งเล่นและทานอาหาร	✓ ชั้น20-30	✓ ชั้น1-19	×	×
UNIT B	รูปแบบเดิม	ออกแบบช่องเปิด	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 1 เมตร	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 2 เมตร
ห้องนอน 1	×	×	✓ ชั้น20-30	✓ ชั้น1-19
ห้องนอน 2	×	×	×	✓
ห้องนอน 3	×	×	×	✓
ห้องนั่งเล่นและทานอาหาร	✓ ชั้น10-30	✓ ชั้น1-9	×	×
UNIT C	รูปแบบเดิม	ออกแบบช่องเปิด	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 1 เมตร	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 2 เมตร
ห้องนอน 1	×	×	✓ ชั้น20-30	✓ ชั้น1-19
ห้องนอน 2	×	×	✓	×
ห้องนอน 3	×	✓	×	×
ห้องนั่งเล่นและทานอาหาร	×	✓	×	×
UNIT D	รูปแบบเดิม	ออกแบบช่องเปิด	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 1 เมตร	ช่องเปิด และครีบอลังคาร 2 เมตร
ห้องนอน 1	×	×	×	✓
ห้องนอน 2	×	×	✓	×
ห้องนอน 3	×	✓	×	×
ห้องนั่งเล่นและทานอาหาร	×	✓	×	×



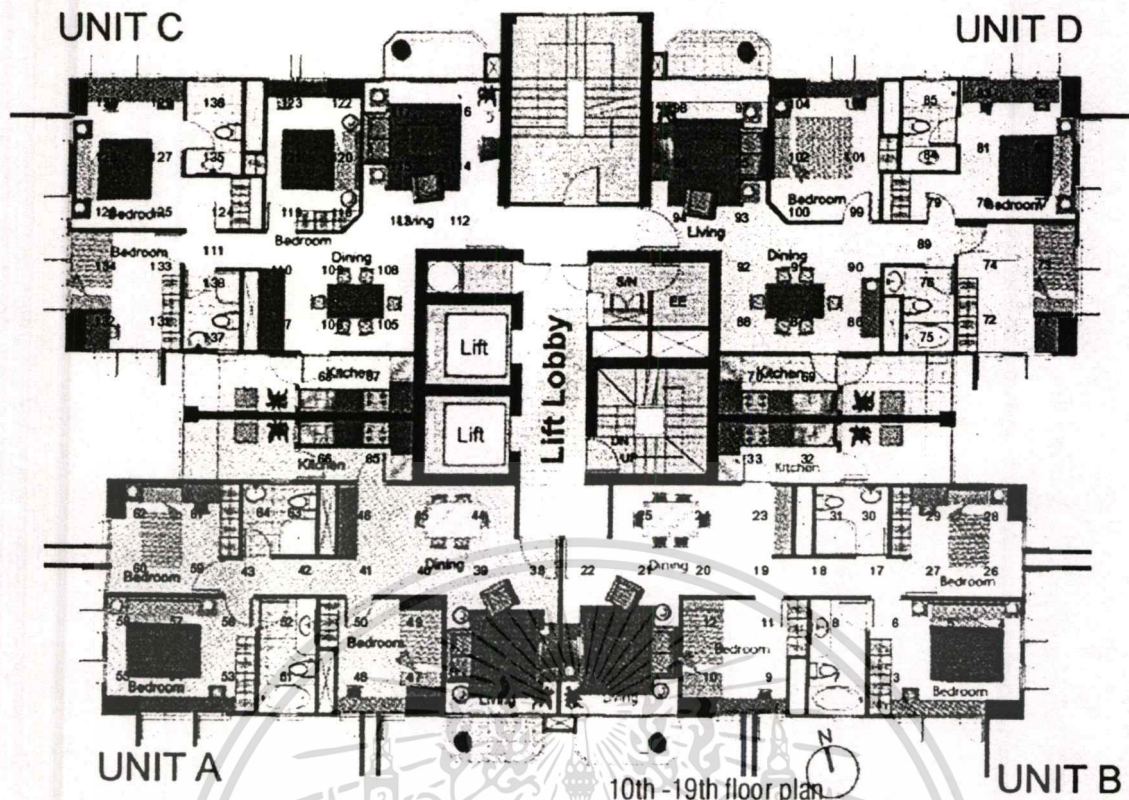
ภาพที่ 4.59 ผังของอาคารเดิมก่อนมีการปรับปรุงช่องเปิด และครีบอลังการ



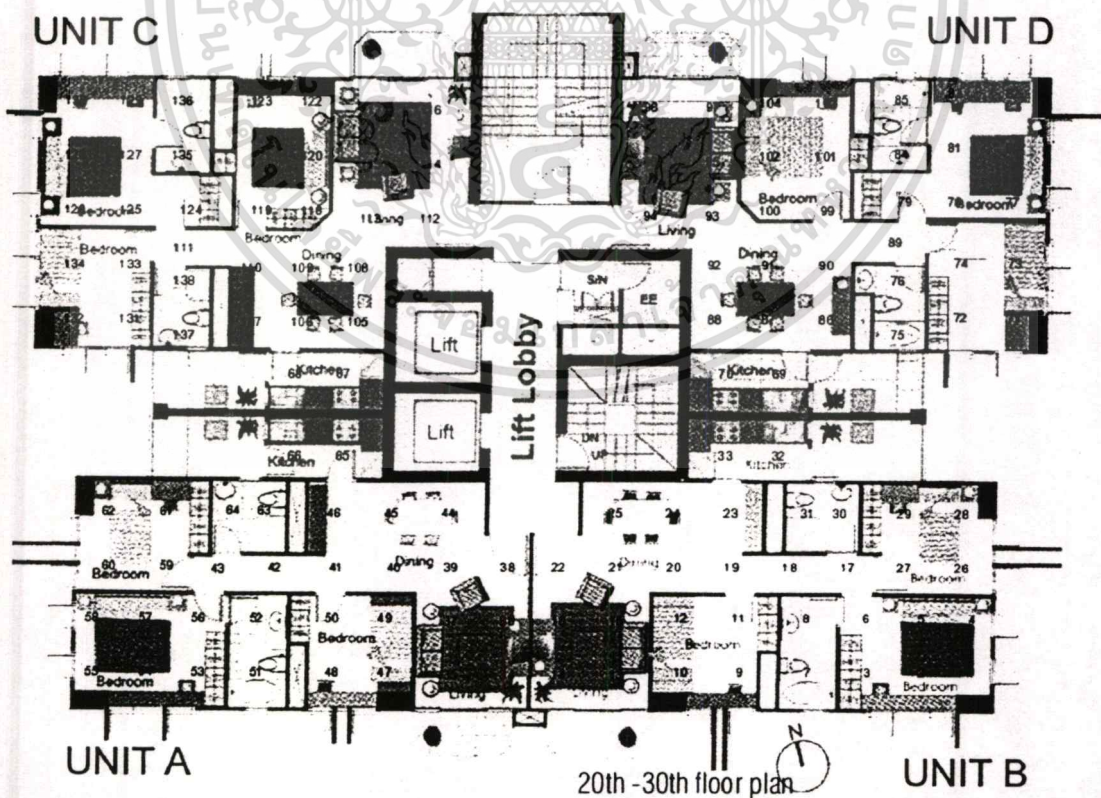
1st -9th floor plan

ภาพที่ 4.60 รูปแบบของช่องเปิด และครีบอลังการที่ทำการเลือกใช้ ตั้งแต่ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 1-9 หลังจากพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10th -19th floor plan  
 ภาพที่ 4.61 รูปแบบของช่องเปิด และครีบาาคารที่ทำการเลือกใช้ ตั้งแต่ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 10-19หลังจากพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด



20th -30th floor plan  
 ภาพที่ 4.62 รูปแบบของช่องเปิด และครีบาาคารที่ทำการเลือกใช้ ตั้งแต่ส่วนพักอาศัยชั้นที่ 20-30หลังจากพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ผลการออกแบบ

จากการพิจารณาค่าความเร็วลมภายใน และอุณหภูมิ ECI ภายในของอาคารในสภาพปัจจุบัน เพื่อทำการเลือกใช้รูปแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร ที่เหมาะสมเพื่อให้ความเร็วลมภายในพอเหมาะกับการถ่ายเทอากาศเสียออกจากอาคาร และทำให้อุณหภูมิ ECI ภายในอยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย นั่นคือ 25.5-27.7 องศาเซลเซียส (ดูตารางที่ 4.11-4.18 และภาพที่ 4.59-4.62) โดยที่ทำการพิจารณาเป็นช่วงเวลาการใช้งานของห้องนั้นๆเป็นรายชั่วโมงตลอดตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึงกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และฝน ช่วงเวลาการใช้งานนั้นแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ 6.00-22.00 น. เป็นเวลา 16 ชั่วโมง สำหรับส่วนนั่งเล่น-ทานอาหาร และ 22.00-6.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง สำหรับห้องนอน และพิจารณา ณ ตำแหน่งที่ใช้งานหลักเท่านั้น เช่นห้องนอน จะพิจารณาดำแหน่งบริเวณที่เป็นที่นั่งเล่น เป็นต้น

จากข้อมูลเพื่อประกอบการออกแบบพบว่าในการใช้รูปแบบช่องเปิด สามารถช่วยเพิ่มความเร็วลมภายในขึ้นโดยเฉลี่ย 100-300% และหากเพิ่มครีบบอาคารพร้อมกับรูปแบบช่องเปิดแล้ว สามารถเพิ่มความเร็วลมภายในขึ้นโดยเฉลี่ย 200-400% อย่างไรก็ตามรูปแบบดังกล่าว ยังไม่สามารถทำให้ห้องทุกๆ ห้องในทุกชั้นของอาคารมีอุณหภูมิ ECI ที่อยู่ในช่วงสบาย นั่นคือ 25.5-27.7 องศาเซลเซียส และมีความเร็วลมเพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ ได้ทุกชั่วโมง ในตลอด 8 เดือนที่ทำการพิจารณา ดังนั้น จึงพิจารณาเพียง 95%ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมดเป็นเป้าหมายในการออกแบบ ซึ่งทางสถิติยังถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่ยังสมบูรณ์อยู่

จากการพิจารณาข้อมูลต่างๆตามหลักการข้างต้น หลังจากเลือกใช้รูปแบบของช่องเปิด และหรือครีบบอาคารที่เหมาะสมที่สุด พบว่ายังคงมีบางห้องในอาคารที่ยังคงมีอุณหภูมิ ECI ที่สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส แต่ความเร็วลมภายในของห้องนอนทุกห้องยังไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศออกจากห้อง จำนวนชั่วโมงของความเร็วลมภายในที่ไม่เพียงพอกับการระบายอากาศที่มาก (ตารางที่ 5.1) เกิดจากการที่หลายช่วงเวลาความเร็วลมภายนอกมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ความเร็วลมภายในเป็นศูนย์ไปด้วย และอีกหลายช่วงเวลาซึ่งความเร็วลมภายนอกต่ำมาก ซึ่งการนำรูปแบบของช่องเปิด และหรือครีบบอาคารมาใช้ สามารถเพิ่มความเร็วลมภายในได้เพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่ารูปแบบดังกล่าวจะทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น 100-300%ก็ตาม

จำนวนชั่วโมงที่ความเร็วลมภายนอกเป็น 0 เมตร/วินาที มีจำนวนมาก เป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ความเร็วลมภายในเป็น 0 เมตร/วินาที จึงทำให้ประสิทธิภาพในการออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคารเพื่อการถ่ายเทอากาศ ต่ำกว่าในแง่ของอุณหภูมิ ECI

อีกประการที่ทำให้การออกแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร มีประสิทธิภาพน้อยกว่า 100% ของจำนวนชั่วโมงที่พิจารณา เนื่องมาจากอาคารตัวอย่างก่อนมีการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิด และครีบบอาคาร มีความเร็วลมภายในที่ต่ำมาก แม้ว่ามีการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิด และครีบบอาคารแล้วก็ตาม ความเร็ว

ลมภายในก็ยังไม่สามารถทำให้อุณหภูมิ ECI และอัตราการถ่ายเทอากาศ อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 100% ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมดที่ทำการพิจารณา เป็นผลมาจากผังอาคารเดิมที่มีความซับซ้อน ทำให้เกิดจุดอับลมอยู่มาก เมื่อพิจารณาลมภายนอกที่มาจาก 3 ทิศทาง ลมไม่สามารถเข้าสู่อาคารได้อย่างสะดวก โดยเฉพาะห้องในส่วนที่อยู่ด้านหลังลม จะมีความเร็วลมที่ต่ำมาก

สำหรับเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในตาราง เป็นเปอร์เซ็นต์ของผลรวมของจำนวนชั่วโมงภายในห้องในแต่ละจุดที่มีความเร็วลมไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ หรือจุดที่อุณหภูมิสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส(ดูตัวอย่างจาก ตารางที่ 4.16)

ในส่วนของ UNIT C และD จะมีความเร็วลมภายในต่ำมาก ดูได้จากตารางที่ 5.1 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกเหนือเขตสบายมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับ UNIT A และB เนื่องจากทั้ง UNIT C และDอยู่ด้านหลังลม โดยเฉพาะในห้องนอน 3 ของทั้งสองUNITซึ่งมีช่องเปิดเพียงด้านเดียว จึงทำให้การปรับปรุงช่องเปิด และหรือคียบอาคาร สามารถช่วยเพิ่มความเร็วลมได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น



ตารางที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงของแต่ละห้องในแต่ละชั้นของอาคารที่มีอุณหภูมิ ECI ที่สูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส และความเร็วมภายในไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ หลังจากระบบการระบายอากาศแบบช่องเปิด และครัวอาคารที่เหมาะสม

อัตราค่าเช่าเช่าเหมา		
UNIT A	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-9	5
	ชั้นที่10-19	1.8
	ชั้นที่20-29	1.4
	ชั้นที่30	1.4
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-9	3.3
	ชั้นที่10-19	1.8
	ชั้นที่20-29	1.6
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	1.4
	ชั้นที่10-19	3.5
	ชั้นที่20-29	1.8
	ชั้นที่30	1.8
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	1.5
	ชั้นที่10-19	1.8
	ชั้นที่20-29	1.8
	ชั้นที่30	1.5
UNIT B	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-9	1.6
	ชั้นที่10-19	1.3
	ชั้นที่20-29	1.3
	ชั้นที่30	1.1
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-9	2
	ชั้นที่10-19	1.4
	ชั้นที่20-29	1.3
	ชั้นที่30	1.3
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	1.5
	ชั้นที่10-19	1.2
	ชั้นที่20-29	1.1
	ชั้นที่30	1.1
UNIT C	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมไม่เพียงพอกับการถ่ายเทอากาศ
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-9	7.8
	ชั้นที่10-19	3.8
	ชั้นที่20-29	3.3
	ชั้นที่30	2.5
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-9	2.8
	ชั้นที่10-19	2.2
	ชั้นที่20-29	2
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	1.4
	ชั้นที่10-19	54
	ชั้นที่20-29	43.5
	ชั้นที่30	37.7
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	33.1
	ชั้นที่10-19	16.6
	ชั้นที่20-29	9
	ชั้นที่30	6.9
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-9	4.5
	ชั้นที่10-19	10.4
	ชั้นที่20-29	4.3
	ชั้นที่30	4.3
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	1.9
	ชั้นที่10-19	67
	ชั้นที่20-29	52
	ชั้นที่30	43
ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่1-9	37.6
ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่1-9	1.9

อุณหภูมิ ECI			
UNIT A	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์จำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิภายในสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส	
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-30	-	
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-30	-	
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-30	-	
UNIT B	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์จำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิภายในสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส	
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-30	-	
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-30	-	
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-30	-	
UNIT C	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์จำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิภายในสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส	
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-9	-	
	ชั้นที่10-19	-	
	ชั้นที่20-29	-	
	ชั้นที่30	-	
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-9	-	
	ชั้นที่10-19	-	
	ชั้นที่20-29	-	
	ชั้นที่30	-	
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	1.1	
	ชั้นที่10-19	-	
	ชั้นที่20-29	-	
	ชั้นที่30	-	
ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่1-9	0.9	
UNIT D	ตำแหน่ง	เปอร์เซ็นต์จำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิภายในสูงกว่า 27.7 องศาเซลเซียส	
ห้องนอน 1	ชั้นที่1-9	-	
	ชั้นที่10-19	-	
	ชั้นที่20-29	-	
	ชั้นที่30	-	
ห้องนอน 2	ชั้นที่1-9	-	
	ชั้นที่10-19	-	
	ชั้นที่20-29	-	
ห้องนอน 3	ชั้นที่1-9	2.6	
	ชั้นที่10-19	1.5	
	ชั้นที่20-29	0.9	
ห้องนอน 3	ชั้นที่30	0.6	
	ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่1-9	1.7
	ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่10-19	0.1
ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่20-29	-	
ห้องนั่งเล่น	ชั้นที่30	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบช่องเปิด และครีบาอาคาร เพื่อเพิ่มความเร็วลมภายในอาคาร ไม่สามารถทำให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ทุกๆช่วงเวลาได้ หากไม่มีการออกแบบผังอาคารที่เหมาะสม ดังนั้น การออกแบบผังอาคารให้มีการระบายอากาศที่ดี จะทำให้ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารไม่มีความจำเป็นในการใช้เครื่องปรับอากาศในทุกๆช่วงเวลา ดังที่ปรากฏผลในงานวิจัย

และยังพบว่าความเร็วลมภายในอาคารระหว่างระดับความสูง 13 เมตร และ 100 เมตร จากระดับพื้นดิน มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เป็นผลให้อุณหภูมิ ECI ที่มีความเร็วลมเป็นหนึ่งในตัวแปรแตกต่างกันเพียงประมาณ 1.2 องศาเซลเซียส ดังนั้นรูปแบบของช่องเปิด และครีบาอาคารระหว่างช่วงความสูงดังกล่าว มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของลม กับความเร็วลมภายในของแต่ละห้อง คือ ในส่วนของห้องที่อยู่ด้านใกล้ลม จะมีความเร็วลมภายในโดยเฉลี่ยต่ำกว่าความเร็วลมภายในของห้องที่อยู่ด้านไกล เช่น ในห้องนอน 1 ของ UNIT A และ B เมื่อลมมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากว่าในห้องนอน 1 ของ UNIT B ได้รับลมจากภายนอกโดยตรง และลมที่ไหลตามอาคารชั้นเนื่องจากลมปะทะอาคารแล้วไหลตามผนังอาคารไปสู่ด้านหลังลม แต่ห้องนอน 1 ของ UNIT A ได้รับเพียงลมภายนอกโดยตรงเท่านั้น

สำหรับห้องที่อยู่ด้านหลังลม ควรมีการออกแบบอย่างระมัดระวัง ควรให้มีช่องเปิด 2 ด้าน และไม่มีส่วนของอาคารบังลมที่จะเข้าสู่ภายใน แต่หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ควรมีพิจารณาถึงลมที่อ้อมอาคารแล้วหมุนวนกลับเข้ามาด้านหลังอาคาร ซึ่งมีความเร็วลมต่ำมาก ให้ห้องที่อยู่ในส่วนนั้นมีช่องเปิดอยู่บนด้านที่ลมหมุนวนกลับ และอยู่บนผนังอีกด้าน สามารถดูได้จากส่วนนั่งเล่น และทานอาหาร ใน UNIT C และ D ซึ่งหลังจากมีช่องเปิดเพิ่ม จะทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่หากห้องที่อยู่ด้านหลังลม และสามารถมีช่องเปิดเพียงด้านเดียวเท่านั้น การปรับปรุงช่องเปิดสามารถช่วยเพิ่มความเร็วลมภายในได้เพียงเล็กน้อย แต่ในส่วนของ การเพิ่มครีบาอาคารเข้าไปนั้นไม่ช่วยให้ความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ในบางทิศทางลมอาจจะทำให้ความเร็วลมต่ำกว่าเดิม เนื่องจากครีบาอาคารได้บัง และหรือเปลี่ยนแปลงทิศทางลม ทำให้เข้าสู่ภายในได้ไม่สะดวก ดังเช่นปรากฏในห้องนอน 3 ของ UNIT C และ D

## บรรณานุกรม

- ณัฏฐนันท์ เฉลิมวงศาเวช , ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการอยู่อาศัยในคอนโดมิเนียมของชาวกรุงเทพมหานคร , วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาประชาสัมพันธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2535
- ถนอม อังคนะวัฒนา , ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกที่อยู่อาศัยแบบอาคารชุดพักอาศัยของผู้มีรายได้สูงในเขตชั้นกลางถึงชั้นในของกรุงเทพมหานคร , วิทยานิพนธ์คณะพัฒนศาสตร์ มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534
- ตรึงใจ บุรณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย, นำอักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2514
- ตรึงใจ บุรณสมภพ และ มนต์ อารยพัฒน์, การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน, การวิจัยสาขาวิชาการ, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ, 2523
- ปรีชญา รังสิรักษ์, แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- วิเชียร สุวรรณรัตน์, ภูมิอากาศศึกษา และการออกแบบสถาปัตยกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 2, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2537
- สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542
- สนิรัตน์ ภัทธรธรรมกุล, ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร, วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537
- เสถียร รุจิรวนิช , รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาสภาวะแวดล้อมของการอยู่อาศัยแบบคอนโดมิเนียมในกรุงเทพมหานคร , สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, รายงานสถานการณ์ที่อยู่อาศัย ปี 2539 และแนวโน้มปี2540, ธนาคารอาคารสงเคราะห์, 2540
- Arthur Bowen, Eugene Clark and Kenneth Labs, (1981) Passive Cooling, American Section of The International Solar Energy Society, U.S.A.
- Barush Givoni, (1976) Man, Climate and Architecture, Second Edition, Van Nostrand Reinhold, London.
- Barush Givoni, (1994) Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Van Nostrand Reinhold, U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

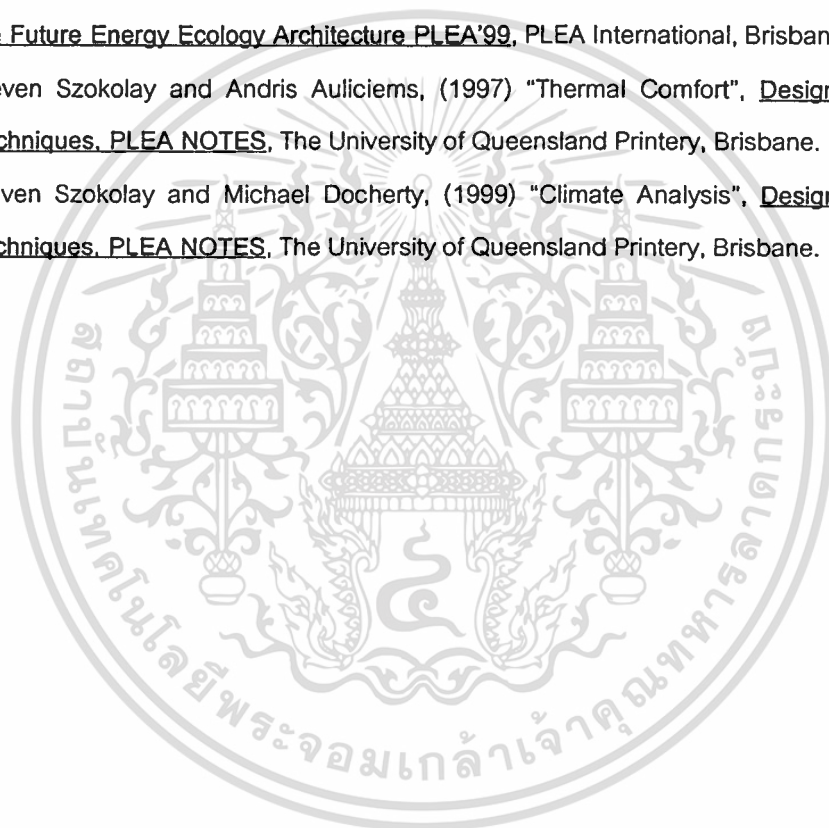
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat, (1981) Planning and Environmental Criteria for Tall Buildings, Planning and Design of Tall Building, Volume PC, American Society of Civil Engineers, New York.
- Donald Watson, Michael J. Crosbie, John Hancock Callender, (1997) Time Saver Standards for Architectural Design Data : The reference of architectural fundamentals, McGrawHill, Singapore, 7<sup>th</sup> edition.
- Edward M. Noll, (1981) Wind and Solar Energy, Second Edition, Howard W. Sam & Co., Inc., Indianapolis, U.S.A.
- First Weather Wing, (1965) Climate of Thailand, Detachment 51, U.S.A.
- Frederick K. Lutgens, Edward J. Tarbuck, (1992) The Atmosphere : An Introduction to Meteorology, fifth edition, Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.
- Herbert Riehl, (1978) Introduction to the Atmosphere, third edition, McGraw-Hill Book Company, U.S.A.
- Jeffrey Cook, (1989) Passive Cooling, Solar Heat Technologies: Fundamentals and Applications, MIT Press, U.S.A.
- John A. Day, Gilbert L. Sterns, (1970) Climate and Weather, Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.
- John G Lockwood, (1974) World Climatology, Edward Arnold Ltd., London, Great Britain
- Joseph De CHIARA, (1984) Time-Saver Standards for Residential Development, McGrawHill, U.S.A.
- Martin Evans, (1980) Housing, Climate and Comfort, John Wiley & Sons, New-York.
- M. David Egan, (1975) Concepts in thermal comfort, prentice-Hall, Inc, Newjersey, U.S.A.
- M. Santamouris and D. Asimakopoulos, (1996) Passive Cooling of Buildings, James&James(Sience Publishers), London.
- N. V. Baker, (1987) Passive and Low Energy Building Design for Tropical Island Climates, The Commonwealth Secretariat, London.
- O. G. Sutton, (1969) Understanding Weather, third edition, Penguin Books Ltd., Middlesex, England
- S.Thavapalachandran and P.Mukhia, "The availability of wind energy in Thailand", AIT Research Report, no.134 Published by the Renewable Energy Resource Information Center
- Steven Szokolay, Alan Mayhew, T. G. Ingersoll, O. H. Koenigsbergen, (1974) Manual of Tropical Housing and Building, Longman Group Limited, U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- The Royal Architectural Institute of Canada, (1979) Energy Conservation : Design Resource Handbook, The Carswell Printing Company, Toronto.
- T. V. Lawson, (1980) Wind Effect on Building(Vol.1), Applied Science Publishers Ltd., London, U.K.
- Vaughn Bradshaw, P.E., (1993) Building Control Systems, second edition, John Wiley&Sons.,Inc, U.S.A.
- Victor Olgyay, (1973) Design with Climate, Fourth edition, Princeton University Press, New Jersey
- A. D. Penwarden and A. F. E. Wise, (1975) "Wind Environment Around Building", BRE Report, H. M. S. O., London
- A. F. E. Wise, D. E. Sexton and M. S. T. Lillywhite, (1965) "Studies of Air Flow Round Buildings", Architects' Journal, Vol. 141 (19<sup>th</sup> May), pp. 1185-1189
- Ake Blomsterberg, (1990) Ventilation and Airtightness in Low-rise Residential Buildings, Swedish Council for Building Research, Stockholm.
- CW Newberry, KU Eaton and JR Mayne, (1973) "Wind Loading on Tall Buildings Further Results from Royex House", Building Research Establishment, Vol.4, No.4 July-Aug, Department of The Environment, U.S.A.
- Davenport, A. G., (1961) "The Application of Statistical Concepts to the Wind Loading of Structures", Proceedings of Institution of Civil Engineers, August.
- Department of The Environment, (1989) "The Assessment of wind loads", BRE Digest, Vol. 346, July, Building Research Establishment, U.K.
- Department of The Environment, (1994) "Wind Around Tall Building", BRE Digest, Vol. 390, January, Building Research Establishment, UK.
- John W.Reed, (1971) Wind-induced Motion and Human Discomfort in Tall Buildings, Department of Civil Engineering, School of Engineering MIT, Research Report R71-42 November.
- Min-Shun Wang and Hsueh-Tao Chien, (1999) "Environmental Behaviour Analysis of High-rise Building Areas in Taiwan", Building and Environment Vol.34.
- R.D.Marshall and H.C.S.Thom, (1970) Wind Loads on Buildings and Structure, U.S Department of Commerce(Publication), U.S.A.
- Shan Sani, (1987) Urbanization And The Atmospheric Environment in The Low Tropics. : Experiences From The Kelang Valley Region Malaysia, Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- S. Chandra, M. Houston, P. Fairey, A. A. Kerestecioglu, (1983) Wingwalls to Improve Natural Ventilation : Full-Scale Results and Design Strategies, Presented at The American Solar Energy Society Passive Conference, Sep 7-9, 1983, New Mexico.
- S. Chandra, K. Ruberg, A. Kerestecioglu, (1983) "Outdoor Testing of Small Scale Naturally Ventilated Models", Building and Environment Vol.18.
- S. Chandra, (1983) A Design Procedure to Size Windows for Naturally Ventilated Rooms, Presented at The American Solar Energy Society Passive Conference, Sep 7-9, 1983, New Mexico.
- Steven Szokolay(Editor), (1999) "Use of a Wind Wing-Wall as a Device for Low-Energy Passive Comfort Cooling in a High-Rise Tower in the Warm-Humid Tropics", Sustaining the Future Energy Ecology Architecture PLEA'99, PLEA International, Brisbane.
- Steven Szokolay and Andris Auliciems, (1997) "Thermal Comfort", Design Tools and Techniques, PLEA NOTES, The University of Queensland Printery, Brisbane.
- Steven Szokolay and Michael Docherty, (1999) "Climate Analysis", Design Tools and Techniques, PLEA NOTES, The University of Queensland Printery, Brisbane.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

### มาตรฐานวัดค่าความสบายทางอุณหภูมิแบบ ECI

ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Webb (1960) ในประเทศสิงคโปร์ มาตรฐานนี้ได้มาจากการจัดบันทึกการตอบสนองของความเคยชินของอากาศ พร้อมกับการวัดอุณหภูมิของอากาศ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศ จากการทดลองขึ้นนี้พบว่า มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบที่สามารถจัดเป็นสูตรดังต่อไปนี้

ค่าของ ECI ในหน่วยองศาฟาเรนไฮด์แสดงได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$ECI = T_w + 0.447(T - T_w) - 0.231\sqrt{V}$$

โดยที่

$T_w$  = อุณหภูมิกะเปาะเปียก (°F)

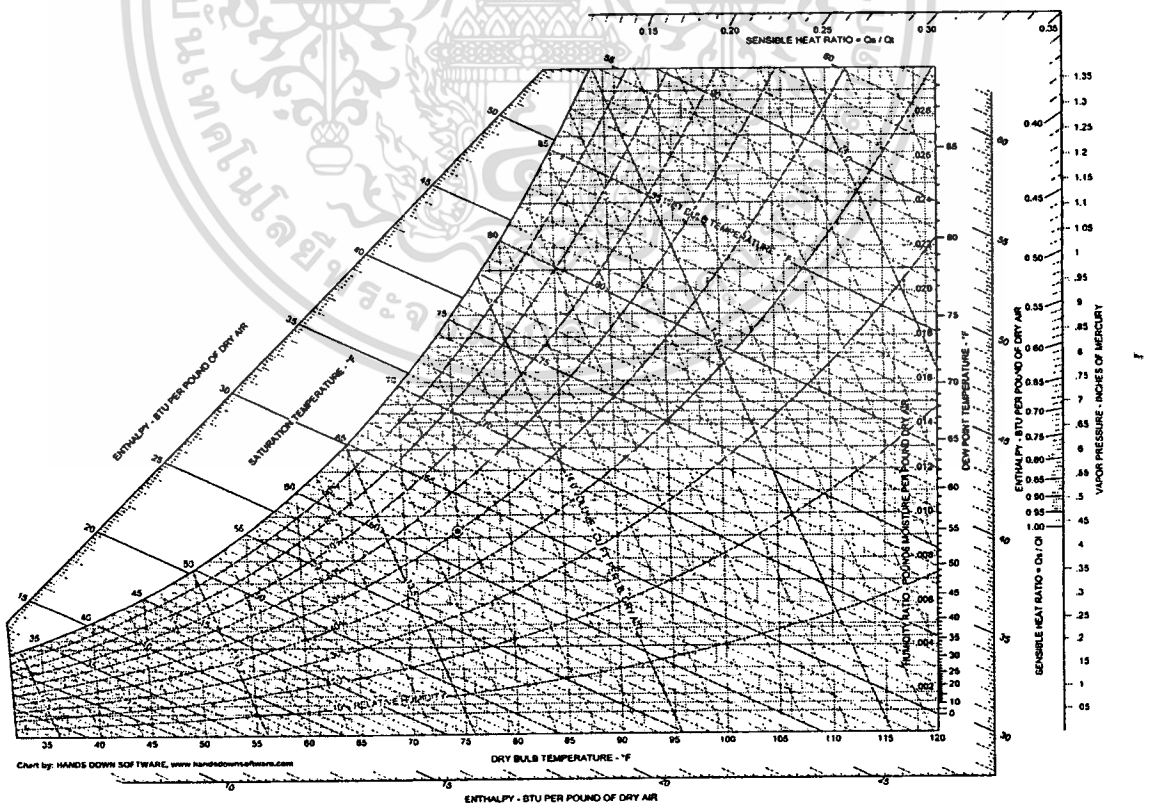
$T$  = อุณหภูมิกะเปาะแห้ง (°F)

$V$  = ความเร็วของการเคลื่อนไหวของอากาศ (ft/min)

ECI = อุณหภูมิในเซตร้อนขึ้น (°F)

เมื่อมีอุณหภูมิกะเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์ สามารถหาอุณหภูมิกะเปาะเปียกได้จาก

Psychrometric chart ดังภาพที่ ก.1



ภาพที่ ก.1 Psychrometric chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างอุณหภูมิปะทะร่างกายในอาคาร (องศาเซลเซียส)

Month	Day	Avg 1	Avg 2	Avg 3	Avg 4	Avg 5	Avg 6	Avg 7	Avg 8	Avg 9	Avg 10	Avg 11	Avg 12	Avg 13	Avg 14	Avg 15	Avg 16	Avg 17	Avg 18	Avg 19	Avg 20	Avg 21	Avg 22	Avg 23	Avg 24
Feb	1	25.58	25.22	24.81	25.34	25.28	25.25	25.14	24.07	25.05	26.47	27.28	28.01	28.28	27.76	28.18	28.47	28.52	29.64	27.90	27.03	26.85	26.23	26.61	25.83
	2	25.45	24.96	24.66	25.03	25.06	25.30	25.06	23.98	25.29	26.38	27.44	29.46	28.75	28.30	28.38	28.58	28.43	30.01	28.04	27.18	26.80	26.40	26.69	25.93
	3	25.31	24.97	24.76	25.05	25.08	25.00	24.50	23.49	24.95	26.05	27.20	28.59	27.92	27.57	27.81	28.16	28.18	29.43	27.71	26.79	26.53	26.07	26.33	25.59
	4	25.11	24.73	24.25	24.55	24.72	24.86	24.59	23.70	25.48	27.10	27.90	29.70	28.90	28.46	28.75	28.78	28.84	30.21	28.40	27.18	26.75	26.11	26.40	25.76
	5	25.46	25.08	24.62	24.91	24.76	24.77	24.65	23.50	25.01	26.81	26.57	29.58	29.01	28.54	28.58	28.87	28.46	29.81	27.89	26.97	26.61	26.20	26.48	25.68
	6	25.32	25.00	24.72	24.97	24.82	24.77	24.53	24.02	25.76	27.44	28.45	29.87	29.18	28.75	28.93	29.34	29.27	30.25	28.21	27.15	26.80	26.06	26.51	25.97
	7	25.45	25.05	24.84	25.27	25.28	25.24	24.98	23.91	25.38	27.19	28.13	30.01	29.34	29.00	29.19	28.57	29.58	30.50	28.68	27.51	27.12	26.54	27.14	26.38
	8	25.79	25.60	25.38	25.88	25.73	25.72	25.46	24.50	25.81	27.61	27.98	29.74	29.52	29.06	29.22	29.60	29.48	30.54	28.58	27.58	27.25	26.88	27.11	26.58
	9	26.17	25.92	25.73	26.30	26.08	25.93	25.68	24.75	26.01	27.56	28.62	30.56	29.72	29.11	29.52	29.71	29.24	30.08	28.42	27.62	27.30	26.73	27.25	26.75
	10	26.27	26.05	25.79	26.22	26.32	26.32	26.14	24.96	26.41	28.33	29.28	30.82	30.14	29.60	29.77	29.96	29.68	30.77	28.85	27.78	27.54	26.95	27.36	26.87
	11	26.59	26.21	25.87	26.26	26.14	26.20	25.98	24.92	26.75	28.36	29.60	31.10	30.28	29.65	29.42	29.46	29.53	30.63	28.72	27.89	27.80	27.40	27.77	27.30
	12	26.95	26.65	26.37	26.78	26.77	26.90	26.67	25.63	26.91	28.22	28.28	30.81	29.99	29.26	28.98	29.40	29.28	30.44	28.86	28.08	27.97	27.43	27.86	27.44
	13	27.15	26.97	26.84	27.33	27.36	27.47	27.38	26.18	27.27	28.37	28.20	31.00	30.19	29.43	29.73	29.70	29.53	30.59	28.85	28.09	27.89	27.52	28.06	27.50
	14	27.12	26.93	26.80	27.34	27.35	27.33	27.15	26.10	27.54	28.99	28.71	31.41	30.63	29.60	29.78	29.88	29.66	30.86	28.89	28.08	27.90	27.51	28.06	27.47
	15	27.26	27.08	26.87	27.28	27.17	27.23	27.04	26.07	27.74	29.18	30.00	31.51	30.71	29.72	29.64	29.98	29.91	30.96	28.85	27.90	27.69	27.30	27.82	27.35
	16	27.39	27.27	27.07	27.50	27.53	27.64	27.43	26.51	27.95	29.28	30.03	31.67	30.74	30.04	29.99	30.28	28.98	30.92	29.06	28.17	27.84	27.57	28.10	27.70
	17	27.22	27.00	26.83	27.34	27.44	27.39	27.10	26.24	27.49	29.28	30.04	31.43	30.19	29.76	29.76	30.04	29.62	30.62	28.76	27.84	27.63	27.42	27.95	27.62
	18	27.40	27.21	27.10	27.61	27.62	27.54	26.94	26.11	27.48	29.30	30.14	31.25	30.37	29.46	29.25	29.55	29.32	30.39	28.20	27.40	27.43	27.26	27.83	27.41
	19	27.06	26.99	26.73	27.18	27.11	27.18	26.95	26.22	27.51	29.00	29.53	31.40	30.16	29.31	29.21	29.71	29.68	30.83	28.87	28.05	27.83	27.41	27.86	27.41
	20	27.01	26.75	26.39	26.83	26.79	26.77	26.46	25.38	27.17	28.39	29.29	30.81	30.00	28.31	29.24	29.59	29.61	31.00	28.68	27.87	27.60	27.22	27.64	27.14
	21	26.65	26.22	26.01	26.41	26.39	26.43	26.18	25.48	26.51	28.03	28.82	30.64	29.98	29.14	29.22	29.38	29.49	30.54	28.75	27.98	27.80	27.46	27.83	27.30
	22	26.83	26.49	26.20	26.63	26.61	26.60	26.06	25.28	26.70	28.51	28.35	31.35	30.25	29.86	30.12	30.58	30.22	31.44	29.40	28.26	27.92	27.46	27.67	27.24
	23	26.93	26.69	26.46	26.77	26.74	26.77	26.53	25.78	27.18	28.75	29.65	31.27	30.36	29.60	29.01	29.46	29.38	30.66	28.95	28.19	27.83	27.50	27.83	27.35
	24	26.94	26.78	26.61	26.99	27.00	27.12	27.11	26.35	27.25	28.78	29.44	31.13	30.39	29.49	29.53	29.75	29.48	30.72	29.03	28.03	27.84	27.39	27.96	27.53
25	27.04	26.86	26.71	27.14	27.04	26.93	26.79	26.19	27.56	29.06	29.95	31.37	30.41	29.51	29.82	29.97	29.53	30.60	28.81	28.04	28.00	27.56	27.95	27.43	
26	27.07	26.92	26.76	27.21	27.08	27.26	27.00	26.37	27.96	29.46	30.37	31.52	30.42	29.66	29.73	29.80	29.49	30.98	29.43	28.34	27.91	27.64	28.12	27.73	
27	27.34	27.01	26.81	27.14	27.03	26.97	26.81	26.04	27.30	28.98	29.65	31.13	30.31	29.41	29.34	29.38	29.28	30.69	29.10	28.37	28.23	27.71	28.14	27.67	
28	27.38	27.32	27.17	27.77	27.91	27.84	27.78	26.66	28.11	29.74	30.22	31.39	30.38	29.43	29.73	29.65	29.32	30.62	29.17	28.50	28.55	28.23	28.75	28.30	
29	27.75	27.73	27.68	28.35	28.50	28.67	28.47	27.33	27.97	29.23	29.63	30.80	30.12	29.90	29.23	27.18	27.60	29.18	27.87	27.67	27.38	27.03	27.60	27.37	
Mar	1	27.78	27.69	27.66	28.22	28.39	28.54	28.41	27.04	27.98	29.32	29.51	31.23	30.10	28.33	29.34	29.50	29.11	30.46	28.97	28.40	28.32	27.89	28.45	28.07
	2	27.65	27.55	27.41	27.93	27.86	27.81	27.47	26.45	27.44	28.42	29.11	30.54	29.63	29.12	29.37	29.50	28.37	30.61	28.93	28.14	28.17	27.80	28.17	27.75

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข.1 Minimum Ventilation Requirements

Space and activity	Ventilation Rate		Cub.m. per hour	ACPH
	Litres/second	Fair		
Odour removal (per person):				
Occupation density 5sq.m./person	8	5	29	18
10sq.m./person	5	3	18	11
15sq.m./person	3	1.5	11	5.5
Removal of tobacco smoke (per average smoker):				
W.c. (4.5cub.m.)			25	3
W.c. and bathroom (12cub.m.)			22#	1.5
			44#	
Kitchen (10sq.m.) to prevent condensation :				
Gas cooking, non absorbent surfaces			390	13
Electric cooking, ditto			270	9
Gas cooking, absorbent surfaces			166	5.5
Electric cooking, ditto			72	2.7
Control of cooking odours only			120	4
Minimum for whole dwelling : *				
Minimum				1
To avoid odours and stuffiness				2
To avoid condensation (but at the expense of increasing heat loss.)				4

Notes :

- \* Dependent on dwelling size and density of occupation. Proportionally higher rates may be required in smaller and more densely occupied dwellings
- # Intermittent artificial ventilation only.

ตารางที่ ข.2 ค่าความเร็วภายในอาคารพักอาศัยที่พิกัดอาศัยที่โครงการ

Speed m/s	Mechanical effect	Effect on man	Cooling effect (deg C)				
			Dry skin		Moist skin		
			Ambient air temperature				
15 c	20 c	25 c	30 c	30 c			
0.1	Minimum likely in domestic situations	May feel stuffy	0	1	0	0	0
0.25	Smoke (from cigarette) indicates movement	Movement not noticeable except at low air temperatures	2	1.3	0.8	0.5	0.7
0.5	Flame from a candle flickers	Feels fresh at comfortable temperatures, but draughty at cool temperatures	4	2.7	1.7	1	1.2
1	Loose papers may be moved, equivalent to walking speed	Generally pleasant when comfortable or warm, but causing constant awareness of motion, maximum limit for night comfort	6.7	4.5	2.8	1.7	2.2
1.5	Too fast for desk work with loose papers	Draughty at comfortable temperature, maximum limit for indoor activities	8.5	5.7	3.5	2	3.3
2	Equivalent to a fast walking speed	Acceptable only in very hot and humid conditions when no other relief is available	10	6.7	4	2.3	4.2

Note : Effect on man relates to domestic situations. In factories and other buildings higher windspeeds may be desirable, and comfortable

ที่มา : Martin Evans, (1980) Housing, Climate and Comfort, John Wiley & Sons, New-York.

## I-DEAS® Administration Course Guide

This Manual is licensed to the user for the period set forth in the applicable license agreement, subject to termination of the license by Structural Dynamics Research Corporation (SDRC) at any time and the Manual at all times remains the property of SDRC or third parties from whom SDRC has obtained a licensing right. The information contained in this Manual including, but not limited to, the ideas, concepts and know-how, is proprietary, confidential and trade secret to SDRC or such third parties and the information contained therein shall be maintained as proprietary, confidential and trade secret to SDRC or to such third parties. The information contained in this Manual shall not be copied or reproduced in any form whatsoever, nor is any information in this Manual to be disclosed to anyone other than an authorized representative of the user's employer who is contractually obligated not to disclose same, without express prior written consent of SDRC. The user of this Manual and the computer program(s) referred to herein retains full control over and is solely responsible for the mechanical design of the user's equipment, machinery, systems, and products. SDRC makes no warranties of any kind, including the warranty of merchantability or fitness for a particular purpose in respect to the equipment, machinery, systems, and products derived or resulting hereunder, and the user assumes all risks and liability for results obtained by the manufacturing, use or implementation of the computer program(s) described herein, whether used singly or in combination with other designs or products. SDRC shall not be liable for any special or consequential damages. SDRC makes no warranty that the equipment, machinery, systems, and products derived or resulting hereunder will not infringe the claims of domestic or foreign patents and further does not warrant against infringement by reason of the user thereof in combination with other designs, products, or materials or in the operation of any process. User shall protect, indemnify and hold harmless SDRC of and from any loss, cost, damage or expense arising from any claim that is in any way associated with the computer program(s) described in this Manual. Data presented in examples do not necessarily reflect actual test results and should not be used as design criteria.

By acceptance of this Manual, the user agrees to the above conditions and further agrees that this Manual will not be exported (or re-exported from a country of installation), directly or indirectly, separately or as part of a system, without user or user's employer, at its own cost, first obtaining all licenses from the United States Department of Commerce and any other appropriate agency of the United States Government as may be required by law.

© Structural Dynamics Research Corporation 1979, 1980, 1983, 1984, 1986, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000

All rights reserved. No part of this work may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, or by any information storage or retrieval system without permission in writing from SDRC.

Federal Acquisitions: Commercial Computer Software  
Use governed by terms of SDRC's Software License and Service Agreement.

SDRC has worked to verify the accuracy of the information contained in this manual as of its publication date; however, such information is subject to change without notice and SDRC is not responsible for any errors that may occur in this document.

This software is a Licensed Product of and distributed by SDRC and may only be used according to the terms of that license on the system identified in the License Agreement.

**SDRC, SDRC I-DEAS, and I-DEAS are registered trademarks of Structural Dynamics Research Corporation:**

**The following are trademarks of Structural Dynamics Research Corporation:**

I-DEAS Master Series, I-DEAS Artisan Series

All other trademarks or registered trademarks belong to their respective holders.

All questions or requests should be addressed to:

Structural Dynamics Research Corporation  
2000 Eastman Drive  
Milford, Ohio 45150  
(513) 576-2400

## ประวัติผู้เขียน

นายเกรียงไกร พรพิทักษ์พงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2517 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (สถาปัตยกรรมหลัก) จากมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต(เกียรตินิยม อันดับ 2) ปีการศึกษา 2539

ปัจจุบันเป็นสถาปนิกที่บริษัท E-cube Construction Co.,Ltd. และรับออกแบบงานสถาปัตยกรรมในนามของ Eclipse Studio



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้