


การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ



นางสาวรุจิยา มุสิกะลักษณ์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

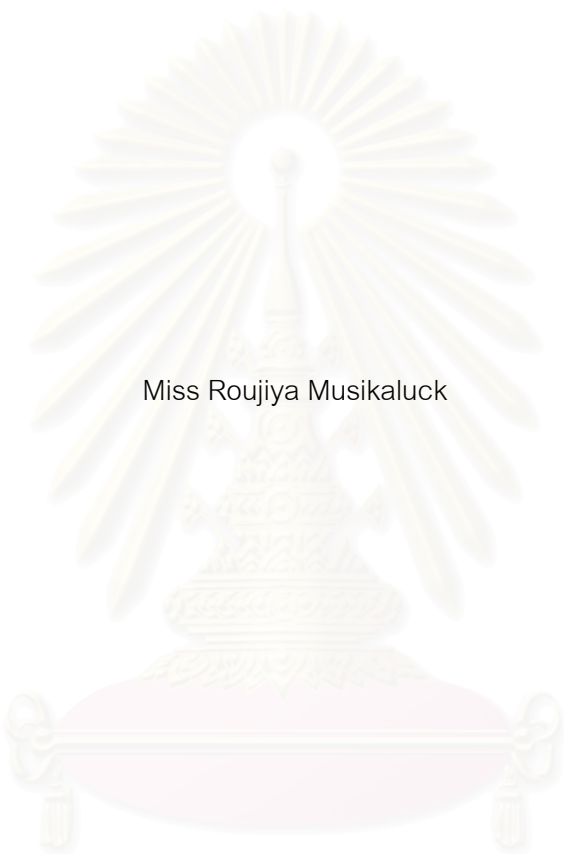
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0659-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED
CLASSROOM



Miss Roujiya Musikaluck

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-17-0659-6

นางสาวรุจิรา มุสิกะลักษณ์ : การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ. (COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED CLASSROOM) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ ,169 หน้า.
ISBN 974-17-0659-6.

การวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมในโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศโดยใช้กรณีศึกษาการออกแบบโรงเรียนโดยวิธีธรรมชาติเป็นกรณีศึกษา

การศึกษาตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ โดยทำการเก็บข้อมูลทางกายภาพจากอาคารจำลองแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยสำหรับทำนายสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารตลอดทั้งปี ด้วยข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ผลการวิจัยพบว่า สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารกรณีศึกษา ช่วงที่มีการใช้งานอาคารเวลา 8.00น.-16.00น. ภายใต้เงื่อนไขที่มีการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร มีการระบายอากาศเฉพาะส่วนหลังคา ในขณะที่ตัวอาคารเป็นระบบปิดไม่มีการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติ และใช้พัดลมเพื่อให้อุณหภูมิอากาศรู้สึกเย็นลง พบว่า ภายในห้องเรียนชั้นล่างเมื่อรวมอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและความเร็วลมจะทำให้อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน 100% ของปี สำหรับห้องเรียนชั้นบนซึ่งไม่มีอิทธิพลจากผิวสัมผัสผืนดิน ในวันที่มีผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร 4 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายนอก 36 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในอาคาร 32 องศาเซลเซียส จะทำให้ห้องเรียนชั้นบนสามารถรองรับกิจกรรมทั่วไปได้ 100% ซึ่งดีกว่าอาคารทั่วไปมาก จะเห็นได้ว่าอาคารจำลองมีประสิทธิภาพในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนดีกว่าอาคารทั่วไป ในขณะที่ห้องเรียนชั้นล่างมีประสิทธิภาพดีกว่าห้องเรียนชั้นบน อย่างไรก็ตามถ้าต้องการให้อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย จำเป็นต้องเพิ่มความเร็วลม (5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ให้กับห้องเรียนชั้นบนและชั้นล่าง

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ ควรคำนึงถึงตั้งแต่กระบวนการออกแบบอาคารดังนี้ 1) การปรับอิทธิพลสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร 2) ออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม 3) กรอบอาคารควรมีคุณสมบัติในการป้องกันและหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคาร รวมไปถึงการกันความชื้นได้ดี 4) เลือกใช้วัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เหมาะสม 5) ใช้ประโยชน์จากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและความเร็วลม 6) ปรับการใช้งานอาคารให้เหมาะสมกับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

เมื่อปฏิบัติความจรงดังนี้จะทำให้สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารดีกว่าอาคารอื่นๆ 3 เท่า ด้วยเหตุนี้แนวคิดและขบวนการวิจัยนี้เป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อเพิ่มศักยภาพในการปรุงแต่งสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารและเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบก่อนการก่อสร้าง

ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	2544	

4374784425: MAFOR ARCHIECTURE

KEY WORD: THERMAL COMFORT/ NON-AIR CONDITIONED / CLASSROOM

ROUJIYA MUSIKALUCK: COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED CLASSROOM. THESIS ADVISOR: PROFESSER DR. SOONTORN BOONYATIKARN, 169 pp.. ISBN 974-17-0659-6.

This thesis is a part of group integrated research of non-air conditioned elementary school design in the north- eastern part of Thailand as a main theme. The objectives are to propose the concept to create the thermal comfort in non-air conditioned classroom by using the natural assets design in classroom simulation model.

The variables consist of the environment factors, that influences to the thermal comfort; the air temperature, the surface temperature, the wind velocity and the humidity. The building data obtained from the simulation model. They collected and analyzed with the weather data by using regression equation in order to predict the thermal comfort of buildings all year round.

The results showed that the thermal comfort in the simulation model during 8.00-16.00 under the micro-climate modification, the roof ventilation, the close system ventilation and the fan usage for sensation cooling, the lower classroom's temperature is 100 %in the comfort zone in case of included the influence of MRT and wind velocity. For the upper classroom, without the earth contact surface, the different of temperature between inside and outside is 4 degree Celcius. While the average air temperature is 36 degree celcius and 32 degree celcius on the inside. This can lead to the ability to support the activities for 100 %, which better than the normal building. However, if the thermal comfort is needed in both classroom , the wind velocity should be increased about 5.74 km./h.

The research illustrates that to create the thermal comfort, we should considered the building design process in the topic of ;1) The modification of the microclimate 2) The building design repose for the environment 3) the ability to protect and delay the heat, and moisture from the outside of building by the building envelope 4) The appropriate materials selection and construction technology 5) The benefit of MRT influence and wind velocity 6) The adaptation of building to suit the thermal comfort.

When the complete system design was creates, 3 times thermal comfort has been obtained. From this research the concept and the process can be as a prototype of design that increase the potential to modify the thermal comfort in building and pre-design efficiency of building.

Department/Program	Architecture	Student's signature.....
Field of study	Architecture	Advisor's signature
Academic year	2544 .	

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เป็นผลมาจากความกรุณาอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการจากผู้ที่เกี่ยวข้องมากมาย โดยเฉพาะศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ และอาจารย์ ดร. วรสิทธิ์ บุญนากาญจน์ ที่กรุณาถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ พร้อมทั้งให้คำปรึกษา แนะนำในฐานะที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

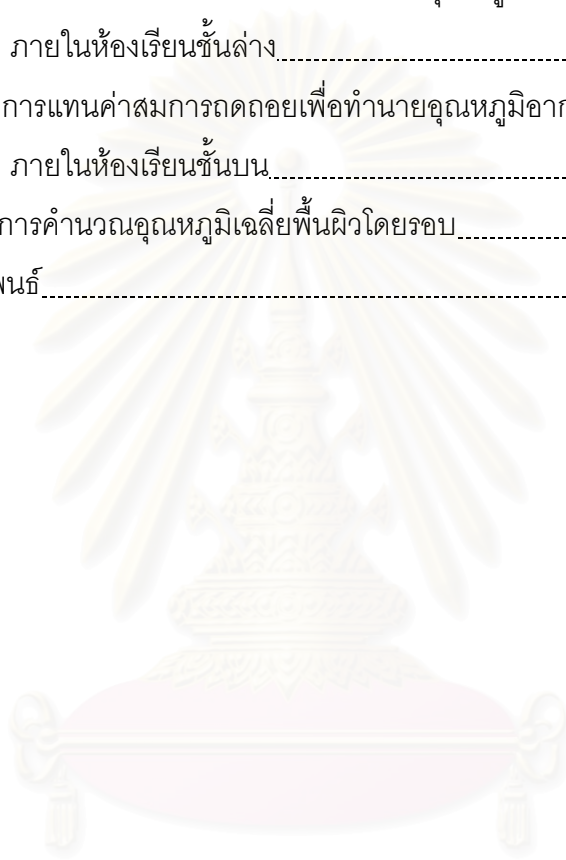
นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ธีระตระกูลชัย และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนให้เกิดการศึกษาเรียนรู้ในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้โอกาสพิสูจน์ตัวเอง ขอขอบพระคุณครอบครัววุฒิสวรรณที่อนุเคราะห์สถานที่ในการสร้างหุ่นจำลอง ขอขอบคุณ คุณจตุวัฒน์ วิโรตมพันธ์ และคุณอโณทัย ธนะเจริญกิจ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือในการวิจัย ขอขอบคุณครอบครัวมุสิกะลักษณ์ ครอบครัวสมบุญณ์ ครอบครัวเสนีวงศ์ ณ.อยุธยา ครอบครัวนก กัณฑ์พงษ์ ครอบครัวคำมูล ครอบครัวมอญปาน ครอบครัวศักดิ์ศรีทวี ที่สนับสนุนแรงใจและคอยยื่นเคียงข้างอยู่เสมอ ขอขอบคุณเพื่อนๆ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่คอยถามไถ่ให้กำลังใจ ขอขอบคุณเยาวลักษณ์ เลาทะและคุณพรศักดิ์ เซาวลิต ที่คอยสนับสนุนกำลังใจในยามอ่อนล้า ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนร่วมรุ่นสาขาเทคโนโลยีอาคารทุกคน ผู้ร่วมในชะตากรรมเดียวกัน รวมถึงการแบ่งปันพลังกายและพลังใจในทุกวันทำงาน สุดท้ายขอขอบคุณคนที่คุณก็รู้ว่าใครและคุณก็รู้ว่าคือคุณที่มีส่วนร่วมในอีกก้าวหนึ่งของการเรียนรู้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	ต
การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	ท
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
แนวคิดทฤษฎี.....	6
2.1 หลักการของสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน.....	6
2.2 เงื่อนไขในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน.....	7
2.3 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน.....	20
2.4 ปัจจัยทางด้านบุคคลที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน.....	29
2.5 สมดุลพลังงานของร่างกายมนุษย์.....	29
2.6 พัฒนาการของดัชนีภาวะน่าสบาย.....	30
2.7 การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบาย.....	33
2.8 สภาพอากาศแบบร้อนชื้น.....	35

	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	36
3.1 กรณีศึกษาหรือกลุ่มตัวอย่าง.....	36
3.2 อิทธิพลตัวแปรและการกำหนดตัวแปร.....	37
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....	40
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	43
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ.....	46
4.2 การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่อ อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียน.....	49
4.3 การทดสอบแนวทางการปรับสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนด้วย อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ และอิทธิพลของอุณหภูมิ เฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบกับอิทธิพลความเร็วลม.....	65
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิที่รู้สึกกับความชื้นสัมพัทธ์ ภายในห้องเรียนที่มีอิทธิพล ของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ และภายในห้องเรียนที่มีอิทธิพล ของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบกับอิทธิพลความเร็วลม.....	115
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	144
5.1 บทสรุป.....	144
5.1.1 อิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อ สภาวะนำสบายทางด้านความร้อน.....	144
5.1.2 อิทธิพลปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อ สภาวะนำสบายทางด้านความร้อน.....	146
5.1.3 การประเมินและสรุปแนวทางการสร้างสภาวะนำสบาย ทางด้านความร้อนภายในอาคารกรณีศึกษา.....	148
5.1.4 แนวทางในประยุกต์ทางเลือกในการสร้างสภาวะนำสบาย ทางด้านความร้อนภายในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ.....	156
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	157

	หน้า
รายการอ้างอิง.....	158
ภาคผนวก.....	160
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์โดยสมการถดถอย.....	161
ภาคผนวก ข. การแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียนชั้นล่าง.....	163
ภาคผนวก ค. การแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียนชั้นบน.....	165
ภาคผนวก ง. การคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ.....	167
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	169



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ญ

ตารางที่	หน้า
2.1	อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและประสิทธิภาพเชิงกลในการทำกิจกรรม...8
2.2	ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (ชุด).....13
2.3	ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (แยกชิ้น).....14
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย.....25
3.1	แสดงกรณีศึกษาในการปรับสภาพตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียน...39
4.1	แสดงการจัดกลุ่มอาคารกรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์หิทธิพลตัวแปร.....49
4.2	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนมกราคม.....68
4.3	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนกุมภาพันธ์.....72
4.4	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนมีนาคม.....76
4.5	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนเมษายน.....80
4.6	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนพฤษภาคม.....83
4.7	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนมิถุนายน.....87
4.8	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนกรกฎาคม.....91
4.9	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนสิงหาคม.....95
4.10	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนกันยายน.....99
4.11	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนตุลาคม.....103
4.12	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนพฤศจิกายน.....107
4.13	แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนธันวาคม.....111
5.1	แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบ กับอาคารเรียนทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูหนาว.....148
5.2	แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบ กับอาคารเรียนทั่วไปพิจารณาการใช้งานอาคาร ในฤดูหนาว.....149
5.3	แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบ กับอาคารเรียนทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูร้อน.....150
5.4	แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบ กับอาคารเรียนทั่วไปพิจารณาการใช้งานอาคาร ในฤดูร้อน.....150
5.5	แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบ กับอาคารเรียนทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูหนาว.....152

ตารางที่	หน้า
5.6 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไปพิจารณาการใช้งานอาคาร ในฤดูหนาว.....	154
5.7 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูร้อน	154
5.8 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไปพิจารณาการใช้งานอาคาร ในฤดูร้อน.....	150



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

๗

รูปที่		หน้า
2.1	สมดุคทางพลังงานของร่างกายมนุษย์.....	8
2.2	การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม.....	21
2.3	ผลกระทบของการเคลื่อนที่ของอากาศต่อความดันไอน้ำในบรรยากาศ.....	24
2.4	การหาค่าความดันไอน้ำในบรรยากาศเมื่อทราบอุณหภูมิอากาศและความชื้น.....	24
2.5	เส้นแสดงความรู้สึกสบาย เมื่ออุณหภูมิอากาศการแผ่รังสีความร้อนเปลี่ยนไป.....	28
3.1	หุ่นจำลองกรณีศึกษา.....	37
3.2	เครื่องมือวัดอุณหภูมิ.....	40
3.3	เครื่อง Data Logger พร้อมหัววัดความเร็วลม.....	41
3.4	เครื่องวัดความชื้น StowAway RH.....	41



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่	หน้า
4.1 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคมกลุ่ม 1.....	51
4.2 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคมกลุ่ม 2.....	52
4.3 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคมกลุ่ม 3.....	53
4.4 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคมกลุ่ม 4.....	54
4.5 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายนกลุ่ม 1.....	55
4.6 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายนกลุ่ม 2.....	56
4.7 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายนกลุ่ม 3.....	57
4.8 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายนกลุ่ม 4.....	58
4.9 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคมกลุ่ม 1.....	59
4.10 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคมกลุ่ม 2.....	60
4.11 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคมกลุ่ม 3.....	60
4.12 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคมกลุ่ม 4.....	60
4.13 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายนกลุ่ม 1.....	60
4.14 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายนกลุ่ม 2.....	61
4.15 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายนกลุ่ม 3.....	62
4.16 แสดงคุณสมบัติห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายนกลุ่ม 4.....	63
4.17 เปรียบเทียบคุณภาพอากาศกับคุณภาพที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพล คุณภาพเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงห้องชั้นล่างมกราคม.....	66
4.18 เปรียบเทียบคุณภาพอากาศกับคุณภาพที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพล คุณภาพเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงห้องชั้นบนมกราคม.....	67
4.19 เปรียบเทียบคุณภาพอากาศกับคุณภาพที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพล คุณภาพเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงห้องชั้นล่างกุมภาพันธ์.....	70
4.20 เปรียบเทียบคุณภาพอากาศกับคุณภาพที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพล คุณภาพเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงห้องชั้นบนกุมภาพันธ์.....	71

แผนภูมิที่	หน้า
4.52 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนมีนาคมเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	133
4.53 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนเมษายนเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	134
4.54 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนพฤษภาคมเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	135
4.55 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนมิถุนายนเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	136
4.56 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนกรกฎาคมเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	137
4.57 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนสิงหาคมเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	138
4.58 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนกันยายนชั้นล่างเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	139
4.59 แสดงคุณสมบัติและความชื้นในห้องเรียนห้องชั้นบนธันวาคมเมื่อมีอิทธิพลของ คุณสมบัติเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	140

คำอธิบายสัญลักษณ์

λ	คือ	ความร้อนของการระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 35°C มีค่า 578 kcal / kg
δ	คือ	ค่าคงที่ Stefan-Boltzman คือ 4.96×10^{-8} หน่วย kcal / m ² hr. k ⁴
ϵ	คือ	สัมประสิทธิ์การส่งออกของผิวนอกของเสื้อผ้า
ΔT	คือ	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน °F
A	คือ	พื้นที่ผืน sq.ft
a	คือ	ความร้อนของการระเหยของน้ำที่ 35°C ซึ่งมีค่า 575 kcal / kg
A_{DU}	คือ	พื้นที่ผิวของร่างกายคนเปลือย m ²
A_{du}	คือ	พื้นที่ผิวกาย หน่วย m ²
A_{du}	คือ	พื้นที่ผิวกาย หน่วย m ²
A_{eff}	คือ	พื้นที่ Effective ของการแผ่ความร้อนของเสื้อผ้า
A_{eff}	คือ	พื้นที่ Effective ของร่างกายคน
C	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนจากผิวนอกเสื้อผ้า
Ed	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการ Diffusion เป็นไอที่ผิวหนัง
E_d	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของน้ำผ่านผิวหนัง
E_{re}	คือ	การสูญเสียความร้อนแฝงจากการหายใจ หน่วย kcal / hr
E_{re}	คือ	การสูญเสียความร้อนแฝงทางการหายใจ
E_{sw}	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อจากผิวหนัง
f_{cl}	คือ	อัตราส่วนของพื้นที่ผิวของรูปร่างเสื้อผ้ากับพื้นที่ผิวคนเปลือย จากตาราง 2.2
f_{eff}	คือ	ตัวประกอบ Effective Radiation Area คือ 0.71 เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับคนนั่ง
		และยืน
H	คือ	พลังงานความร้อนที่ผลิตขึ้นภายในร่างกาย
h_c	คือ	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน หน่วย kcal / m ² hr c โดยที่ค่าของ h_c ขึ้นอยู่กับชนิดของการพาและถ้าความเร็วอากาศต่ำๆ การถ่ายเทความร้อนจะเป็นแบบ Free convection ดังนั้น h_c จะเป็นฟังก์ชันของ $t_c - t_a$ ถ้าเป็น Force convection h_c จะเป็นฟังก์ชันของความเร็วอากาศ
I_{cl}	คือ	ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า
K	คือ	การสูญเสียความร้อนจากผิวหนังสู่ผิวนอกของเสื้อผ้า
L	คือ	การสูญเสียความร้อนจากการหายใจแบบแห้ง
L	คือ	การสูญเสียความร้อนทางการหายใจแบบแห้ง

m	คือ	สัมประสิทธิ์การซึมของผิวหนัง คือ $6.1 * 10^{-4}$ หน่วย kg / hr m ² mm Hg
M	คือ	อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย
P _a	คือ	ความดันไอในบรรยากาศ (Pascal)
P _a	คือ	ความดันไอของอากาศล้อมรอบ หน่วย mm Hg
P _s	คือ	ความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิผิวหนัง หน่วย mm Hg
Q	คือ	ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร BTU/hr
R	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนจากผิวนอกเสื้อผ้า
t _a	คือ	อุณหภูมิอากาศ
t _{cl}	คือ	อุณหภูมิผิวนอกเสื้อผ้าที่สวมใส่ หน่วย องศาเซลเซียส
TDeq	คือ	Equivalent Temperature Different ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนัง °F
t _{mrt}	คือ	อุณหภูมิการแผ่ความร้อนเฉลี่ย หน่วย องศาเซลเซียส
t _s	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวหนัง หน่วย องศาเซลเซียส
U	คือ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือกระจก BTU/hr (sq.ft) ^o F
V	คือ	ปริมาณการหมุนเวียนอากาศของปอด หน่วย kg / hr
W _a	คือ	อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่หายใจเข้า หน่วย kg water /kg dry air
W _{ex}	คือ	อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่หายใจออก หน่วย kg water /kg dry air

การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อการนำประโยชน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิรักษ์ พรหมศิริแสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นดินเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารกรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน (ไพบุลย์ วัชรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็น เพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อรุพงษ์ศา, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนทวิทยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตา และเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

- การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (มนต์ชัย อัจฉพันธ์, 2544)
- การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544)

เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

- การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร (สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, 2544)
- การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ (รุจิยา มุสิกะลักษณ์, 2544)
- ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและรื้อถอน (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2544)
- แนวทางในการประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา (จันทอน สุลิวง, 2544)

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธิไชย, 2544) เป็นการออกแบบโรงเรียน ที่นำเอาเทคนิคต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ มาวิเคราะห์ ผสมผสาน เป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

RELATED RESEARCH OF NON-AIR CONDITIONED ELEMENTARY SCHOOL DESIGN IN NORTHEASTERN THAILAND

This thesis is a part of group research, consists of:

Concepts of building and building materials are to utilize and optimize the natural assets by considered:

- THE DEVELOPEMENT OF ROOF DESIGN AND AIR CIRCULATION SYSTEM TO REDUCE TEMPERATURE IN BUILDING (PROMSIRISANG,APITOUCH, 2001)
- A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS , CASE STUDY : NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION , THAILAND (THONGKAMSAMUT, CHOOPONG, 2001)
- A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE (WANGRUNGRUANGKIT, PAIBOON, 2001)

Concepts of lighting design and visual comfort are to integrated daylight and artificial light by considered:

- DAYLIGHT UTILIZATION FROM CLERESTORY IN RURAL CLASSROOM (URUPONGSA, AVIRUTH, 2001)
- THE PLANING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN FOR INCREASING ENERGY PERFORMANCE (SAKULYANONDVITTAYA, ARNIC. 2001)
- AN APPROACH TO IMPROVE VISUAL COMFORT IN CLASSROOM IN RURAL AREAS (TANGPOONSUPSIRI, TIPPAWAN, 2001)

Concept of modifying microclimate is to improve the comfort condition by natural assets considered:

- THE USE OF SITE TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURE CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION (AUTCHAPUN, MONCHAI, 2001)
- EXTERIOR SURFACE TEMPERATURE REDUCTION THROUGH EVAPOLATION PROCESS (VUTTISUWAN, LERTLUX, 2001)

Concept of evaluation school performance is considered:

- A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING. (LOHASUWAN,SUTEEWAN, 2001)
- COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED CLASSROOM (MUSIKALUCK, ROUJIYA. 2001)
- THE EMERGY INDEX OF BUILDINGS AND BUILDING MATERIALS DURING CONSTRUCTION AND DEMOLITION (WANKANAPON, PIMONMART. 2001)
- AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX IN PRIMARY SCHOOL (SOULIVONG, CHANSONE, 2001)

PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION (PUTTHACO, NARAKORN, 2001) is the design of school which integrated, analyzed and optimized all natural factors, and techniques to create appropriate school for better learning environment.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา :

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าสภาพแวดล้อมรอบตัวมนุษย์นั้นมีผลต่อสุขภาพและ
ขบวนการผลิตพลังงานภายในร่างกายมนุษย์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างร่างกายมนุษย์กับสภาพแวดล้อม อันจะส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยความสามารถของความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มนุษย์สามารถปรับปรุงสภาพแวดล้อมรอบตัวให้อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ตลอดเวลา โดยการพึ่งพาระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นระบบเครื่องกลที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก หากขาดความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยีอย่างถ่องแท้แล้ว การพึ่งพาระบบปรับอากาศจะก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปอย่างสิ้นเปลือง ทำให้ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสามารถคาดการณ์ได้ว่า หากมนุษย์ยังใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ในอนาคตอันใกล้นี้มนุษย์ย่อมต้องเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนพลังงาน อีกทั้งยังต้องประสบกับปัญหาสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากการทำลายสภาพแวดล้อมเป็นผลกระทบสืบเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากขบวนการเผาผลาญพลังงานสู่ชั้นบรรยากาศทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกเป็นผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น

การออกแบบอาคารสำหรับสภาวะการณปัจจุบันการหันกลับไปพิจารณาการใช้พลังงานอย่างพอเหมาะในการสร้างสภาวะน่าสบายในอาคาร ด้วยวิธีการลดการพึ่งพาระบบปรับอากาศด้วยเครื่องกล และหันมาปรับปรุงสภาวะน่าสบายด้วยระบบธรรมชาติที่ไม่ใช้พลังงานหรือใช้พลังงานน้อยที่สุดหรือการใช้พลังงานสะอาด

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารไม่ปรับอากาศ เพื่อเปรียบเทียบแนวทางเลือกของการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารไม่ปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับการใช้งานภายในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย :

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้เพื่อเป็นเครื่องมือหนึ่งในการสาธิตแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนบรรยายไม่ปรับอากาศจากอาคารหุ่นจำลอง อาคารเรียนต้นแบบเป็นกรณีศึกษา ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาและหาความสัมพันธ์ตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน
2. ทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน
3. นำเสนอแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารไม่ปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตการวิจัย:

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อสาธิตถึงแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนจากอาคารกรณีศึกษาเป็นหลัก จากหุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนอาคารเรียนบรรยายไม่ปรับอากาศในประเทศไทย ที่ได้รับการออกแบบเป็นอาคารเรียนต้นแบบเพื่อมีประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยผลจากการวิจัยสามารถนำไปเทียบเคียงกับอาคารซึ่งมีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกันได้

จากเงื่อนไขที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตดังนี้

1. ค่า U-value ของกรอบอาคารถือเป็นค่าคงที่ไม่ใช่ตัวแปร
2. กำหนดจำนวนผู้ใช้อาคาร 50 คน ต่อ 1 ห้อง (พื้นที่ใช้งาน 70 ตารางเมตร) หรือ (0.7 คนต่อตารางเมตร) ถือเป็น internal heat gain จำนวนเด็ก 50 คน $250 \times 50 = 12500 \text{ BTU/h}$
3. ช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น.
4. กำหนดลักษณะกิจกรรมเรียนหนังสือและสอนบรรยาย (Metabolic Rate 1.2 Met เท่ากับ 58.2 w/m^2 หรือ 18.4 Btu/h ft^2)
5. กำหนดลักษณะเครื่องแต่งกายเป็นชุดนักเรียนมาตรฐานชาย หญิง ซึ่งมีค่าความต้านทานเครื่องแต่งกายเฉลี่ย 0.5 clo.
6. ศึกษาเฉพาะตัวแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมคือ อุณหภูมิภายในอาคาร อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์

7. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อทำนายสภาพภายในอาคารกรณีศึกษา คือ ข้อมูลสภาพอากาศ กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2542 จากกรมอุตุนิยมวิทยา เนื่องจากเป็นที่ตั้งอาคารหุ่นจำลองกรณีศึกษา โดยถือเป็นตัวแทนของภูมิภาคร้อนชื้นแบบประเทศไทย
8. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ สำหรับการทดสอบโดยการเก็บจากสภาพอากาศจริง คือ เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน ปี พ.ศ.2545 เพื่อใช้ในการทำนายสภาพภายในอาคารด้วยสมการถดถอย จากนั้นจึงใช้ข้อมูลจากสมการถดถอยเพื่อการวิเคราะห์สภาพในอาคารทั้งปี

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน (Thermal Comfort) หมายถึง condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment. (ASHRAR, 2001) สภาวะที่มนุษย์ไม่รู้สึกรู้ว่าอยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย หรือไม่รู้สึกรู้สึกตัวเองว่าได้สูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิหรือความร้อนระหว่างร่างกายและสภาวะแวดล้อม

เขตสบาย (Comfort Zone) หมายถึง เป็นขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อน-หนาวของมนุษย์ โดยทั่วไปหมายถึงโซนที่มนุษย์ตัดสินใจไม่ได้ว่าร้อนหรือหนาว (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

อุณหภูมิที่รู้สึก (Sensible Temperature) หมายถึงอุณหภูมิเสมือนที่ร่างกายมนุษย์รู้สึกได้ อาจสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

กำหนดสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกออก เป็น 2 ระดับคือ

สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนระดับ passive คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30%-80% ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนระดับ semi-passive คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70% ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย :

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ข้อมูลจากหุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษา เพื่อเสนอแนะทางเลือกในการปรับสภาวะนำสบายทางด้านในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน

กำหนดอิทธิพลตัวแปรและสร้างเครื่องมือในการทำนายปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม และความชื้น จากการเก็บข้อมูลทางกายภาพของหุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษา แล้วนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน โดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อสามารถนำเอาข้อมูลสภาพอากาศจริงที่ปรากฏมาทำการวิเคราะห์ด้วยสมการดังกล่าว

2. ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน

แทนค่าตัวแปรที่มีผลต่อตัวปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในสมการถดถอยด้วยข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา และทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน ดังนี้

- อิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร
- อิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- อิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วลมภายในอาคาร
- อิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์

จากนั้นจึงเปรียบเทียบปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในแต่ละเดือน

3. นำเสนอแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารไม่ปรับอากาศ
ทำการสรุปและเสนอแนะแนวทางการปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน
ในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศที่เหมาะสมในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ :

1. ทำให้ทราบถึงอิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน
2. สามารถประเมินผลการออกแบบอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ
3. ทำให้ทราบแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนอย่างเหมาะสมในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 หลักการของสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

การศึกษาเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนคือ การศึกษาเกี่ยวกับเงื่อนไขที่จำเป็นในการสร้างความพอใจในสภาพสิ่งแวดล้อมทางด้านความร้อน (Thermal Environment) สำหรับความต้องการของมนุษย์ (Human Beings) โดยมีจุดประสงค์ที่จะสร้างสภาพแวดล้อมรอบตัวมนุษย์ขณะนั้น ให้เอื้อต่อสภาพความรู้สึกไม่ร้อนและไม่หนาว คือให้มนุษย์มีความรู้สึกพึงพอใจกับสิ่งแวดล้อมนั้น สามารถตัดสินใจได้จากประสาทสัมผัสของมนุษย์ ซึ่งมีความแตกต่างกัน

เนื่องจากความรู้สึกต่อสภาพแวดล้อมของแต่ละคนนั้นย่อมไม่เหมือนกันถึงแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการรับรู้สภาวะแวดล้อมทางอุณหภูมิ อันได้แก่ เงื่อนไขทางสังคม (Sociological Condition) ขึ้นกับประเพณี วัฒนธรรม ค่านิยมทางสังคม การดำรงชีวิต ความประพฤติกติ และ เงื่อนไขทางกายภาพ (Physiological Condition) ขึ้นกับ กลไกภายในร่างกาย การแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีต่างๆ การแต่งกาย กิจกรรมที่ทำ รวมถึงลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนคือ (Fanger, 1970)

1. ความเร็วลม (Air Velocity)
2. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
4. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity/ Water Vapour Pressure in ambient air)
5. ระดับการทำกิจกรรม (Activity Level / Heat Production in the Body)
6. การสวมเสื้อผ้าแต่งกาย (Clo-Value / Thermal resistance of the clothing)

จากการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนทั้ง 6 ตัวแปร เกิดจากการสร้างสมดุลความร้อนภายในตัวมนุษย์กับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน สามารถจำแนกตัวแปรออกเป็นสองกลุ่มคือ ตัวแปรทางด้านบุคคล 2 ตัวแปร คือ อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism) และ เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value) ส่วนตัวแปรอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม 4 ตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และความเร็วลม (Air Velocity)

2.2 เงื่อนไขในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

สมดุลความร้อน

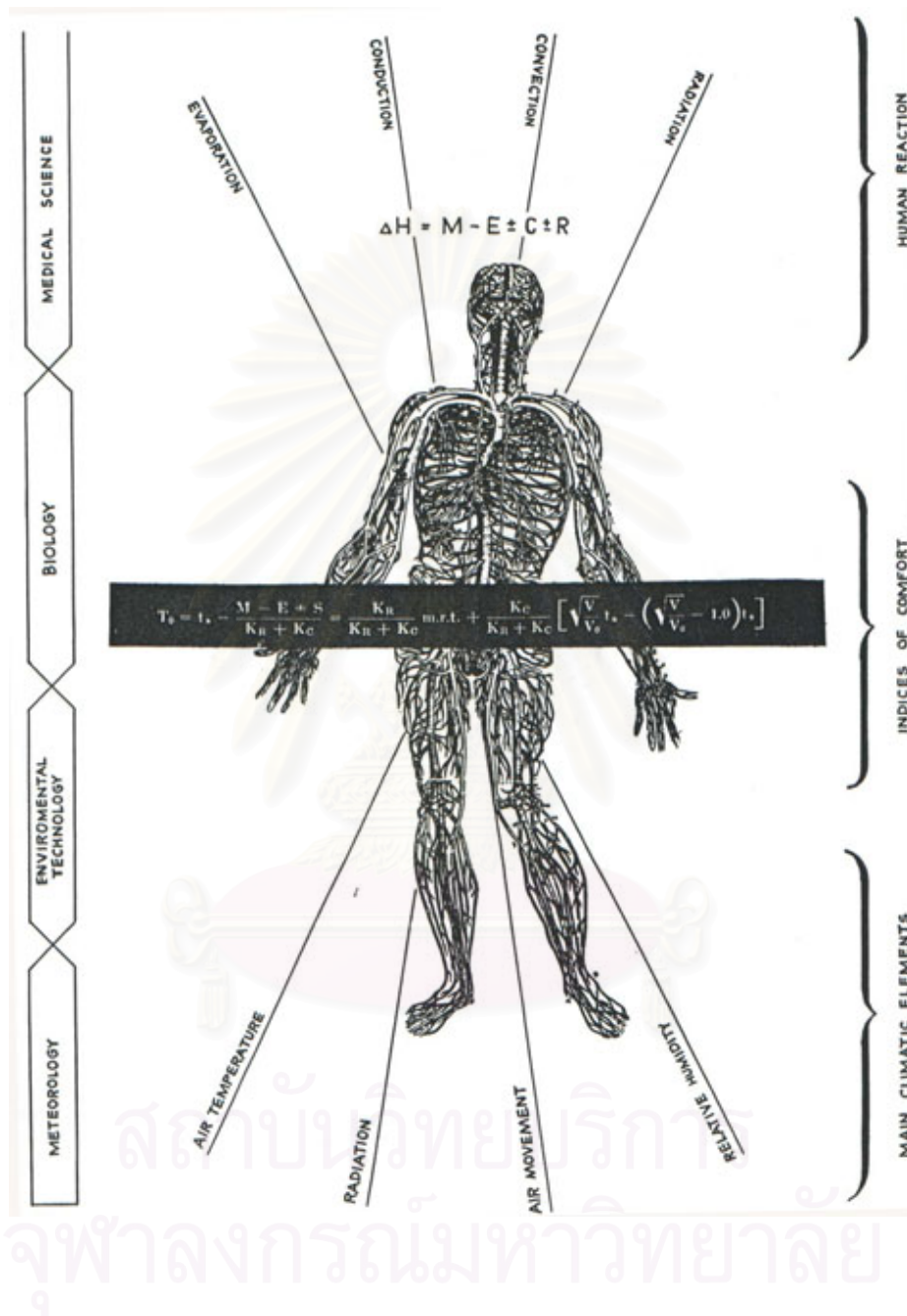
เนื่องจากร่างกายมนุษย์เปรียบเหมือนเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในร่างกายตลอดเวลาโดยการเผาผลาญอาหารเพื่อผลิตพลังงานในการดำรงชีวิต ขบวนการเผาผลาญอาหารนี้ทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นภายในร่างกาย ในสภาวะปกติภายในร่างกายของมนุษย์จะมีขบวนการรักษาสมดุลของร่างกาย เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในไว้ที่ $37^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ด้วยการรักษาอัตราการผลิตความร้อนของร่างกายให้เท่ากับอัตราการระบายความร้อนออก

เมื่อพิจารณาการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายให้คงที่ จึงสมมุติได้ว่าในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมทางความร้อนคงที่เป็นเวลานาน อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนภายในร่างกายมนุษย์คงที่ เกิดเป็นสมดุลทางความร้อน สามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K + R + C \quad (\text{Fanger, 1970})$$

เมื่อ	H	คือ	พลังงานความร้อนที่ผลิตขึ้นภายในร่างกาย
	E_d	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของน้ำผ่านผิวหนัง
	E_{sw}	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อจากผิวหนัง
	E_{re}	คือ	การสูญเสียความร้อนแฝงทางการหายใจ
	L	คือ	การสูญเสียความร้อนทางการหายใจแบบแห้ง
	K	คือ	การสูญเสียความร้อนจากผิวหนังสู่ผิวนอกของเสื้อผ้า
	R	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนจากผิวนอกเสื้อผ้า
	C	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนจากผิวนอกเสื้อผ้า

จากสมการจะเห็นได้ว่า พลังงานที่ผลิตในร่างกาย ลดด้วย การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยที่ผิว ($E_d - E_{sw}$) และการหายใจ ($E_{re} - L$) เท่ากับ ความร้อนที่นำผ่านเสื้อผ้า(K) หรือการสูญเสียความร้อนทางการแผ่และพาที่ผิวนอกเสื้อผ้า โดยสมมติให้ E_d , E_{sw} เกิดขึ้นที่หรือภายในผิวหนัง



รูปที่ 2.1 สมดุลทางพลังงานของร่างกายมนุษย์

ที่มา : Victor Olgyay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. (New York: Van Nostrand Reinhold, 1992), p.15.

1.1 การสร้างความร้อนภายใน (Internal Heat Production)

ในร่างกายมนุษย์มีพลังงานที่ปล่อยออกมาโดยขบวนการออกซิเดชัน (Oxidation Process) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า อัตราการเผาผลาญพลังงาน (Metabolic Rate หรือ M) มีหน่วยเป็น met ($1 \text{ met} = 50 \text{ k Cal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$) โดยขึ้นอยู่กับลักษณะกิจกรรมที่กระทำ พลังงานที่เกิดขึ้นนี้บางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นกำลังงานภายนอก (W) แต่ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนภายในร่างกาย (H) ดังสมการนี้

$$M = H + W \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

จากนิยามประสิทธิภาพของกลภายนอก (External Mechanic Efficiency หรือ η)

$$\eta = W / M$$

เมื่อแทนค่า η ในสมการด้านบนแล้วจะได้

$$H = M (1 - \eta) \quad \text{หน่วย kcal / hr}$$

หรือเมื่อคิดเป็นต่อหนึ่งหน่วยของพื้นที่ผิวร่างกาย A_{Du}

$$H / A_{Du} = M / A_{Du} (1 - \eta) \quad \text{หน่วย kcal / hr m}^2$$

ขนาดของ M / A_{Du} เป็นฟังก์ชันของการทำงานของคน แสดงในตาราง 2.1 อยู่ในรูปของการทำงานต่างๆ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย เช่นเดียวกับค่า η เมื่อ $\eta = 0$ คือ ไม่มีงานกลภายนอก เช่น การเดินไปตามแนวราบ และในกรณีที่ η มีค่าน้อยกว่า 0 ได้ เมื่องานภายนอกถูกส่งเข้าสู่ร่างกายคน เช่น การเดินลงเขา พลังงานศักย์ของมนุษย์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งอยู่ในข้อพับและกล้ามเนื้อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและประสิทธิภาพเชิงกลในการทำกิจกรรม

ที่มา : Fanger, P.O. Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering.

(New York: McGraw Hill book company, 1970), p.p.24-26.

กิจกรรม	อัตราการเผาผลาญพลังงาน งาน M / A_{Du} หน่วย $Kcal / hr. m^2$	ประสิทธิภาพ เชิงกล η	ความเร็วสัมพัทธ์ขณะ อากาศนิ่ง m / s
พักผ่อน			
นอนหลับ	35	0	0
เอกเขนก	40	0	0
นั่ง, เงียบๆ	50	0	0
ยืนสบายๆ	60	0	0
เดิน			
ทางราบ			
3.2 km / hr	100	0	0.9
4.0 km / hr	120	0	1.1
4.8 km / hr	130	0	1.3
ทางลาดชัน			
% ความลาด km / hr			
5 1.6	120	0.07	0.6
5 3.2	150	0.10	0.9
15 1.6	145	0.15	0.4
15 3.2	230	0.19	0.9
งานในสำนักงาน			
พิมพ์ดีด (ไฟฟ้า)	45 – 50	0	0.05
พิมพ์ดีด (ธรรมดา)	55 – 60	0	0.05
งานสำนักงานทั่วไป	50 – 60	0	0 - 0.1
พนักงานขาย	100	0 - 0.1	0.2 - 0.5
ครู	80	0	0
ซ่อมนาฬิกา	55	0	0

กิจกรรม	อัตราการเผาผลาญพลังงาน งาน M / A_{Du} หน่วย Kcal / hr. m^2	ประสิทธิภาพ เชิงกล η	ความเร็วสัมพัทธ์ขณะ อากาศนิ่ง m / s
ข้อเขียนพาหนะ			
รถยนต์ (การจราจรเบาบาง)	50	0	0
รถยนต์ (การจราจรติดขัด)	100	0	0
รถบรรทุก	160	0 - 0.1	0.05
บินเวลากลางคืน	60	0	0
งานหนัก			
แบกของหนัก 50 kg	200	0.2	0.5
เข็นรถเข็น (57 kg ที่ 4.5 km / hr)	125	0.2	1.4
งานบ้าน			
ทำอาหาร	80 - 100	0	0
ยึนล้างจาน	80	0	0 - 0.2
ซักผ้าด้วยมือและรีดผ้า	100 - 150	0 - 0.1	0 - 0.2
ซื้อของ	80	0	0.2 - 1
กิจกรรมนันทนาการ			
เดินรำ	120 - 200	0	0.2 - 2
เทนนิส	230	0 - 0.1	0.5 - 2
สควอชท์	360	0 - 0.1	0.5 - 2
บาสเก็ตบอล	380	0 - 0.1	1 - 3
ยิมนาสติก	150 - 200	0 - 0.1	0.5 - 2
ฟันดาบ	350	0	0.5 - 2
มวยปล้ำ	435	0 - 0.1	0.2 - 0.3

1.2 การสูญเสียความร้อนทางผิวหนัง (Heat Loss by Skin Diffusion)

การระเหยน้ำผ่านผิวหนังเป็นส่วนหนึ่งของการขับเหงื่อ จัดเป็นขบวนการที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย (Thermoregulatory control) จำนวนการแผ่ความร้อน (Diffusion) ต่อ หนึ่งหน่วยพื้นที่นั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (P_s) ที่อุณหภูมิผิวหนัง และ ความดันไอน้ำอิ่มตัวในอากาศล้อมรอบ (Ambient Air) แสดงเป็นสมการการสูญเสียความร้อนผ่านผิวหนังได้ดังนี้

$$E_d = \lambda m A_{Du} (p_s - p_a) \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

เมื่อ	E_d	คือ	การสูญเสียความร้อนโดยการ Diffusion เป็นไอที่ผิวหนัง
	λ	คือ	ความร้อนของการระเหยของน้ำที่ 35°C ซึ่งมีค่า 575 kcal / kg
	m	คือ	สัมประสิทธิ์การซึมของผิวหนัง คือ $6.1 \cdot 10^{-4}$ หน่วย kg / hr m^2 mm Hg
	A_{Du}	คือ	พื้นที่ผิวกาย หน่วย m^2
	p_s	คือ	ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิผิวหนัง หน่วย mm Hg
	p_a	คือ	ความดันไอของอากาศล้อมรอบ หน่วย mm Hg

จาก Steam Table พบว่า P_s เป็นฟังก์ชันของ t_s เมื่อ $27^\circ\text{C} < t_s < 37^\circ\text{C}$ ด้วยความคลาดเคลื่อน $< 3\%$ จะได้

$$P_s = 1.92 t_s - 25.3 \quad \text{หน่วย mm Hg (Fanger, 1970)}$$

เมื่อแทนค่า a, m, P_s ในสมการการสูญเสียความร้อนผ่านผิวหนังข้างต้น จะได้สมการใหม่คือ

$$E_d = 0.35 A_{Du} (1.92 t_s - 25.3 - p_a) \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

จากสมการพบว่าค่าการสูญเสียความร้อนทางผิวหนังขึ้นอยู่กัพื้นที่ผิวกาย (A_{Du}) อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวหนัง (t_s) และความดันไอน้ำในบรรยากาศ (p_a)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 การสูญเสียความร้อนจากการระเหยของเหงื่อ (Heat Loss by Evaporation of Sweat Secretion)

การระเหยของเหงื่อที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศและความดันไอน้ำที่เหมาะสมสามารถทำให้มนุษย์รู้สึกอยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน โดยจำนวนการระเหยของเหงื่อนั้นเป็นฟังก์ชันของระดับการทำงานในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

1.4 การสูญเสียความร้อนแฝงจากการหายใจ (Latent Respiration Heat Loss)

ภายในอากาศที่มนุษย์หายใจเข้าไปนั้นจะมีความร้อนและไอน้ำรวมอยู่ด้วย ซึ่งความร้อนและไอน้ำเหล่านี้จะเข้าสู่ร่างกาย โดยการพาและการระเหยของทางเดินหายใจ เมื่อหายใจเข้า การถ่ายเทความร้อนของอากาศจะถูกถ่ายเทกลับเข้าสู่ร่างกายและเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำ ในขณะที่เมื่อหายใจออกความร้อนและน้ำภายในจมูกจะมีมากกว่าอากาศในสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดกระบวนการกลายเป็นไอน้ำในจมูกจะดึงความร้อนมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะ การหายใจจึงเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียความร้อนแฝงและการสูญเสียความร้อนแห้งจากร่างกาย

ดังนั้นการสูญเสียความร้อนแฝงจากการหายใจจึงขึ้นอยู่กับฟังก์ชันของปริมาณการหมุนเวียนอากาศของปอด และความแตกต่างระหว่างน้ำระหว่างอากาศซึ่งหายใจเข้าและออกสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{re} = V (W_{ex} - W_a) \lambda \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

เมื่อ	E_{re}	คือ	การสูญเสียความร้อนแฝงจากการหายใจ หน่วย kcal / hr
	V	คือ	ปริมาณการหมุนเวียนอากาศของปอด หน่วย kg / hr
	W_{ex}	คือ	อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่หายใจออก หน่วย kg water /kg dry air
	W_a	คือ	อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่หายใจเข้า หน่วย kg water /kg dry air
	λ	คือ	ความร้อนของการระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 35°C มีค่า 578 kcal / kg

ซึ่งค่าของปริมาณการหมุนเวียนอากาศของปอด (V) เป็นฟังก์ชันของอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (M) จากการวิเคราะห์ของ Assussen และ Nielsen และได้รับการปรับปรุงโดย Liddel ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$V = 0.0060 M \quad \text{หน่วย kg / hr}$$

และจากการศึกษาของ Mc Cutchan และ Taylor เกี่ยวกับค่า W_{ex} , W_a พบความสัมพันธ์ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} W_{ex} - W_a &= 0.0277 + 0.000065 t_a - 0.80 W_a \\ &\cong 0.029 - 0.80 W_a \quad \text{หน่วย kg water / kg dry air} \end{aligned}$$

ประมาณค่า $W_a = 0.622 p_a / (P - p_a) \cong 0.00083 p_a$ ในสมการข้างต้น

จะได้ $W_{ex} - W_a = 0.029 - 0.00066 p_a$ หน่วย kg water / kg dry air

เมื่อ p_a คือ ความดันบางส่วนของไอน้ำในอากาศที่หายใจเข้า mm Hg

P คือ ความดันปรอทที่ระดับน้ำทะเล คือ 760 mm Hg

เมื่อนำไปแทนค่าในสมการการสูญเสียความร้อนแฝงจากการหายใจจะได้

$$E_{re} = 0.0023 M (44 - p_a) \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

จากสมการพบว่าค่าการสูญเสียความร้อนแฝงจากการหายใจขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ (อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย) และความดันของไอน้ำในอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 การสูญเสียความร้อนจากการหายใจแบบแห้ง (Dry Respiration Heat Loss)

เกิดเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศที่หายใจเข้าและหายใจออก มีสมการดังนี้

$$L = 0.0014 M (34 - t_a) \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

เมื่อ L คือ การสูญเสียความร้อนจากการหายใจแบบแห้ง

M คือ อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย หน่วย mm Hg

t_a คือ อุณหภูมิอากาศ หน่วย องศาเซลเซียส

1.6 การนำความร้อนผ่านเสื้อผ้า (Heat Conduction Through the Clothing)

การส่งผ่านความร้อนระหว่างผิวหนังและผิวนอกของเสื้อผ้า มีหลายลักษณะด้วยกัน คือ การพาความร้อน การแผ่ความร้อน ที่เกิดขึ้นบริเวณช่องว่างระหว่างผิวหนังกับเสื้อผ้า และการนำความร้อนของเสื้อผ้าเอง สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$K = A_{Du} (t_s - t_{cl}) / 0.18 I_{cl} \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

เมื่อ A_{Du} คือ พื้นผิวกาย หน่วย m^2

t_s คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวหนัง หน่วย องศาเซลเซียส

t_{cl} คือ อุณหภูมิผิวนอกเสื้อผ้าที่สวมใส่ หน่วย องศาเซลเซียส

I_{cl} คือ ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า

โดยค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าบางชุดแสดงในตารางที่ 2.2 มีหน่วยเป็น $m^2 K/W$ และ clo (1 clo เท่ากับ $0.155 m^2 K/W$) สำหรับเสื้อผ้าแบบแยกชิ้นแสดงในตารางที่ 2.3 และค่ารวมของความต้านทานความร้อนเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จากสมการ $I_{cl} = 0.82 \sum I_{clo}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (ชุด)

ที่มา : ASHRAE Handbook of Fundamentals 1997, (Atlanta: The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1997X, p.8.8.

รายละเอียดชุดเครื่องแต่งกาย	I_{cl} (clo)	I_t^c (clo)	f_{cl}	i_{cl}
เปลือย	0	-	1.0	0
กางเกงขาสั้น เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.36	1.02	1.10	0.34
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.57	1.20	1.15	.36
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.61	1.21	1.20	.41
เหมือนข้างบน และสวมเสื้อแจ๊คเก็ต	0.96	1.54	1.23	
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว เสื้อกันหนาวแขนยาว และเสื้อยืด	1.01	1.56	1.28	
ชุดนอน เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว เสื้อคลุม และสวมรองเท้าแตะ	0.96	1.50	1.32	0.37
กระโปรงสั้น เสื้อแขนสั้น ชุดชั้นใน และรองเท้าโปร่ง	0.54	1.10	1.26	
กระโปรงสั้น เสื้อแขนยาว สลิปเต็มตัว และชุดชั้นใน	0.67	1.22	1.29	
กระโปรงยาว เสื้อแขนยาว แจ๊คเก็ตและชุดชั้นใน	1.10	1.59	1.46	
ชุดหมี่แขนยาว เสื้อยืดคอกลม	0.72	1.30	1.23	
กางเกงขายาว เสื้อแขนยาว เสื้อยืดคอกลม	0.89	1.46	1.27	0.35

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (แยกชิ้น)

ที่มา: Lbid., p.8.9.

รายละเอียดเครื่องแต่งกาย	I _{clo} /clo	รายละเอียดเครื่องแต่งกาย	I _{clo} /clo
ชุดชั้นใน		รองเท้า	
กางเกงในชาย	0.04	ถุงเท้ากีฬาสั้นแค่ตาตุ่ม	0.02
กางเกงในหญิง	0.03	ถุงเท้าสั้นแค่หน้าแข้ง	0.03
เสื้อชั้นใน	0.01	ถุงเท้าแค่เข่า (หนา)	0.06
เสื้อยืดคอกลม	0.08	ถุงน่อง	0.02
สลีปแบบเต็มตัว	0.16	รองเท้าสานโปร่ง	0.02
สลีปแบบครึ่งตัว	0.14	รองเท้าแตะ	0.03
เสื้อเชิ้ต		รองเท้าบู๊ต	0.01
ไม่มีแขน คอคว้าน	0.12	กางเกง	
เดรสเชิ้ตแขนสั้น	0.19	กางเกงขาสั้นแบบสั้น	0.06
เดรสเชิ้ตแขนยาว	0.25	กางเกงขาสั้นแค่เข่า	0.08
เสื้อกั๊กแบบกีฬาแขนสั้น	0.17	กางเกงขายาวบาง	0.15
เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.34	กางเกงขายาวหนา	0.24
ชุดเดรสและกระโปรง		กางเกงทรงหลวม	0.30
กระโปรง บาง	0.14	ชุดหมี	0.49
กระโปรง หนา	0.23	เสื้อขนสัตว์	
เสื้อแขนยาว บาง	0.33	ไม่มีแขน บาง	0.13
เสื้อแขนยาว หนา	0.47	ไม่มีแขน หนา	0.22
เสื้อแขนสั้น บาง	0.29	แขนยาว บาง	0.25
เสื้อแขนกุด คอคว้าน บาง	0.23	แขนยาว หนา	0.36
เสื้อแขนกุด คอคว้าน หนา	0.27	ชุดนอนและชุดคลุม	
เสื้อสูทและเสื้อกั๊ก		เสื้อคลุมสั้นไม่มีแขน บาง	0.18
เสื้อสูทชั้นเดียว บาง	0.36	เสื้อคลุมยาวไม่มีแขน บาง	0.20
เสื้อสูทชั้นเดียว หนา	0.44	ชุดคลุมแขนสั้น หนา	0.48
เสื้อสูทหมีซี่บใน บาง	0.42	ชุดนอนแขนยาว หนา	0.46
เสื้อสูทหมีซี่บใน หนา	0.45	ชุดนอนแขนสั้น บาง	0.42
เสื้อกั๊กไม่มีแขน บาง	0.10	ชุดคลุมแขนยาว หนา	0.69
		เสื้อคลุมแขนสั้นแบบโรงพยาบาล	0.31

1.7 การถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Heat Loss by Radiation)

การแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดจากผิวนอกของเสื้อผ้า สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R = A_{\text{eff}} \epsilon \delta \left\{ (t_{\text{cl}} + 273)^4 - (t_{\text{mrt}} + 273)^4 \right\} \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

เมื่อ	A_{eff}	คือ	พื้นที่ Effective ของการแผ่ความร้อนของเสื้อผ้า
	ϵ	คือ	สัมประสิทธิ์การส่งออกของผิวนอกของเสื้อผ้า
	δ	คือ	ค่าคงที่ Stefan-Boltzman คือ $4.96 \cdot 10^{-8}$ หน่วย kcal / m ² hr. k ⁴
	t_{mrt}	คือ	อุณหภูมิการแผ่ความร้อนเฉลี่ย หน่วยองศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตามเนื่องจากร่างกายมีส่วนเว้าส่วนโค้ง ดังนั้นจะใช้พื้นที่ Effective แทนพื้นที่ผิวของคน

$$A_{\text{eff}} = f_{\text{eff}} f_{\text{cl}} A_{\text{DU}} \quad \text{หน่วย m}^2 \quad (\text{Fanger, 1970})$$

เมื่อ	A_{eff}	คือ	พื้นที่ Effective ของร่างกายคน
	f_{eff}	คือ	ตัวประกอบ Effective Radiation Area คือ 0.71 เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับคนนั่งและยืน
	f_{cl}	คือ	อัตราส่วนของพื้นที่ผิวของรูปร่างเสื้อผ้ากับพื้นที่ผิวคนเปลือย จากตาราง 2.2
	A_{DU}	คือ	พื้นที่ผิวของร่างกายคนเปลือย m ²

จากข้อมูลของ Hardy J.D และ Mitchell พบว่า ϵ ของผิวหนังมีค่าใกล้ 1 และเสื้อผ้าส่วนใหญ่จะมีค่า ϵ ประมาณ 0.95 ดังนั้นค่าเฉลี่ยที่ใช้คือ 0.97

แต่ถ้าคนได้รับรังสีคลื่นสั้น การส่งผ่านความร้อนโดยการแผ่ทั้งหมด สามารถหาได้จากสมการ 2.1 แต่การหาค่า t_{mrt} ของกรณีนี้จำเป็นต้องหาข้อมูลเกี่ยวกับการสะท้อนกลับของผิวหนังและเสื้อผ้า

จากสมการเมื่อแทนค่า จะได้ $A_{\text{ef}}, \epsilon, \delta$

$$R = 3.4 \cdot 10^{-8} A_{\text{DU}} f_{\text{cl}} \left\{ (t_{\text{cl}} + 273)^4 - (t_{\text{mrt}} + 273)^4 \right\} \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

หากพิจารณาจากสมการจะพบว่า การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวที่มีเสื้อผ้าห่อหุ้ม อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน และชนิดของเสื้อผ้า

1.8 การสูญเสียความร้อนด้วยการนำความร้อน (Heat Loss by convection)

เกิดขึ้นบริเวณผิวนอกเสื้อผ้า การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนที่เกิดจากผิวนอกเสื้อผ้า เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C = A_{Du} f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \quad \text{หน่วย kcal / hr (Fanger, 1970)}$$

เมื่อ h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน หน่วย kcal / m² hr c โดยที่ค่าของ h_c ขึ้นอยู่กับชนิดของการพาและถ้าความเร็วอากาศต่ำๆ การถ่ายเทความร้อนจะเป็นแบบ Free convection ดังนั้น h_c จะเป็นฟังก์ชันของ $t_{cl} - t_a$ ถ้าเป็น Force convection h_c จะเป็นฟังก์ชันของความเร็วอากาศ

ในกรณี Free convection Nilson และ Pedersen พบว่าเมื่อผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งและยืน

$$h_c = 2.05 (t_{cl} - t_a)^{0.25} \quad \text{หน่วย kcal / m}^2 \text{ hr c (Fanger, 1970)}$$

$$\text{หรือ } h_c = 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} \quad \text{หน่วย W / m}^2 \text{ c}$$

$$\text{เมื่อ } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 (V_a)^{0.5}$$

ในกรณีเป็น Force convection Winslow, Gagge และ Herrington พบว่า

$$h_c = 10.4 (V_a)^{0.5} \quad \text{หน่วย kcal / m}^2 \text{ hr c (Fanger, 1970)}$$

$$\text{หรือ } h_c = 12.1 (V_a)^{0.5} \quad \text{หน่วย W / m}^2 \text{ c}$$

$$\text{เมื่อ } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 (V_a)^{0.5}$$

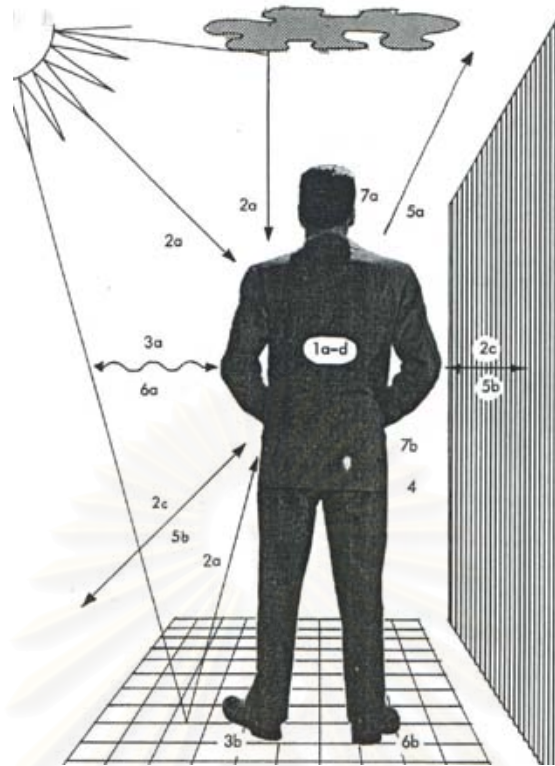
2.3 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

ปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความรู้สึกน่าสบายทางด้านความร้อน ประกอบด้วย

1. ผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศ
2. ผลกระทบจากความดันไอน้ำในอากาศ
3. ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ
4. ผลกระทบจากอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม
ที่มา : Victor Olgay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, p.16.

GAINS

1. Heat produced by:
 - a. Basal processes
 - b. Activity
 - c. Digestive, etc. processes
 - d. Muscle tensing and shivering in response to cold
2. Absorption of radiant energy:
 - a. From sun directly or reflected
 - b. From glowing radiators
 - c. From non-glowing hot objects
3. Heat condition toward the body:
 - a. From air above skin temperature
 - b. By contact with hotter objects
4. Condensation of atmospheric moisture (occasional)

LOSSES

5. Outward radiation:
 - a. To "sky"
 - b. To colder surroundings
6. Heat conduction away from body:
 - a. To air below skin temperature (hastened by air movement-convection)
 - b. By contact with colder objects
7. Evaporation:
 - a. From respiratory tract
 - b. From skin

1. ผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศถือเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านด้านความร้อน (Thermal Comfort) และสภาพสภาวะอาคารในการปรับเปลี่ยนสภาพภายในอาคารในเชิงความร้อน (Thermal) โดยอุณหภูมิอากาศภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารสามารถแบ่งได้ดังนี้

- การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารด้วยการนำความร้อน (Conduction Heat Gain) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = UA \Delta T$$

โดยที่

Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร BTU/hr

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือกระจก BTU/hr (sq.ft)^{°F}

A = พื้นที่ผนัง sq.ft

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน °F

พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารเนื่องจากความร้อนจากแสงแดดผนวกกับการที่ภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าภายใน แสดงออกมาในรูปของสมการได้ดังนี้

โดยที่

Q = $UA T_{Deq}$

Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร BTU/hr

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือกระจก BTU/hr (sq.ft)^{°F}

A = พื้นที่หลังคา sq.ft

T_{Deq} = Equivalent Temperature Different

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนัง °F

- การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารด้วยการพาความร้อน

$$q_v = (V)(1.08)(\Delta T)$$

โดยที่

q_v = ความร้อนที่แลกเปลี่ยนเมื่อมีกระแสลม BTU/hr

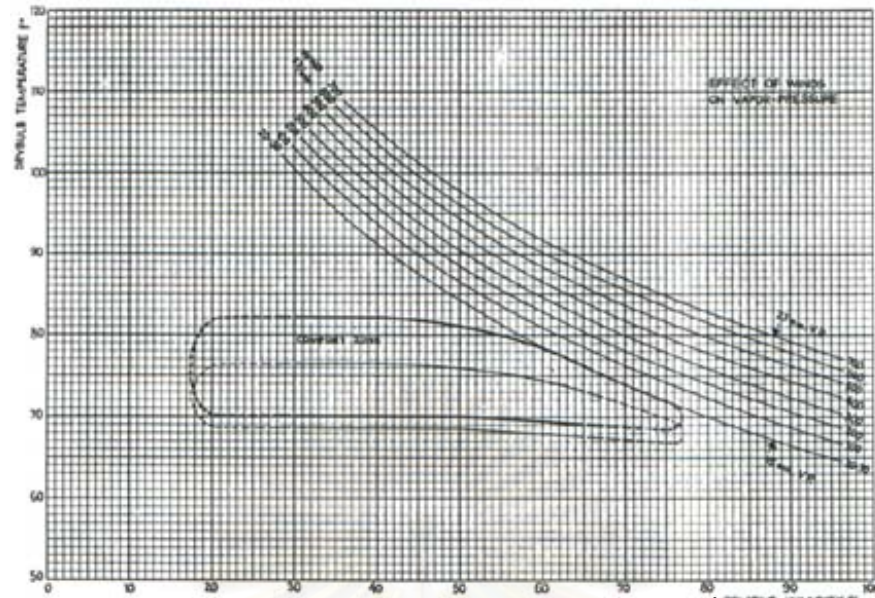
V = อัตราการไหลของอากาศ หน่วย cfm

ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างความร้อนภายนอกและภายในอาคาร

จากการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของ อาคารสถาปัตยกรรมไทย (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวงศ์, 2536) กล่าวไว้ว่ามวลสารของ อาคารและมวลสารขององค์ประกอบทางธรรมชาติ นั้น มีผลกระทบและเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายทาง ด้านความร้อน การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอากาศ (Temperature Swing) MRT และการหน่วง หน่วงความร้อนเข้ามาในอาคาร (Thermal Time Lag) คืออาคารที่มีมวลสารเบาและการสะสมและ หน่วงหน่วงความร้อนแทบไม่มีเลย ในขณะที่มวลสารปานกลางหรือมากกว่าจะสามารถหน่วงหน่วง ความร้อนโดยรวม 3 ชั่วโมง คือ Peak ของอากาศภายในจะเกิดขึ้น 3 ชั่วโมงหลังจากเกิดคือ Peak ของอากาศภายนอก

2. ผลกระทบจากความดันน้ำในบรรยากาศ

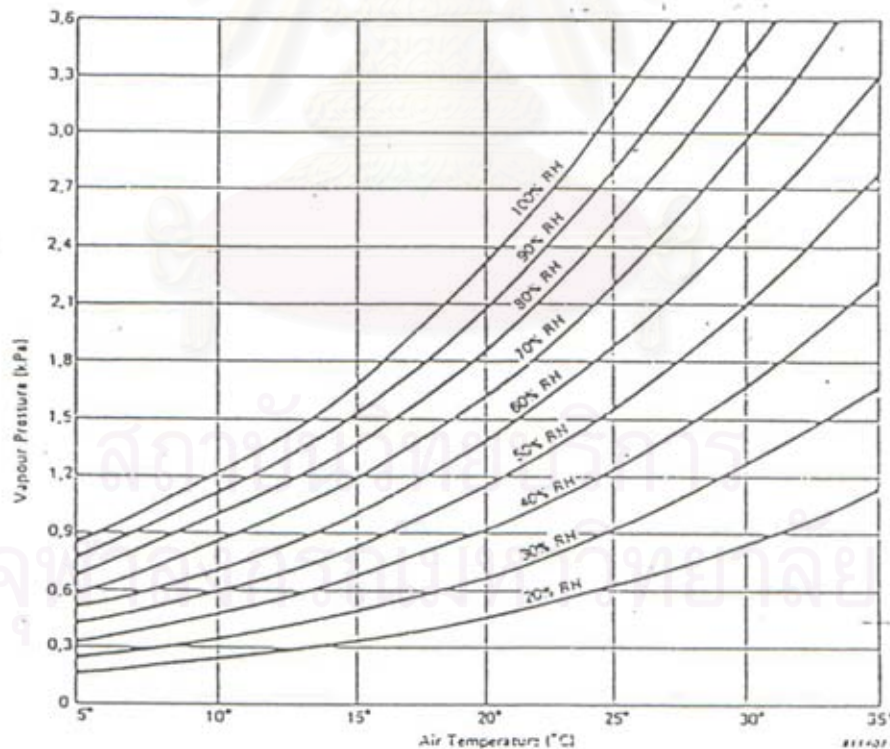
เมื่อความดันไอน้ำในบรรยากาศ 15 มม.ปรอท จะส่งผลให้มนุษย์รู้สึก “กดดัน” หรือ “อึดอัด” โดย Dr.Paul Aiple อธิบายว่า ในบรรยากาศที่มีความดันไอน้ำสูงกว่า 15 มม.ปรอท นั้นต้อง ใช้การเคลื่อนที่ของอากาศถึง 1 mph (88 fpm) ในการลดความดันไอลง 1 มม. และ The John B. Pierce Foundation, Yale University ได้คิดค้นการคำนวณที่ละเอียดเพิ่มขึ้น ดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงความสามารถในการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายของอากาศที่มีความดันไอน้ำขึ้นไปถึง 15-23 มม.ปรอท ที่ถูกกระทำโดยลมที่มีอัตราเร็วตั้งแต่ อากาศนิ่ง (20-30 fpm) จนกระทั่งถึง 700 fpm ซึ่งในสภาวะไม่ปรับอากาศนั้นความดันน้ำในบรรยากาศภายในอาคารไม่สามารถ ควบคุมได้ แต่อาจอาศัยการเคลื่อนไหวของอากาศเป็นการช่วยพาความชื้นออกไปตั้งนอกอาคารได้



รูปที่ 2.3 ผลกระทบของการเคลื่อนที่ของอากาศต่อความดันไอน้ำในบรรยากาศ

ที่มา : Victor Olgay, *Design with Climate*: p.20.

โดยค่าความดันไอน้ำในบรรยากาศเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถหาได้จากการใช้รูปที่ 2.4 เมื่อทราบค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 2.4 การหาค่าความดันไอน้ำในบรรยากาศเมื่อทราบอุณหภูมิอากาศและความชื้น

ที่มา: ประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ, การศึกษาสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนของคนในอาคาร, วิทยานิพนธ์

ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิทยาศาสตร์

3 ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนที่ของอากาศ มีผลต่อสมดุทธ์ทางความร้อนของร่างกายและความรู้สึกสบายโดยมีผลต่ออัตราการนำและการพาความร้อนระหว่างผิวกายและอากาศ นอกจากนั้นยังมีผลต่อการทำความเย็นของร่างกายจากการเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำ โดยพบว่าเมื่อกระแสลมที่พัดผ่านผิวกายมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์จะเกิดความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง ความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศนี้เป็นเพราะอัตราการระบายความร้อนออกจากผิวกาย ซึ่งแปรผันตามความเร็วของกระแสลม คือ ถ้ากระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นร่างกายมนุษย์จะสามารถระบายความร้อนได้เร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับความ รู้สึกเมื่อมีลมพัดผ่านผิวกายนี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์โดยการใส่สมการถดถอยพบว่า

$$\text{ความรู้สึกเย็นลง (}^{\circ}\text{C)} = 0.381v + 0.016 rh \quad (\text{สุนทร บุญญาธิการ, 2541}).$$

$$v = \text{ความเร็วลม} \quad (\text{กิโลเมตรต่อชั่วโมง})$$

$$rh = \text{ความชื้นสัมพัทธ์} \quad (\text{เปอร์เซ็นต์})$$

จากสมการสรุปได้ว่า มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.4 องศาเซลเซียสเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ความเร็วของกระแสลมจะถูกจำกัดด้วยผลกระทบอื่นที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความแรงของลมที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 2.4 นี้

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย

ที่มา : Victor Olgyay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, p.20.

ความเร็วลม	ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0 – 50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50 – 100 fpm	ต่ำลง 2 – 3 ° F	สบาย
100 – 200 fpm	ต่ำลง 4 – 5 ° F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รู้สึกได้ว่ามีเคลื่อนไหวของอากาศ
200 – 300 fpm	ต่ำลง 5 – 7 ° F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5 – 7 ° F	ควรแก้ไขให้ทำงานได้อย่างสุขลักษณะมีประสิทธิภาพ

4 ผลกระทบจากอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน

ถ้าไม่นับการแผ่รังสีความร้อนและผลของการระเหยเป็นไอในอากาศแล้ว ความร้อนสามารถแลกเปลี่ยนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อมโดยการแผ่รังสีความร้อนให้แก่กันและกัน สิ่งที่มนุษย์รู้สึกได้นั้นคือ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนนี้ได้ถูกนิยามว่าเป็น อุณหภูมิผิวของสิ่งปิดล้อมสีดำ ที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีในอัตราเท่ากับมนุษย์ ในสภาวะแวดล้อมจริง หรือในแง่หนึ่ง อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวผนังห้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าการแผ่รังสีของวัสดุ (Emissivity) ความสามารถในการทำความร้อนหรือความเย็นโดยการแผ่รังสีของทุกพื้นผิว โดยจะต้องเปรียบเทียบพื้นที่และอุณหภูมิกับพื้นผิวอื่นในห้องเดียวกัน นอกจากนี้มุมของพื้นผิวที่กระทำกับร่างกาย และตำแหน่งของส่วนที่เปิดเผยของร่างกายก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน

ในการทำนายมาตรฐานความสบายส่วนใหญ่ อุณหภูมิผิวของสิ่งรอบข้างมักถูกสมมติให้เท่ากับอุณหภูมิอากาศ แต่ภายใต้สภาพที่เป็นจริงอุณหภูมิผิวหนึ่งจะมีค่าไม่แน่นอนและมักจะต่างกับอุณหภูมิอากาศ โดยสังเกตได้ง่ายเป็นพิเศษ เมื่อมีการใช้ Trombe Wall และการทำความร้อนโดยการแผ่รังสีจากพื้น ผนังหรือ เพดาน หรือในด้านความเย็นที่ผิวกระจกเมืองหนาว และผนังห้องใต้ดิน ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ ทำให้ร่างกายแผ่รังสีความร้อนออกไป

ถึงแม้ว่าอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวของสิ่งแวดล้อมนั้น แต่ยังมีอีกหลายตัวแปรที่จะต้องพิจารณาในการวิเคราะห์สมดุลย์ความร้อน คือ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และเครื่องแต่งกาย

จากแผนภูมิของ Fanger สำหรับผู้ใหญ่ที่อยู่หนึ่ง ในชุดเครื่องแต่งกายที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.5 clo และอากาศนิ่ง (ความเร็วลมต่ำกว่า 20 fpm, 0.1 m/s) เมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มจาก 78°F ไปถึง 88°F จะต้องทำให้อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนลดลงจาก 78°F ไปถึง 68°F ถึงจะรักษาสภาพที่น่าสบายไว้ได้ แต่ในขณะที่มีความเร็วลมต่ำ (40 fpm, 0.2 m/s) การเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 10F จาก 80°F เป็น 90°F จะต้องลดอุณหภูมิอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนถึง 14°F หรือจาก 80°F เป็น 66°F ดังนั้นภายใต้ภาวะอากาศใกล้เคียงอากาศนิ่ง ถ้าอุณหภูมิอากาศลดลง 1°F จะต้องเพิ่มอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนขึ้น 0.8°F อย่างไรก็ตามการลดอุณหภูมิการแผ่รังสีเพื่อผลในด้านการปรับสภาพอากาศนั้น มีขีดจำกัดเนื่องจากในทางปฏิบัติไม่ค่อยพบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวผนังเกิน 4 – 5 °F

จากการผลงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวงนิค, 2536) กล่าวไว้ว่า "เนื่อง จากกรณีนี้ Mean Radiant Temperature (MRT) ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้ทุก 1 องศาเซลเซียส เราจะมีความรู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส ดังนั้นออกแบบวัสดุพื้น ผนัง หลังคาของอาคารสามารถป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้นั้น จะสามารถส่งเสริมให้ภายใน อาคารมีสภาพเข้าใกล้สภาวะน่าสบายทางความร้อนได้"

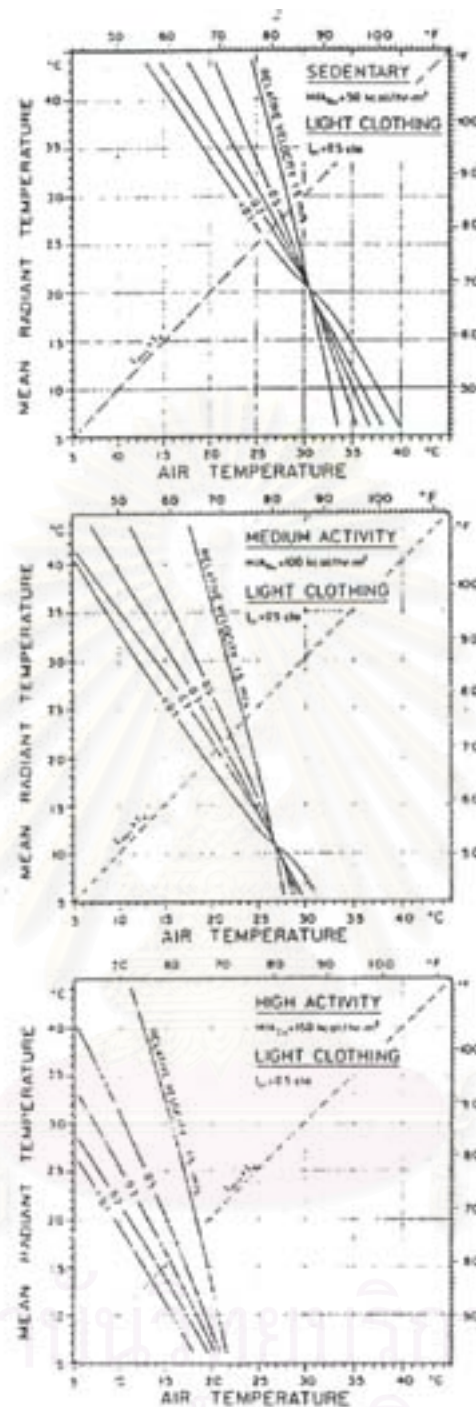
ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบนั้นสามารถวัดโดยค่าถ่วงเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มี อิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ รวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบนั้น สามารถคำนวณได้จากอุณหภูมิผิวของด้านต่างๆ ในห้อง และตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดย รอบโดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดย หาค่าเฉลี่ยออกมาเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ มีสมการดังนี้

$$T^4_{mrt} = T^4_1 F_{p-1} + T^4_2 F_{p-2} + \dots + T^4_N F_{p-N} \quad (\text{Fanger, 1970})$$

เมื่อ T = อุณหภูมิผิว หน่วย องศาเซลวิน
 F_{p-1} = มุมกระทำหรือ Solid Angle

สรุปได้ว่าภายในอาคารนั้นมีค่าเฉลี่ยจากอุณหภูมิพื้นผิวด้านต่างๆ ซึ่งได้แก่ พื้น ผนัง เพดาน หลังคา ที่มีการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนและรวมถึงแสงแดดโดยตรง ซึ่งอิทธิพลที่มีผลต่อ Mean Radiant Temperature (MRT) ภายในอาคารนั้นคือ รังสีดวงอาทิตย์และคุณสมบัติของวัสดุที่ นำมาใช้สำหรับผนัง หลังคา และพื้น

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.8 เส้นแสดงความรู้สึกสบาย เมื่ออุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเปลี่ยนไป
(โดยลักษณะการทำกิจกรรมเป็นแบบเบา ปานกลางและหนัก)

ที่มา: P.O.Fanger, Thermal Comfort: Analysis and Application, p.53.

2.4 ปัจจัยทางด้านบุคคลที่มีผลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน

1. ผลกระทบจากเครื่องแต่งกาย

จากกฎของ Goldman ที่ว่า บุคคลที่สวมใส่เสื้อผ้าที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.6 clo และมีการทำงานแบบสำนักงาน (100 – 200 kcal /hr) จะรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 1°F เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกายลง 0.1 clo แต่ถ้าทำงานในระดับที่หนักขึ้น อุณหภูมิที่รู้สึกได้จะเปลี่ยนไป 1°F ก็ต่อเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกายลง 0.2 clo ซึ่งคนที่สวมใส่ชุดสูทธุรกิจธรรมดา และชุดชั้นในผ้าฝ้าย (มีค่าความต้านทานความร้อน = 1 clo) จะต้องการอุณหภูมิต่ำกว่าคนที่ไม่สวมเสื้อผ้าประมาณ 9°C

2. ผลกระทบด้านกิจกรรม

2.5 สมดุลพลังงานของร่างกายมนุษย์

ระบบการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย จะพยายามให้สมดุลพลังงานมีค่าเท่ากับ ศูนย์ ($S=0$) หรือมีความเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

ถ้า $S < 0$ คือ ร่างกายปลดปล่อยพลังงานออกมามากกว่าที่ผลิต และอุณหภูมิภายในร่างกายลดลง ร่างกายจะลดอัตราการไหลเวียนโลหิต หรือเพิ่มกระบวนการหดตัวของท่อต่างๆ เพื่อเพิ่มค่าการต้านทานความร้อนของผิวหนัง ทำให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงร่างกายน้อยลง ผลคิดทำให้ อุณหภูมิผิวร่างกายลดลงไปตามอัตราการสูญเสียความร้อน หากกระบวนการนี้ไม่สำเร็จ ร่างกายจะเพิ่มการผลิตพลังงานขึ้นต่อไป โดยเพิ่มแรงดึงในกล้ามเนื้อ ซึ่งถ้ายังไม่เพียงพอจะเกิดการสั่นของร่างกายนั่นเอง

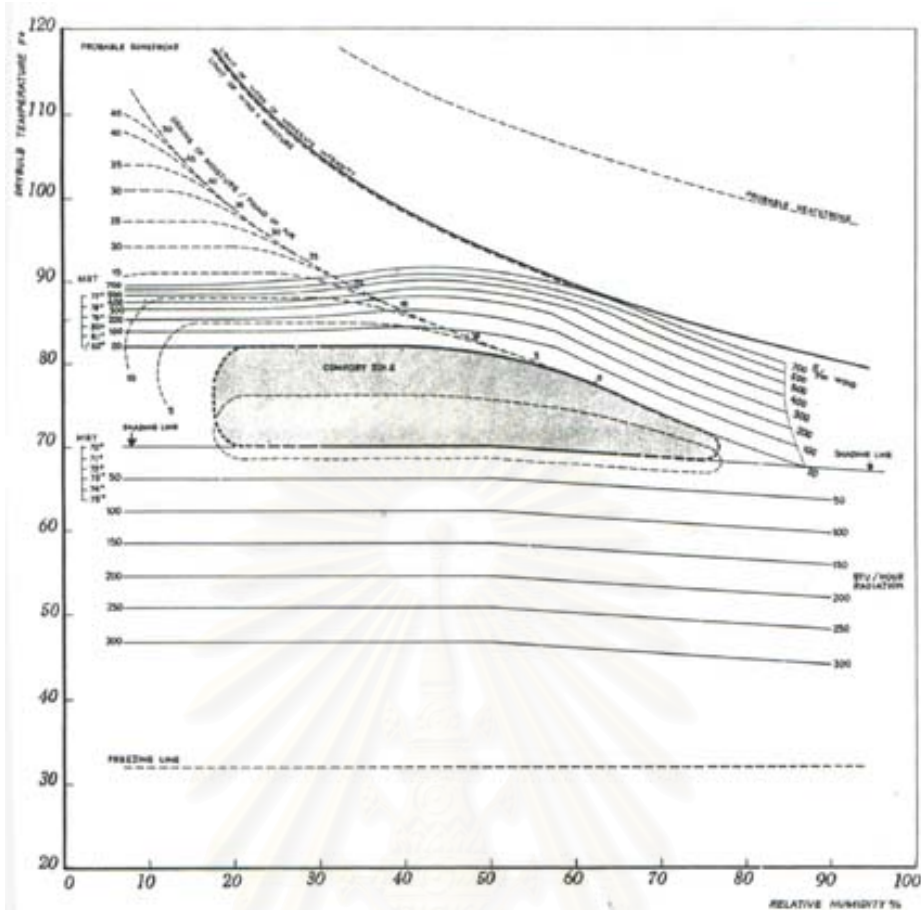
ในกรณีที่ $S > 0$ คือ การสูญเสียความร้อนที่ไม่สมดุลกับการผลิตความร้อนของร่างกาย ส่งผลให้เกิดกระบวนการขยายตัวของท่อต่างๆ เพื่อให้เลือดไหลเวียนมากขึ้น อุณหภูมิผิวร่างกายสูงขึ้น เพื่อเพิ่มอัตราการสูญเสียความร้อน นั่นคือ ลดความต้านทานความร้อนของผิวหนังนั่นเอง ถ้ากระบวนการนี้ไม่สำเร็จ ร่างกายจะผลิตเหงื่อเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการสูญเสียความร้อนจากการระเหยของน้ำด้วย

2.6 พัฒนาการของดัชนีภาวะความสบาย

ความพยายามในการค้นหามาตรฐานของภาวะน่าสบาย ได้ดำเนินสืบเนื่องกัน ซึ่งความพยายามที่จะค้นหามาตรฐานอันหนึ่ง ที่รวมผลกระทบของตัวแปรต่างๆ อันมีอิทธิพลต่อภาวะความสบายของมนุษย์ มาตรฐานนี้ถูกเรียกรวมๆ ว่า ดัชนีอุณหภูมิ (Thermal Indices) หรือ มาตรฐานความสบาย (Thermal Scale)

การทดลองเหล่านี้ เริ่มต้นด้วยการสร้างห้องพิเศษที่สามารถปรับระดับภาวะอากาศภายในห้องได้ และทำการสอบถามปฏิกิริยาของผู้ถูกทดลองซึ่งอยู่ในห้องดังกล่าว โดยทำการปรับอุณหภูมิตั้งแต่ร้อนจัดจนกระทั่งหนาวจัด ข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกในรูปแบบกราฟ และประเมินค่าด้วยระเบียบวิธีทางสถิติมาตรฐานดัชนีที่ชี้ถึงขนาดของอุณหภูมิที่เหมาะสม เท่าที่มีการค้าคว่ำกันมานั้น มีประมาณ 30 แบบ แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะแบบที่สำคัญเท่านั้น คือ

1. ดัชนีภาวะความสบายของ Victor Olgyay สร้างดัชนีภาวะความสบายที่ตั้งอยู่บนแนวคิดที่ว่า ไม่มีจุดใดเพียงจุดเดียวในการสร้างดัชนีซึ่งมีรูปลักษณะหนึ่งเดียว เขาจึงได้สร้างดัชนีภาวะความสบายจากองค์ประกอบ 4 ประการ ที่มีผลต่อระดับความสบายของอากาศ โดยเรียกดัชนีที่สร้างขึ้นว่า "Bioclimatic Chart" เป็นมาตราใหม่ ซึ่งช่วงความสบายถูกนิยามในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมได้โดย Additional Lines จากการที่ระดับของภาวะน่าสบายนี้ถูกดันขึ้น โดยผลของการเคลื่อนไหวของอากาศ และถูกทำให้ต่ำลงโดยผลของการแผ่รังสี.



รูปที่ 10 แผนภูมิไพอีโคลแมติก

ที่มา: Victor Olgyay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, p.22.

2. ดัชนีภาวะความสบายของ P.O. Fanger โดยริเริ่มพัฒนาดัชนีที่คาดการณ์ภาวะความสบายทางอุณหภูมิ โดยวิธีการที่สามารถคำนวณได้จากความเป็นจริง ซึ่งมีการคิดค้นดัชนีที่เชื่อมโยงไปสู่สมการความสบาย 2 แบบคือ Predicted Mean Vote (PMV) และ Predicted Percentage Dissatisfy (PPD)

Predicted Mean Vote (PMV) เป็นการแสดงถึงความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะนั้น กับสิ่งที่ร่างกายต้องการเพื่อรักษาความรู้สึกสบาย โดยการคำนวณสมการสมดุลย์ทางความร้อน

Predicted Percentage Dissatisfy (PPD) ได้มาจากการกระจายตัวในการ Volt จากการทดลองในห้องทดลอง โดยเป็นค่าของอุณหภูมิจาก PMV กับ ค่าการยอมรับได้ของ ASHRAE Volt ที่มากกว่า 2 หรือน้อยกว่า -2

โดย Fanger มีแนวคิดที่ ความรู้สึกทางอุณหภูมิของมนุษย์ขึ้นอยู่กับสถานะของร่างกายมากกว่าผลจากสิ่งแวดล้อม สมการความสบายของเขาจึงแสดงค่าสมดุทธ์ทางความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากการเฝ้าสังเกตการณ์ 2 อย่าง คือ อุณหภูมิผิวกายและการสูญเสียความร้อนจากการระเหย ณ ภาวะน่าสบาย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย

เนื่องจากเงื่อนไขสำคัญของภาวะน่าสบาย คือ ความพึงพอใจในสมดุทธ์พลังงานของร่างกายมนุษย์ เช่น ความพอใจในเงื่อนไขที่อัตราการสูญเสียความร้อนและการผลิตความร้อนภายในร่างกายเท่ากัน ซึ่งเมื่อพิจารณาตัวแปรส่วนบุคคลและสภาพแวดล้อม ภาวะสมดุทธ์ทางอุณหภูมิร่างกายเกิดขึ้นเมื่อ

$$f(M, W, I_{cl}, t_a, rh, t_{mr}, t_{sk}, E_{sw}) = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$E_{sw} = 0.42 \{(M - W) / A_{DU} - 58.15\} [W] \dots \dots \dots (2)$$

$$T_{sk} = 35.7 - 0.0275 (M - W) / A_{DU} [^{\circ}C] \dots \dots \dots (3)$$

แต่เงื่อนไขส่วนบุคคลและสภาพแวดล้อมที่จะสอดคล้องเป็นสมการ (1)-(3) สำหรับกลุ่มคนเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่อัตราการไหลของเหงื่อและอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวภายในแต่ละคนมักจะใกล้เคียงแต่ไม่เท่ากันทั้งหมด ซึ่งในกรณีเช่นนี้ก็น่าสงสัยว่าความไม่สบายที่คนส่วนใหญ่จะรู้สึกนั้นจะเป็นเท่าไร Fanger จึงได้เสนอ Comfort Index ชื่อว่า Predicted Mean Vote (PMV) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ทำนายค่ากลางของการลงคะแนนของกลุ่มคนขนาดใหญ่ โดยการใช้มาตราส่วนความรู้สึกทางอุณหภูมิแบบ 7 จุด (Seven Point Thermal Sensation Scale)

ดัชนี PMV สามารถหาค่าได้เมื่อมีการประเมินกิจกรรม (อัตราการเผาผลาญพลังงาน) และเครื่องแต่งกาย (ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า) และมีการเก็บข้อมูลสภาวะแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย และค่าความดันไอน้ำบางส่วน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PMV = (0.303_c^{-0.036} + 0.28) \{(M - W) - 3.05 * 10^{-3} [5733 - 6.99 (M - W) - P_a] - 0.42 [(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - f_{cl})\}$$

โดย P_a คือ ความดันไอน้ำในบรรยากาศ (Pascal)

ดัชนี PMV จะใช้ได้เป็นอย่างดีต่อเมื่อสภาพแวดล้อมอยู่ในภาวะ Steady State แต่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในการประมาณการได้ ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ของตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่า ที่มีเงื่อนไขของเวลาที่มีการถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละตัวแปร

โดยแนะนำให้ใช้ดัชนี PMV สำหรับการ Vote ตั้งแต่ -2 ถึง + 2 และเมื่อตัวแปรหลัก มีค่าอยู่ในช่วง

$$\begin{aligned}
 M &= 46 - 232 \text{ Wm}^{-2} \text{ (0.8 - 4 met)} \\
 I_{cl} &= 0 - 0.31 \text{ m}^2 \text{ CW}^{-1} \text{ (0 - 2 clo)} \\
 T_a &= 10 - 30 \text{ C} \\
 T_{mr} &= 10 - 40 \text{ C} \\
 V_{ar} &= 0 - 1 \text{ m/s} \\
 P_a &= 0 - 2700 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่า วิธีการ PMV มีข้อเสียเกิดจากผลที่ได้จากการคาดการณ์ ซึ่งจะมีความแม่นยำน้อยลงเมื่อตัวแปรที่มีค่าต่างจากภาวะสบายมาก เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ หรือมีการทำงานในอัตราการเผาผลาญพลังงานสูง และเนื่องจากข้อมูลที่ได้ในการทำนายมาจากกลุ่มคนผิวขาวในวัยเรียน ทำให้ไม่สามารถอ้างอิงไปถึงความเป็นไปได้ในทุกกรณี

2.7 การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบาย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ได้มีผู้ศึกษาและกำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายไว้หลายระดับ อาทิเช่น

Victor Olgyay, 1973 กำหนดขอบเขตสภาวะน่าสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 22-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20-75 เปอร์เซ็นต์ ภายในเงื่อนไขที่ลมค่อนข้างสงบ อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของผนังเท่ากัน การแต่งกายเป็นแบบลำลอง และทำกิจกรรมปกติสบายๆ

วรารภรณ์ กาญจนโรจน์, 2542 ขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายในสภาวะไม่ปรับอากาศ เมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 22-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20-75 เปอร์เซ็นต์ ภายในเงื่อนไขที่ลมค่อนข้างสงบ อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของผนังเท่ากัน การแต่งกายเป็นแบบลำลอง และทำกิจกรรมปกติสบายๆ

สุนทร บุญญาธิการ, 2544 ได้ขยายสภาวะน่าสบายออกเป็น 3 ระดับ เพื่อการปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ตามความเหมาะสมของกิจกรรมและการใช้พลังงาน สำหรับการออกแบบมหาวิทยาลัยชินวัตร ดังนี้

พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive zone) อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเร็วลม 0-500 fpm เหมาะสำหรับกิจกรรมต่ำถึงปานกลางไม่เคร่งเครียดมากนัก ซึ่งใช้พลังงานน้อยมาก

พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi-passive zone) อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเร็วลม 15-350 fpm เหมาะสำหรับกิจกรรมปานกลาง ซึ่งใช้พลังงานน้อยปานกลาง

พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อม (Control zone) อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45-55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเร็วลม 50-150 fpm เหมาะสำหรับกิจกรรมทุกประเภทโดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่ต้องการใช้ความคิดและต้องการรักษาความตื่นตัวของร่างกายเสมอเช่น การเรียนรู้ ซึ่งใช้พลังงานมากที่สุดและเป็นส่วนที่ต้องพึ่งพาระบบปรับอากาศ

จากข้อมูลข้างต้นการวิจัยนี้จึงกำหนดขอบเขตสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศออกเป็น 2 ระดับ คือ

สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนระดับ Passive คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เหมาะกับกิจกรรมต่ำถึงปานกลาง อาทิเช่น กิจกรรมนันทนาการ การเรียนการสอนที่ไม่เคร่งเครียดมากนัก เป็นต้น

สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนระดับ Semi-passive คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เหมาะกับกิจกรรมปานกลาง อาทิเช่น การเรียนรู้ทั่วไป การเรียนบรรยาย การสัมมนาต่างๆ ไม่เหมาะสมกับกิจกรรมหนักภายในอาคารอาทิเช่น การออกกำลังกาย เป็นต้น

2.8 สภาพอากาศแบบร้อนชื้น

เป็นที่ทราบกันดีว่าประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี และมีช่วงของความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูงถึง 6 – 7 เดือนใน 1 ปี สามารถสรุปคร่าวๆ เกี่ยวกับสภาพอากาศเฉลี่ยโดยทั่วไปของประเทศไทยได้ดังนี้

1. มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมินี้้อย ไม่ว่าจะเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิใน 1 ปี เฉลี่ยเพียง 22°F และในแต่ละวัน ในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิแตกต่าง 6°F และฤดูหนาว 13°F
2. มีแสงแดดตลอดทั้งปี โดยชั่วโมงที่มีแดดมีถึงประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงที่มีดวงอาทิตย์ใน 1 ปี ดวงอาทิตย์โคจรอ้อมทางทิศเหนือในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ประมาณ 4 เดือน และโคจรอ้อมทางทิศใต้ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนเมษายน ประมาณ 8 เดือน
3. ความชื้นสัมพัทธ์และความดันไอน้ำในบรรยากาศ เฉลี่ยที่ 18 mm.Hg สามารถสูงถึง 20 mm.Hg ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม
4. ทิศทางลมตลอดทั้งปีนั้นพัดมาจากทุกทิศ

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า การทำให้สภาพอากาศเย็นขึ้นนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งมีอยู่มากภายในอากาศ ทำให้อัตราการระเหยของเหงื่อเป็นไปได้ยาก จึงต้องการกระแสลมเข้ามาช่วยเร่งอัตราการระเหยของเหงื่อให้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการที่มีปริมาณแสงแดดนั้นก่อให้เกิดการสะสมความร้อนในวัสดุต่างๆ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนให้มากขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้นการปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนนั้นสิ่งที่จะต้องคำนึงสิ่งแรกคือ การออกแบบสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมกับสภาพอากาศ โดยป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ติดตั้งระบบภายในอาคารให้เอื้อต่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศ และมีการใช้อาคารให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่เกิดขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เมื่อผ่านกระบวนการกำหนดโครงร่างการวิจัย รวมถึงการศึกษาแนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงได้ทำการอธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียด เพื่อความถูกต้องและชัดเจนในวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1. กรณีศึกษาหรือกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอาคารหุ่นจำลองต้นแบบโรงเรียนไม่ปรับอากาศ (นรากร พุทธิไพบ, 2544) เพื่อการหาแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ โดยหุ่นจำลองอาคารเรียนตัวอย่างนี้ออกแบบเพื่อเป็นอาคารต้นแบบสำหรับอาคารเรียนในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ประกอบด้วยห้องเรียน 2 ห้อง คือ ห้องเรียนชั้นล่างซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากความเป็นจากดินและห้องเรียนชั้นบนซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากความเป็นหลังคา โดยอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารที่มีผนังอาคารที่สามารถกันความร้อนจากภายนอกอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพค่า U-value ผนังมีค่า 0.4 และค่า U-value หลังคามีค่า 0.03



ภาพที่ 3.1 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษา สัดส่วน 1:3 ที่ตั้ง ตำบลดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร

3.2. อิทธิพลตัวแปรและการกำหนดตัวแปร

สามารถแบ่งกลุ่มแปรที่มีผลต่อการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนออกเป็น 2 กลุ่มซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อกัน ดังนี้

- | | |
|------------------|--|
| ตัวแปรกลุ่มที่ 1 | ตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน |
| ตัวแปรกลุ่มที่ 2 | ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน |

อธิบายตัวแปร

ตัวแปรกลุ่มที่ 1 ตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน
ถือเป็นตัวแปรข้างต้นที่มีผลต่อปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. ตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร คือ
อุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิกระเปาะเปียก ความร้อนภายในอาคาร ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การระบายอากาศจากช่องเปิดทางด้านบน การไหลเวียนอากาศโดยกระแสลม (Cross Ventilation) อุณหภูมิที่มีการคิด time lag 4 ชั่วโมง
2. ตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ คือ
อุณหภูมิผิวด้านในแต่ละส่วนของอาคารของอาคาร
3. ตัวแปรที่มีผลต่อความชื้นภายในอาคาร คือ ความชื้นภายนอกอาคาร
4. ตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วลมในอาคาร คือ การเปิด ปิดหน้าต่าง การเปิดพัดลม

จากตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการถดถอยเพื่อทำนายสภาพภายในอาคารกรณีศึกษาและสรุปแนวทางการทดสอบแนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนซึ่งจะกล่าวต่อไป

ตัวแปรกลุ่มที่ 2 ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน คือตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวแปรในกลุ่มที่ 1 ที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร
2. อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
3. ความเร็วลม
4. ความชื้นสัมพัทธ์

การกำหนดอิทธิพลตัวแปร

จากตัวแปรทั้งสองกลุ่มสามารถสรุปเป็นตัวแปรที่นำมาทดสอบการเปรียบเทียบแนวทางการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารไม่ปรับอากาศด้วยอิทธิพลตัวแปรได้ดังนี้

- ทดสอบอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน เพื่อหาแนวทางในการปรับการใช้งานอาคารที่ทำให้อุณหภูมิในอาคารเข้าใกล้สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากที่สุด จากตัวแปรดังนี้
 1. ปรับสภาพแวดล้อมภายนอก (Micro Climate)
 2. การไหลเวียนของอากาศ (Cross Ventilation)
 3. การระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบน
 4. ความร้อนภายในอาคาร

จากนั้นจึงนำแนวทางในการปรับการใช้งานในอาคารนั้นไปทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนตามลำดับ ซึ่งได้แก่

- อิทธิพลจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- อิทธิพลจากความเร็วลม
- อิทธิพลจากความชื้น (ในสภาวะไม่ปรับอากาศไม่สามารถควบคุมได้)

สามารถแยกเป็นกรณีในการวิเคราะห์แนวทางในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้าน
ความร้อนได้ทั้งหมด 16 กรณี ต่อห้องเรียนหนึ่งชั้น ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงกรณีศึกษาในการปรับสภาพตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนหนึ่งชั้น

กรณีที่	การปรับสภาพ ที่ตั้ง	การไหลเวียนของ อากาศ	การระบายอากาศ จากช่องอากาศ ด้านบน	ความร้อนภายใน อาคาร
1	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
3	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
4	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี
5	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
6	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี
7	ไม่มี	มี	มี	ไม่มี
8	ไม่มี	มี	มี	มี
9	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
10	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
11	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
12	มี	ไม่มี	มี	มี
13	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
14	มี	มี	ไม่มี	มี
15	มี	มี	มี	ไม่มี
16	มี	มี	มี	มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ให้ค่าตัวแปรทางกายภาพจากหุ่นจำลองอาคารเรียนตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องบันทึกค่า T_a , V_a , Rh T_g อุณหภูมิผิวและการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อสร้างสมการถดถอยในการทำนายตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคาร ได้แก่

- 1.1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เครื่อง SYSTEM 200 เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภท ANALOG/DIGITAL CONVERTER เครื่องมือนี้จะแปลงค่าความต้านทานจากหัวเซนเซอร์ซึ่งเป็นหัว เทอร์มิสเตอร์ขนาด 10 KILO-OHMS กลับมาเป็นค่าอุณหภูมิด้วยโปรแกรมภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับ SYSTEM 200 ซึ่งมีการปรับตั้งมาตรฐานหัวเซนเซอร์ที่จะใช้วัดอุณหภูมิทุกเซนแนลให้สามารถอ่านค่าได้เท่าเทียมกันก่อนการใช้งานแล้ว



รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Data Logger) รุ่นเครื่อง SYSTEM 200

- 1.2. เครื่องมือวัดความเร็วลม ใช้หัววัดความเร็วลมที่เรียกว่า Hot Flim Anemometer ซึ่งมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศสูงจำนวน 2 หัว ช่วงการวัดความเร็วลม 0-20 เมตรต่อวินาที มีความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์ การส่งสัญญาณใช้ระบบกระแสไฟฟ้าไม่จำกัดความยาวของสายไฟ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้ความยาวสาย 12.5 เมตร ต้องใช้ไฟฟ้าจ่ายให้กับหัววัดลมด้วยความต่างศักย์ 24 โวลต์ จึงจำเป็นต้องทำหม้อแปลงเพื่อแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ ซึ่งมีการปรับเทียบความเที่ยงของหัววัดจากบริษัทผู้ผลิตแล้ว



รูปที่ 3.3 เครื่อง Data Logger พร้อมหัววัดความเร็วลม

- 1.3. เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลสำหรับความชื้น StowAway RH



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความชื้น StowAway RH

2. สมการเพื่อทำนายตัวแปรที่มีผลต่อบัณฑิตที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนและสมการทำนายบัณฑิตที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนประกอบด้วย

- 2.1. สมการในการทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
- 2.2. สมการในการทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
- 2.3. สมการทำนายอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่มีการปรับสภาพแวดล้อม ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
- 2.4. สมการทำนายอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอกอาคารที่มีการปรับสภาพแวดล้อม ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
- 2.5. สมการทำนายความชื้นสัมพัทธ์ ภายในห้องเรียนชั้นล่าง ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
- 2.6. สมการทำนายความชื้นสัมพัทธ์ ภายในห้องเรียนชั้นบน ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
- 2.7. สมการถดถอยทำนายความชื้นสัมพัทธ์เมื่อมีการปรับสภาพแวดล้อม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากระเบียบวิธีวิจัยในบทที่ 1 นำมากำหนดเป็นขั้นตอนวิจัยดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

โดยนำตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน โดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อสามารถนำเอาข้อมูลสภาพอากาศจริงที่ปรากฏมาทำการวิเคราะห์ด้วยสมการดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างสมการถดถอยดังนี้

1. เก็บข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในหุ่นจำลองอาคารเรียนตัวอย่าง เพื่อนำไปพิจารณาอุณหภูมิในสภาวะน่าสบาย ตั้งแต่ 24.00 น. ถึง 12.00 น. ของอีก 2 วันให้หลัง รวม 36 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที ในสภาพการปรับ Condition ที่ครอบคลุมทุกกรณี ข้อมูลที่ต้องบันทึกได้แก่

- อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคาร
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอกอาคาร
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร
- อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร
- อุณหภูมิพื้นผิวภายในอาคาร
- ความเร็วลมภายในอาคาร
- ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

2. สร้างสมการถดถอยในการทำนาย อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบพื้นผิว ความชื้นภายในอาคาร และความเร็วลมภายในอาคาร

ขั้นที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำ
สบายทางความร้อน

ทำการพิจารณาแนวทางในการปรับสภาวะแวดล้อมภายในห้องเรียนชั้นล่าง
และชั้นบนของอาคารทุกเดือน ในช่วงเวลา 8.00น-16.00น. ด้วยการแทนค่าตัวแปรที่มีผลต่อตัวปัจจัยที่
มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน คืออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ในสมการถดถอย
ด้วยข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา และทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อต่อ
อุณหภูมิอากาศภายในอาคารดังนี้

1. ปรับสภาพแวดล้อมภายนอก (Micro Climate)
2. การไหลเวียนของอากาศ (Cross Ventilation)
3. การระบายอาคารจากช่องอากาศด้านบน
4. ความร้อนภายในอาคาร

จากนั้นจึงเลือกแนวทางที่ดีที่สุดที่ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเข้าใกล้สภาวะนำ
สบายทางด้านความร้อน มาปรับด้วยตัวแปรสิ่งแวดล้อมอื่นที่มีผลต่อสภาวะนำสบายตามลำดับดังนี้
อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์

ขั้นที่ 3 นำเสนอแนวทางในการสร้างสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในอาคารไม่ปรับอากาศ

ทำการสรุปและเสนอแนะแนวทางการปรับสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนใน
อาคารเรียนไม่ปรับอากาศที่เหมาะสมในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารจะรู้สึกในกรณีที่ไม่ได้พิจารณาความชื้น ด้วยขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ภายในห้องเรียนไม่ปรับออกเป็น 2 ระดับ

1. ขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Passive อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส
2. ขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Semi-passive อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยขอบเขตสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศที่แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนระดับ Passive คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
2. สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนระดับ Semi-passive คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1. การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

หลังจากนำข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษามาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ในการสร้างสมการทำนายปัจจัยที่มีอิทธิพลสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนจากตัวแปรที่กำหนดในบทที่ 3 ได้สมการซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้¹

1. สมการถดถอยทำนายอุณหภูมิอากาศห้องเรียนชั้นล่างที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.913$

$$Y = 7.931 + (0.046 * DB) + (0.303 * WB) + (0.205 * \text{Soil Temp.}) - (0.004 * \text{Radiation}) + (0.251 * \text{Time lag}) + (0.714 * \text{Cr_ven}) - (0.930 * \text{Flux_h}) + (0.003 * \text{In_h_G})$$

เมื่อ DB	อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส
WB	อุณหภูมิกระเปาะเปียก หน่วย องศาเซลเซียส
Soil Temp.	อุณหภูมิดินที่สัมผัสอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส
Radiation	ค่าการแผ่รังสีความร้อนดวงอาทิตย์ หน่วย KJ/m^2
Time lag	อุณหภูมิที่เกิดจาก Time lag 4 ชั่วโมง หน่วย องศาเซลเซียส
Cr_ven	การไหลเวียนของอากาศ เป็นตัวแปร Dummy (เปิด = 1, ปิด = 0)
Flux_h	การระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบน เป็นตัวแปร Dummy (เปิด = 1, ปิด = 0)
In_h_G	ความร้อนภายในอาคาร หน่วย watt/h

¹ รายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย เพื่อสร้างสมการทำนาย แสดงในภาคผนวก ก.

2. สมการถดถอยทำนายอุณหภูมิอากาศห้องเรียนชั้นบน ที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.813$

$$Y = 17.723 + (0.094 * DB) - (0.003 * Radiation) + (0.336 * Time \text{ lag}) + (0.000009 * Time) + (0.169 * Cr_ven) - (1.048 * Flux_h) + (0.007 * In_h_G)$$

เมื่อ	DB	อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส
	Radiation	ค่าการแผ่รังสีความร้อนดวงอาทิตย์ หน่วย KJ/m^2
	Time	เวลา
	Time lag	อุณหภูมิที่เกิดจาก Time lag 4 ชั่วโมง หน่วย องศาเซลเซียส
	Cr_ven	การไหลเวียนของอากาศ เป็นตัวแปร Dummy (เปิด = 1, ปิด = 0)
	Flux_h	การระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบน เป็นตัวแปร Dummy (เปิด = 1, ปิด = 0)
	In_h_G	ความร้อนภายในอาคาร หน่วย watt/h

3. สมการถดถอยในการทำนายอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่มีการปรับสภาพแวดล้อม ที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.975$

$$Y = -1.270 + (0.503 * DB) + (0.598 * WB) + (0.0004 * Radiation) + (0.000003 * Time)$$

เมื่อ	DB	อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส
	WB	อุณหภูมิกระเปาะเปียก หน่วย องศาเซลเซียส
	Radiation	ค่าการแผ่รังสีความร้อนดวงอาทิตย์ หน่วย KJ/m^2
	Time	เวลา

4. สมการถดถอยทำนายอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอกอาคารที่มีการปรับสภาพแวดล้อม ที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.987$

$$Y = -0.507 - (0.272 * DB) + (1.326 * WB) + (0.001 * Radiation)$$

เมื่อ	DB	อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส
	WB	อุณหภูมิกระเปาะเปียก หน่วย องศาเซลเซียส
	Radiation	ค่าการแผ่รังสีความร้อนดวงอาทิตย์ หน่วย KJ/m^2

5. สมการถดถอยทำนายความชื้นภายในห้องชั้นล่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.707$

$$Y = 99.419 - (0.733 * RH)$$

เมื่อ RH ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร หน่วย %

6. สมการถดถอยทำนายความชื้นภายในห้องชั้นบน ที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.859$

$$Y = 43.842 + (0.475 * RH)$$

เมื่อ RH ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร หน่วย %

7. สมการถดถอยทำนายความชื้นเมื่อมีการปรับสภาพแวดล้อม ที่ระดับความเชื่อมั่น $R^2 = 0.844$

$$Y = 0.424 + (1.022 * RH) - (0.000008 * Time)$$

เมื่อ RH ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร หน่วย %
Time เวลา

4.2. การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียน

จากสมการข้างต้นสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย โดยตัวแปรที่ทำการทดสอบได้แก่ การปรับสภาพแวดล้อม การไหลเวียนอากาศ การระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบน และความร้อนภายในอาคาร โดยทำการวิเคราะห์แยกห้องเรียนชั้นล่างและห้องเรียนชั้นบน แบ่งเป็นกรณีได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงการการจัดกลุ่มกรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ

กลุ่มที่	กรณีที่	การปรับสภาพแวดล้อม	ความร้อนภายใน	การไหลเวียนอากาศ	การระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบน
1	10	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
	12	มี	มี	ไม่มี	มี
	14	มี	มี	มี	ไม่มี
	16	มี	มี	มี	มี
2	9	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
	11	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
	13	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
	15	มี	ไม่มี	มี	มี
3	2	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
	4	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี
	6	ไม่มี	มี	มี	ไม่มี
	8	ไม่มี	มี	มี	มี
4	1	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
	3	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
	5	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
	7	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี

หมายเหตุ กำหนดเวลาในการเปิดปิด ช่องเปิดของอาคาร เพื่อการไหลเวียนอากาศและการระบายอากาศทางช่องเปิดด้านบนช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 7.00น.-18.00น. การเปิด/ปิดเป็นไปตามกรณีต่างๆ สำหรับช่วงเวลากลางคืน 18.00น.-7.00น. ทำการเปิดช่องเปิดอาคารทุกด้าน

เมื่อแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง²และห้องเรียนชั้นบน³ จากนั้นจึงนำผลมาพล็อตเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบเป็นกลุ่ม โดยใช้ตัวแทนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดและเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุด ได้แก่ เดือนธันวาคมและเดือนเมษายน ตามลำดับ

ได้ผลการทดสอบที่สามารถแจกแจงเป็นลำดับดังนี้

- 4.2.1 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 1
- 4.2.2 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 2
- 4.2.3 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 3
- 4.2.4 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 4
- 4.2.5 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 1
- 4.2.6 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 2
- 4.2.7 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 3
- 4.2.8 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 4
- 4.2.9 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 1
- 4.2.10 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 2
- 4.2.11 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 3
- 4.2.12 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 4
- 4.2.13 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 1
- 4.2.14 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 2
- 4.2.15 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 3
- 4.2.16 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 4

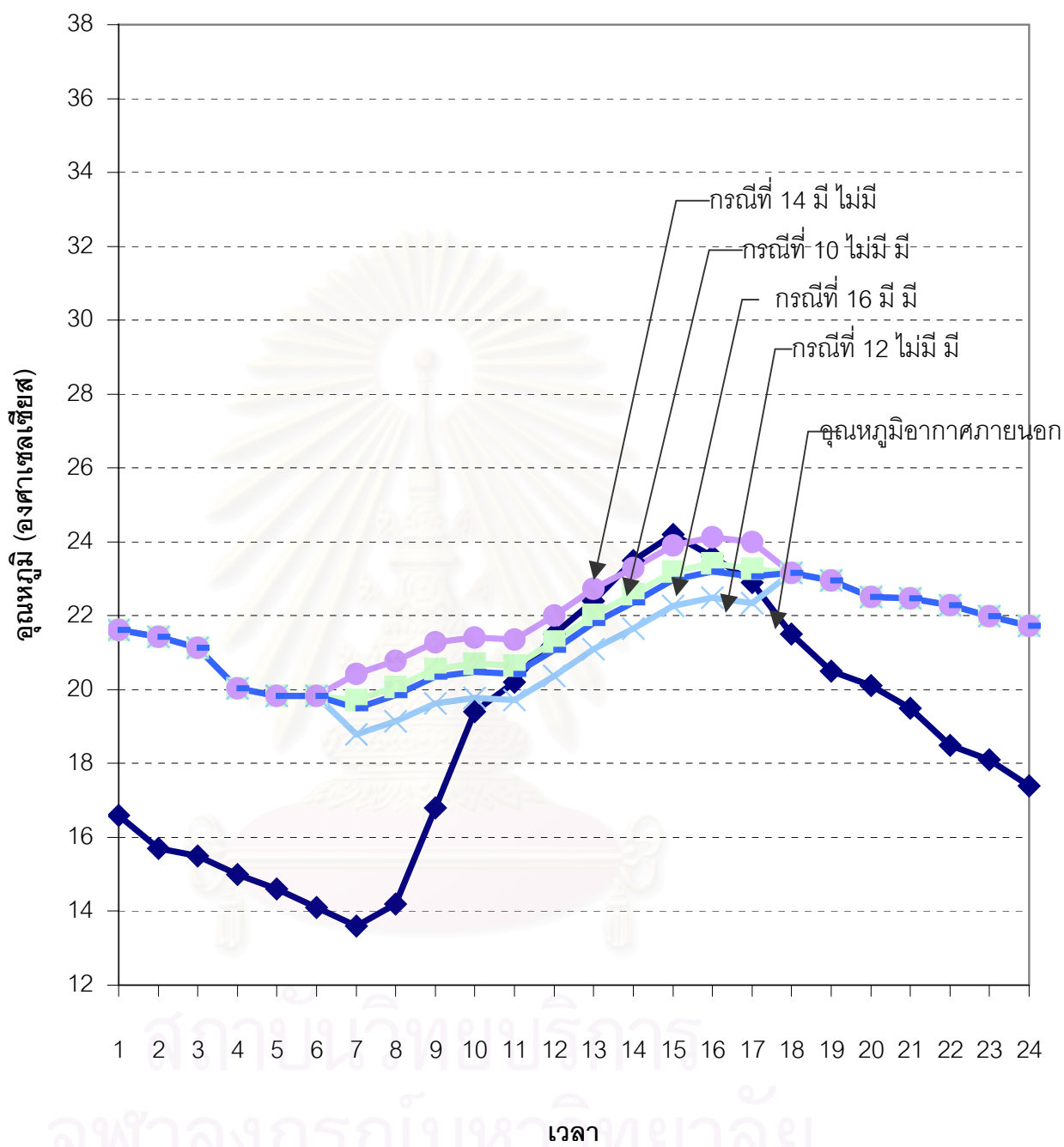
หมายเหตุ คำอธิบายในแผนภูมิ กรณี 00 xxx yyy

เมื่อ 00 คือ ตัวเลข
xxx คือ การไหลเวียนอากาศ (ไม่มี / มี)
yyy คือ การระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบน (ไม่มี/ มี)

² รายละเอียดในการแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง แสดงในภาคผนวก ข.

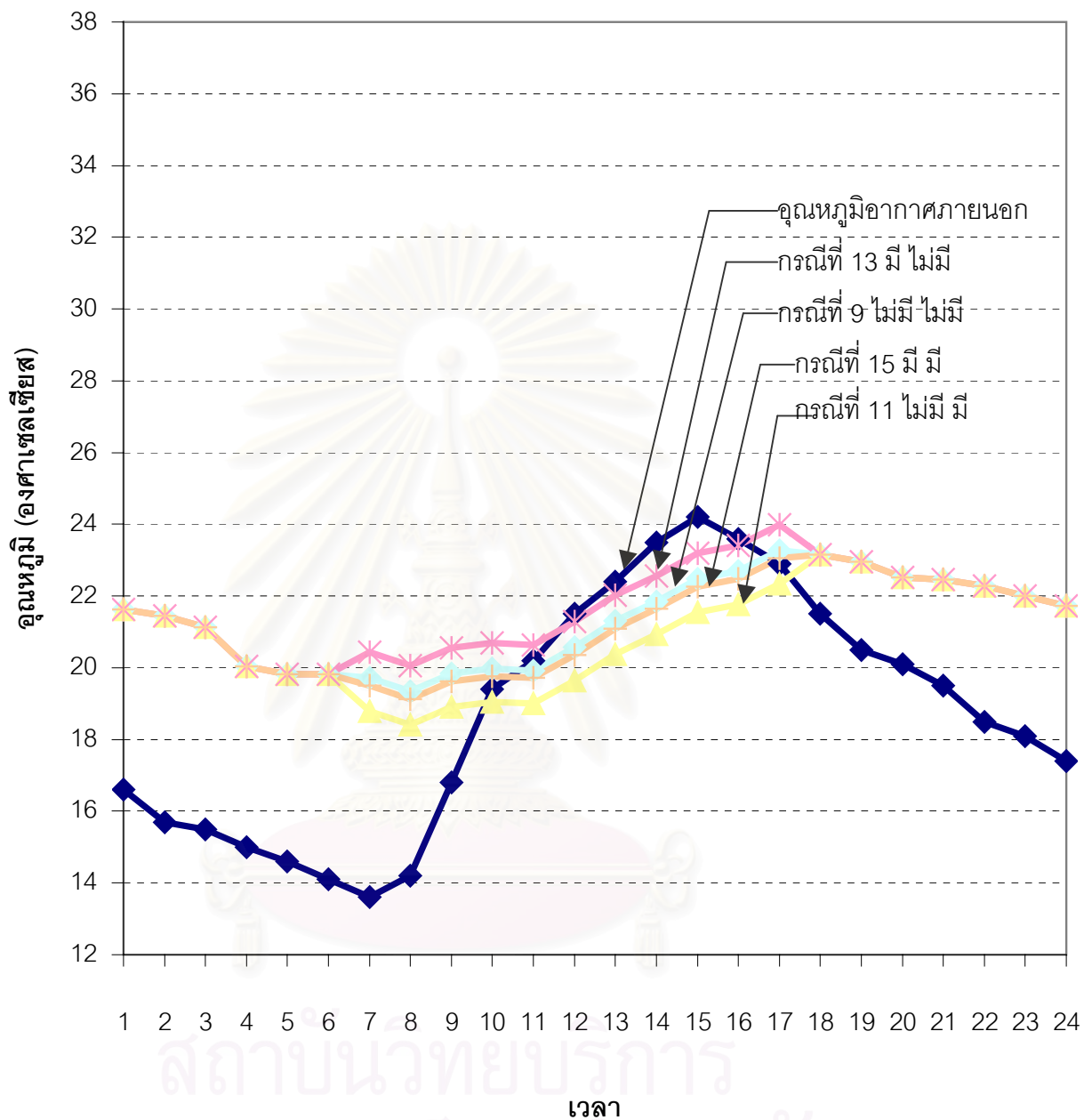
³ รายละเอียดในการแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง แสดงในภาคผนวก ค.

4.2.1 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 1



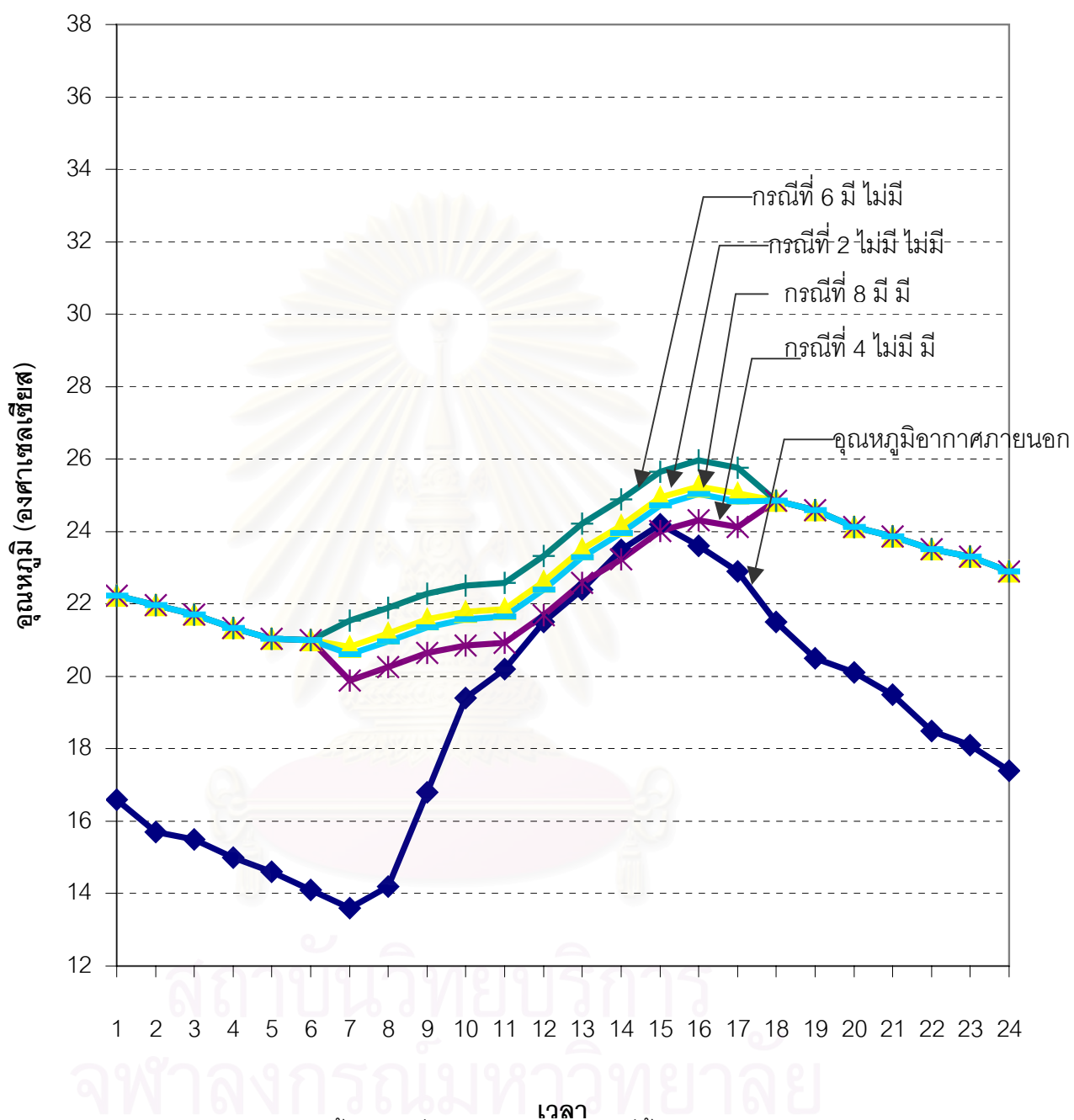
แผนภูมิ 4.1 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารที่ต่างกัน (กลุ่มที่ 1) ข้อมูลเดือนสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.2 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 2



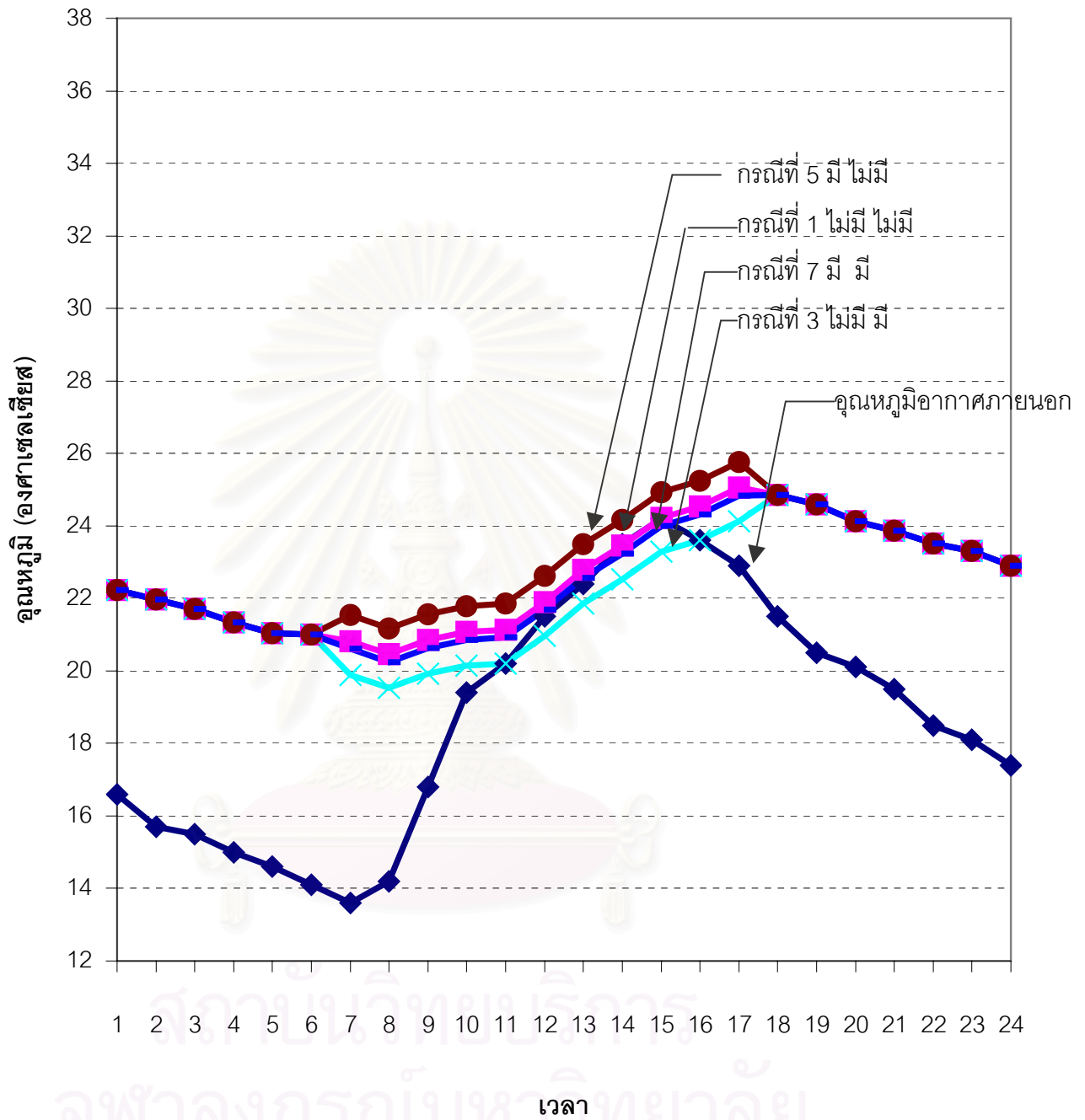
แผนภูมิ 4.2 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 2) ข้อมูลเดือนสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.3 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 3



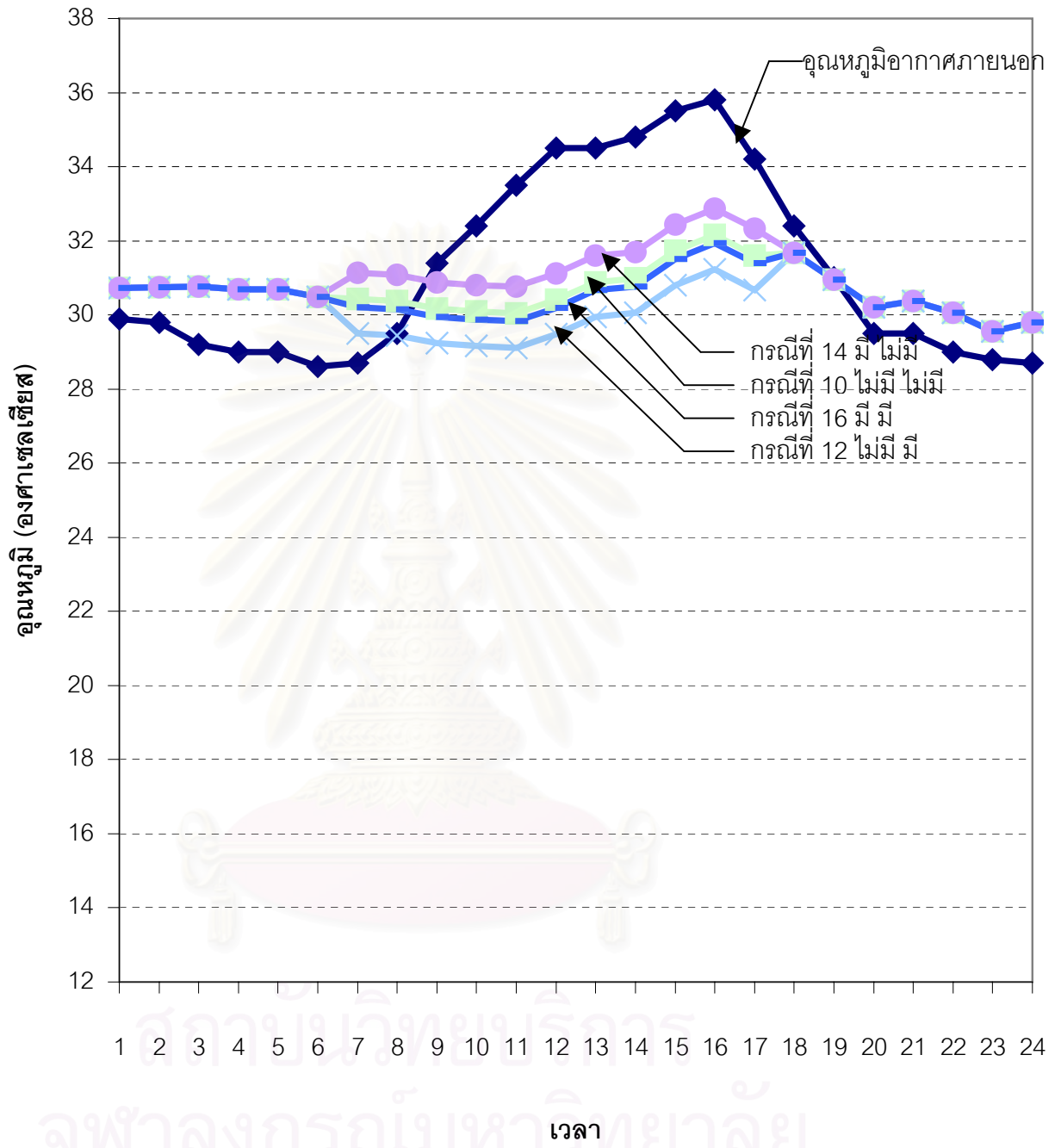
แผนภูมิ 4.3 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 3) ข้อมูลเดือนสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.4 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 4



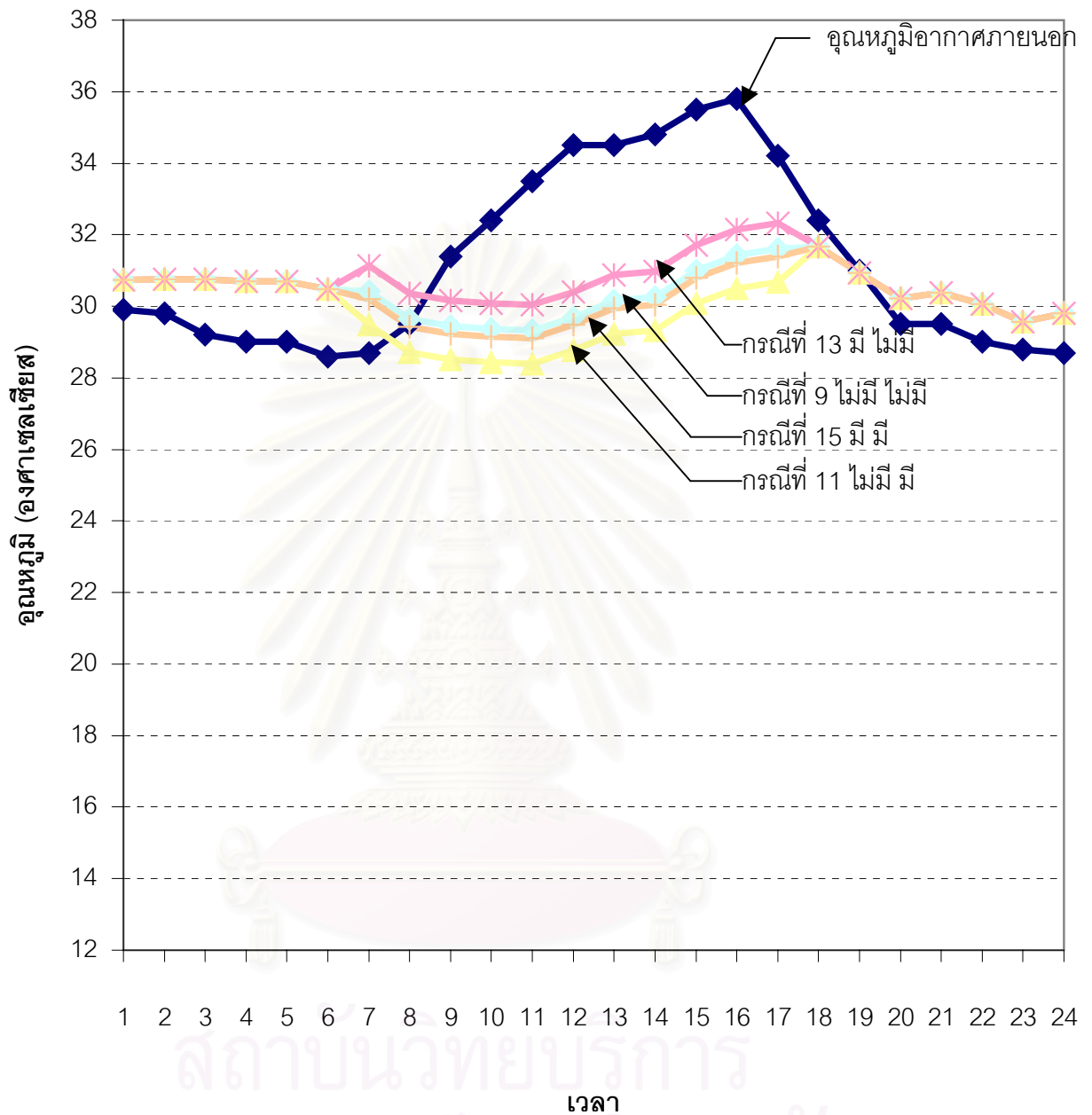
แผนภูมิ 4.4 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 4) ข้อมูลเดือนสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.5 คุณหมุมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 1



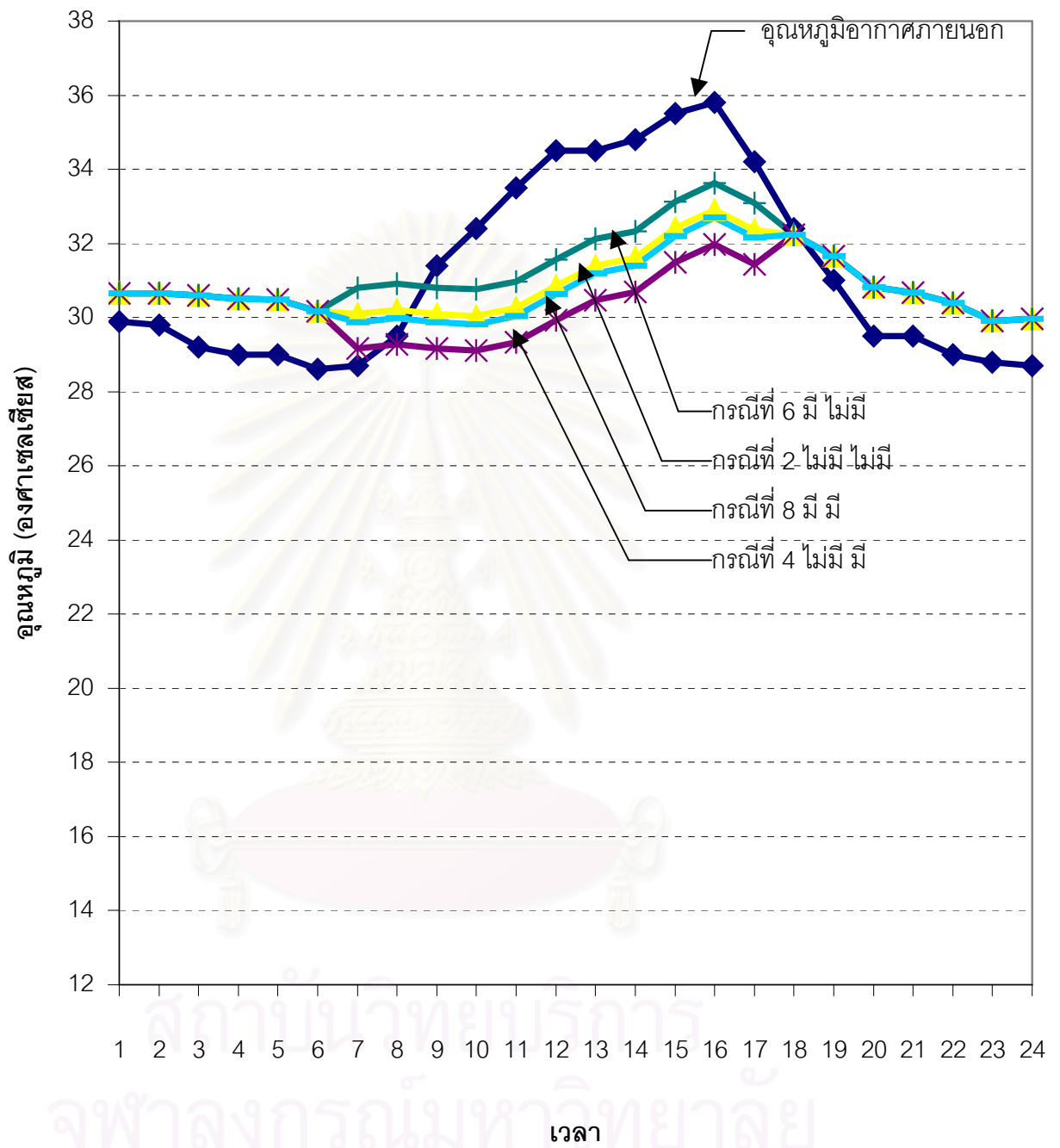
แผนภูมิ 4.5 แสดงคุณหมุมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 1) ข้อมูลเดือนสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน

4.2.6. คุณหมุมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 2



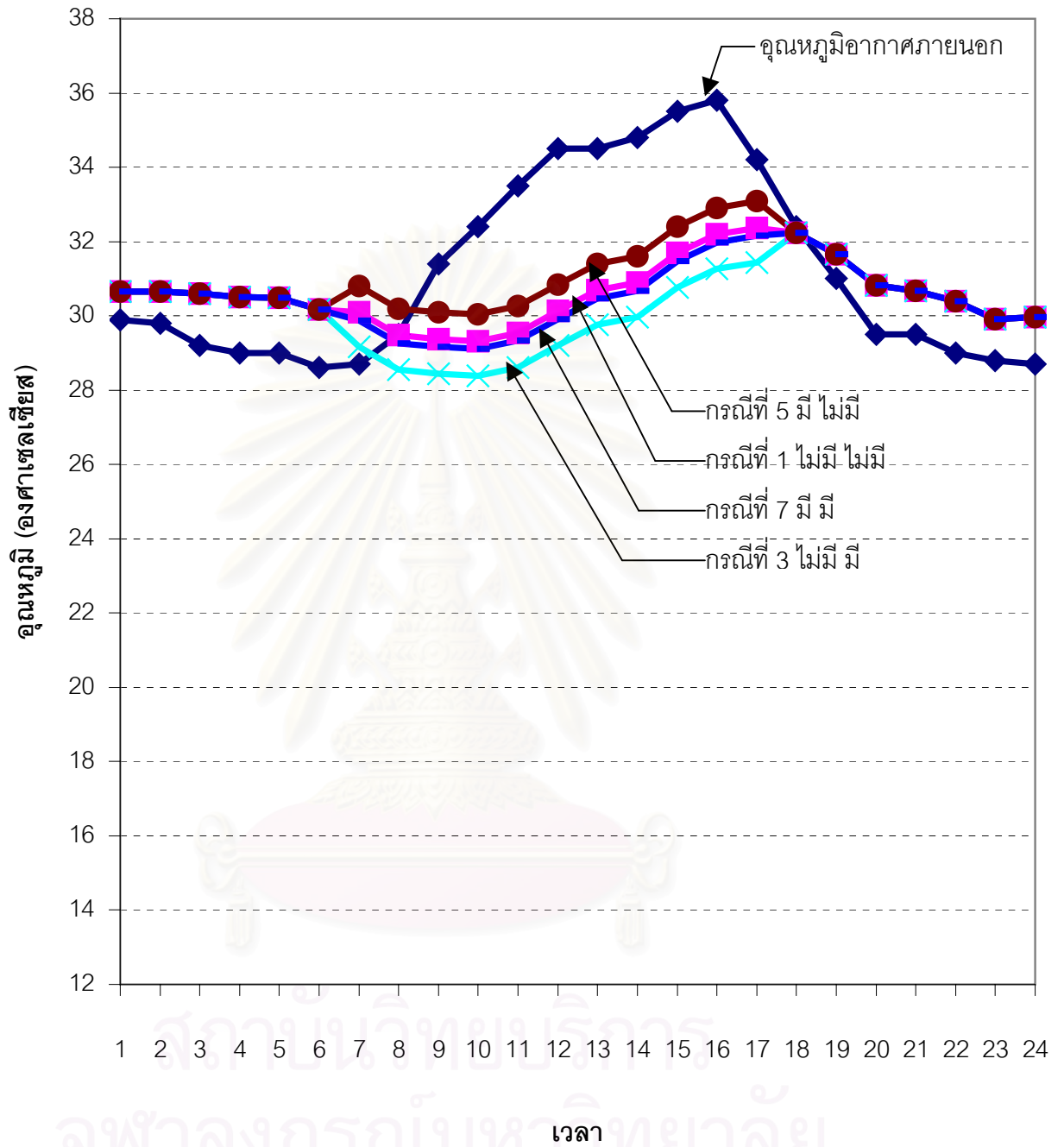
แผนภูมิ 4.6 แสดงคุณหมุมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม้มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 2) ข้อมูลเดือนสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน

4.2.7 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 3



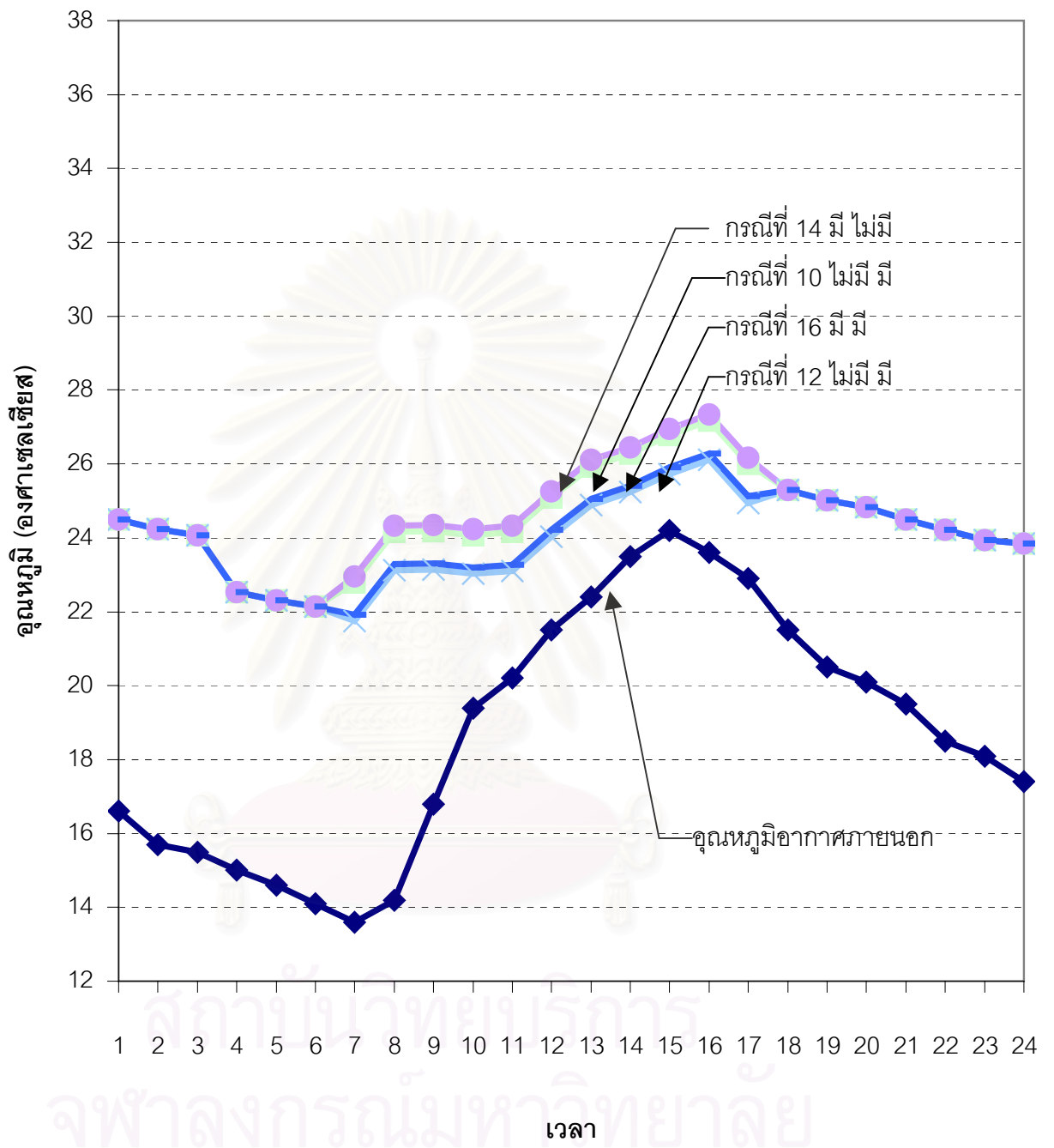
แผนภูมิ 4.7 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 3) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

4.2.8 คุณหมุมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน กลุ่มที่ 4



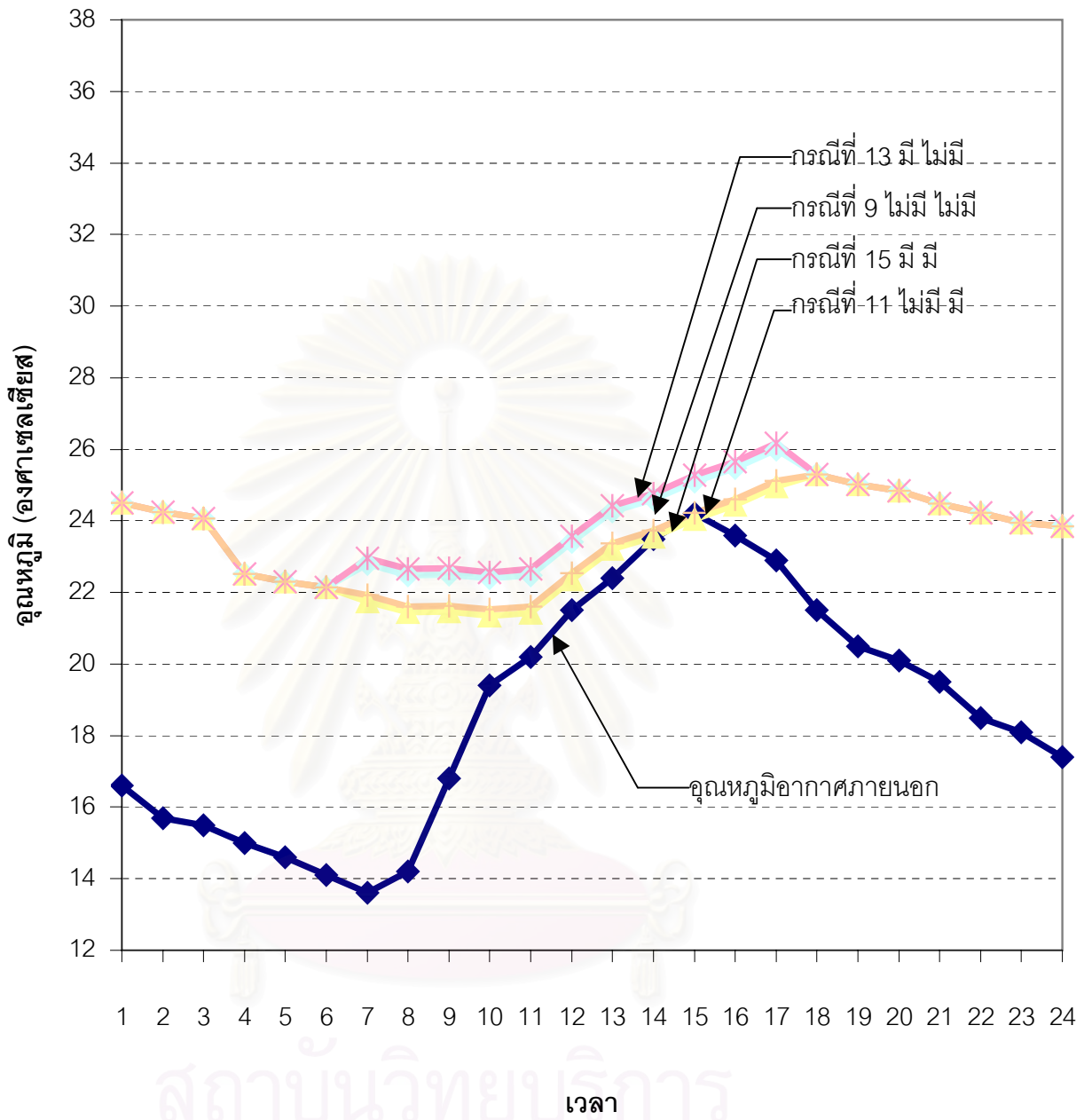
แผนภูมิ 4.8 แสดงคุณหมุมิห้องเรียนชั้นล่าง เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 4) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

4.2.9 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 1.



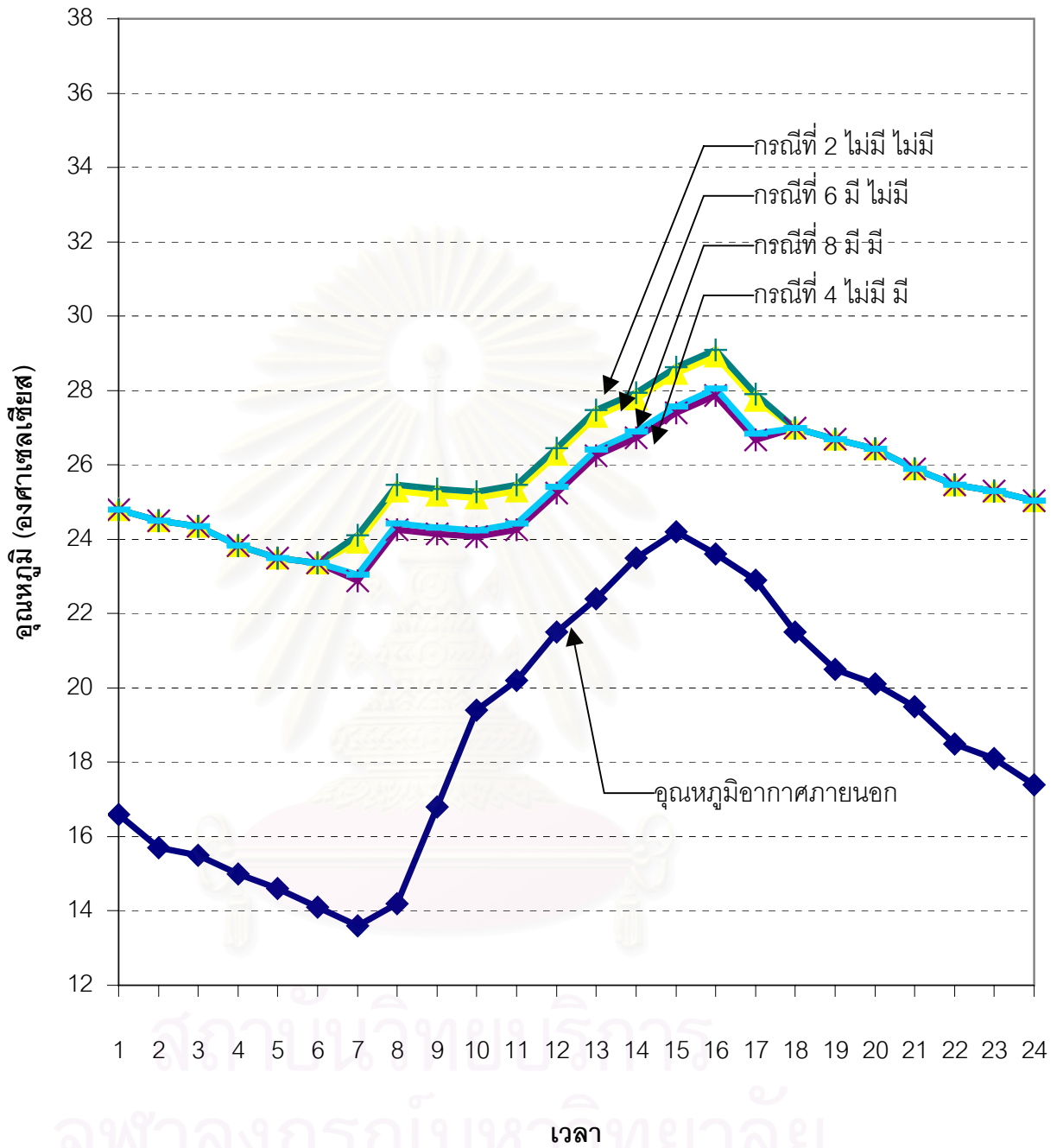
แผนภูมิ 4.9 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 1) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.10 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 2



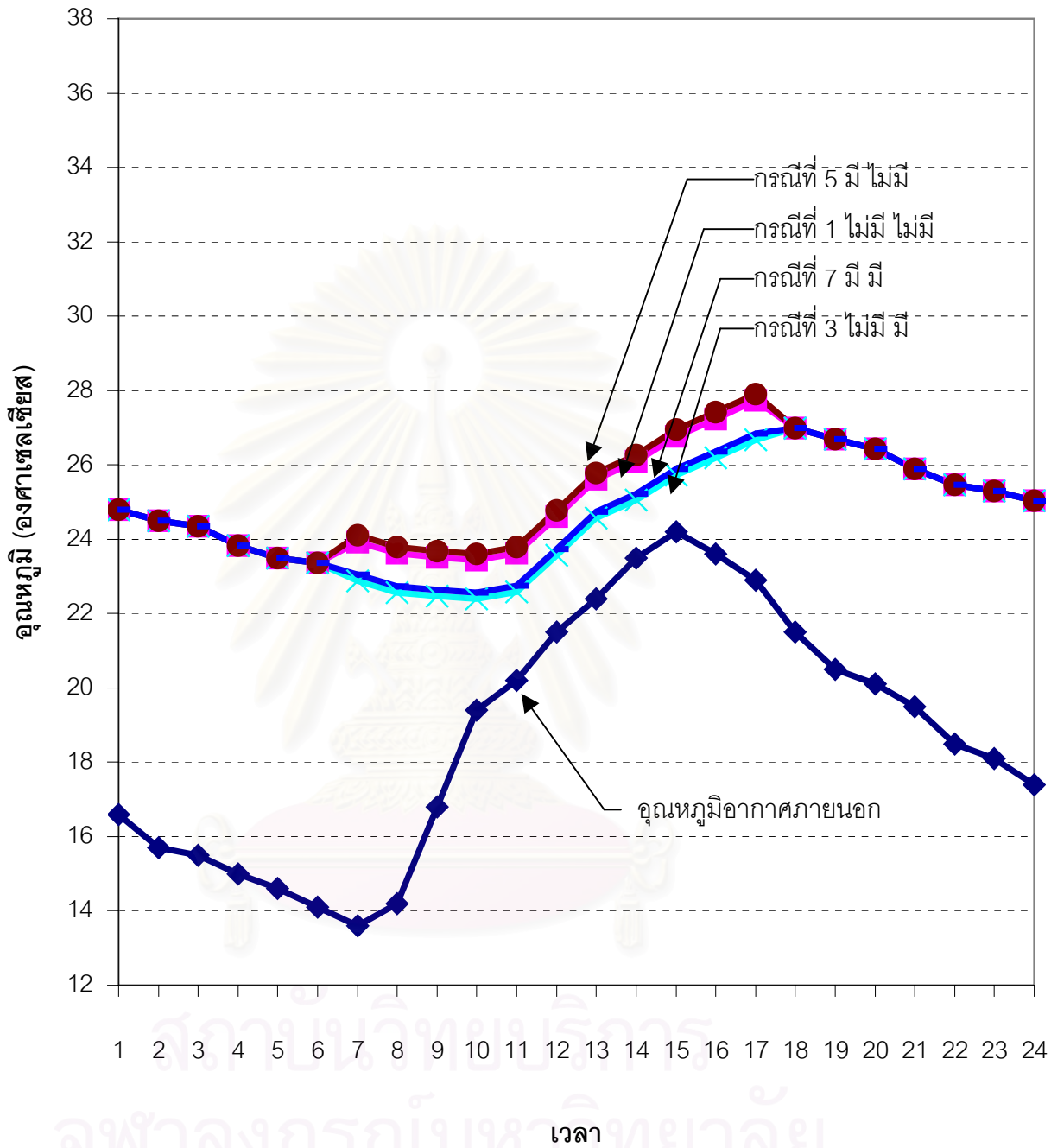
แผนภูมิ 4.10 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 2) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม

4.2.11 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 3



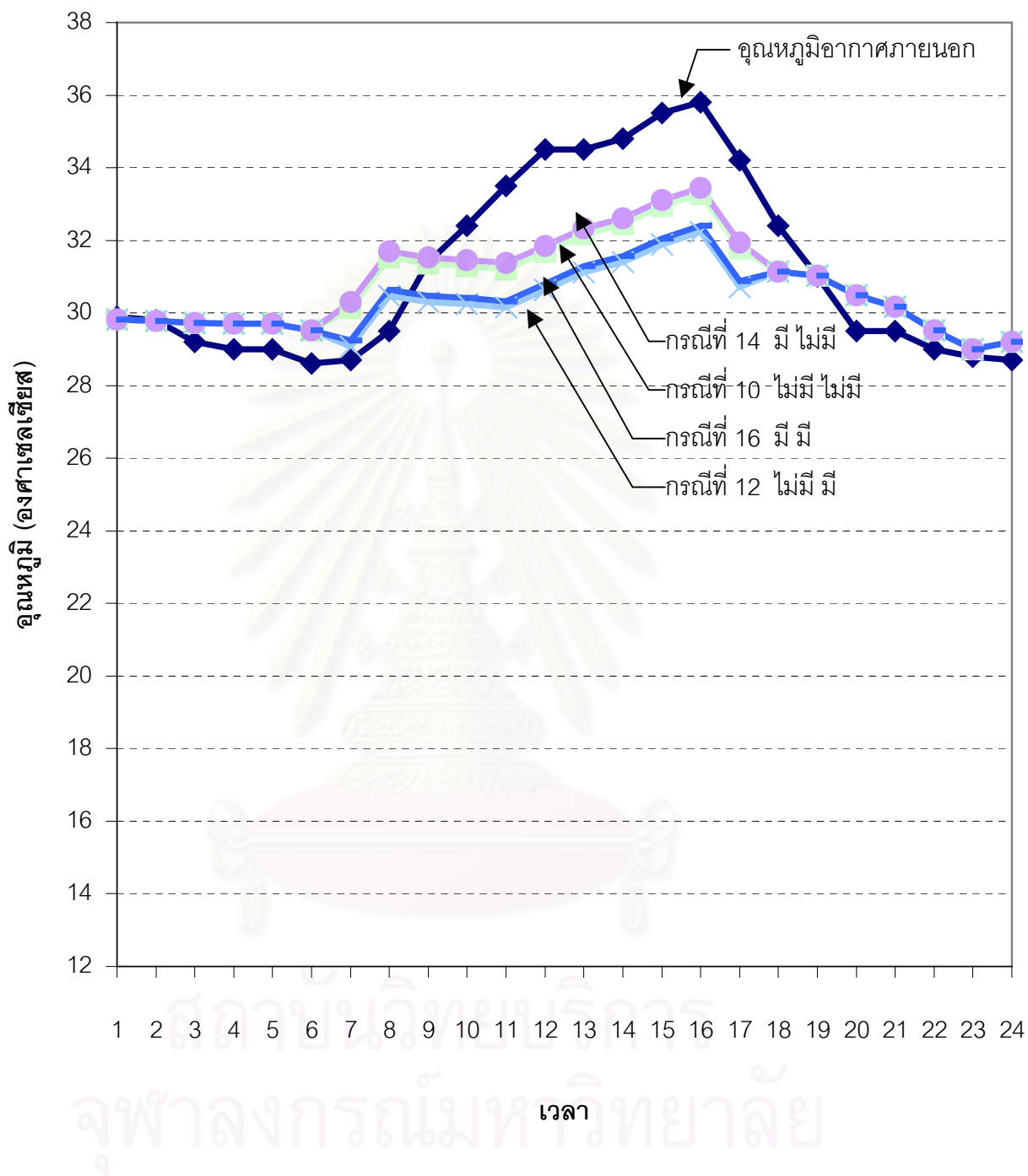
แผนภูมิ 4.11 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 3) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.12 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม กลุ่มที่ 4



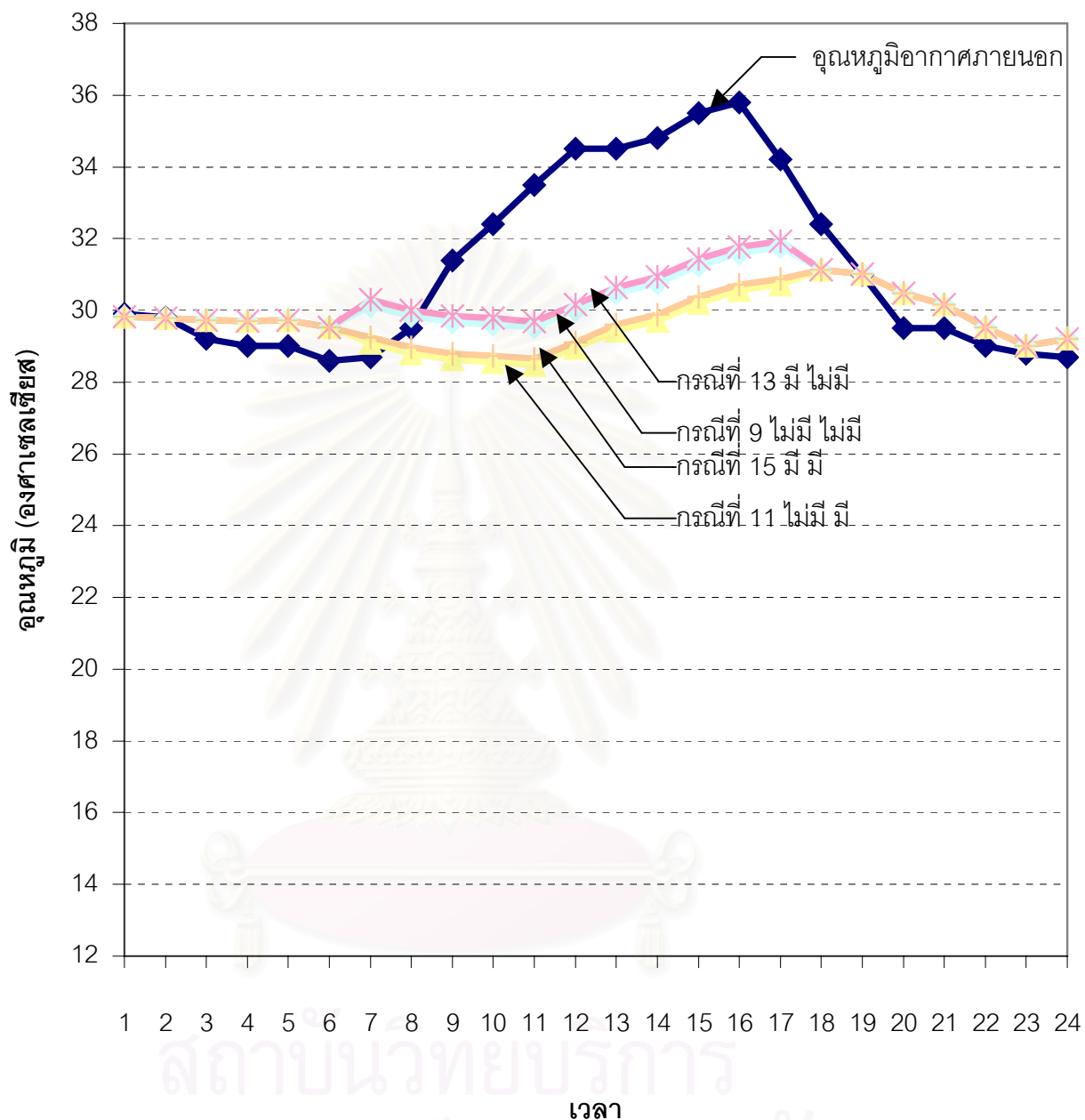
แผนภูมิ 4.12 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 4) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 25 ธันวาคม 2542

4.2.13 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 1



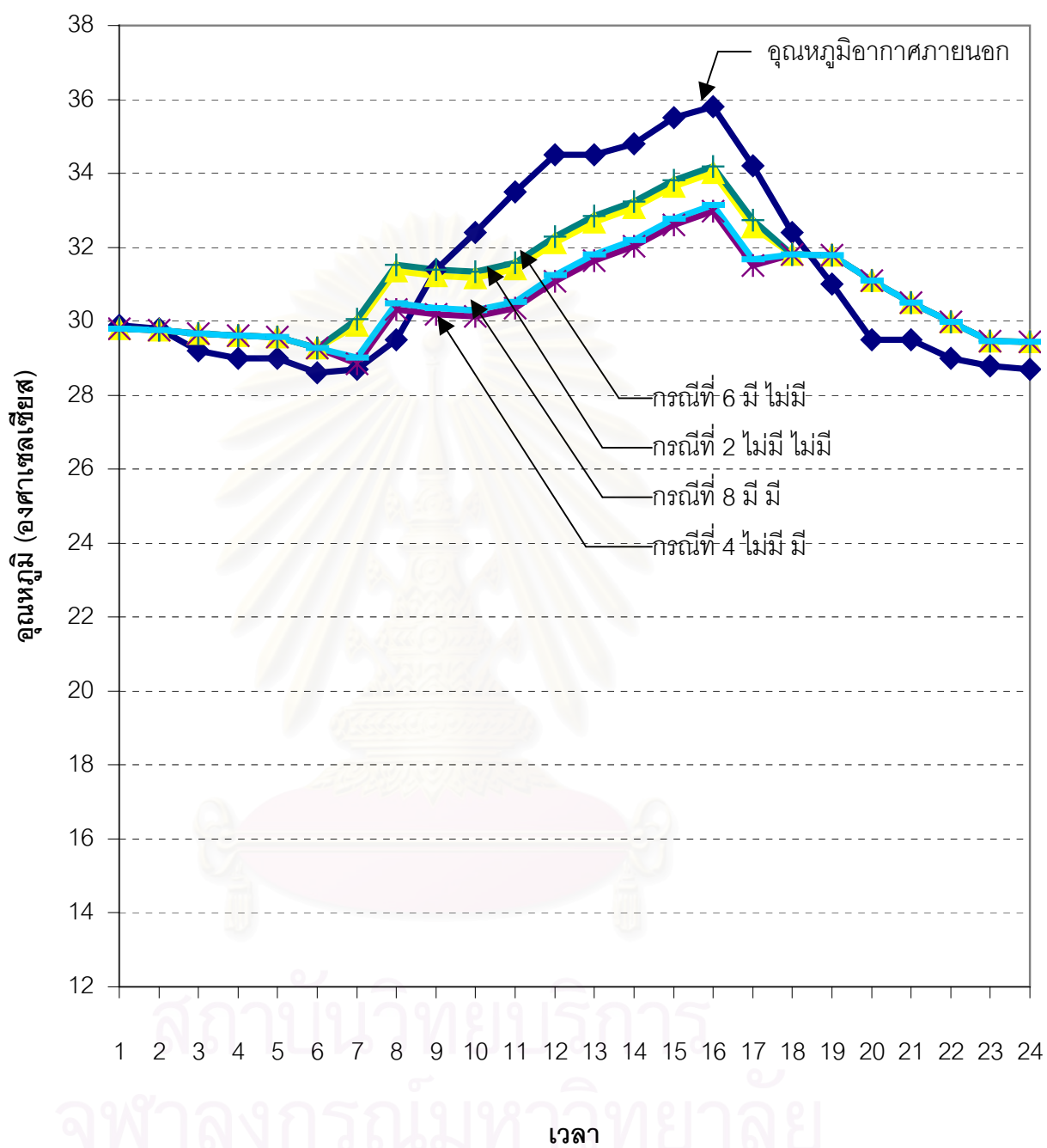
แผนภูมิ 4.13 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 1) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

4.2.14 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 2



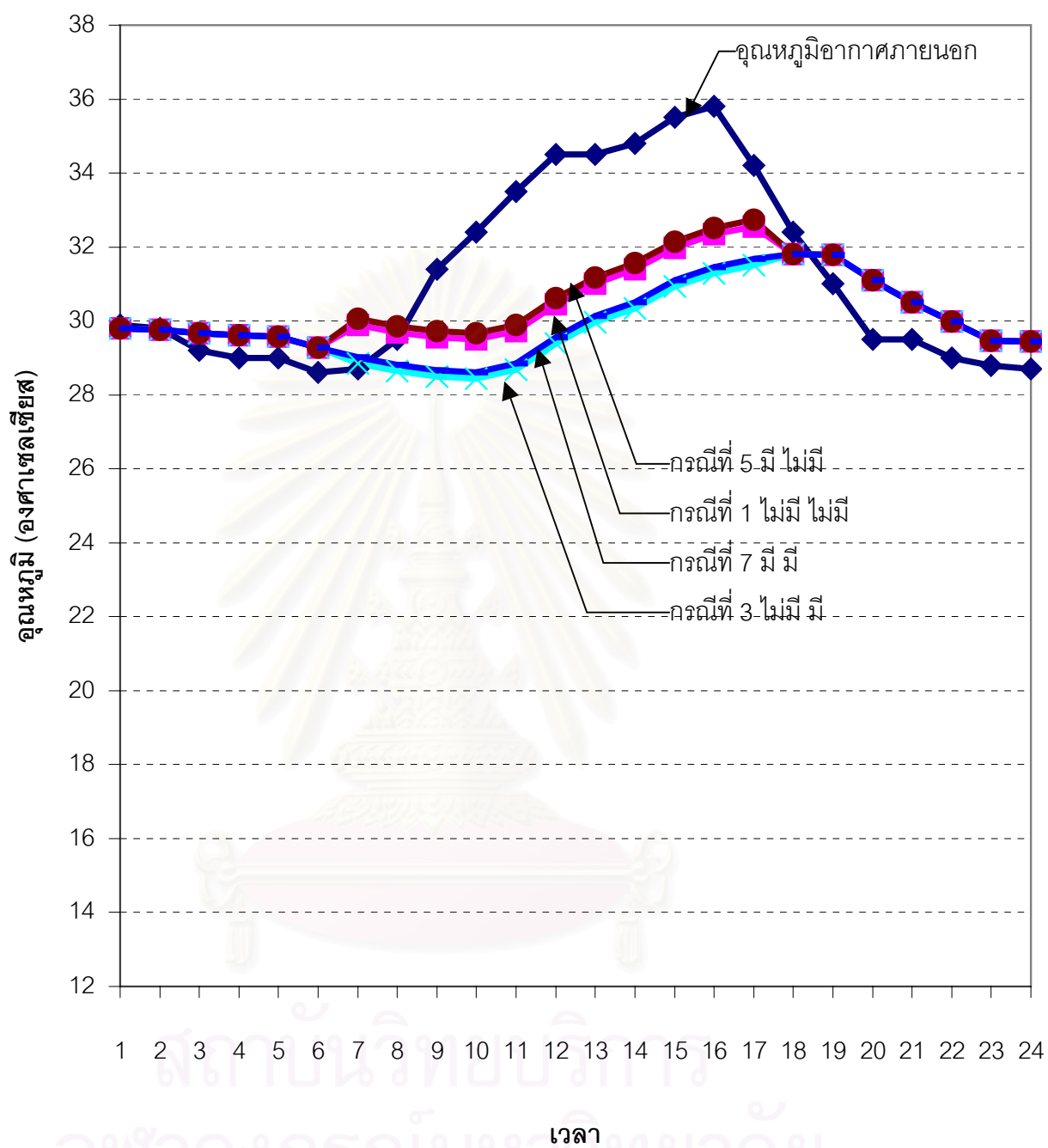
แผนภูมิ 4.14 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อมีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 2) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

4.2.15 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 3



แผนภูมิ 4.15 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 3) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

4.2.16 อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน กลุ่มที่ 4



แผนภูมิ 4.16 แสดงอุณหภูมิห้องเรียนชั้นบน เมื่อไม่มีการปรับสภาพที่ตั้ง ไม่มีความร้อนภายในอาคาร และมีการเปิดปิดช่องเปิดอาคารต่างกัน (กลุ่มที่ 4) ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

เมื่อพิจารณาเรื่องการปรับสภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารพบว่า เมื่อมีการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างและชั้นบนต่ำกว่า ไม่มีการปรับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน โดยมีผลต่างของอุณหภูมิในห้องเรียนชั้นล่างเฉลี่ย 1.07 องศาเซลเซียสช่วงกลางวันและ 0.84 องศาเซลเซียสช่วงเวลากลางคืน ขณะที่ผลต่างของอุณหภูมิในห้องเรียนชั้นบนจะต่ำกว่าผลต่างอุณหภูมิในห้องเรียนชั้นล่าง โดยมีผลต่างอุณหภูมิในห้องเรียนชั้นบนเฉลี่ย 0.92 องศาเซลเซียสช่วงกลางวันและ 0.94 องศาเซลเซียสช่วงเวลากลางคืน

เมื่อพิจารณาเรื่องความร้อนภายในอาคารที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารพบว่า ความร้อนภายในอาคารจากตัวผู้ใช้อาคารจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.72 องศาเซลเซียส และห้องเรียนชั้นบนมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 1.68 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาเรื่องการไหลเวียนของอากาศพบว่า เมื่อมีการไหลเวียนอากาศภายในอาคารจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.71 องศาเซลเซียสและส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.17 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาเรื่องการระบายความร้อนในช่องเปิดด้านบนอาคารพบว่า เมื่อมีการเปิดช่องเปิดด้านบนจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำลงโดยเฉลี่ย 0.93 องศาเซลเซียส และส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนต่ำลงโดยเฉลี่ย 1.05 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณากรณีศึกษาเปรียบเทียบกับกรรวมตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนพบว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของห้องเรียนชั้นล่างจะต่ำกว่าห้องเรียนชั้นบน และการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศในช่วงเวลากลางวันร่วมกับการระบายอากาศจากช่องอากาศด้านบนเป็นกรณีที่ทำให้ห้องเรียนมีอุณหภูมิต่ำกว่ากรณีอื่นๆ

สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3. การทดสอบแนวทางการปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนด้วยอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม

จากผลการวิเคราะห์ผลของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศในห้องเรียนชั้นล่างและชั้นบนพบว่า กรณีที่ 12 คือ อาคารกรณีศึกษาที่มีการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบ เปิดช่องเปิดเพื่อระบายอากาศทางด้านบนเพื่อระบายความร้อนตลอดเวลา และไม่เปิดหน้าต่างนำลมความเร็วจากการไหลเวียนอากาศมาใช้ในอาคารในช่วงเวลา 7.00 น. – 18.00 น. เป็นกรณีที่ดีที่สุดที่ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเข้าใกล้สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน จึงนำกรณีนี้มาทดสอบหาแนวทางการปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนด้วยอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม

โดยทำการพิจารณาอุณหภูมิที่รู้สึกภายในห้องเรียนชั้นล่างและชั้นบนด้วยการแทนค่าในสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิภายในอาคาร จากนั้นจึงปรับอุณหภูมิภายในอาคารด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ¹ ห้องเรียนชั้นล่าง 29.62 องศาเซลเซียส ห้องเรียนชั้นบน 32.71 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง²ตามลำดับ ได้ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิที่รู้สึกได้ในอาคารกรณีศึกษาในแต่ละเดือน โดยแบ่งช่วงขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ออกเป็น 2 ช่วงคือ



ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive คือ อุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึก 20 – 32 องศาเซลเซียส



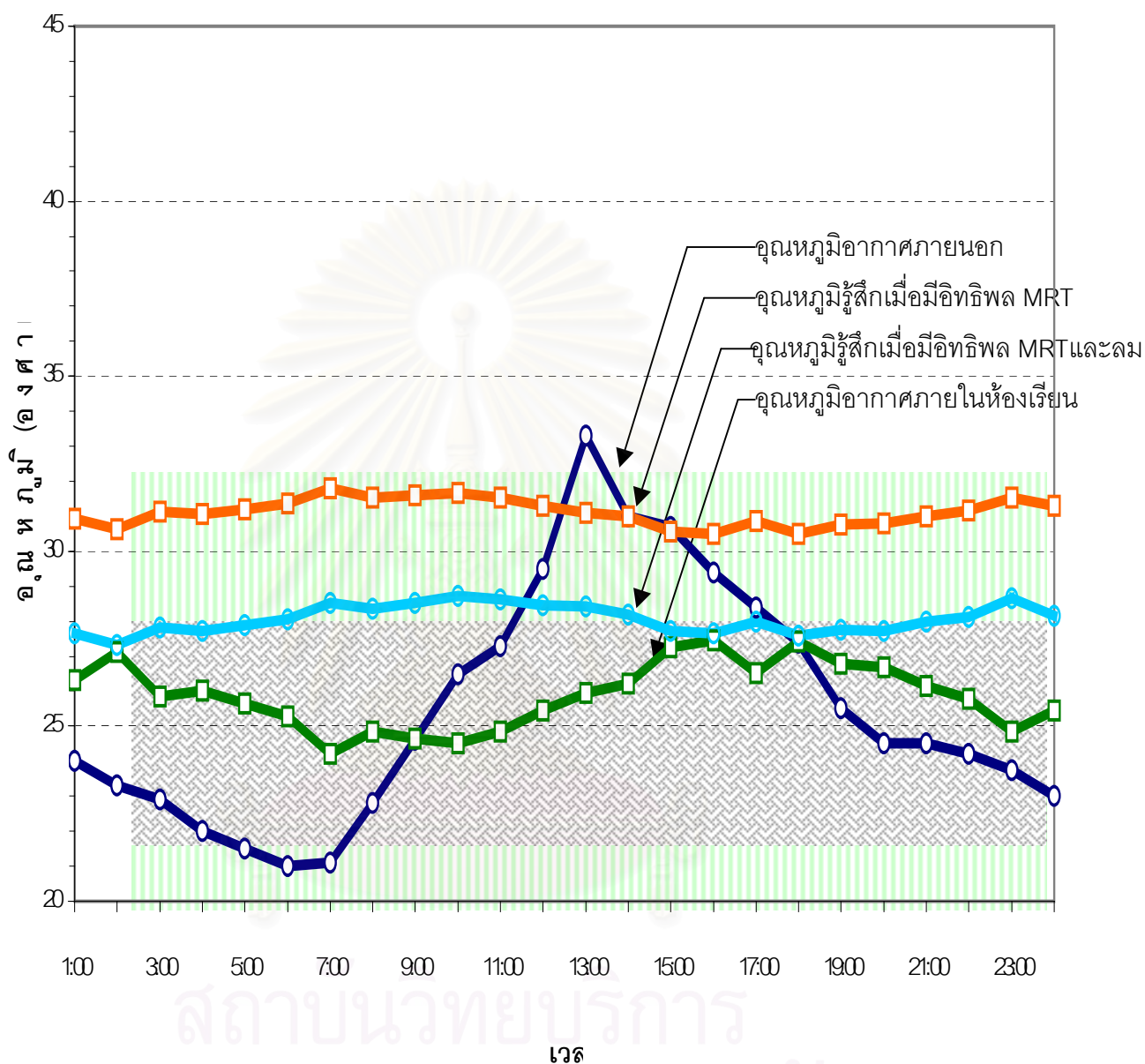
ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive คือ อุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึก 22 – 28 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ ภาคผนวก การคำนวณค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ และการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ

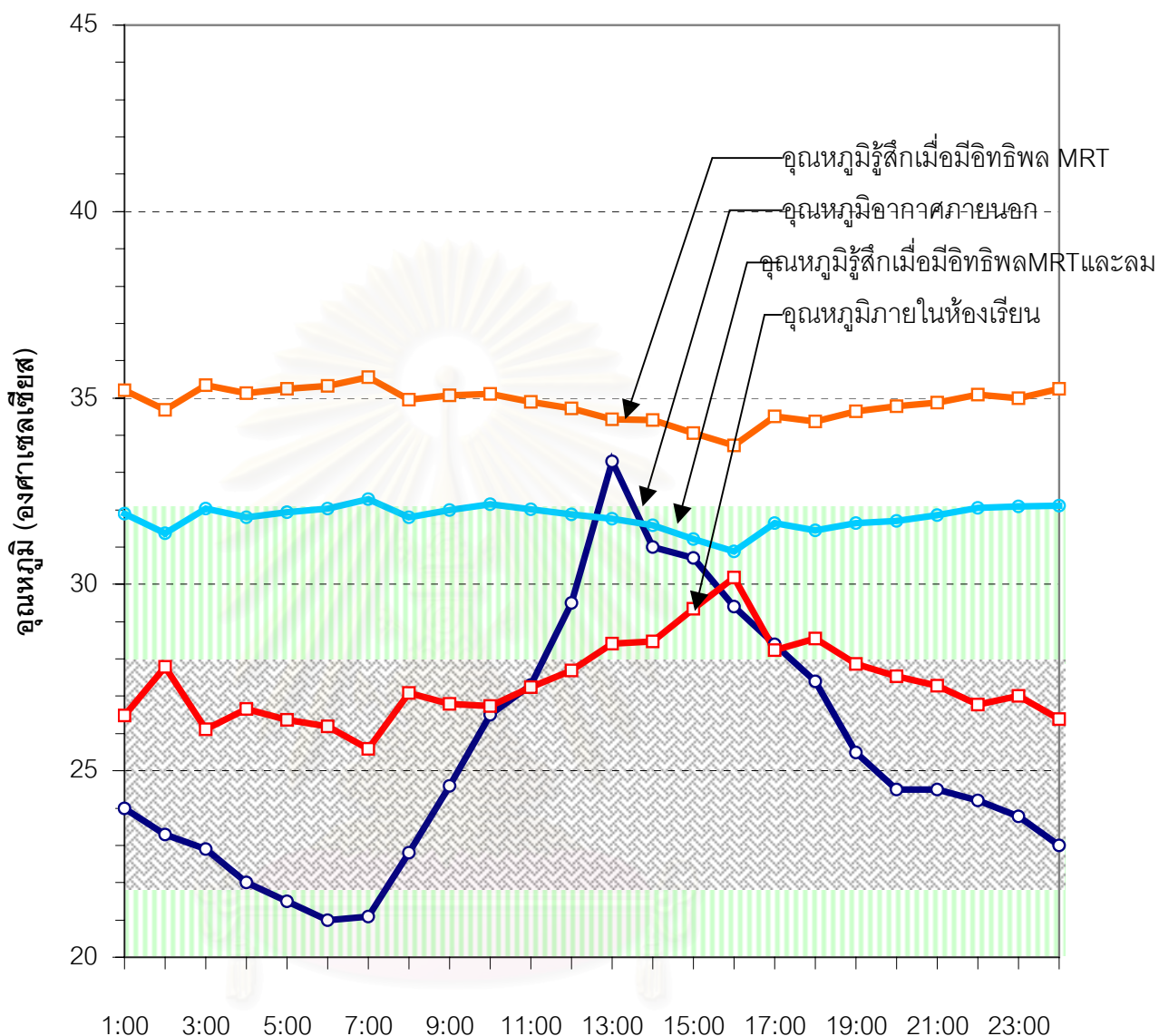
² ภาคผนวก การปรับด้วยอิทธิพลความเร็วลม

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนมกราคม



แผนภูมิ 4.17 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศอากาศกับอุณหภูมิที่รู้ดึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 6 มกราคม 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนมกราคม



แผนภูมิ 4.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศอากาศกับอุณหภูมิที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 6 มกราคม 2542

เดือนมกราคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 6 มกราคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนมกราคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRT และ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	20.5 – 31.0	24.5 – 27.5	30.5 – 31.5	27.8 – 28.5
	$\Delta T = 10.5$	$\Delta T = 3$	$\Delta T = 1$	$\Delta T = 0.7$
ชั้นบน	20.5 – 31.0	26.7-30.2	33.7-35.1	30.9-32.2
	$\Delta T = 10.5$	$\Delta T = 3.5$	$\Delta T = 1.4$	$\Delta T = 0.9$

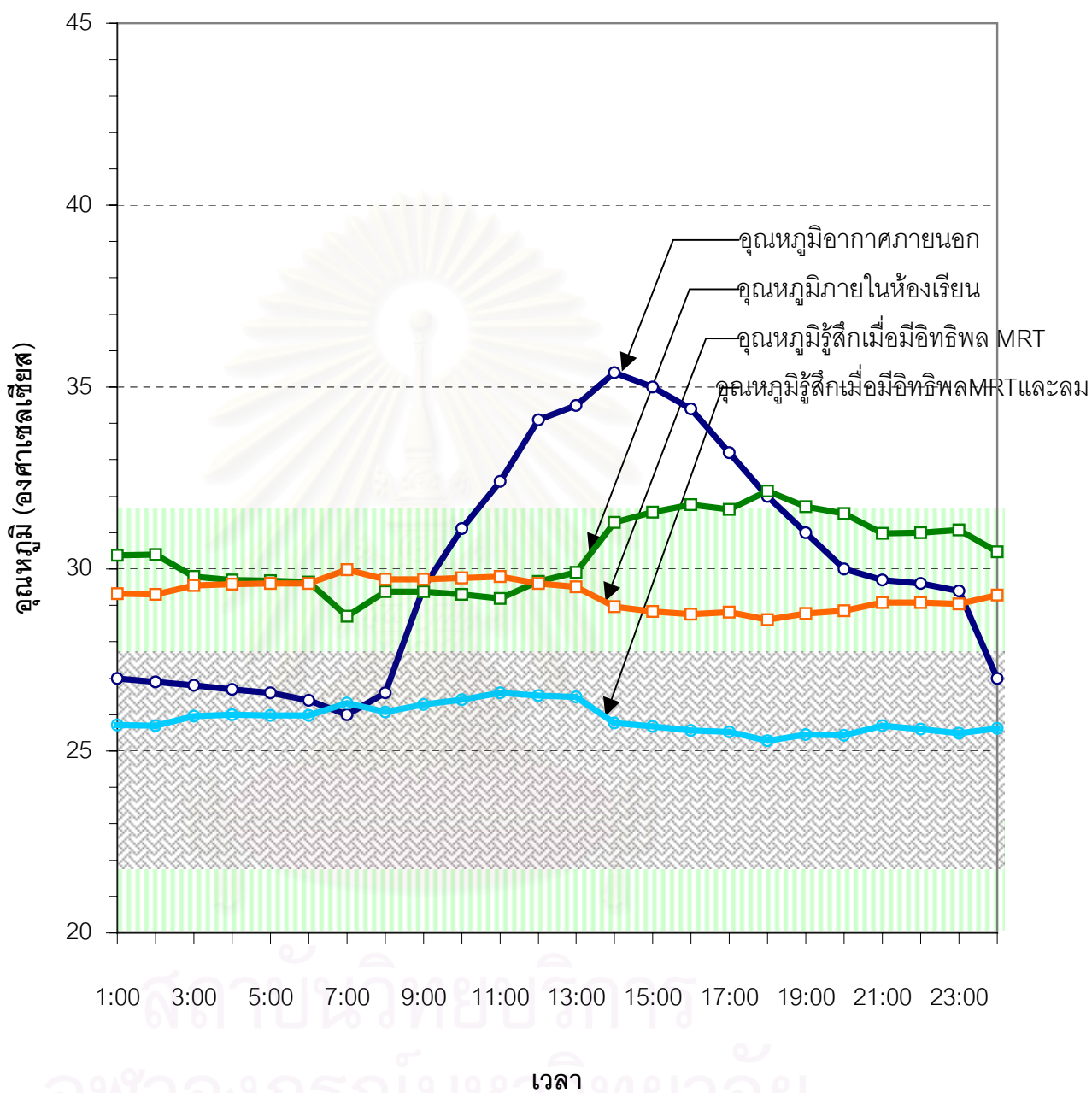
จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งต่ำที่สุดในเดือนมกราคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกส่วนใหญ่อยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ในระดับ passive ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive เป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของเปลือกอาคารที่มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า
 คุณหมุมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนต่ำกว่าคุณหมุมิอากาศภายนอกแต่สูงกว่าคุณหมุมิอากาศ
 ห้องเรียนชั้นล่าง และมีค่าความแตกต่างของคุณหมุมิสูงกว่าด้วย โดยคุณหมุมิอากาศภายในห้อง
 เรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตคุณหมุมิที่ยอมรับได้ระดับ passive แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ
 คุณหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบพบว่า คุณหมุมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารจะรู้สึกอยู่เหนือขอบเขตคุณหมุมิที่
 ยอมรับได้ โดยสามารถปรับให้คุณหมุมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตคุณหมุมิที่ยอมรับ
 ระดับ passive ได้ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งาน
 อาคาร เนื่องจากเปลือกอาคารชั้นบนได้รับอิทธิพลจากคุณหมุมิอากาศซึ่งมีความแตกต่างกันมาก
 ในช่วงกลางวันและกลางคืน ในขณะที่ห้องเรียนชั้นล่างได้รับอิทธิพลของพื้นผิวสัมผัสดินที่มีความ
 แตกต่างกันน้อยกว่าคุณหมุมิอากาศ



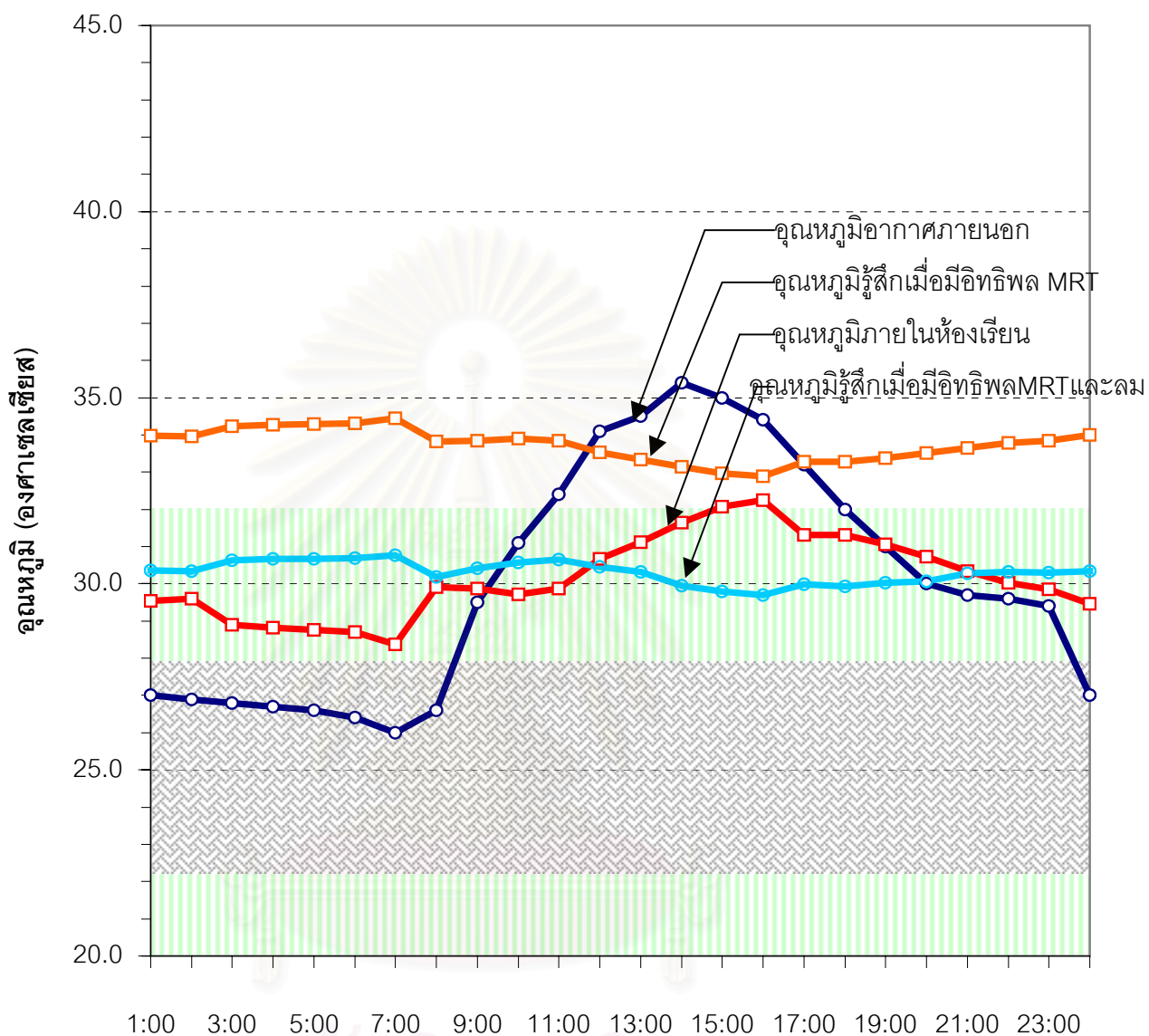
สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนกุมภาพันธ์



แผนภูมิ 4.19 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้ตึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนกุมภาพันธ์



แผนภูมิ 4.20 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รู้ตึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2542

เดือนกุมภาพันธ์ : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนกุมภาพันธ์

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	25.5-35.5	29.2-32	28.6-29.8	25.4-26.5
	$\Delta T=10$	$\Delta T= 2.8$	$\Delta T= 1.2$	$\Delta T= 1.1$
ชั้นบน	25.5-35.5	29.7-32.2	32.9-33.8	29.7-30.6
	$\Delta T=10$	$\Delta T= 2.5$	$\Delta T= 0.9$	$\Delta T= 0.9$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยมีขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ในช่วงเช้าประมาณ 2 ชั่วโมงและอยู่ในเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ในเวลาที่เหลือ ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอยู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

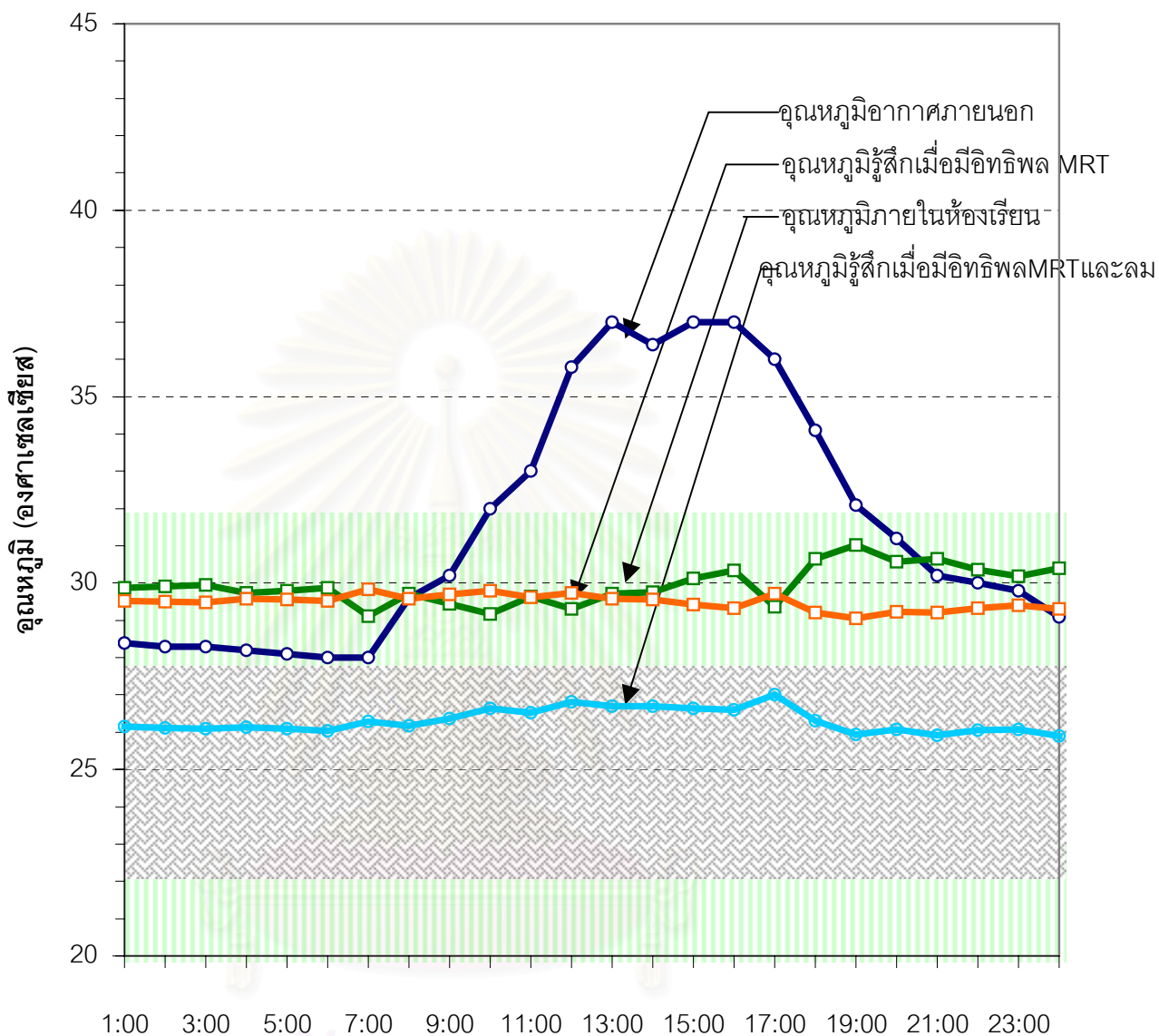
แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเรียนช่วงเช้า และรู้ดีกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนช่วงบ่าย ผลของอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในช่วงเวลาการใช้งานอาคารจะอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของเปลือกอาคาร โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนกุมภาพันธ์ พบว่า คุณณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของคุณณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของคุณณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยคุณณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีคุณณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลคุณภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



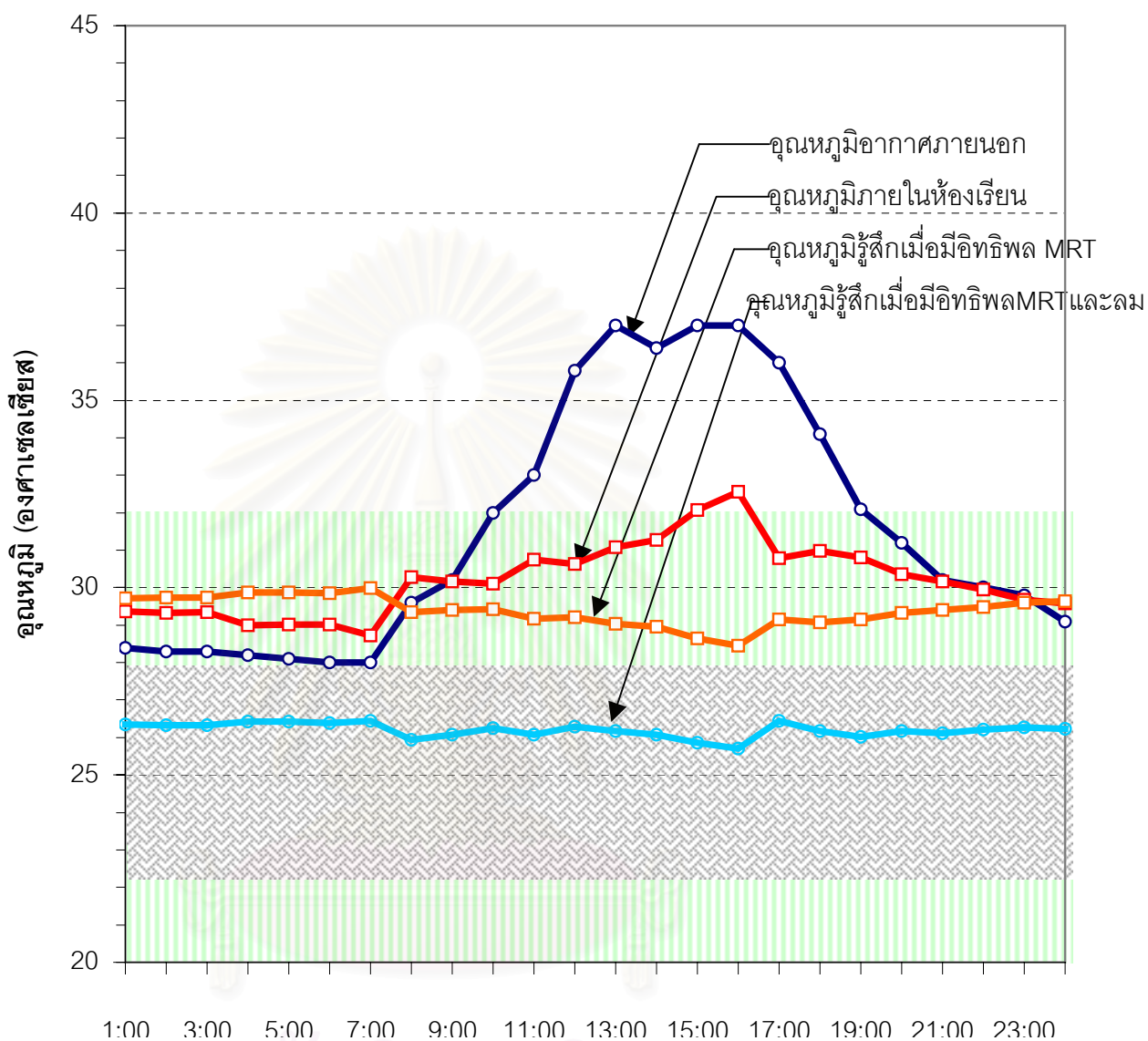
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนมีนาคม



แผนภูมิ 4.21 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 21 มีนาคม 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนมีนาคม



แผนภูมิ 4.22 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่ตู้สี่กเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 21 มีนาคม 2542

เดือนมีนาคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 21 มีนาคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนมีนาคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	29.6-37.0	29.2-30.3	29.3-29.8	26.1-27.3
	$\Delta T=7.4$	$\Delta T= 1.1$	$\Delta T= 0.5$	$\Delta T= 1.2$
ชั้นบน	29.6-37.0	30.1-32.6	32.8-33.7	30.0-30.6
	$\Delta T=7.4$	$\Delta T= 2.5$	$\Delta T= 0.9$	$\Delta T= 0.6$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดในเดือนมีนาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยมีขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ในเวลาเช้าเพียงเล็กน้อย ส่วนเวลาที่เหลือขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ส่วนใหญ่จะอยู่สูงกว่าระดับ passive ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

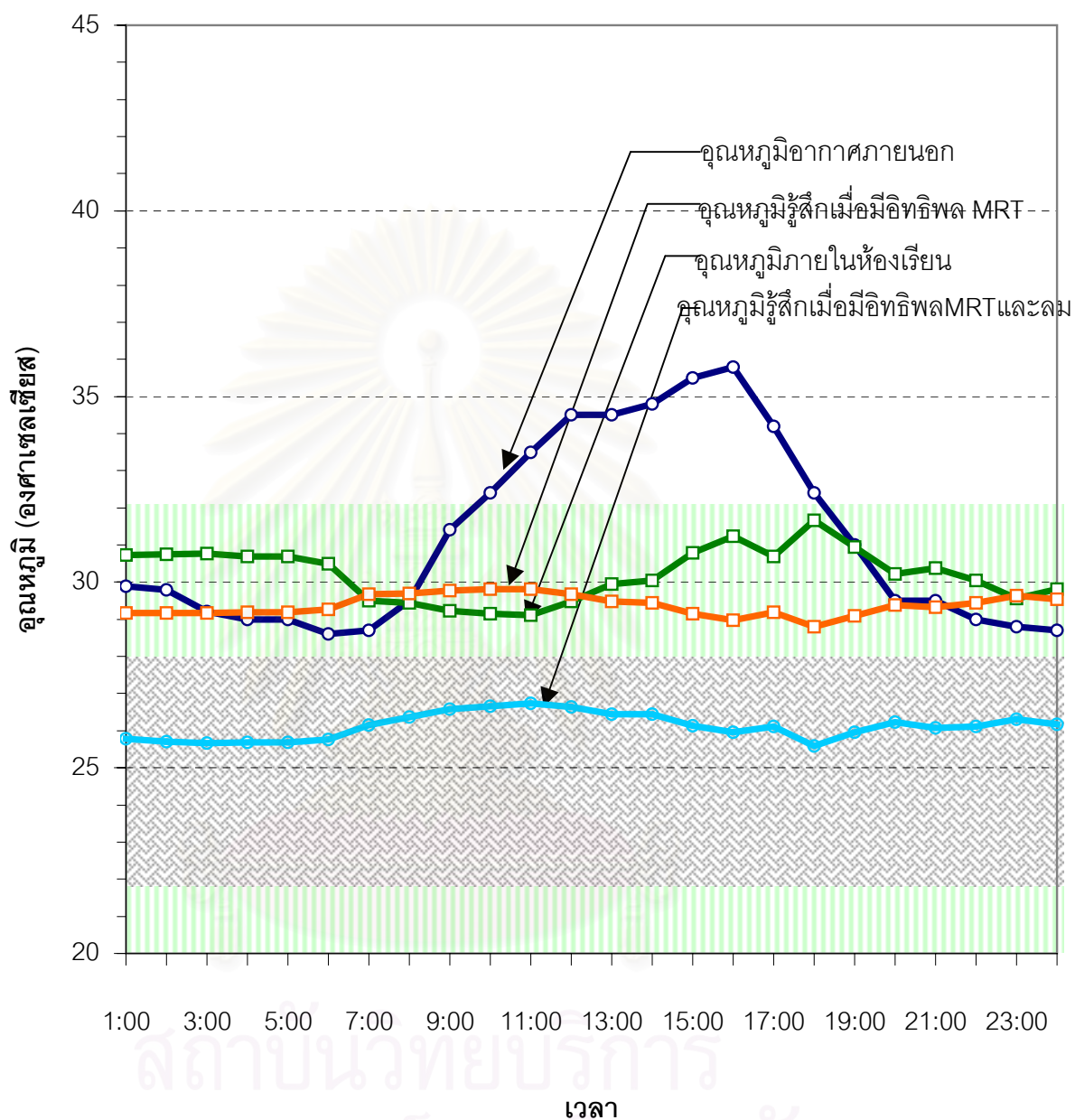
แต่เมื่อพิจารณาผลจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำลงแต่ยังคงอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของเปลือกอาคาร โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนพบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความร้อน 5.47 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน เนื่องจากเปลือกอาคารชั้นบนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศซึ่งมีความแตกต่างกันมากในช่วงกลางวันและกลางคืน ในขณะที่ห้องเรียนชั้นล่างได้รับอิทธิพลของพื้นผิวสัมผัสดินที่มีความแตกต่างกันน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศ



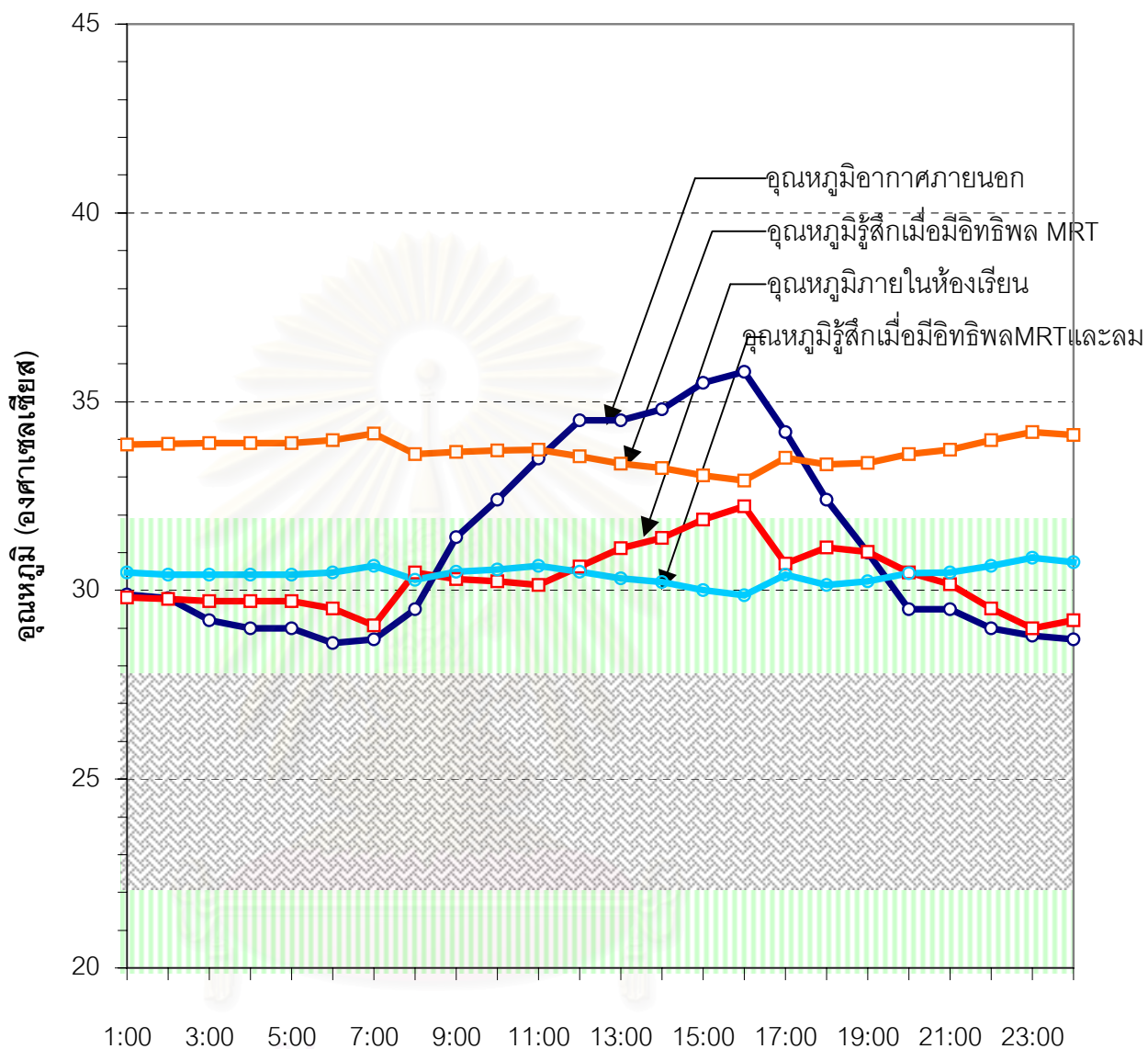
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนเมษายน



แผนภูมิ 4.23 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศอากาศกับอุณหภูมิที่รัฐศึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนเมษายน



แผนภูมิ 4.24 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รัฐศึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

เดือนเมษายน : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 เมษายน 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนเมษายน

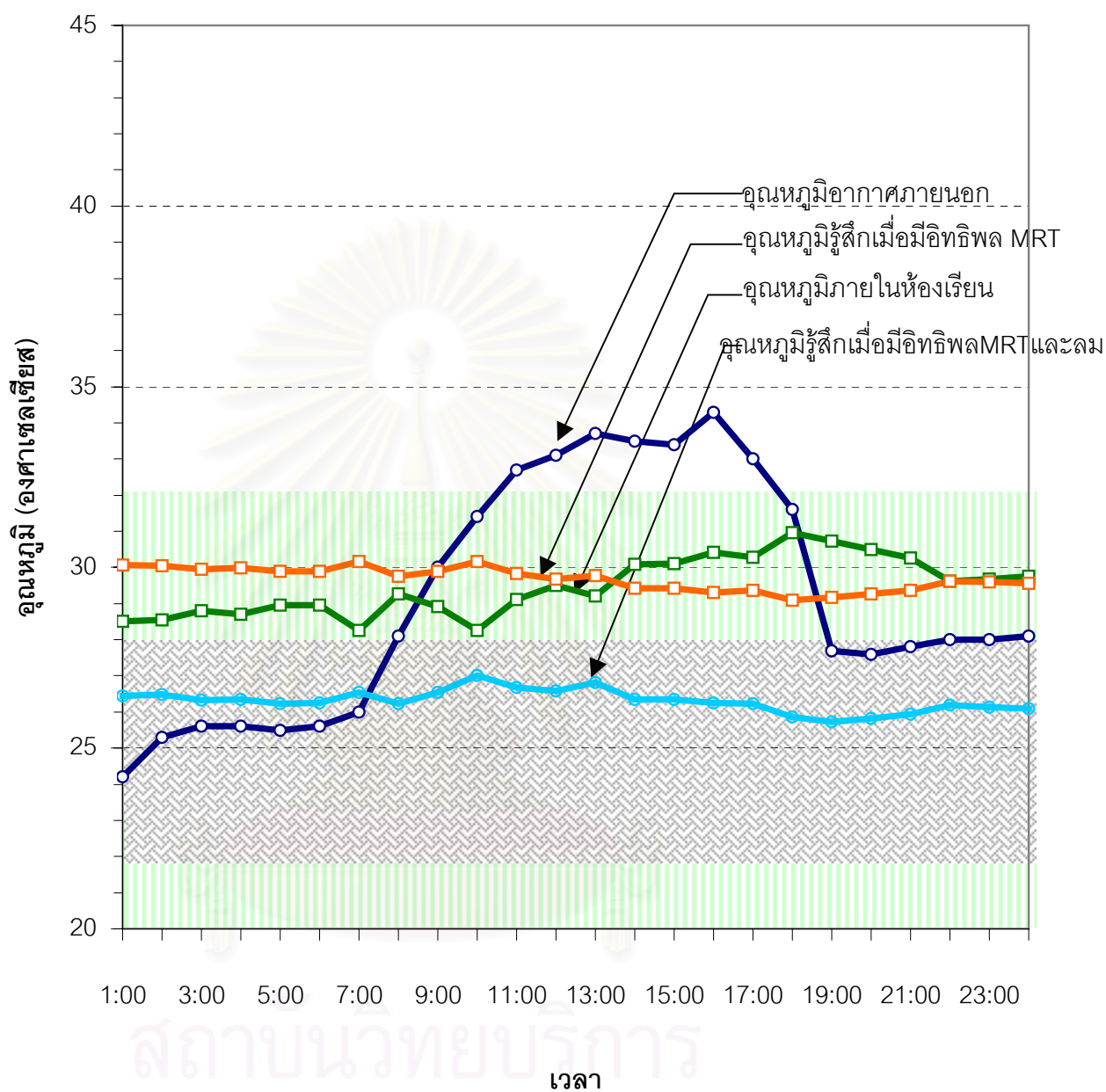
ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	29.3-35.8	29.0-31	28.7-29.8	26.0-26.7
	$\Delta T = 6.5$	$\Delta T = 1$	$\Delta T = 1.1$	$\Delta T = 0.7$
ชั้นบน	29.3-35.8	30.2-32.2	32.9-33.7	29.9-30.6
	$\Delta T = 6.5$	$\Delta T = 2.0$	$\Delta T = 0.8$	$\Delta T = 0.7$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้งสูงที่สุดในเดือนเมษายน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยมีอุณหภูมิอากาศส่วนใหญ่อยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ passive ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ passive

เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนต่ำลงแต่ยังคงอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน

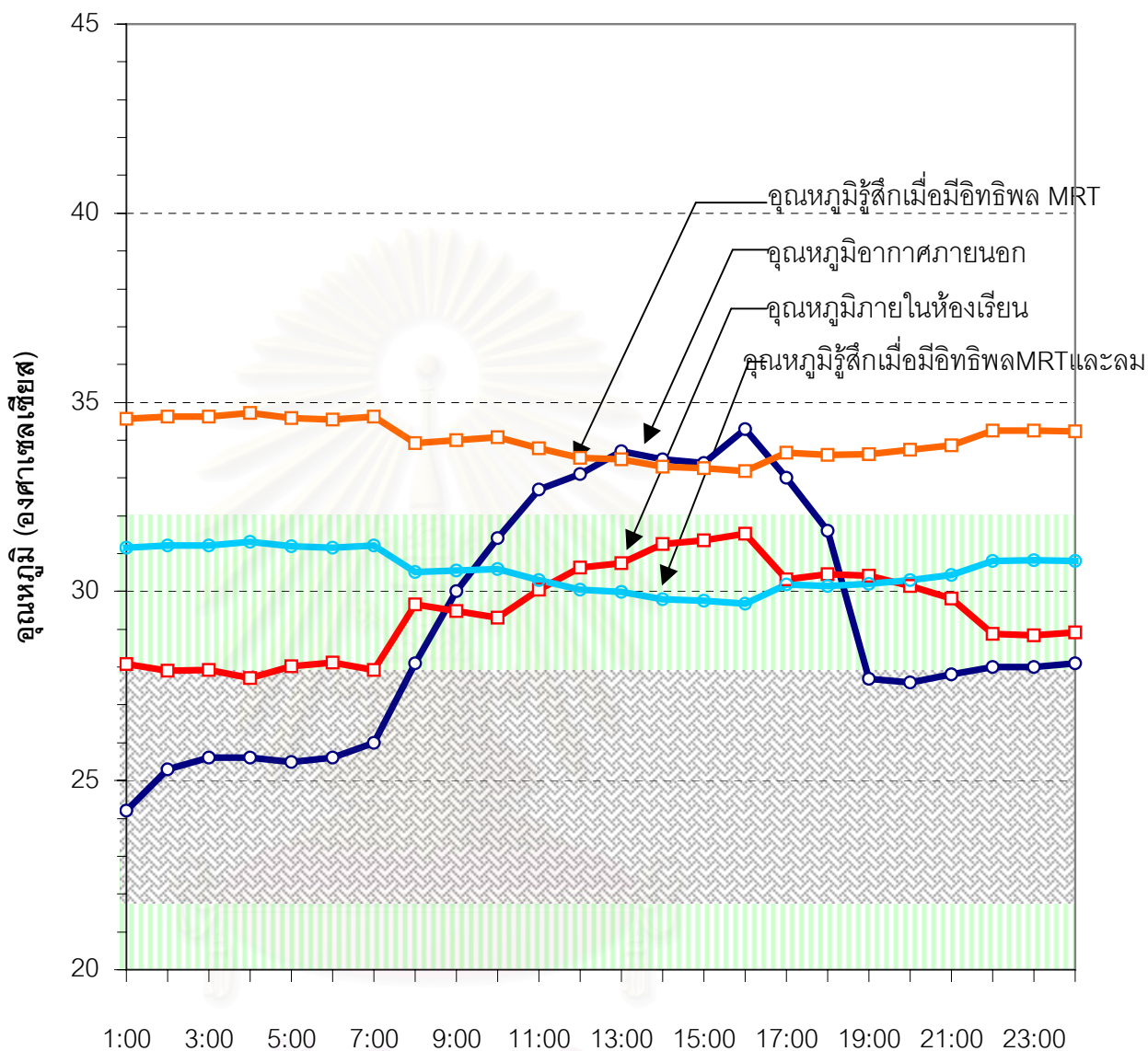
ห้องเรียนล่าง เดือนพฤษภาคม



แผนภูมิ 4.25 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่ตู้สี่กเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 6 พฤษภาคม 2542

ห้องเรียนบน เดือนพฤษภาคม



แผนภูมิ 4.26 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้จักเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 6 พฤษภาคม 2542

เดือนพฤษภาคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 6 พฤษภาคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนพฤษภาคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	28.0-34.2	28.1-30.2	29.0-31.1	26.0-26.8
	$\Delta T = 6.2$	$\Delta T = 2.1$	$\Delta T = 1.1$	$\Delta T = 0.8$
ชั้นบน	28.0-34.2	29.3-31.5	33.2-34.1	29.7-30.6
	$\Delta T = 6.2$	$\Delta T = 2.2$	$\Delta T = 0.9$	$\Delta T = 0.9$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิช่วงเวลากาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง ในขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

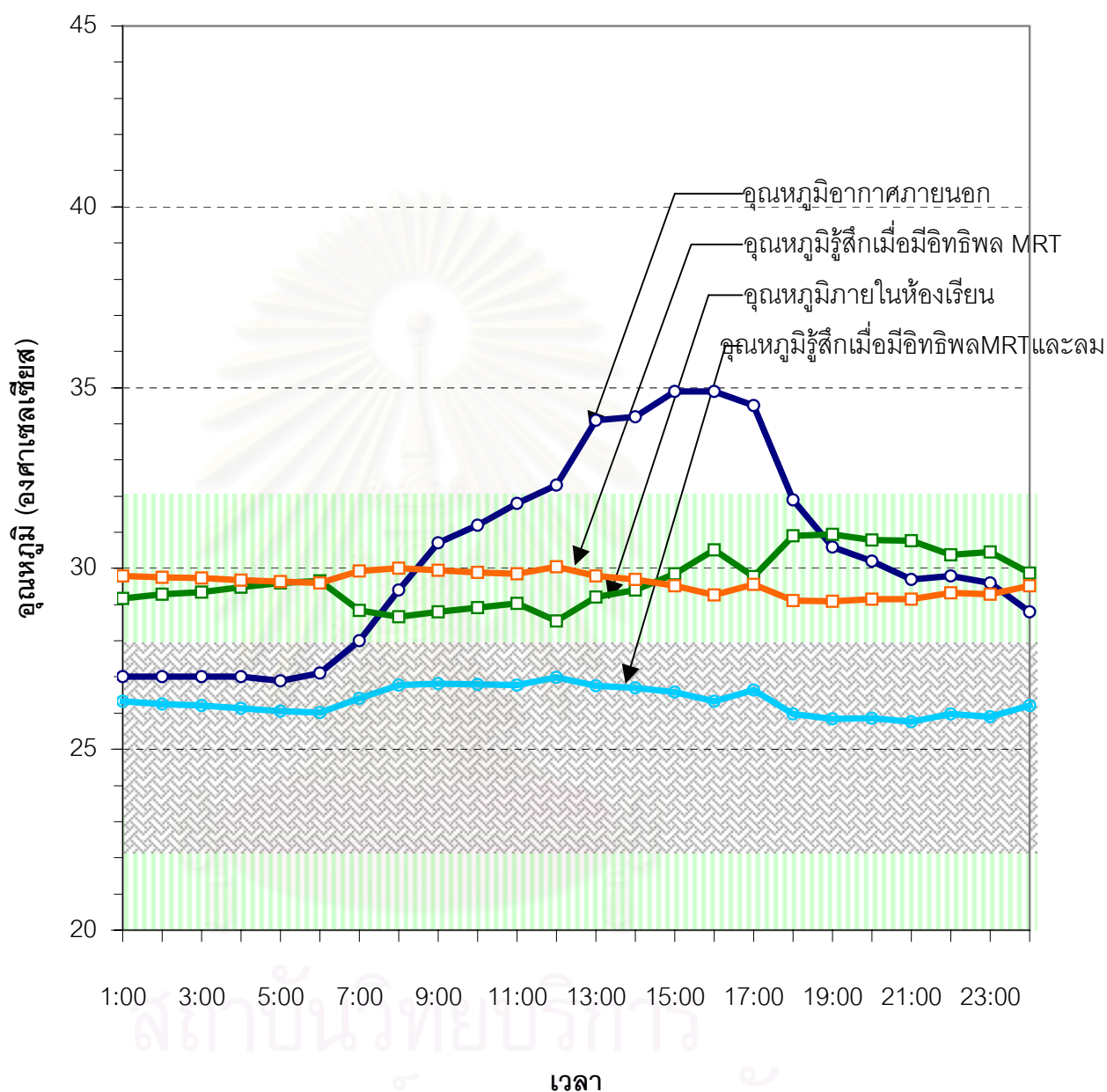
แต่เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารจะรู้สึกจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นในช่วงเวลา 8.00.-13.00น. เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ช่วงเวลา 13.00น.-16.00น. ผลของอิทธิพลเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิเย็นลง ซึ่งอุณหภูมิที่ร่างกายผู้ใช้อาคารรู้สึกเนื่องจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างตลอดการใช้งานอาคารนั้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า
อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้อง
เรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพล
อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ โดย
สามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความเร็วลม 5.47
กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



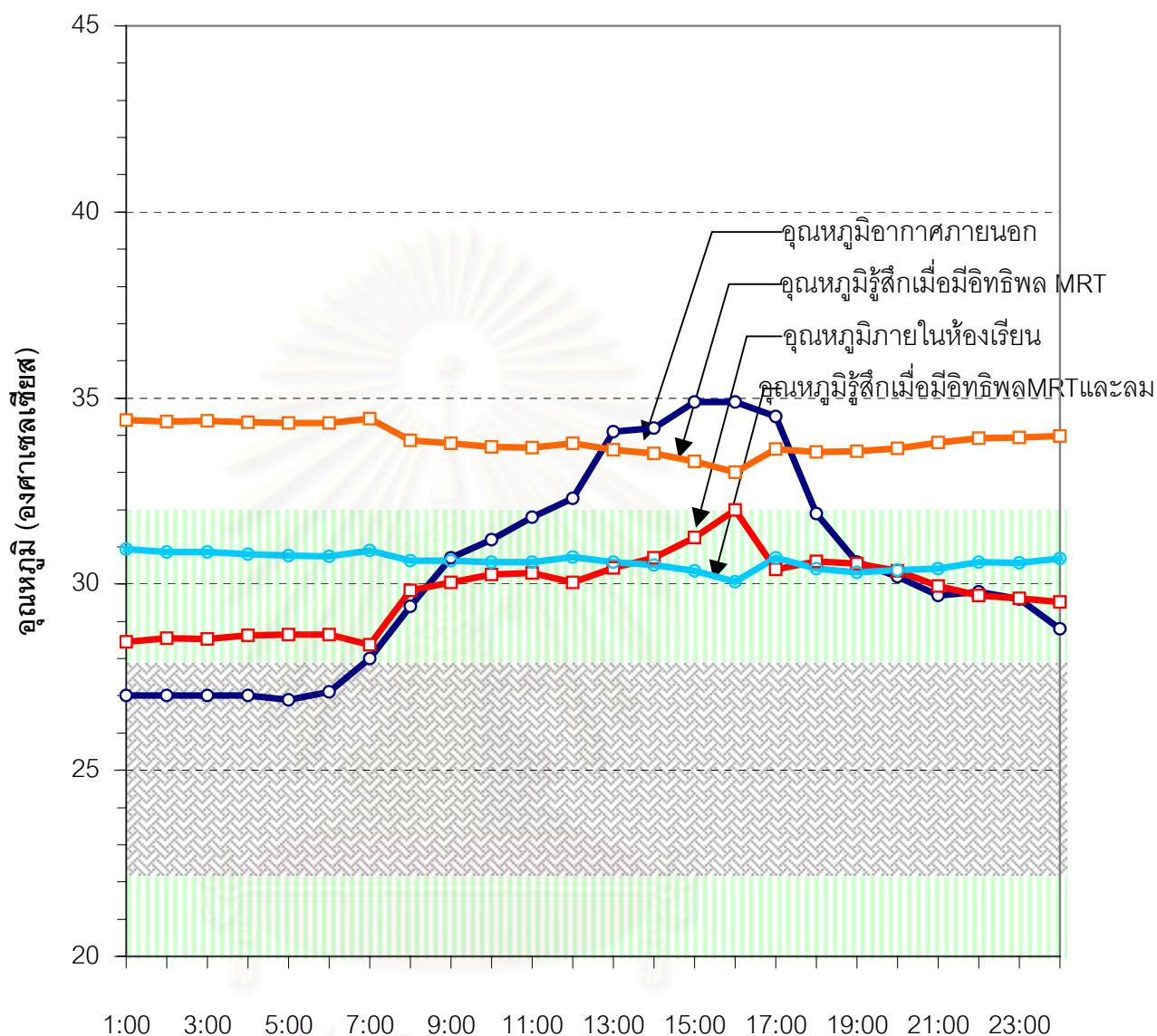
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนล่าง เดือนมิถุนายน



แผนภูมิ 4.27 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้จักเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 29 มิถุนายน 2542

ห้องเรียนบน เดือนมิถุนายน



แผนภูมิ 4.28 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้ดีกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 29 มิถุนายน 2542

เดือนมิถุนายน : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 29 มิถุนายน 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนมิถุนายน

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	29.4-34.9	28.5-30.5	29.3-30.0	26.3-27.0
	$\Delta T = 5.5$	$\Delta T = 2$	$\Delta T = 0.7$	$\Delta T = 0.7$
ชั้นบน	29.4-34.9	29.8-32.0	33.0-33.9	30.1-30.7
	$\Delta T = 5.5$	$\Delta T = 1.8$	$\Delta T = 0.9$	$\Delta T = 0.7$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดในเดือนมิถุนายน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยมีอุณหภูมิอยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับ passive

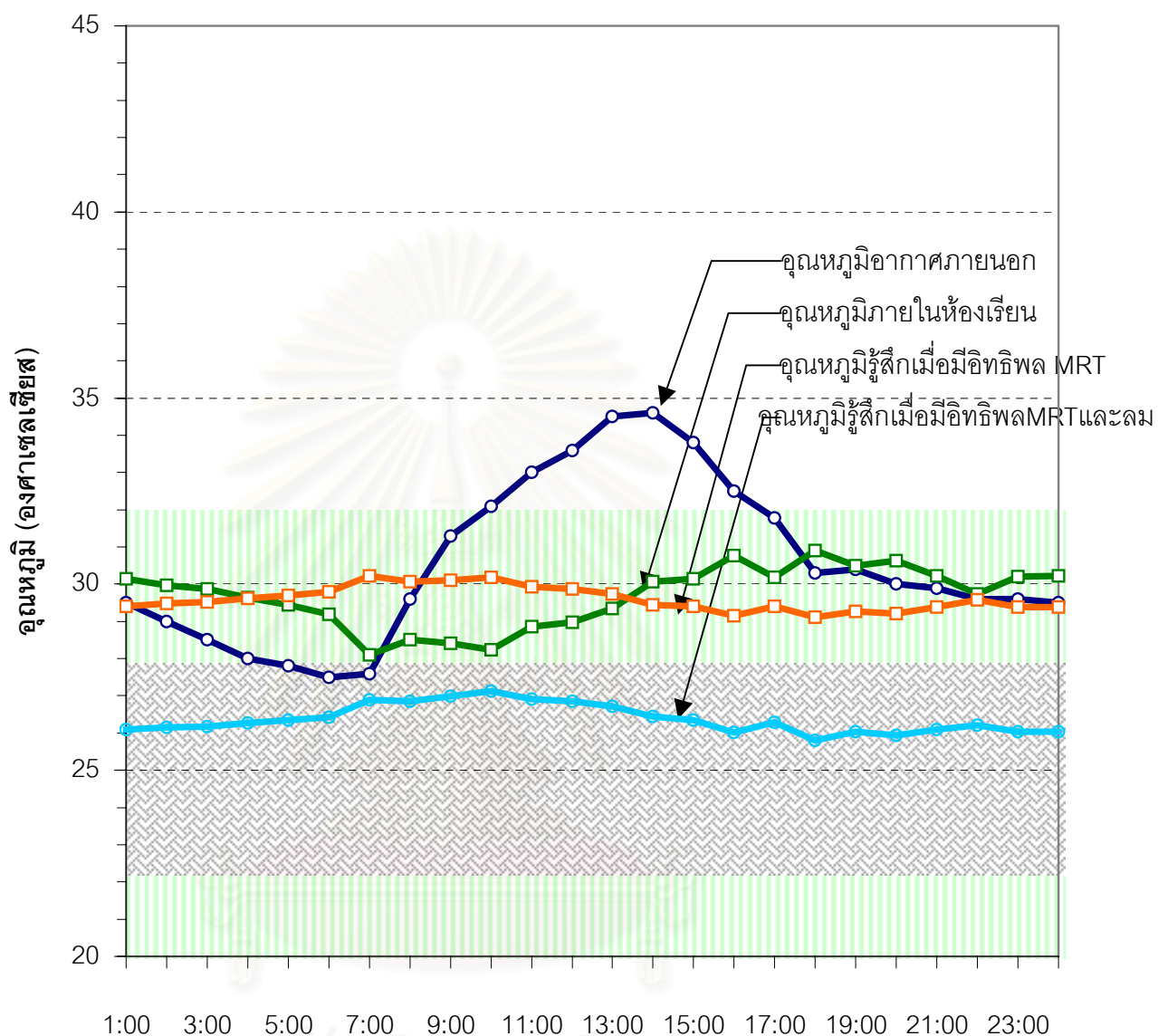
แต่เมื่อพิจารณาผลจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นในช่วงเวลา 8.00.-14.00น. เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ช่วงเวลา 14.00น.-16.00น. ผลของอิทธิพลเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่ร่างกายผู้ใช้อาคารรู้สึกเนื่องจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างตลอดการใช้งานอาคารนั้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสถานะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า
อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้อง
เรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพล
อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ โดย
สามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความเร็วลม 5.47
กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



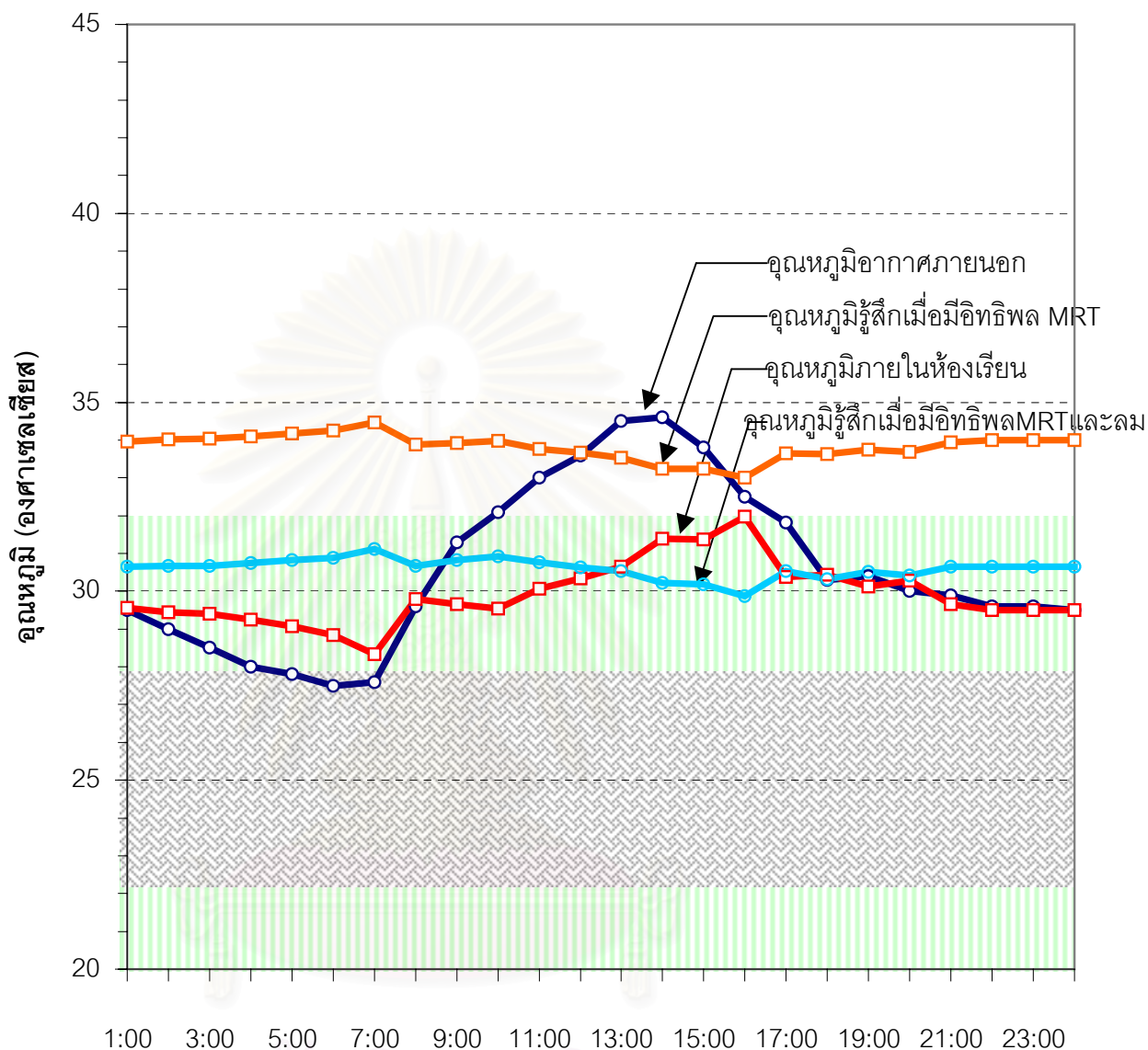
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนล่าง เดือนกรกฎาคม



แผนภูมิ 4.29 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รัฐศึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 กรกฎาคม 2542

ห้องเรียนบน เตือนกรกฎาคม



แผนภูมิ 4.30 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รู้ดีกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 กรกฎาคม 2542

เดือนกรกฎาคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 กรกฎาคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนกรกฎาคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRT และ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	29.6-33.8	28.2-30.8	29.2-30.2	26.0-27.1
	$\Delta T = 4.2$	$\Delta T = 2.6$	$\Delta T = 1.0$	$\Delta T = 1.1$
ชั้นบน	29.6-33.8	29.5-32	33.0-34.0	29.9-30.9
	$\Delta T = 4.2$	$\Delta T = 2.5$	$\Delta T = 1.0$	$\Delta T = 1.0$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดในเดือนกรกฎาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยมีอุณหภูมิส่วนใหญ่อยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ตลอดเวลาเมื่อมีการใช้งานอาคาร

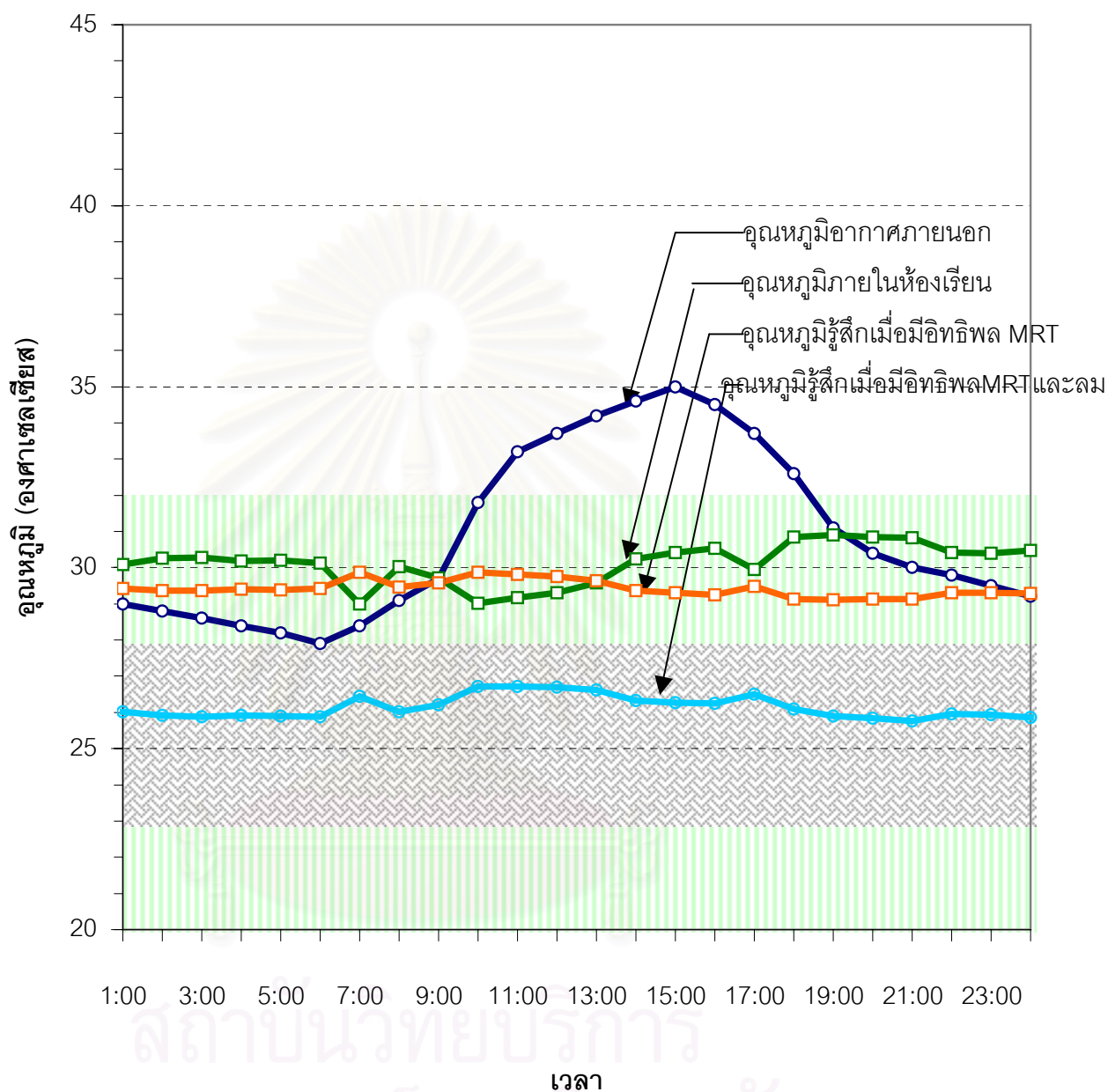
แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นในช่วงเวลา 8.00.-14.00น. เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ช่วงเวลา 14.00น.-16.00น. อิทธิพลเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่ร่างกายผู้ใช้อาคารรู้สึกเนื่องจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างตลอดการใช้งานอาคารนั้น อยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสถานะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความร้อน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



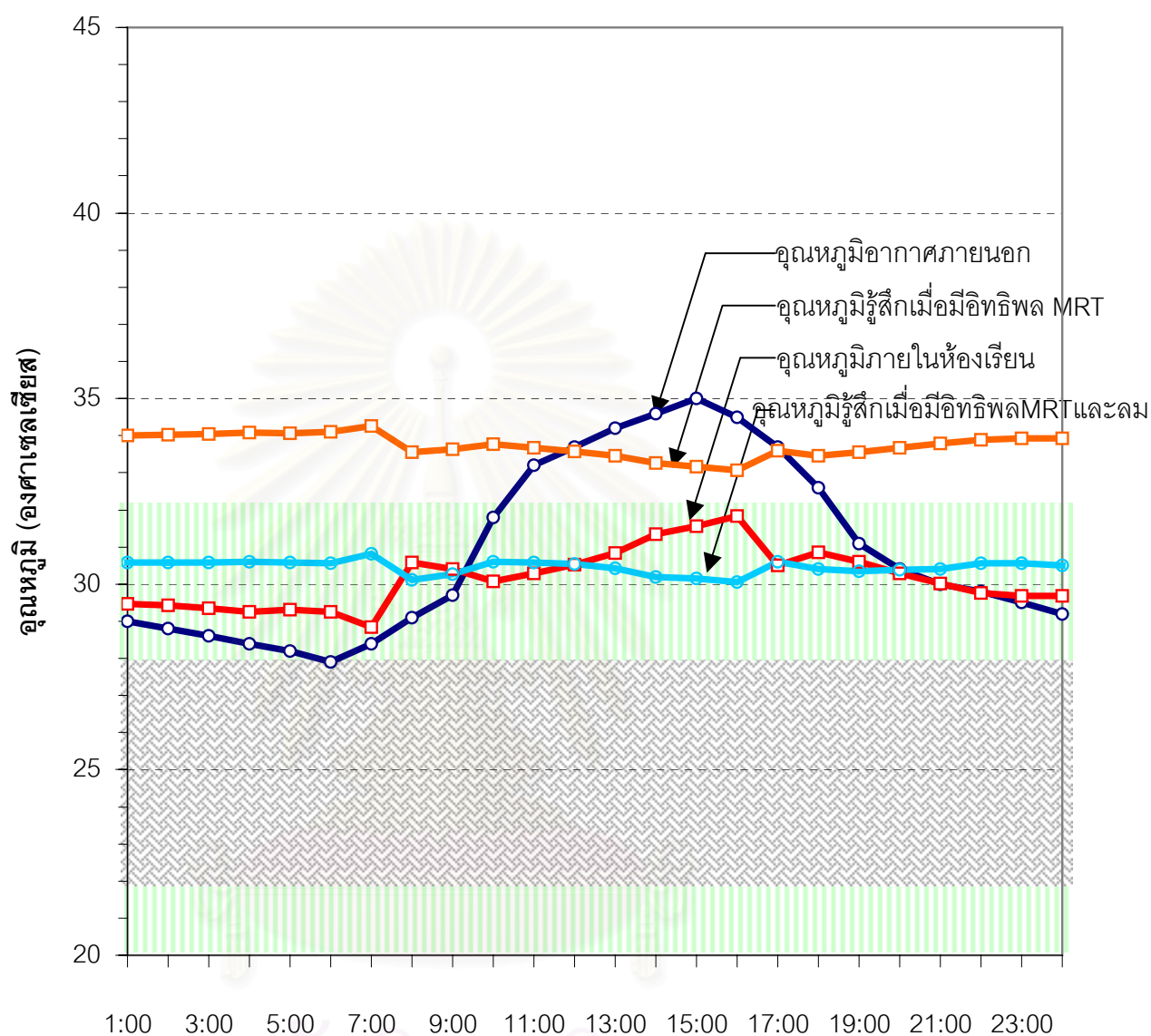
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนสิงหาคม



แผนภูมิ 4.31 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศอากาศกับอุณหภูมิที่รู้ตึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 22 สิงหาคม 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนสิงหาคม



แผนภูมิ 4.32 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้จักเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพล

อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 22 สิงหาคม 2542

เดือนสิงหาคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 22 สิงหาคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนสิงหาคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	29.1-35.0	29.2-30.5	29.3-29.9	26.0-26.7
	$\Delta T = 5.9$	$\Delta T = 1.3$	$\Delta T = 0.6$	$\Delta T = 0.7$
ชั้นบน	29.1-35.0	30.1-31.8	33.1-33.8	30.1-30.6
	$\Delta T = 5.9$	$\Delta T = 1.7$	$\Delta T = 0.7$	$\Delta T = 0.5$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยมีอุณหภูมิอยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

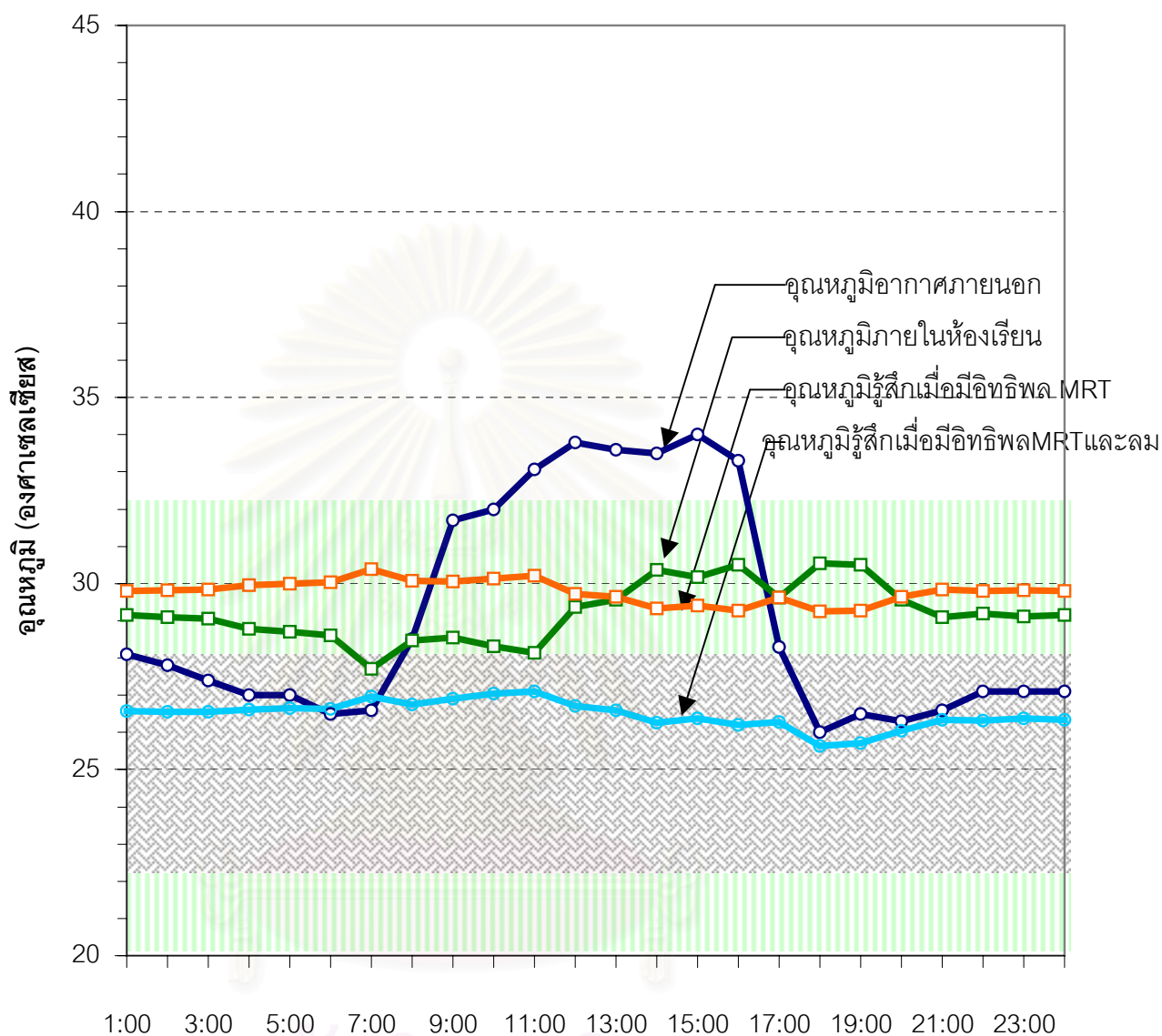
เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นในเช้า เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ช่วงบ่ายผลของอิทธิพลเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิเย็นลง ซึ่งอุณหภูมิที่ร่างกายผู้ใช้อาคารรู้สึกเนื่องจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างตลอดการใช้งานอาคารนั้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสถานะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความร้อน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



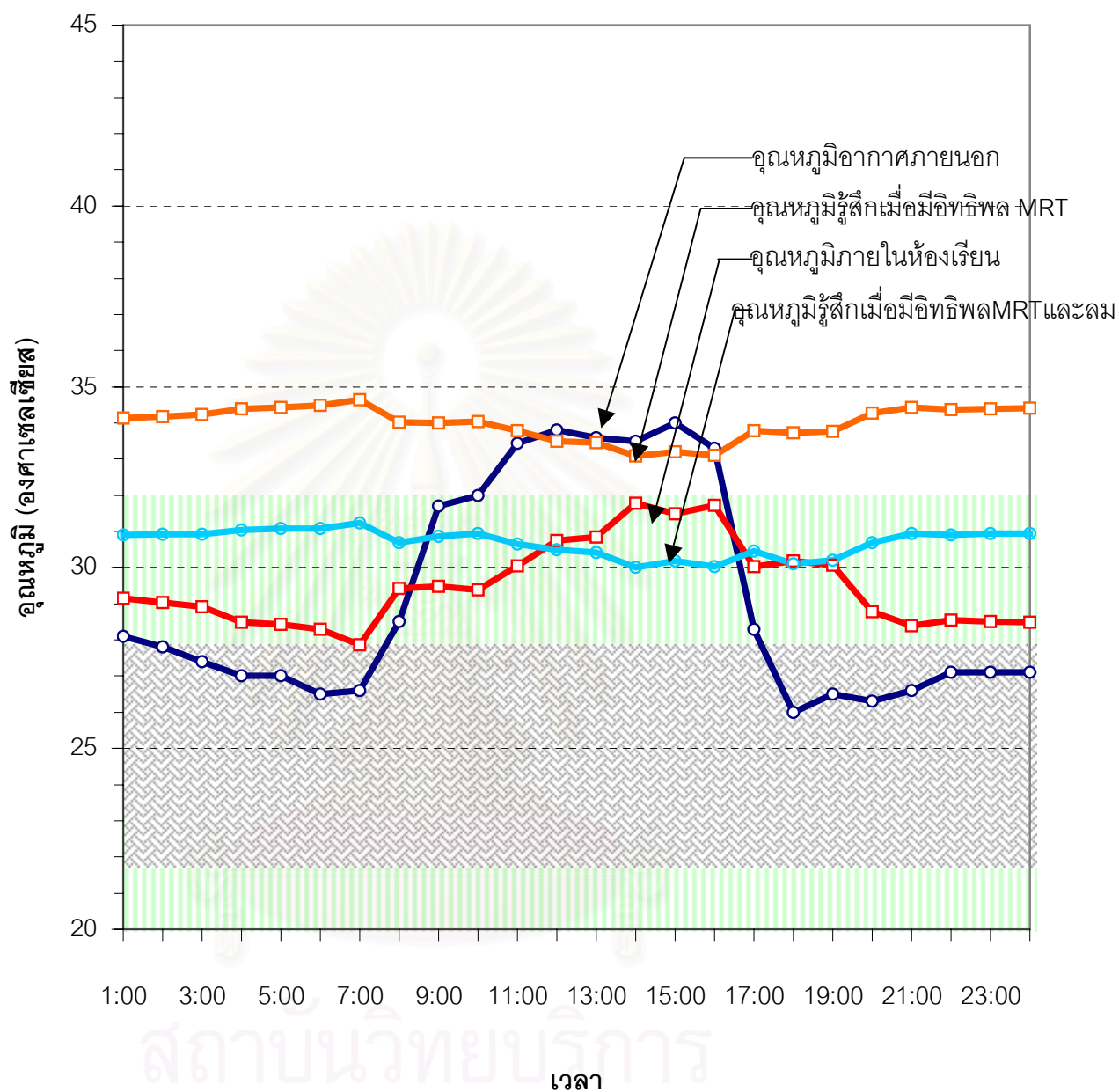
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนกันยายน



แผนภูมิ 4.33 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รู้ดีกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 กันยายน 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนกันยายน



แผนภูมิ 4.34 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รู้สี่กเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 18 กันยายน 2542

เดือนกันยายน : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 22 กันยายน 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนกันยายน

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	28.5-33.8	28.1-30.5	29.3-30.2	26.2-27.1
	$\Delta T = 5.3$	$\Delta T = 2.4$	$\Delta T = 0.9$	$\Delta T = 0.9$
ชั้นบน	28.5-33.8	29.4-31.8	33.1-34.0	30.0-30.9
	$\Delta T = 5.3$	$\Delta T = 2.4$	$\Delta T = 0.9$	$\Delta T = 0.9$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห่งสูงสุดในเดือนกันยายน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยส่วนใหญ่ในช่วงเวลาการใช้งานอาคารอุณหภูมิจะอยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

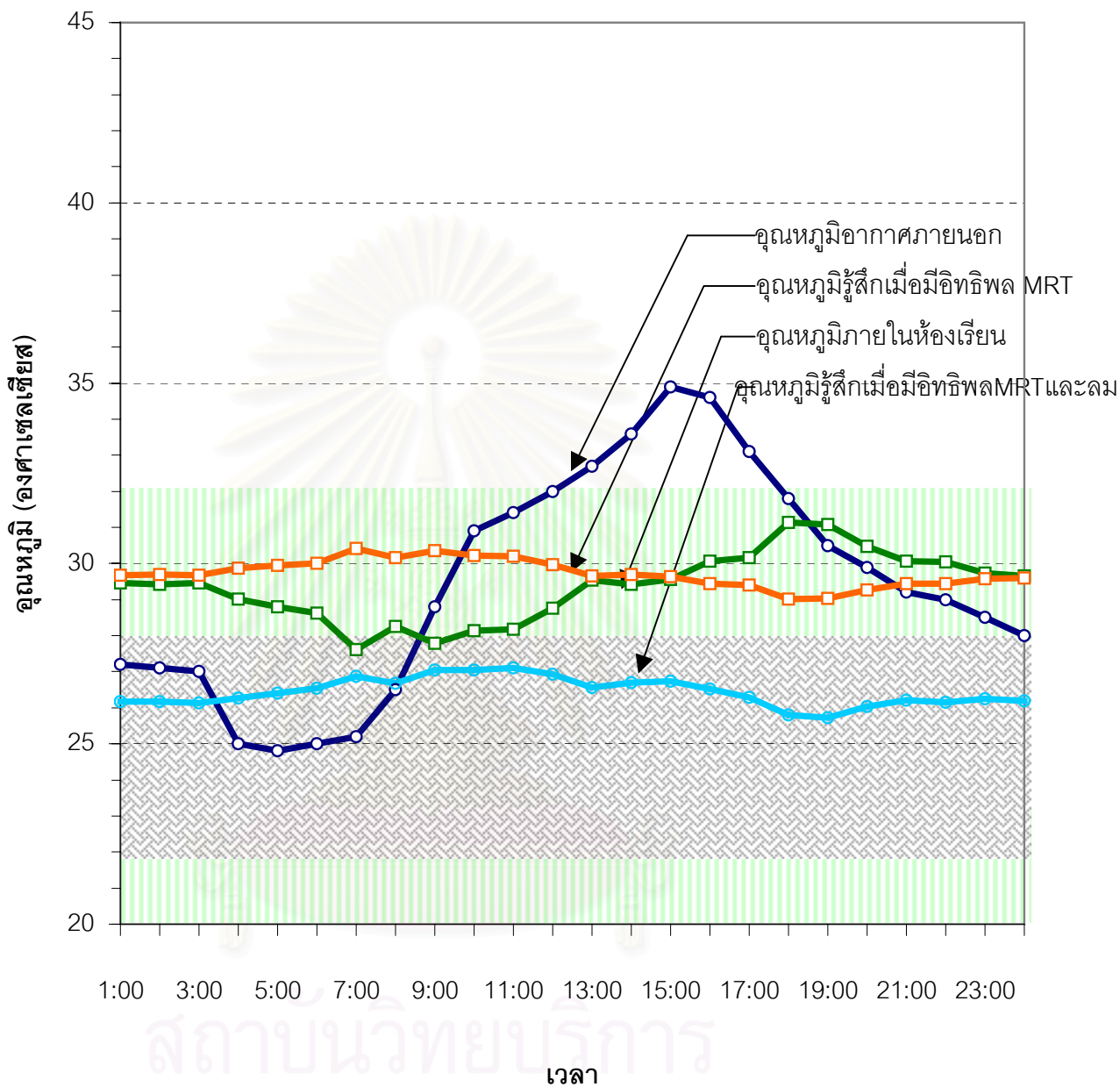
เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงเช้า เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ช่วงบ่ายผลของอิทธิพลเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิเย็นลง ซึ่งอุณหภูมิที่ร่างกายผู้ใช้อาคารรู้สึกเนื่องจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างตลอดการใช้งานอาคารนั้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนพบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



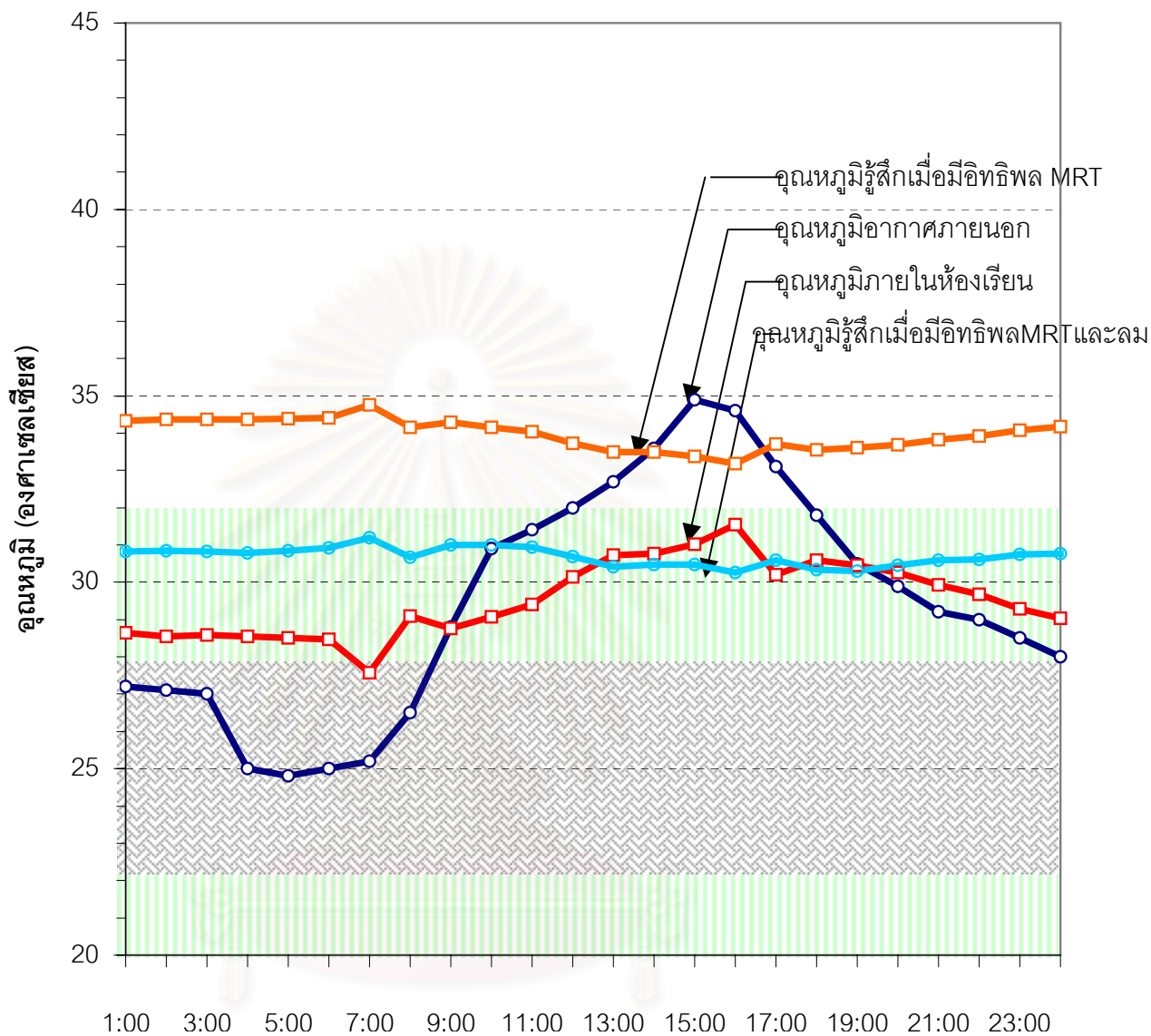
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนตุลาคม



แผนภูมิ 4.35 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้จักเมื่อมีการรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 8 ตุลาคม 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนตุลาคม



แผนภูมิ 4.36 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศอากาศกับอุณหภูมิที่รู้สึกเมื่อมีการรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 8 ตุลาคม 2542

เดือนตุลาคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 8 ตุลาคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.11 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนตุลาคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	26.5-34.9	27.8-30.1	29.4-30.4	26.5-27.1
	$\Delta T = 8.4$	$\Delta T = 2.3$	$\Delta T = 1$	$\Delta T = 0.6$
ชั้นบน	26.5-34.9	28.8-31.5	33.2-34.3	30.3-31.0
	$\Delta T = 8.4$	$\Delta T = 2.7$	$\Delta T = 1.1$	$\Delta T = 0.7$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงที่สุดในเดือนตุลาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยช่วงบ่ายอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

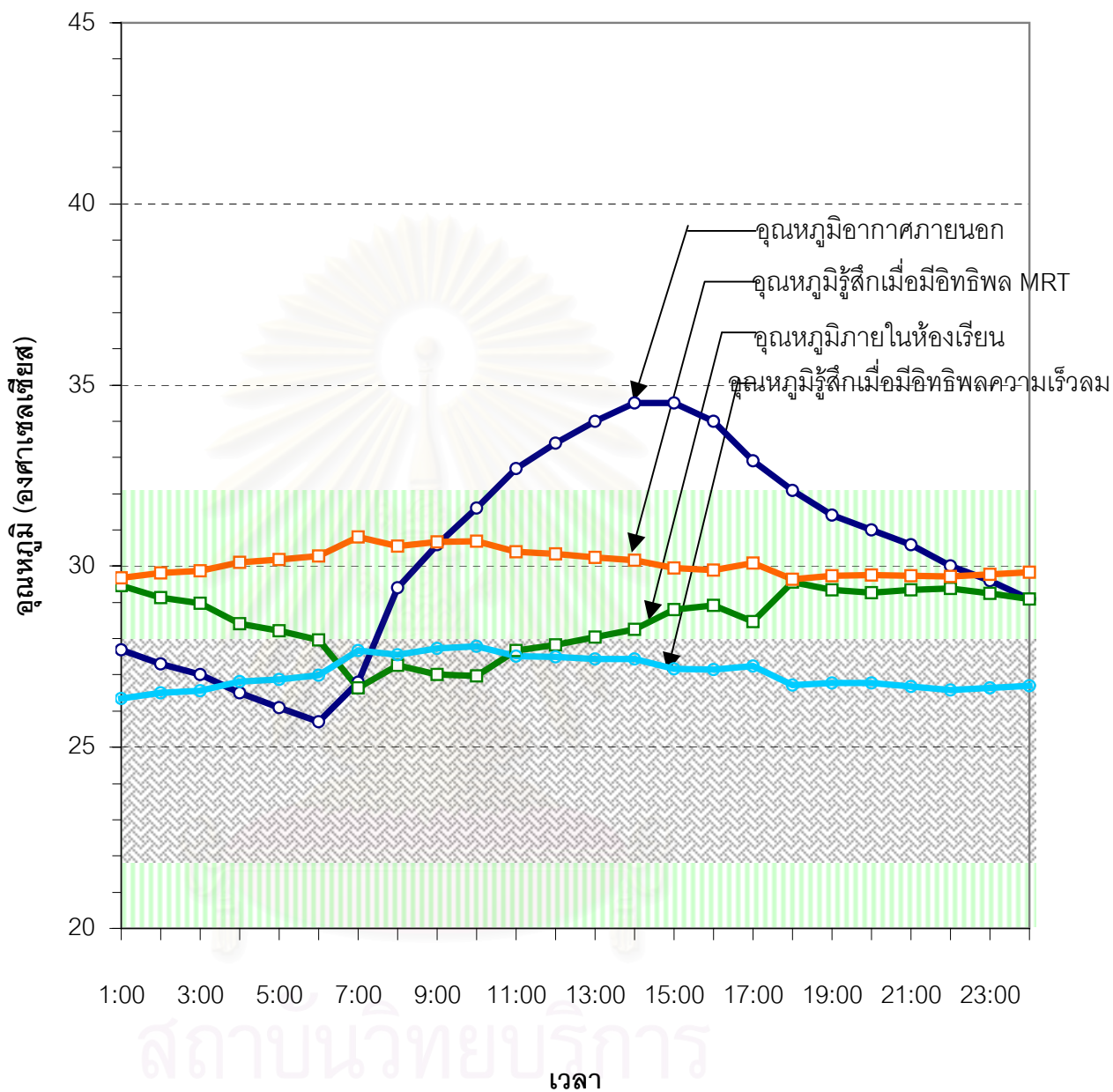
เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงเช้า เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ช่วงบ่ายผลของอิทธิพลเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิเย็นลง ซึ่งอุณหภูมิที่ร่างกายผู้ใช้อาคารรู้สึกเนื่องจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างตลอดการใช้งานอาคารนั้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนตุลาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

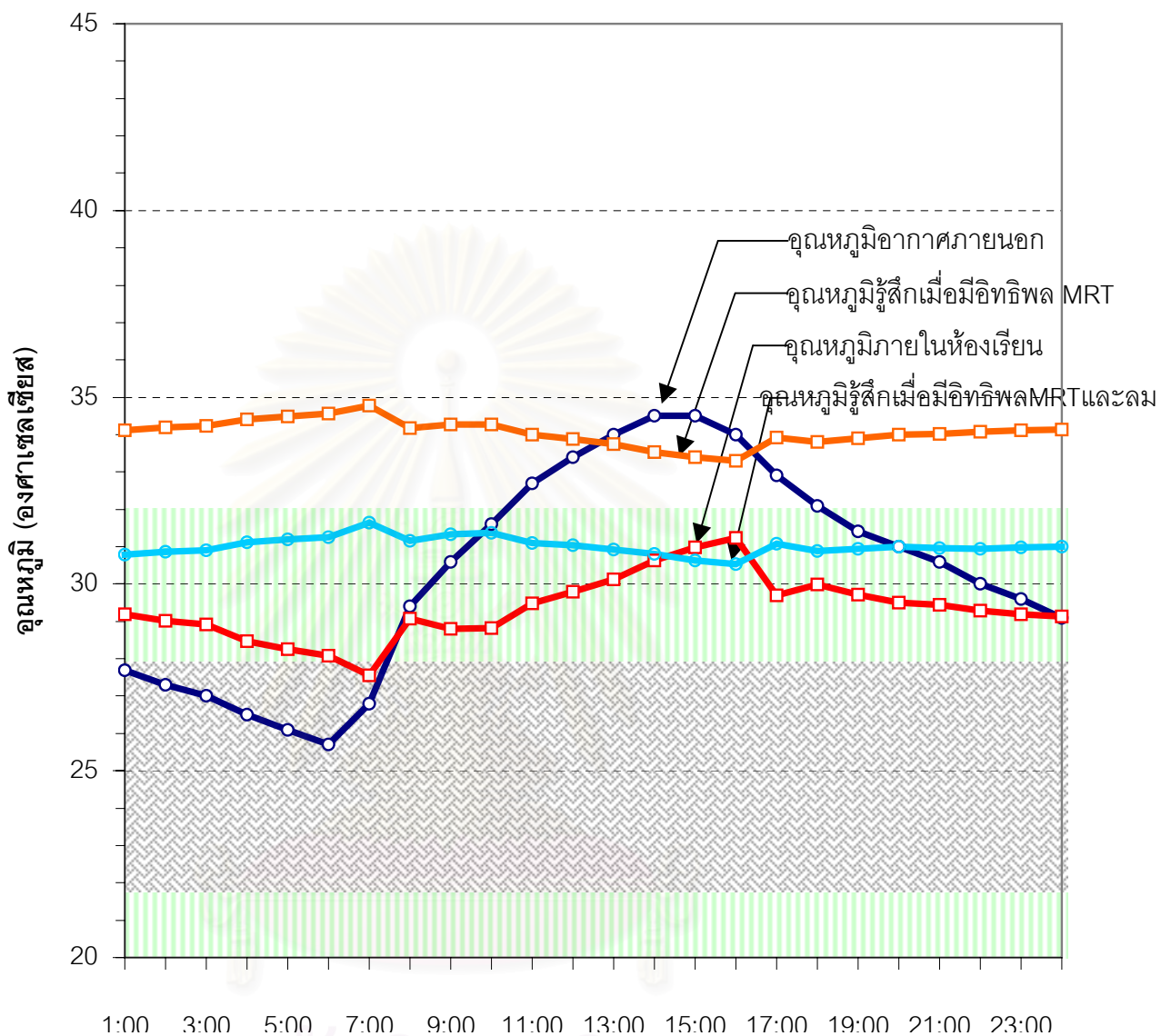
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนพฤศจิกายน



แผนภูมิ 4.37 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รู้ดีกเมือมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 28 พฤศจิกายน 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนพฤศจิกายน



แผนภูมิ 4.38 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศอากาศกับอุณหภูมิที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 28 พฤศจิกายน 2542

เดือนพฤศจิกายน : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 28 พฤศจิกายน 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนพฤศจิกายน

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	29.4-34.5	27.0-28.9	29.9-30.7	27.1-27.8
	$\Delta T = 5.1$	$\Delta T = 1.9$	$\Delta T = 0.8$	$\Delta T = 0.7$
ชั้นบน	29.4-34.5	28.8-31.2	33.3-34.3	30.5-31.4
	$\Delta T = 5.1$	$\Delta T = 2.4$	$\Delta T = 1.0$	$\Delta T = 0.9$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive

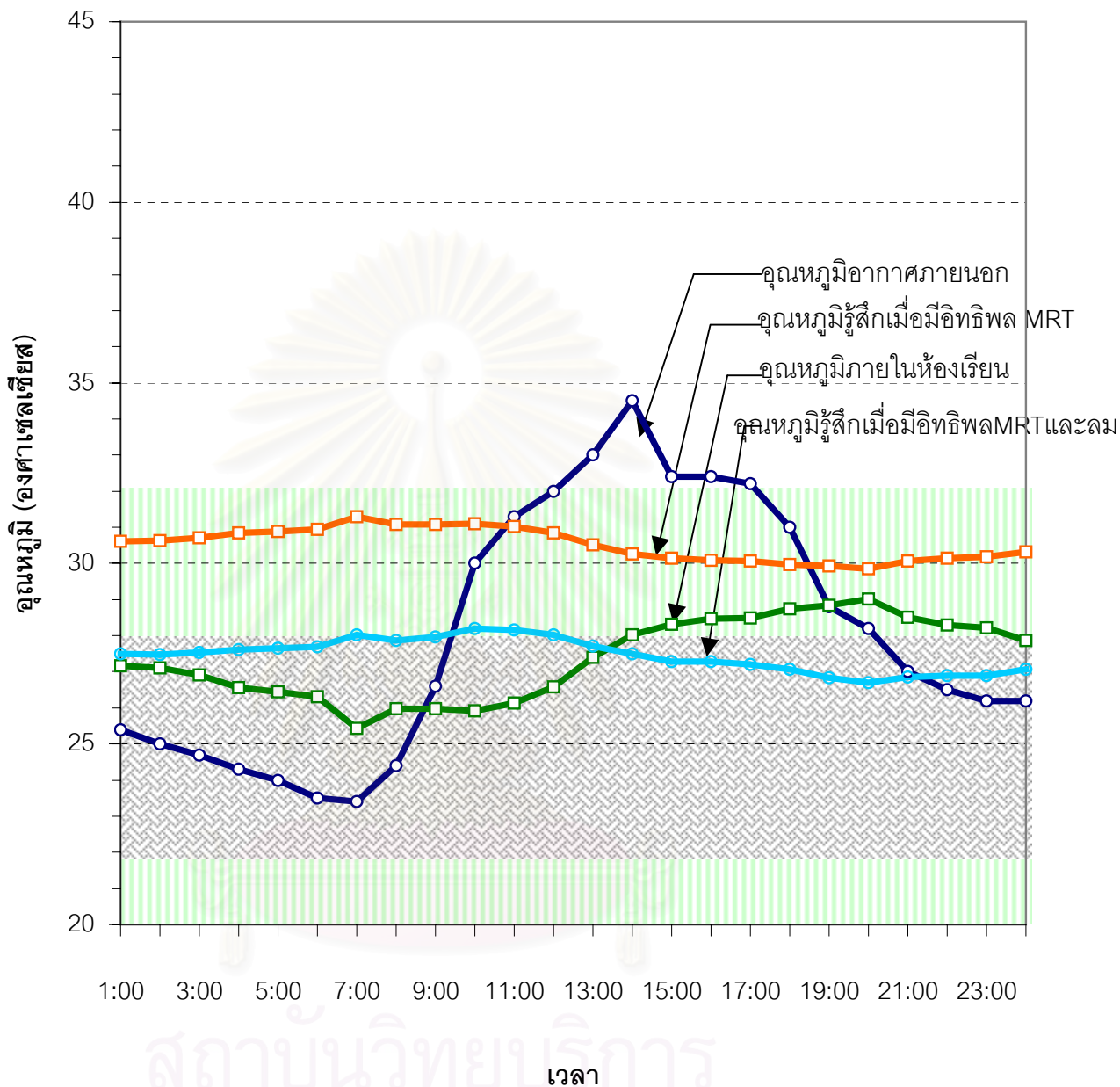
เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร ทำให้ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้อยู่ในระดับ passive เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความร้อน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



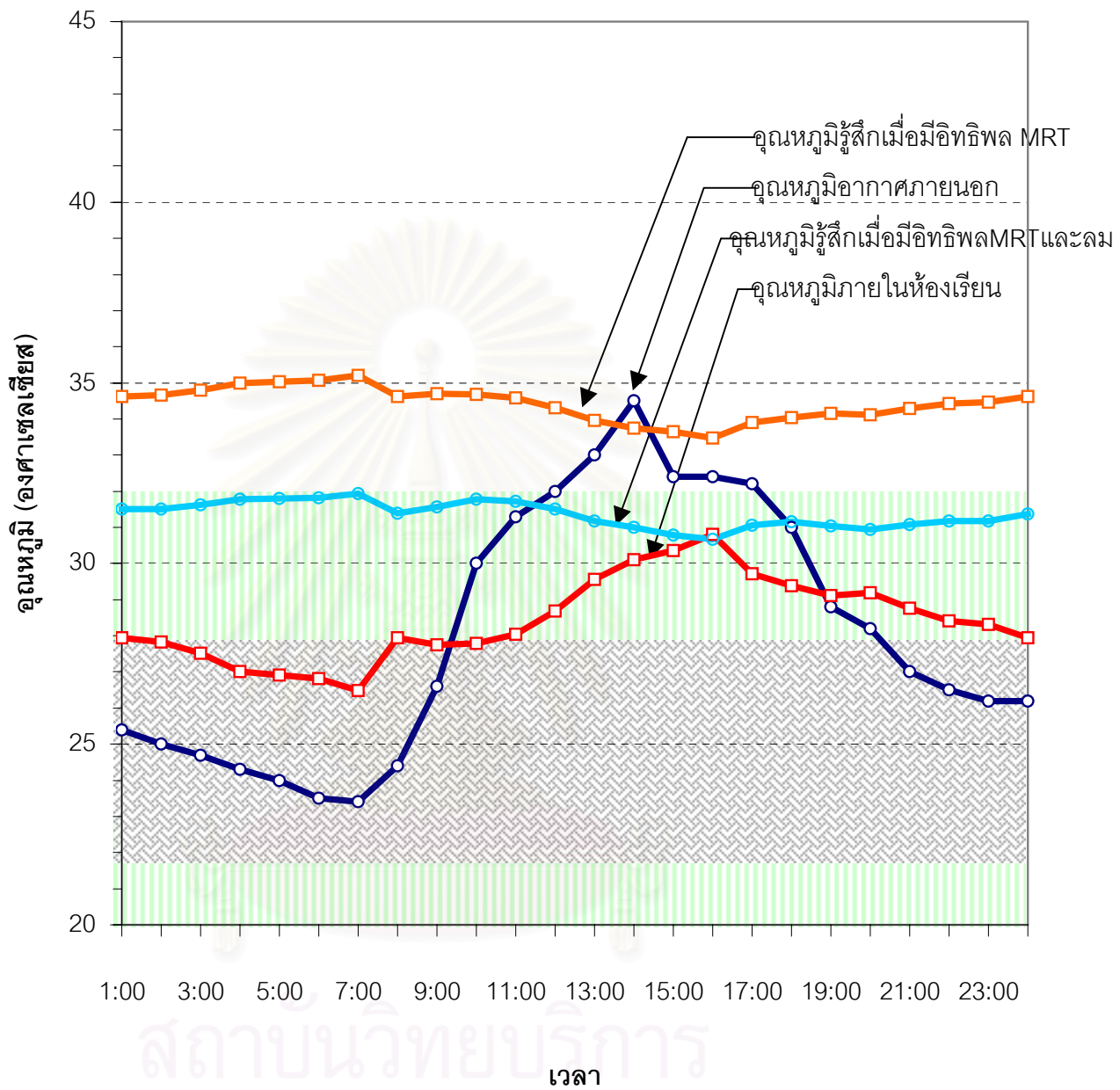
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนธันวาคม



แผนภูมิ 4.39 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิที่รู้สึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 31 ธันวาคม 2542

ห้องเรียนชั้นบน เดือนธันวาคม



แผนภูมิ 4.40 เปรียบเทียบจุดหมุมิอากาศอากาศกับจุดหมุมิที่รู้ตึกเมื่อมีการปรับด้วยอิทธิพลจุดหมุมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส และอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 31 ธันวาคม 2542

เดือนธันวาคม : ข้อมูลสภาพอากาศวันที่ 31 ธันวาคม 2542

พิจารณาเมื่อมีการใช้งานอาคารช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.

ตารางที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเรียนกรณีศึกษาเดือนธันวาคม

ตำแหน่ง	อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ ภายในห้องเรียน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึก (องศาเซลเซียส)	
			อิทธิพล MRT	อิทธิพล MRTและ ความเร็วลม
ชั้นล่าง	24.4-34.5	25.9-28.5	30.1-31.1	27.3-28.2
	$\Delta T = 10.1$	$\Delta T = 2.6$	$\Delta T = 1.0$	$\Delta T = 0.9$
ชั้นบน	24.4-34.5	27.7-30.8	33.5-34.7	30.7-31.8
	$\Delta T = 10.1$	$\Delta T = 3.1$	$\Delta T = 1.2$	$\Delta T = 1.1$

จากผลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาด้วยข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแทนวันที่มีอุณหภูมิอากาศกระเปาะแห่งสูงที่สุดในเดือนธันวาคม พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาการใช้งานอาคารค่อนข้างสูง โดยหลังเวลา 9.00น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่สูงกว่าขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นล่างมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาใช้งานต่ำกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive เป็นส่วนใหญ่

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร ทำให้ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้อยู่ในระดับ passive เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศ โดยสามารถปรับให้อุณหภูมิที่ร่างกายของผู้ใช้อาคารเข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ semi-passive ด้วยการเพิ่มความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน พบว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องเรียนชั้นบน และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาใช้งานสูงกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive และมีอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยสูงกว่าห้องเรียนชั้นล่างตลอดช่วงเวลากาการใช้งานอาคาร แต่เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของผนังอาคารชั้นบน โดยสามารถปรับให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ด้วยอิทธิพลความร้อน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดทั้งวัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิรู้สึกอันเนื่องมาจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในห้องเรียนชั้นล่าง พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบมีค่าสม่ำเสมอเนื่องจากอิทธิพลของเปลือกอาคาร ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ทั้งๆ ที่อุณหภูมิในห้องเรียนขณะนั้นอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่รับได้ระดับ semi-passive ซึ่งสภาวะนี้จะเกิดขึ้นในห้องเรียนชั้นล่างช่วงฤดูหนาวและตอนเช้าของบางเดือน ส่งผลให้ผู้ใช้อาคารจะไม่รู้สึกหนาวเย็นจนเกินไปในฤดูหนาว ในทางตรงกันข้ามหากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบต่ำกว่าอาคารอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิต่ำลงจากอุณหภูมิอากาศที่เป็นอยู่ เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นในเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและในช่วงบ่ายของบางเดือน ทำให้อุณหภูมิอากาศที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ระดับ passive โดยจะสังเกตได้ว่าผลของอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะทำให้รู้สึกว่าคุณสมบัติภายในห้องเรียนมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยกว่า อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียน

สำหรับห้องชั้นบนจะพบว่าสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าห้องเรียนชั้นล่าง เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวอาคารชั้นบนสูงกว่าอุณหภูมิผิวอาคารชั้นล่าง เพราะผนังอาคารชั้นบนขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอกได้ ในขณะที่ผนังอาคารชั้นล่างมีพื้นผิวสัมผัสดินจึงทำให้มีการถ่ายเทความร้อนสู่ดินซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ¹ จึงทำให้อุณหภูมิที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนที่อยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive เลื่อนไปอยู่นอกขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับระดับ passive

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิรู้สึกจากอิทธิพลพบว่าความเร็วลมที่ความแรง 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะสามารถปรับให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยโดยต่ำลง 3 องศาเซลเซียส โดยห้องเรียนชั้นล่างหากต้องการปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนจากขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive ให้อยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ในระดับ semi-passive จะต้องเปิดพัดลมความเร็ว 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นขึ้นโดยที่อุณหภูมิภายในอาคารและอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบมีค่าคงที่

¹ อ่านเพิ่มเติม การวิจัยเรื่อง การปรับสภาวะน่าสบายโดยใช้ความเย็นจากดิน นายไพบุลย์ วงศ์เรืองกิจ

ส่วนห้องเรียนชั้นบนนั้นต้องพึ่งอิทธิพลความเร็วลมที่ความแรง 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดเวลาเพื่อปรับให้สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนของผู้ใช้อาคาร อันเป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติอากาศภายในและอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่อยู่นอกขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ให้เข้าสู่ขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ระดับ passive



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่รู้สึกกับความชื้นสัมพัทธ์ ภายในห้องเรียนที่มีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ และภายในห้องเรียนที่มีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบร่วมกับอิทธิพลความเร็วลม

หลังจากการวิเคราะห์อุณหภูมิรู้สึกภายในอาคารกรณีศึกษาอันเป็นผลมาจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ และอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบร่วมกับอิทธิพลความเร็วลมแล้ว จึงนำข้อมูลมาพล็อตโดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่รู้สึกกับความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในอาคาร โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศและความชื้นของกรุงเทพฯ ปี 2542 มาแทนในสมการทำนายความชื้นภายในห้องเรียน โดยแสดงแผนภูมิของข้อมูลเดือนต่างๆ เริ่มจากข้อมูลทั้งปีของห้องเรียนชั้นล่างและข้อมูลทั้งปีของห้องเรียนบนตามลำดับ โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีคือ

กรณีที่ 1 เมื่อสมมติฐานว่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก เพื่อใช้เป็นตัวแทนอาคารทั่วไปที่เปลือกอาคารไม่สามารถกันความร้อนจากภายนอกอาคารได้และมีการใช้การไหลเวียนอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับสภาพอากาศภายในห้อง

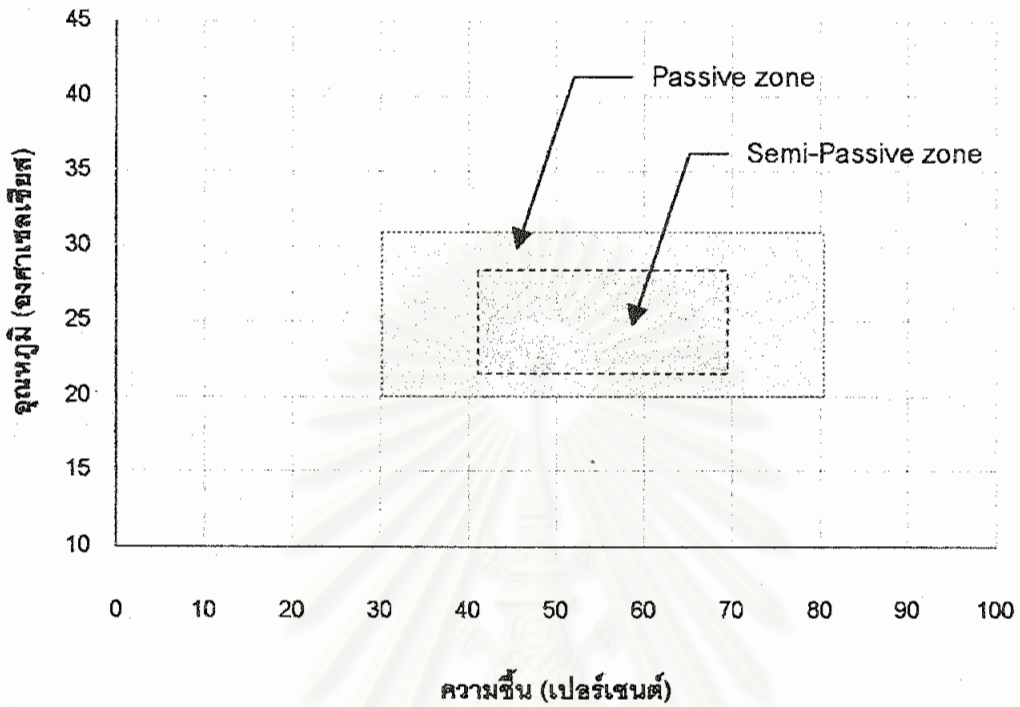
กรณีที่ 2 เมื่อสมมติฐานว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารกรณีศึกษาเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ในกรณีที่ 12 ที่อาคารมีการใช้งานอาคารจริง มีการปรับสภาพแวดล้อมไม่ใช้การไหลเวียนอากาศและมีการเปิดช่องด้านบนเพื่อระบายความร้อนในช่วงการใช้งานอาคาร



กรณีที่ 3 เมื่อพิจารณาสภาวะภายในอาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ ในกรณีที่ 12 ที่อาคารมีการใช้งานอาคารจริง มีการปรับสภาพแวดล้อม ไม่ใช้การไหลเวียนอากาศและมีการเปิดช่องด้านบนเพื่อระบายความร้อนในช่วงการใช้งานอาคาร

กรณีที่ 4 เมื่อพิจารณาสภาวะภายในอาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบร่วมกับอิทธิพลความเร็วลม ในกรณีที่ 12 ที่อาคารมีการใช้งานอาคารจริง มีการปรับสภาพแวดล้อม ไม่ใช้การไหลเวียนอากาศและมีการเปิดช่องด้านบนเพื่อระบายความร้อนในช่วงการใช้งานอาคาร





หมายเหตุ ทั้ง 4 กรณีพิจารณาเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ไม่ได้รวมความชื้นจากผู้ใช้อาคาร

คำอธิบายขอบเขตสภาวะน่าสบายในแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ
ที่รู้สึกกับความชื้นสัมพัทธ์

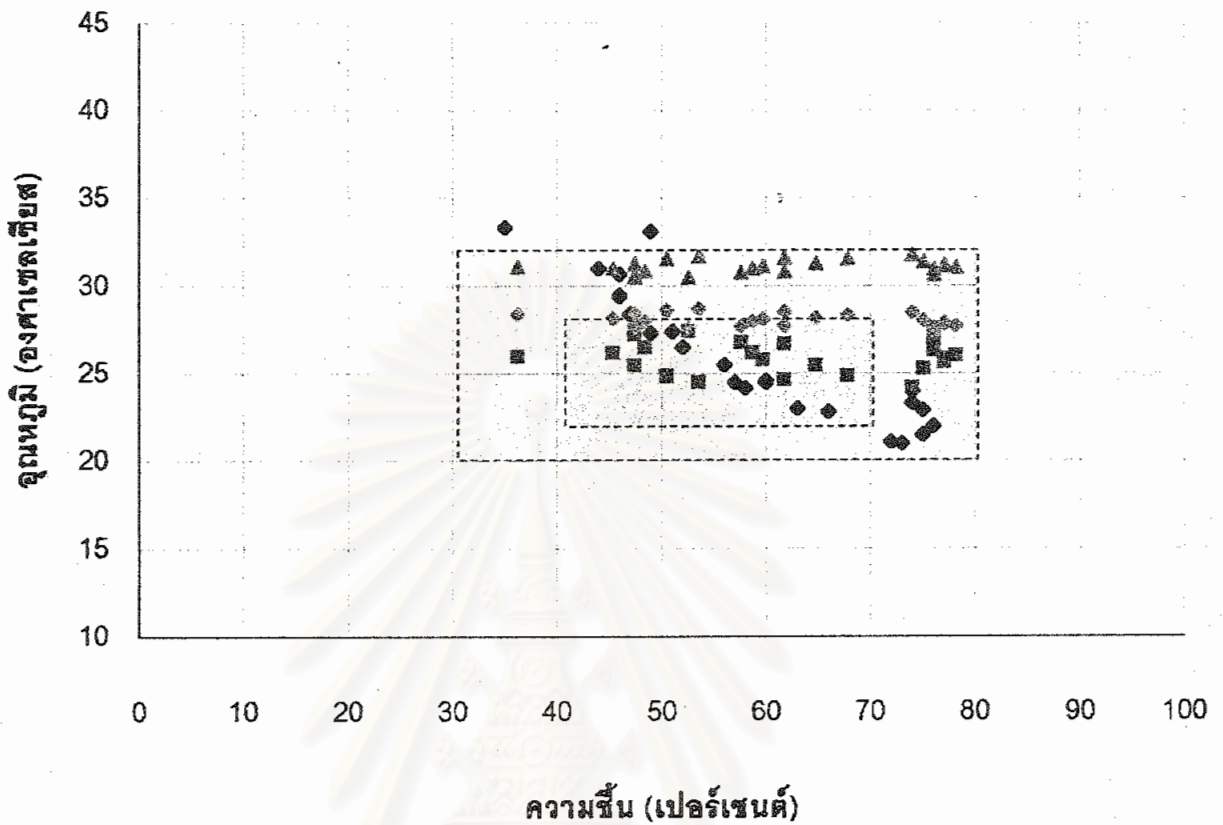


ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	Semi-Passive zone อุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70% ¹
	Passive zone อุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30-80%

โดยแต่ละกรณีแทนด้วยสัญลักษณ์และคำจำกัดความดังนี้

- กรณีที่ 1  ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- กรณีที่ 2  อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- กรณีที่ 3  อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- กรณีที่ 4  อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนมกราคม

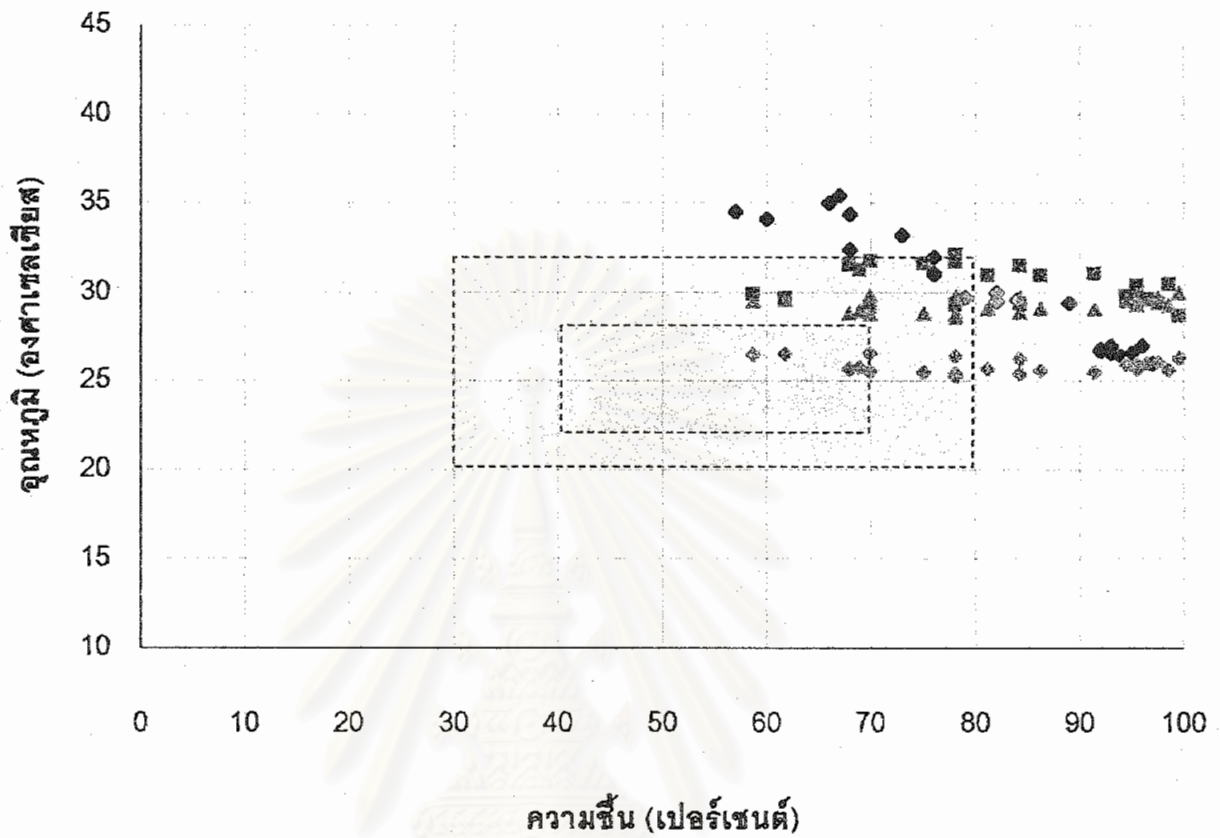


- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.31 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนมกราคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

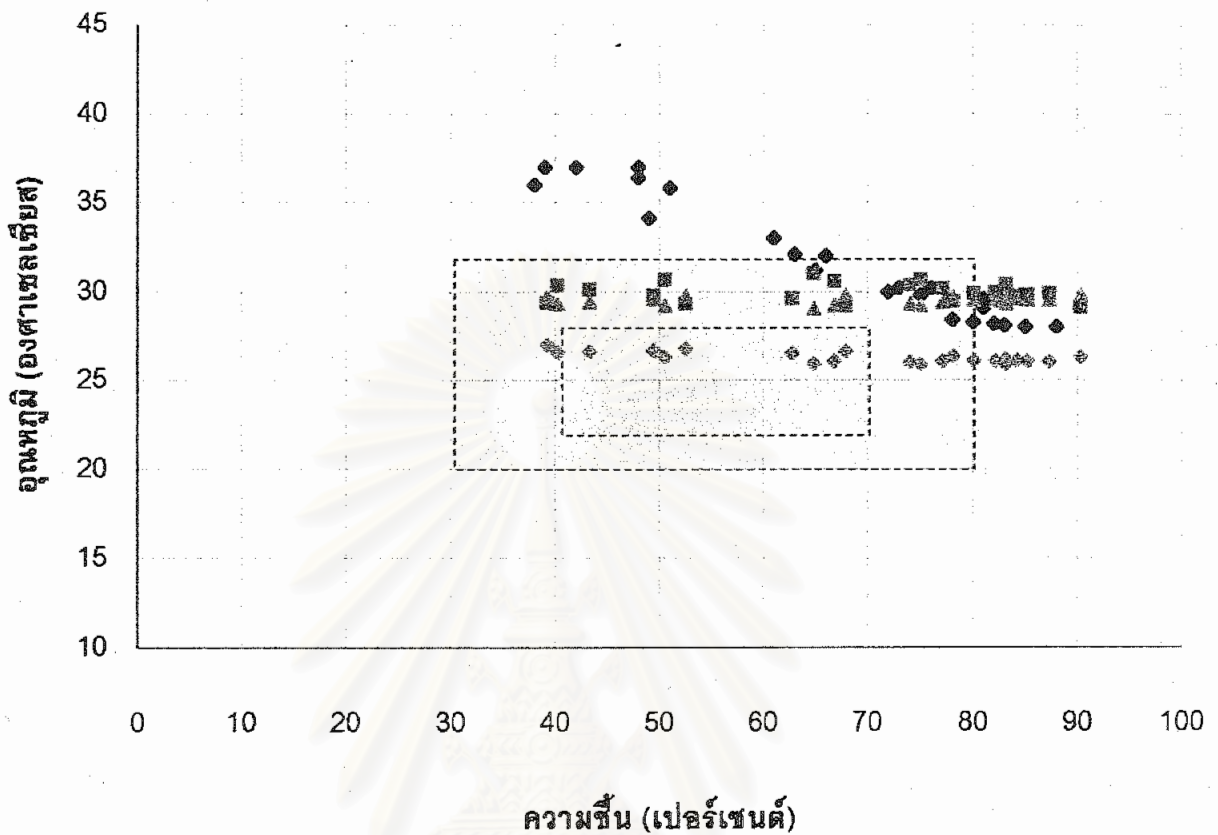
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนกุมภาพันธ์



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.32 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

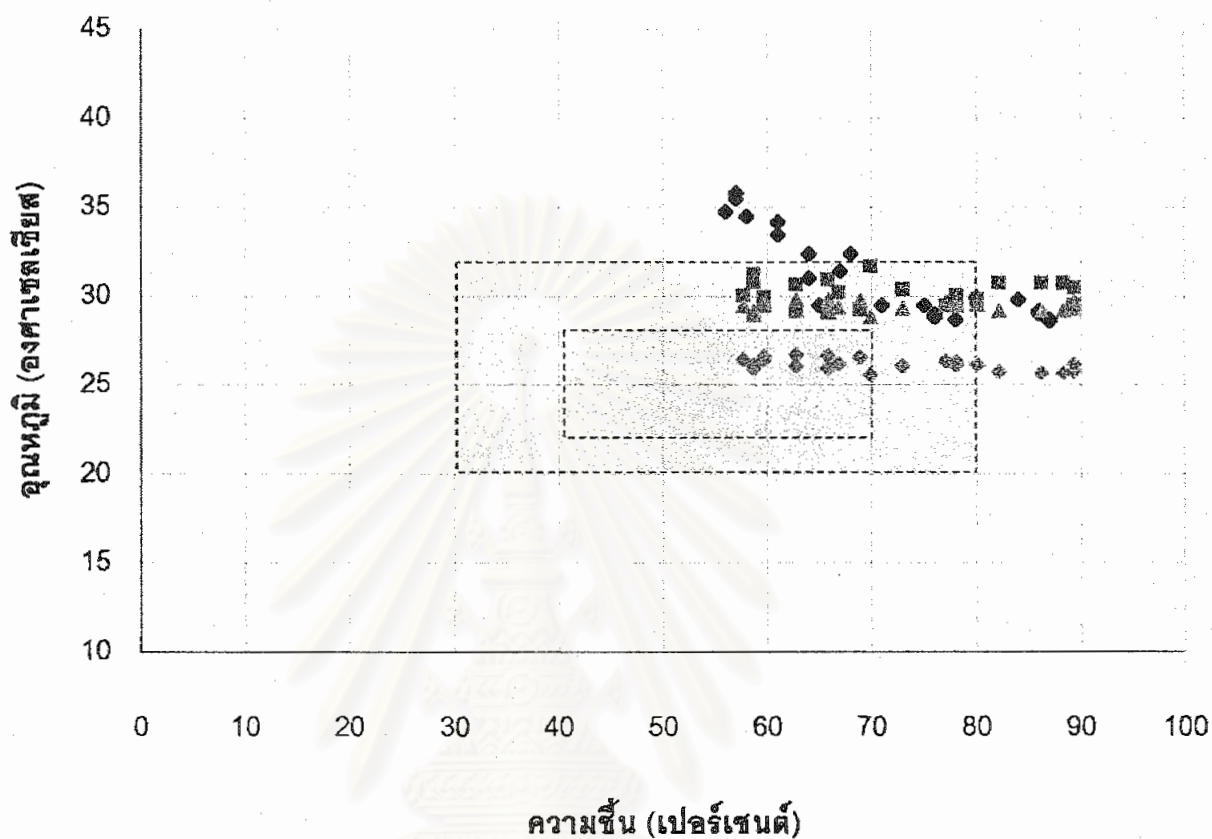
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนมีนาคม



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.33 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนมีนาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

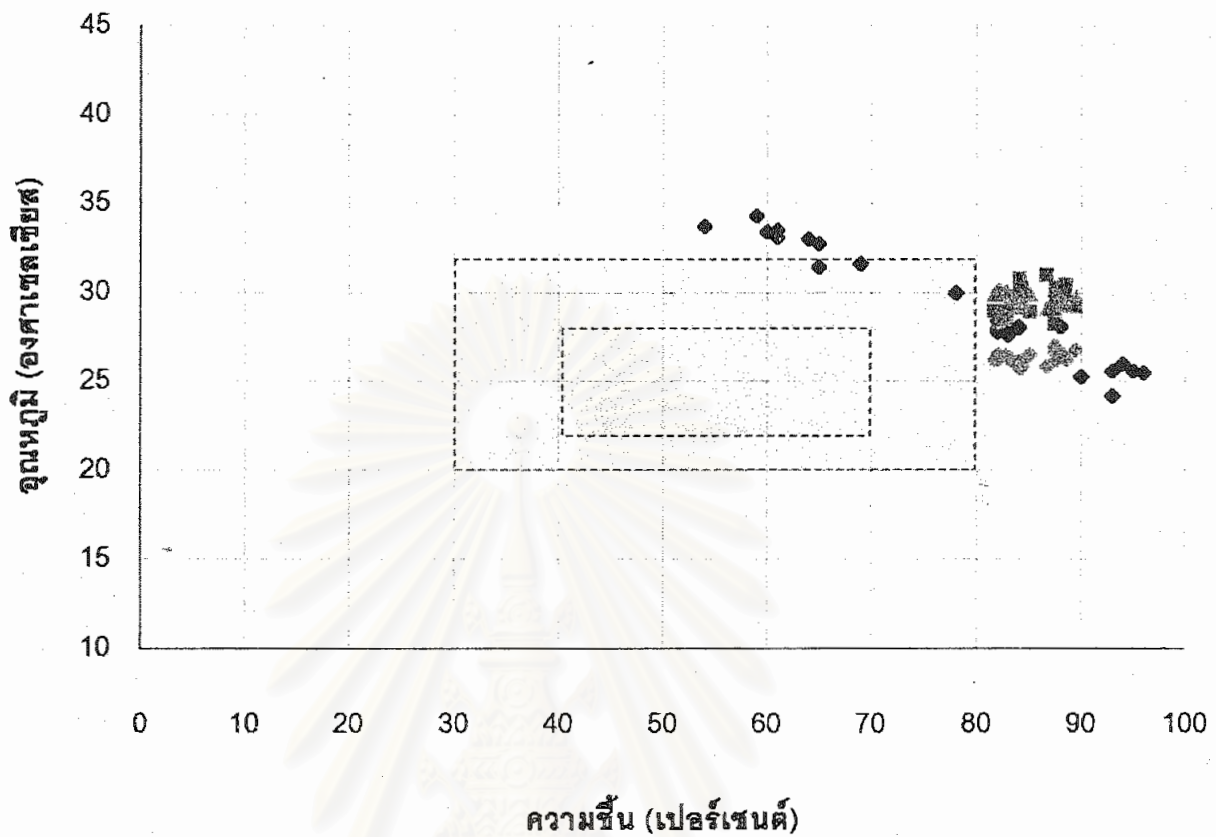
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนเมษายน



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.34 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนเมษายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

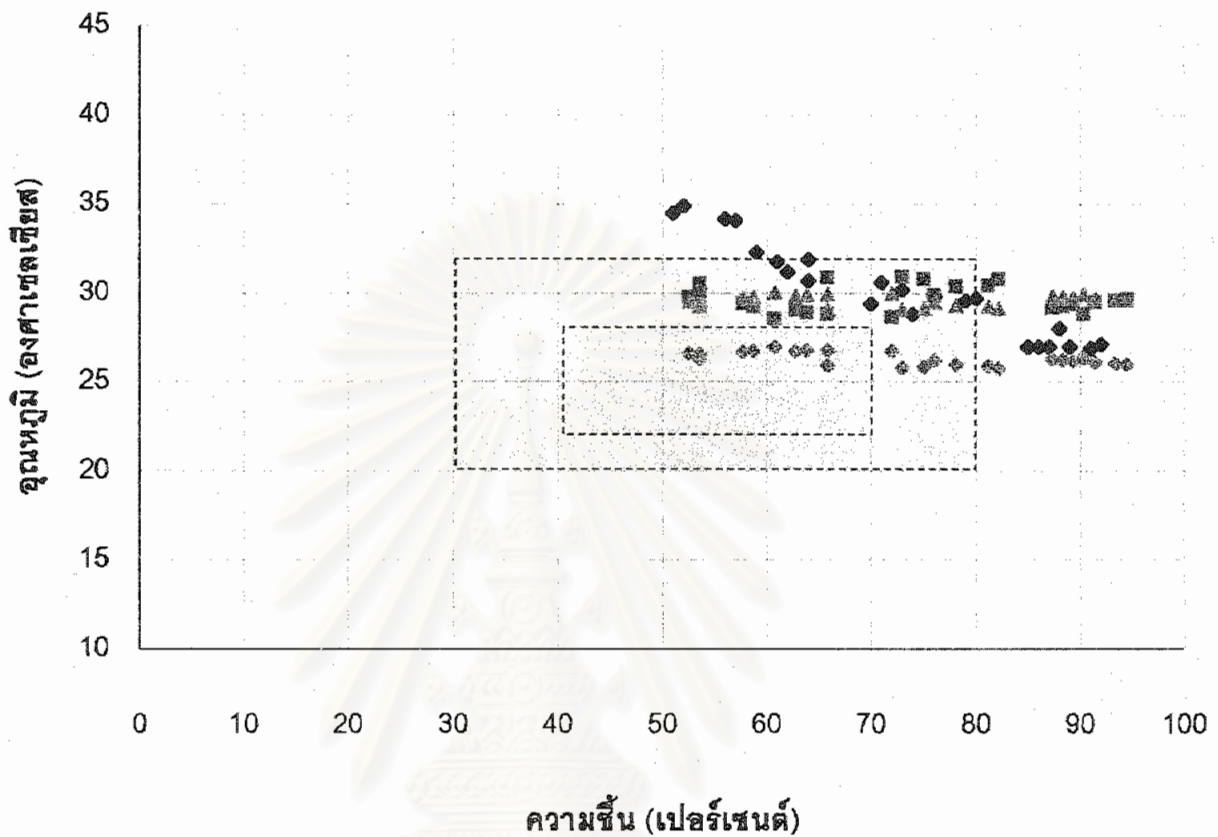
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนพฤษภาคม



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไป อุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.35 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนพฤษภาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

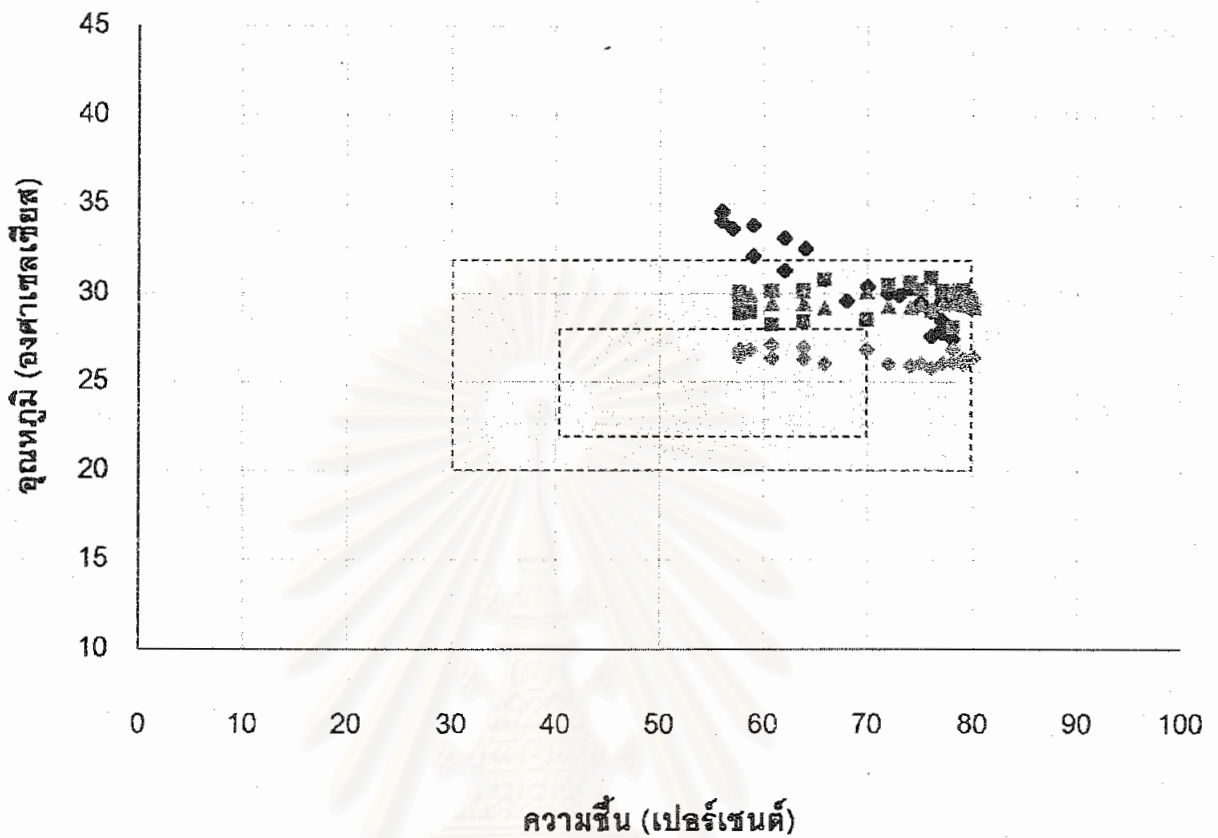
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนมิถุนายน



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.36 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนมิถุนายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

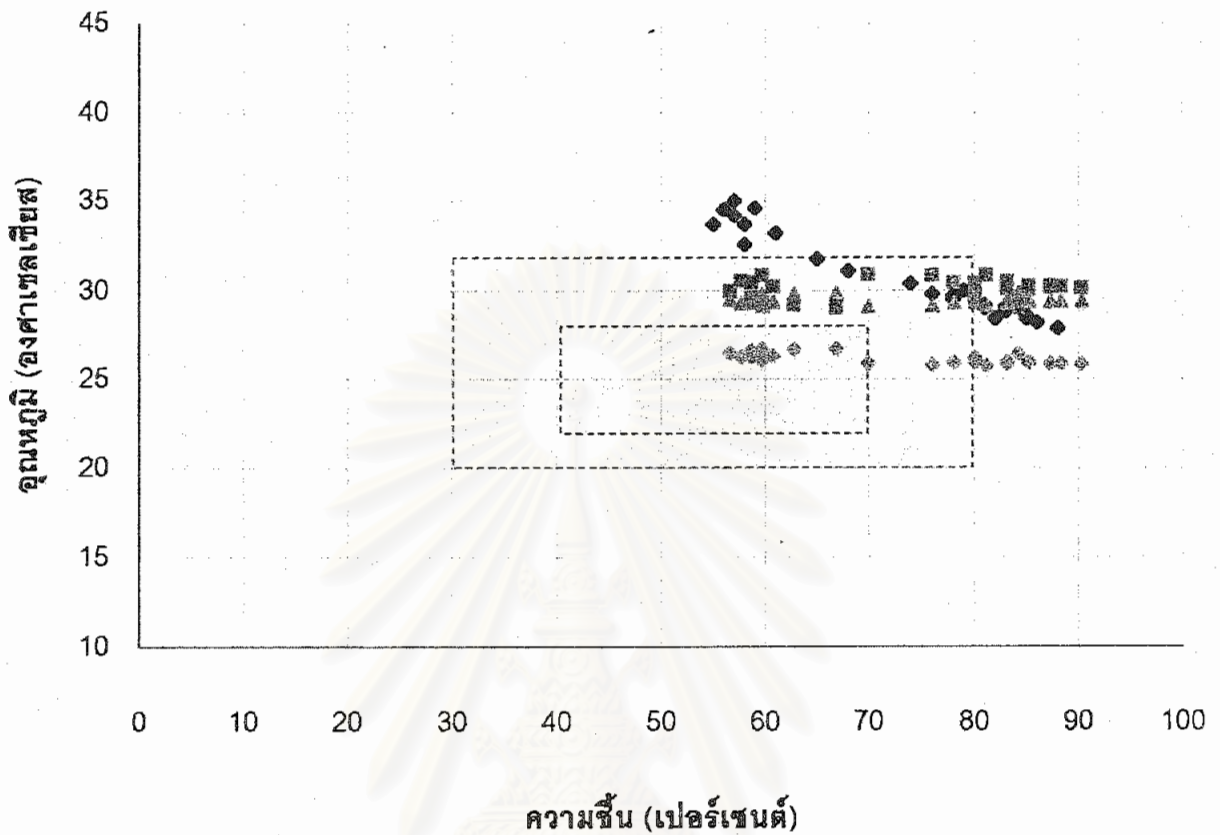
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนกรกฎาคม



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.37 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนกรกฎาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

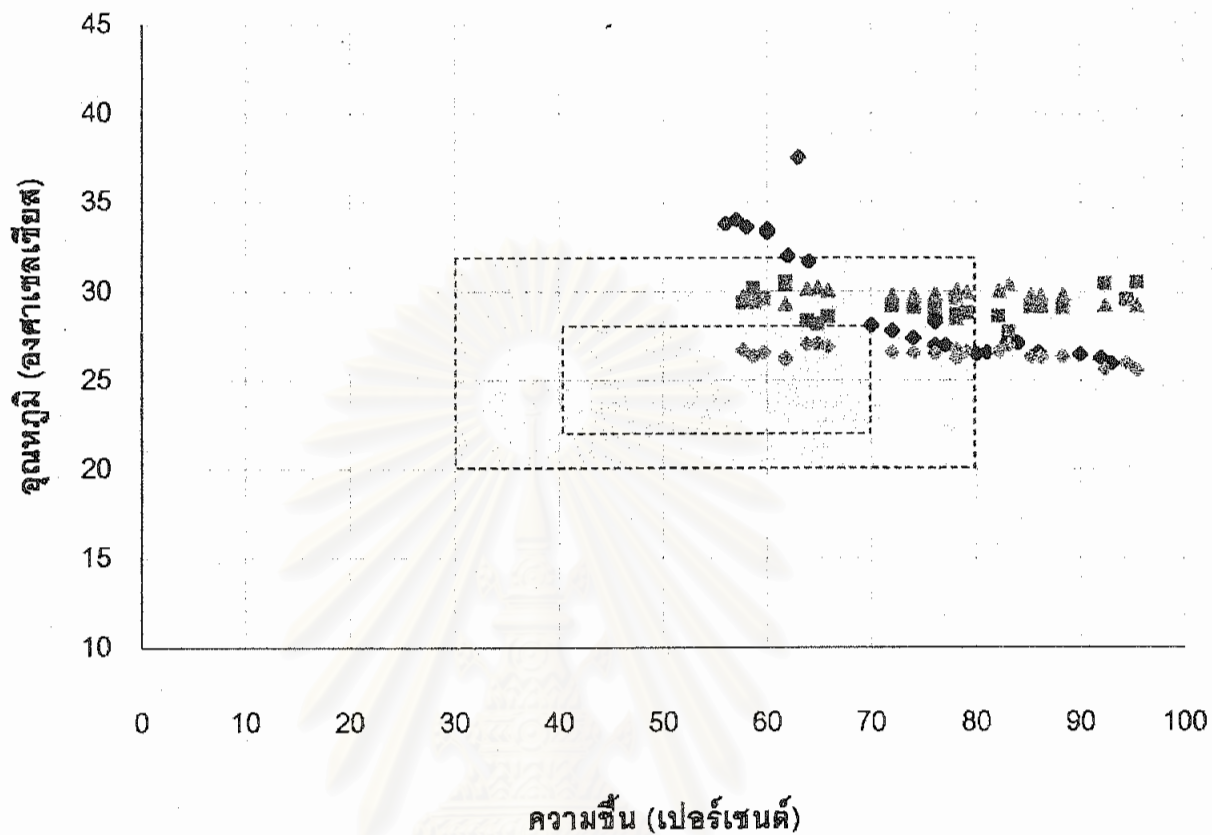
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนสิงหาคม



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.38 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนสิงหาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

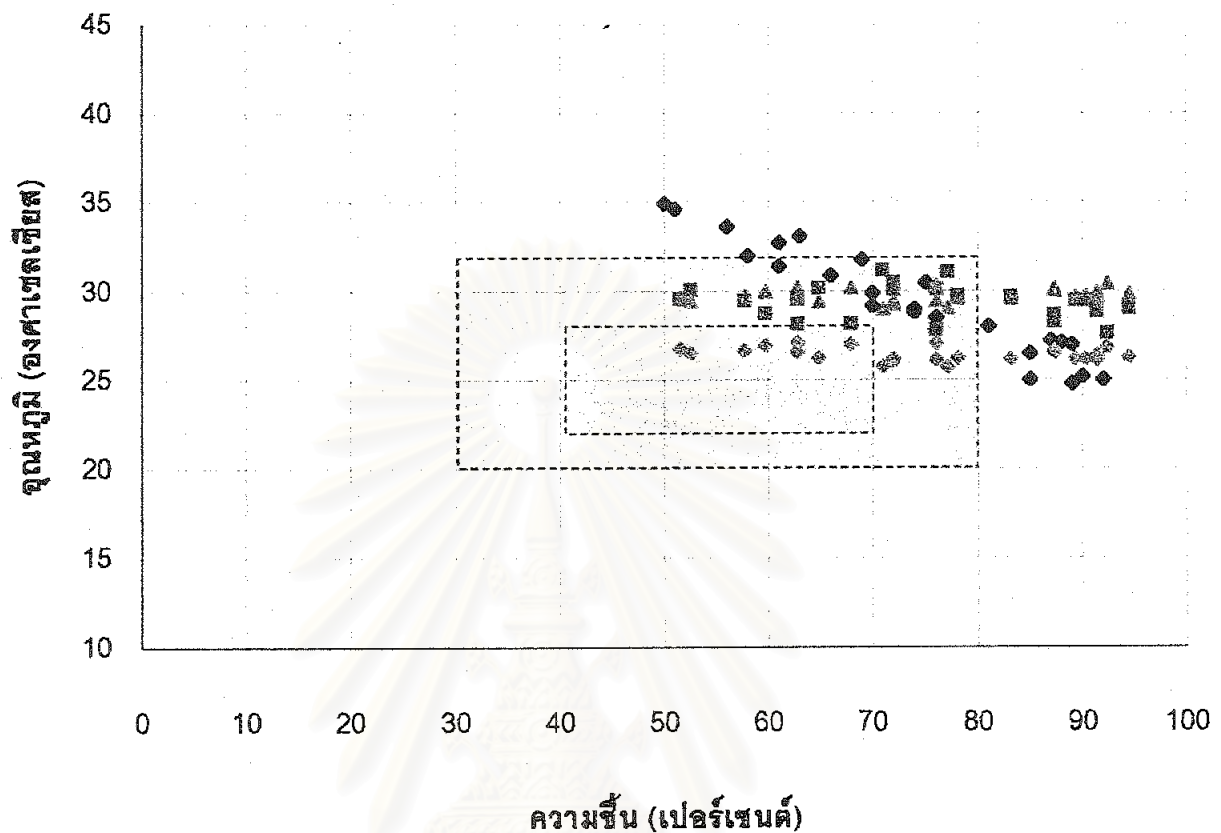
ห้องเรียนชั้นล่าง เคาน์เทนสาธิต



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.39 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนกันยายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

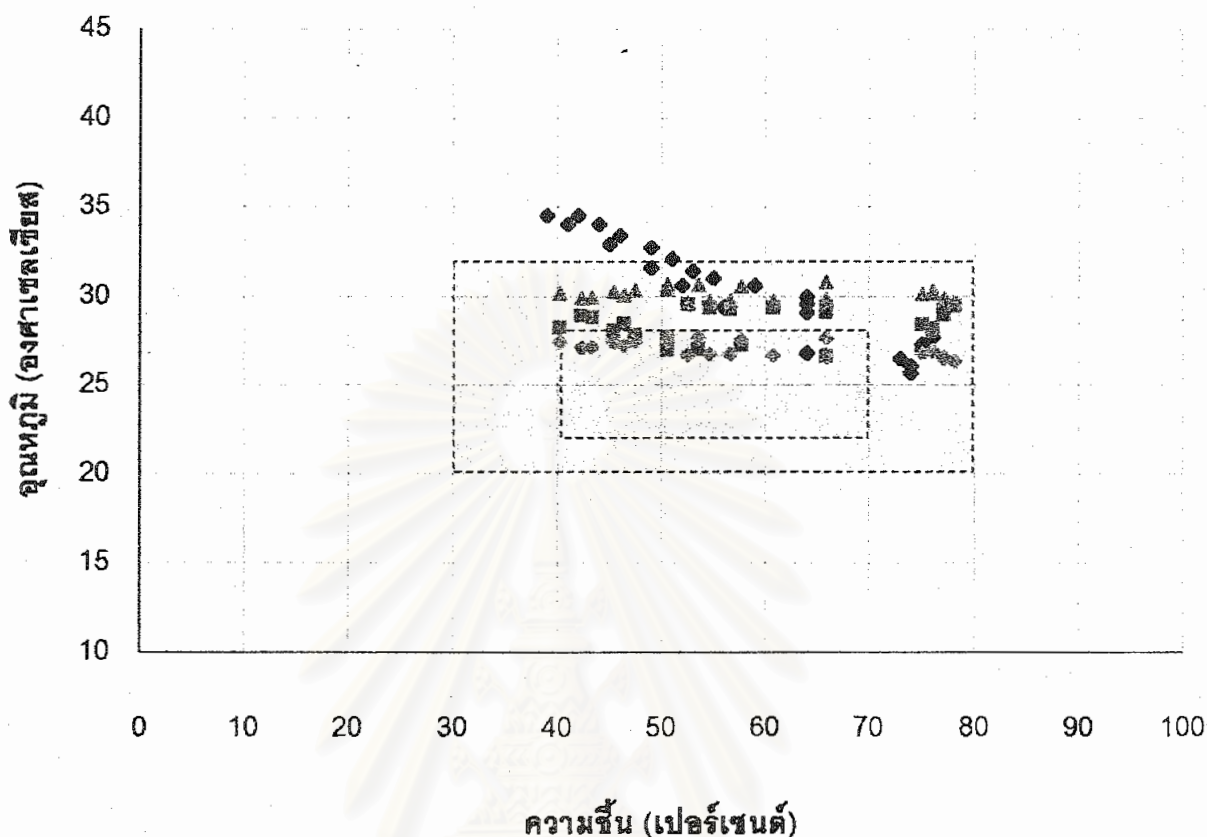
ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนตุลาคม



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

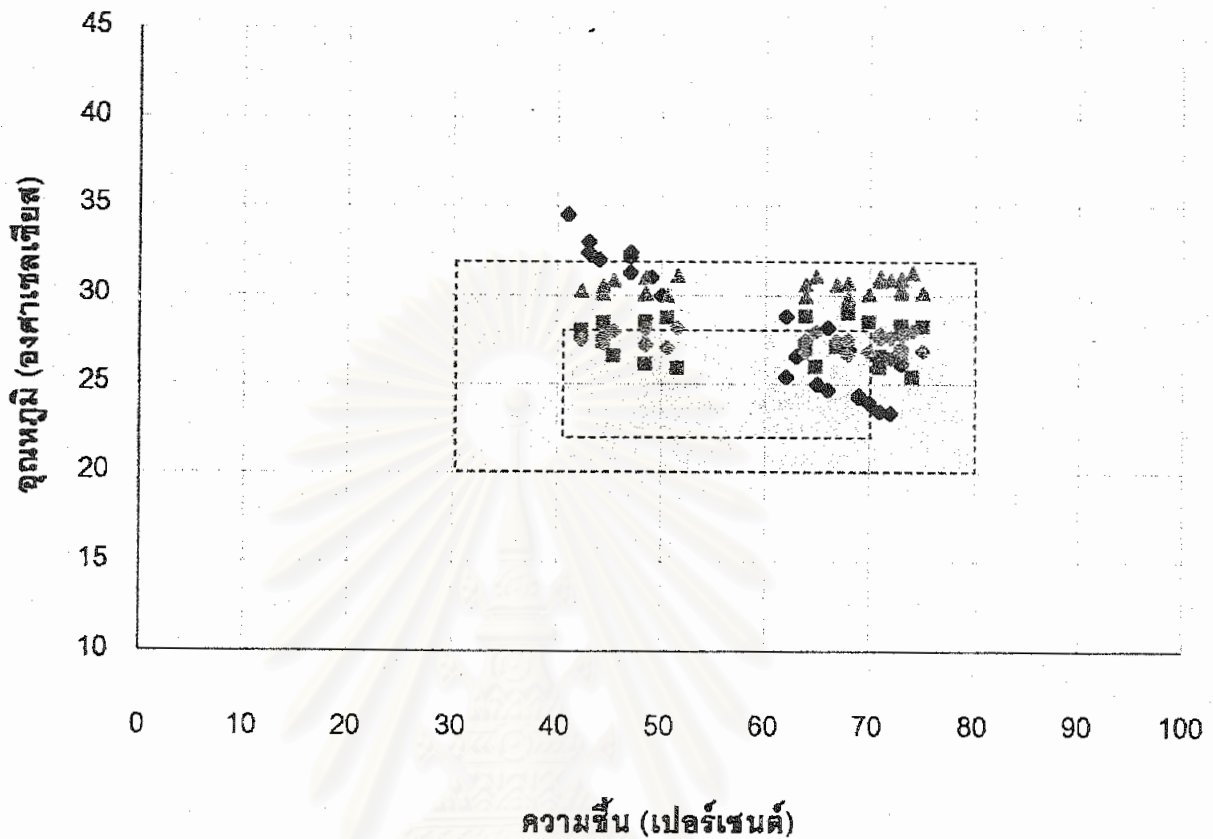
แผนภูมิ 4.40 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนตุลาคมเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนพฤศจิกายน



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
 - อาคารกรณีศึกษาเมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
 - ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
 - ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม
- แผนภูมิ 4.41 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนพฤศจิกายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ห้องเรียนชั้นล่าง เดือนธันวาคม



- ◆ ตัวแทนอาคารทั่วไปจุดสูงภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับจุดสูงภูมิอากาศภายนอก
- อาคารกรณีศึกษาเมื่อจุดสูงภูมิอากาศในอาคารเท่ากับจุดสูงภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของจุดสูงภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส
- ◆ อาคารกรณีศึกษาเมื่อมีอิทธิพลของจุดสูงภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.42 แสดงจุดสูงภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นล่างเดือนธันวาคม เมื่อมีอิทธิพลของจุดสูงภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในอาคารกรณีศึกษา เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ 29.62 องศาเซลเซียส (กรณีศึกษาที่ 3) ภายในห้องเรียนชั้นล่างกับสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนของกรณีศึกษามหาวิทยาลัยสุรนารีอาคารเรียนทั่วไปที่มีอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก (กรณีศึกษาที่ 1) พบว่า สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนของอาคารกรณีศึกษามีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนระดับ Passive เกือบตลอดทั้งปีในช่วงเวลากลางวัน แต่ในเดือนที่สภาพอากาศมีความชื้นที่สูงจะทำให้สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารอยู่เหนือเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นในเวลาช่วงเวลากลางคืนในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนตุลาคม และเกิดขึ้นตลอดวันในเดือนพฤษภาคม ขณะที่อาคารเรียนทั่วไปที่มีสภาพอากาศภายในอาคารตามอิทธิพลอากาศภายนอกจะมีจำนวนเวลาที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนมากกว่าอาคารกรณีศึกษา แสดงว่าสภาพภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอก มีการใช้ความเย็นจากผิวสัมผัสดิน มีความร้อนภายใน มีการระบายอากาศทางช่องเปิดด้านบน และไม่ใช้การไหลเวียนของอากาศ มีประสิทธิภาพในการสร้างสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนได้ดีกว่าอาคารทั่วไปที่สภาวะภายในอาคารใกล้เคียงสภาพแวดล้อมภายนอก

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในอาคารกรณีศึกษา ที่มีอิทธิพลของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ 29.61 องศาเซลเซียส (กรณีศึกษาที่ 3) ภายในห้องเรียนชั้นล่าง กับสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในอาคารกรณีศึกษามหาวิทยาลัยสุรนารี อุณหภูมิอากาศภายในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (กรณีศึกษาที่ 2) พบว่า สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในกรณีศึกษาที่ 2 อยู่ในขอบเขตสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนระดับ Semi-passive ในขณะที่สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในกรณีศึกษาที่ 3 อยู่ในขอบเขตสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนระดับ Passive ในเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ และเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม เนื่องจากผลของอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในห้องเรียนชั้นล่าง (29.62 องศาเซลเซียส) มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนจึงส่งผลให้สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในอาคารกรณีศึกษาที่ 3 สูงขึ้นกว่ากรณีศึกษาที่ 2 สำหรับในเดือนที่มีอากาศค่อนข้างสูง คือ เดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นในช่วงเช้าของบางเดือน ส่วนในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบพบว่า สภาวะภายในห้องเรียนชั้นล่างของทั้งสองกรณีอยู่ในขอบเขตสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนในระดับ Passive แต่ขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกของผู้ใช้อาคารในกรณีศึกษาที่ 3 จะต่ำกว่ากรณีศึกษาที่ 2 แสดงว่าผลของอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างสามารถทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นลงขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีความรุนแรงเกินกว่าสภาวะนำสบาย

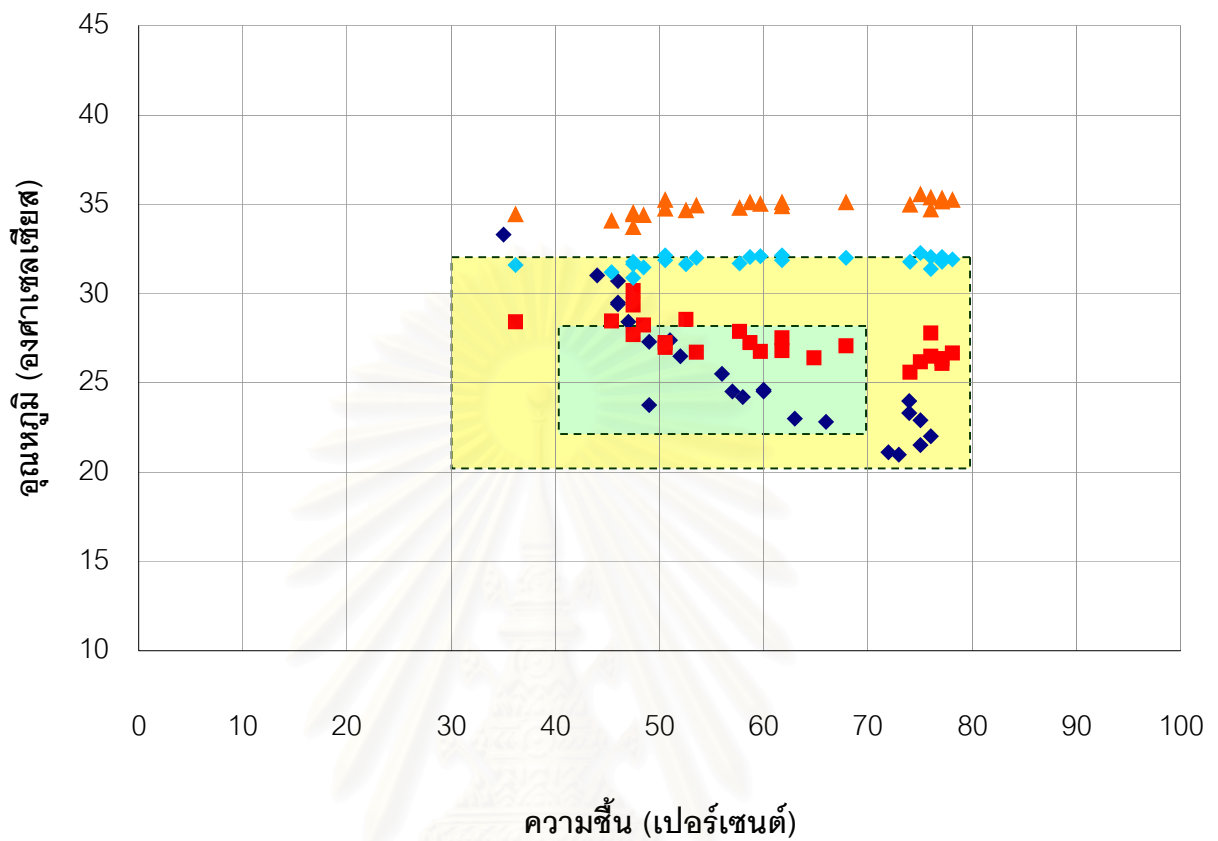
ทางด้านความร้อน แต่ยังไม่ดีพอเนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นล่างมีค่าสูงเกินไป จึงทำให้บางครั้งผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นนั่นเอง

จากการประเมินสถานะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารเรียนชั้นล่างพบว่า ในตลอดทั้งปีห้องเรียนชั้นล่างจะมีสถานะน่าสบายทางด้านความร้อนอยู่ในระดับ Passive แต่สามารถปรับให้สถานะน่าสบายทางด้านความร้อนอยู่ในระดับ Semi-passive ด้วยการเปิดพัดลมที่ความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยในเดือนมีนาคม-ตุลาคม ความชื้นสัมพัทธ์ในเวลากลางคืน และในเดือนที่มีความชื้นสูงมาก จะทำให้สถานะภายในห้องเรียนชั้นล่างออกนอกขอบเขตสถานะน่าสบาย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

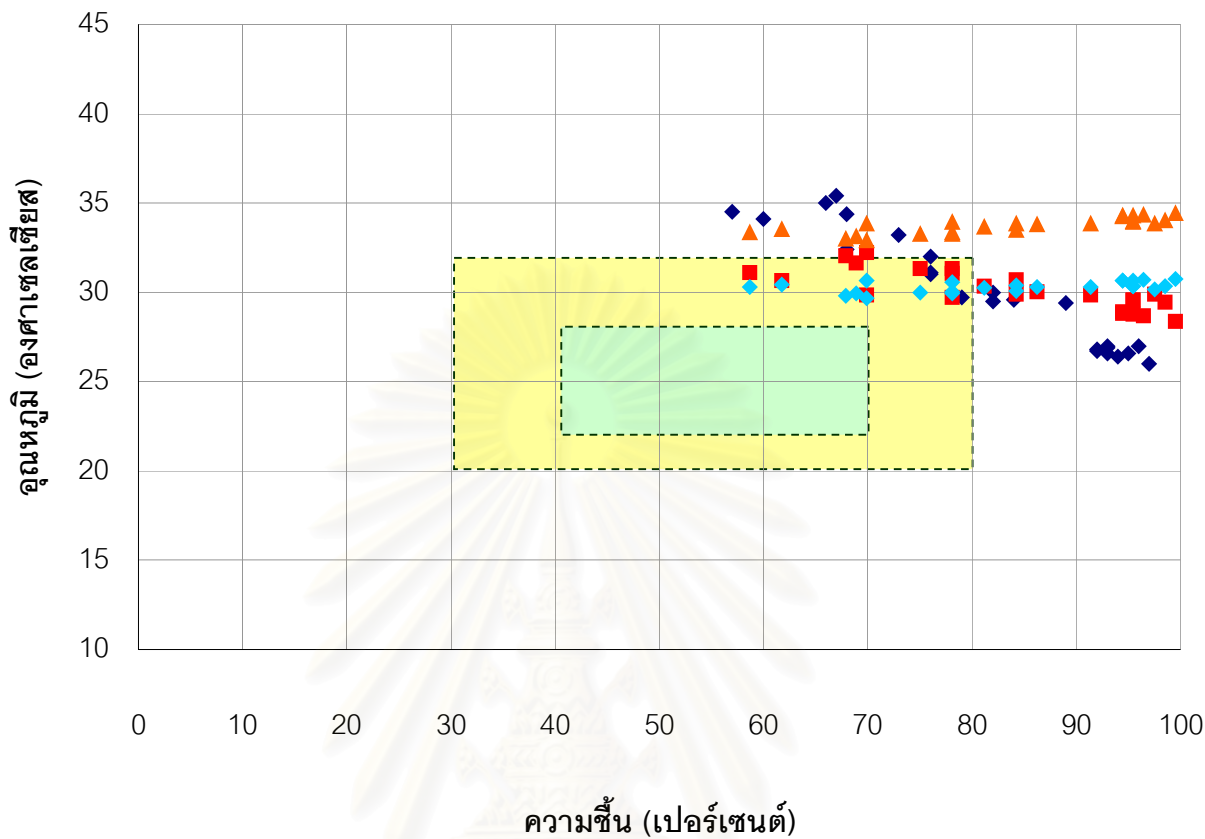
ห้องเรียนชั้นบน เดือนมกราคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.43 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนมกราคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

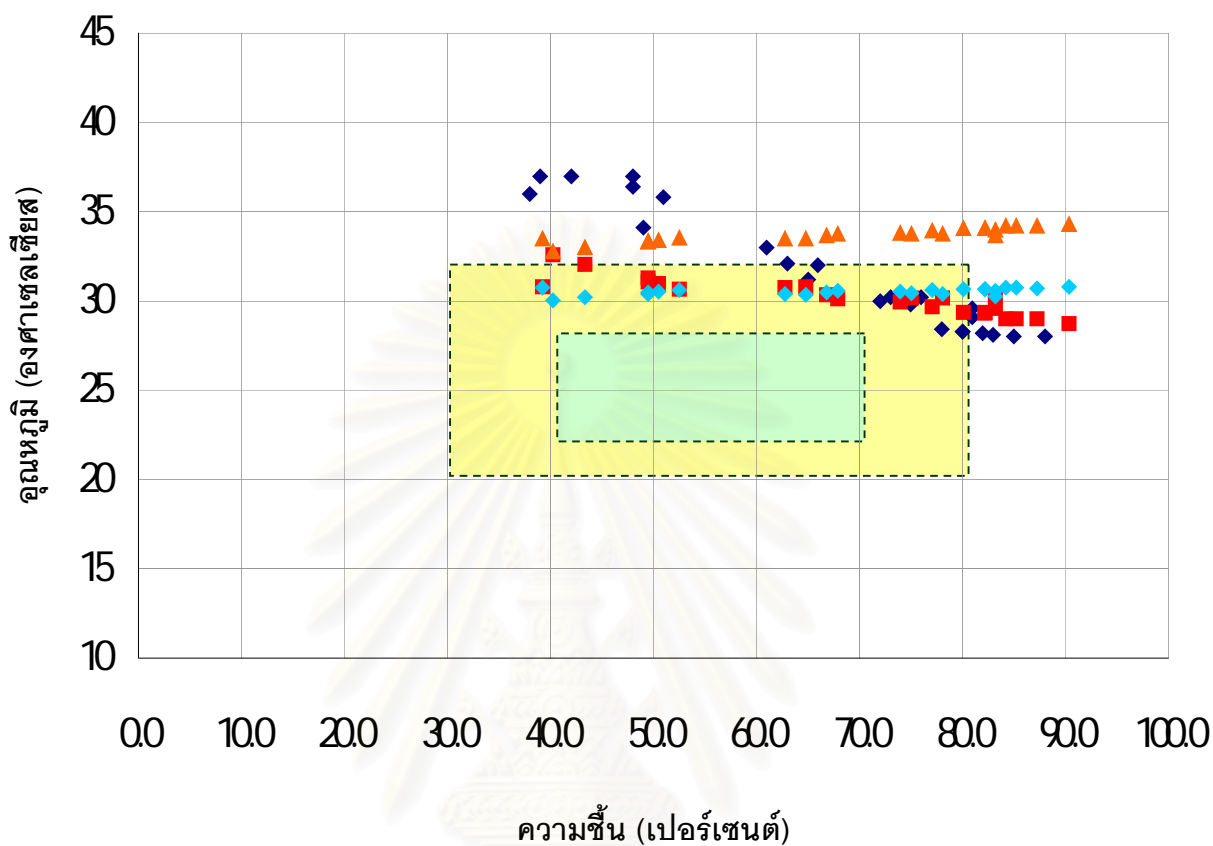
ห้องเรียนชั้นบน เดือนกุมภาพันธ์



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.44 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

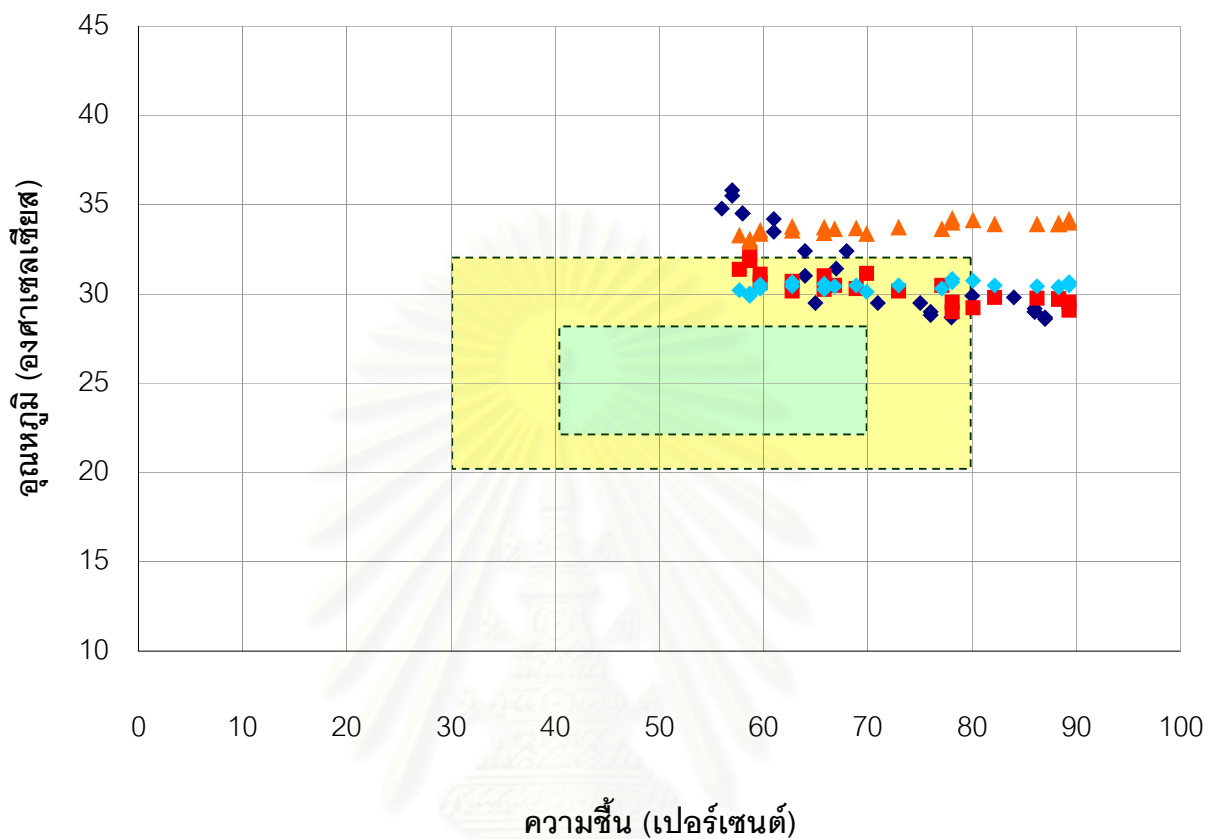
ห้องเรียนชั้นบน เดือนมีนาคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.45 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนมีนาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

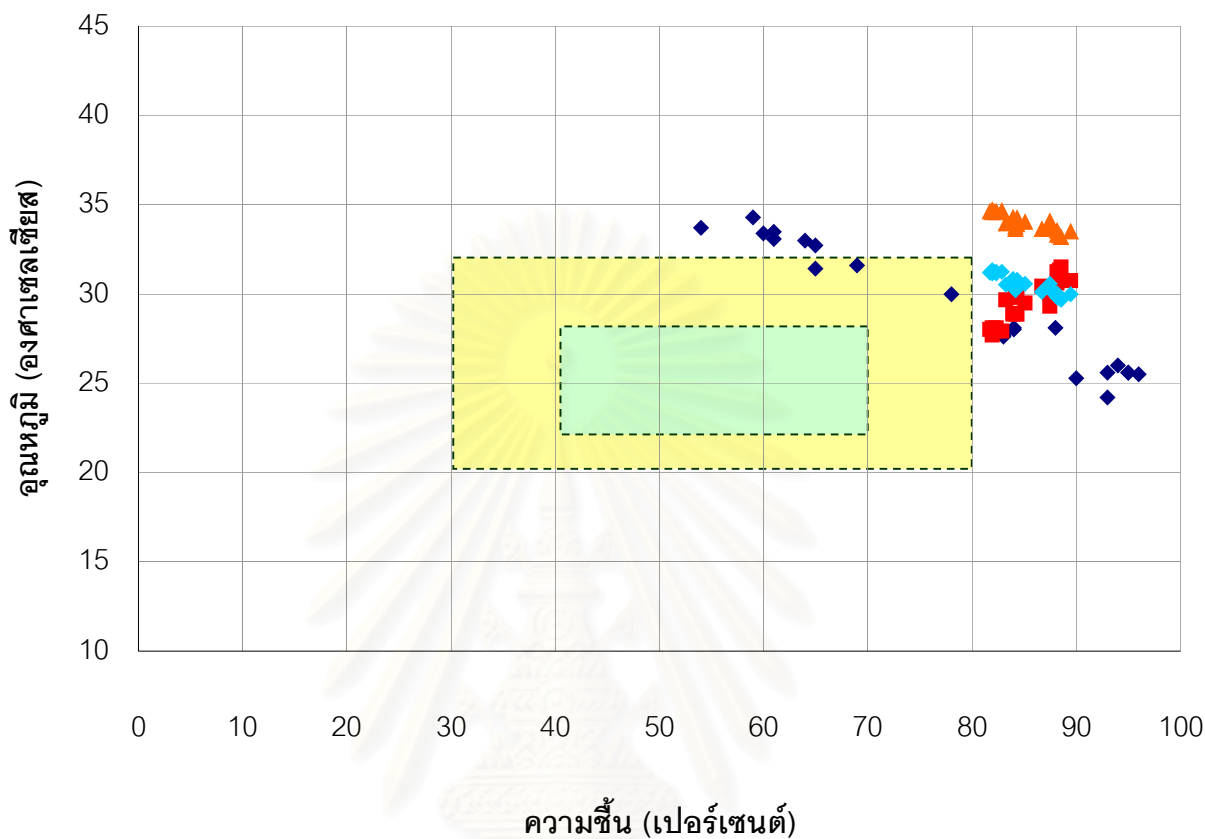
ห้องเรียนชั้นบน เดือนเมษายน



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.46 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนเมษายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

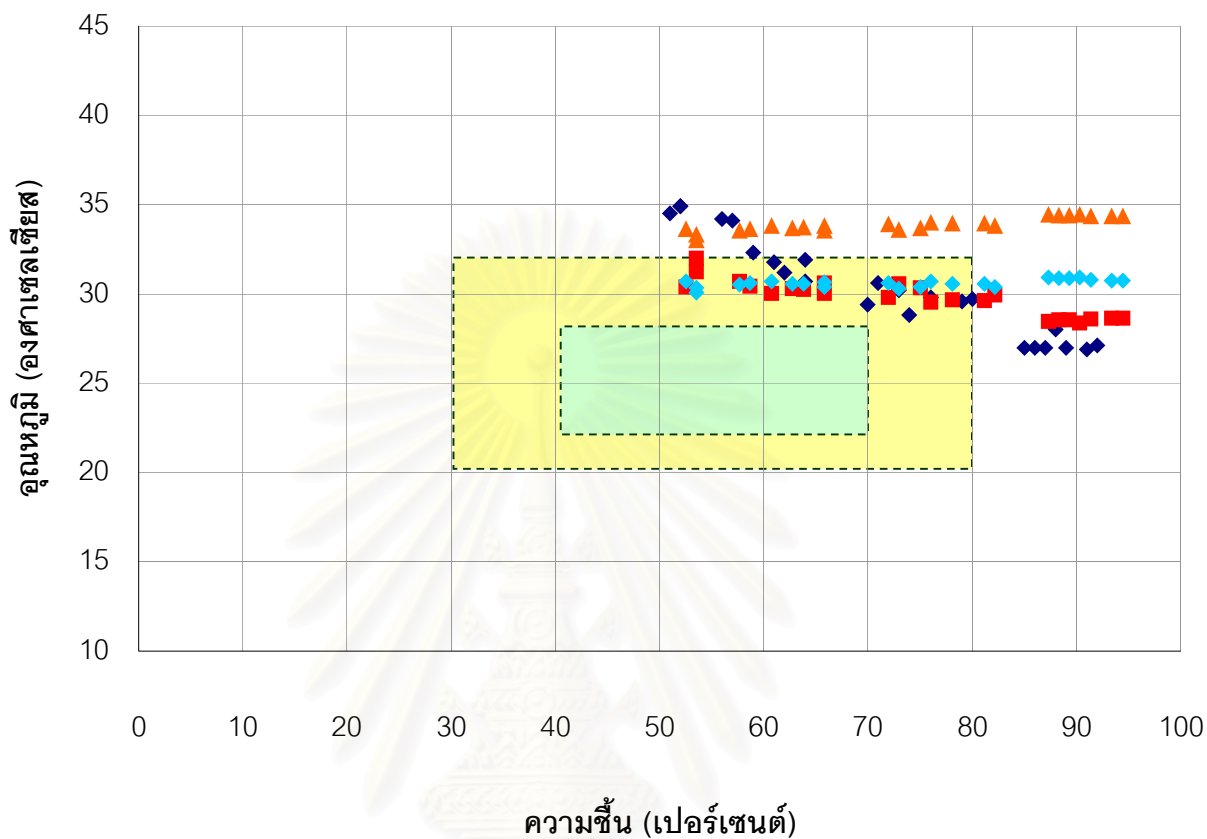
ห้องเรียนชั้นบน เดือนพฤษภาคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.47 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนพฤษภาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

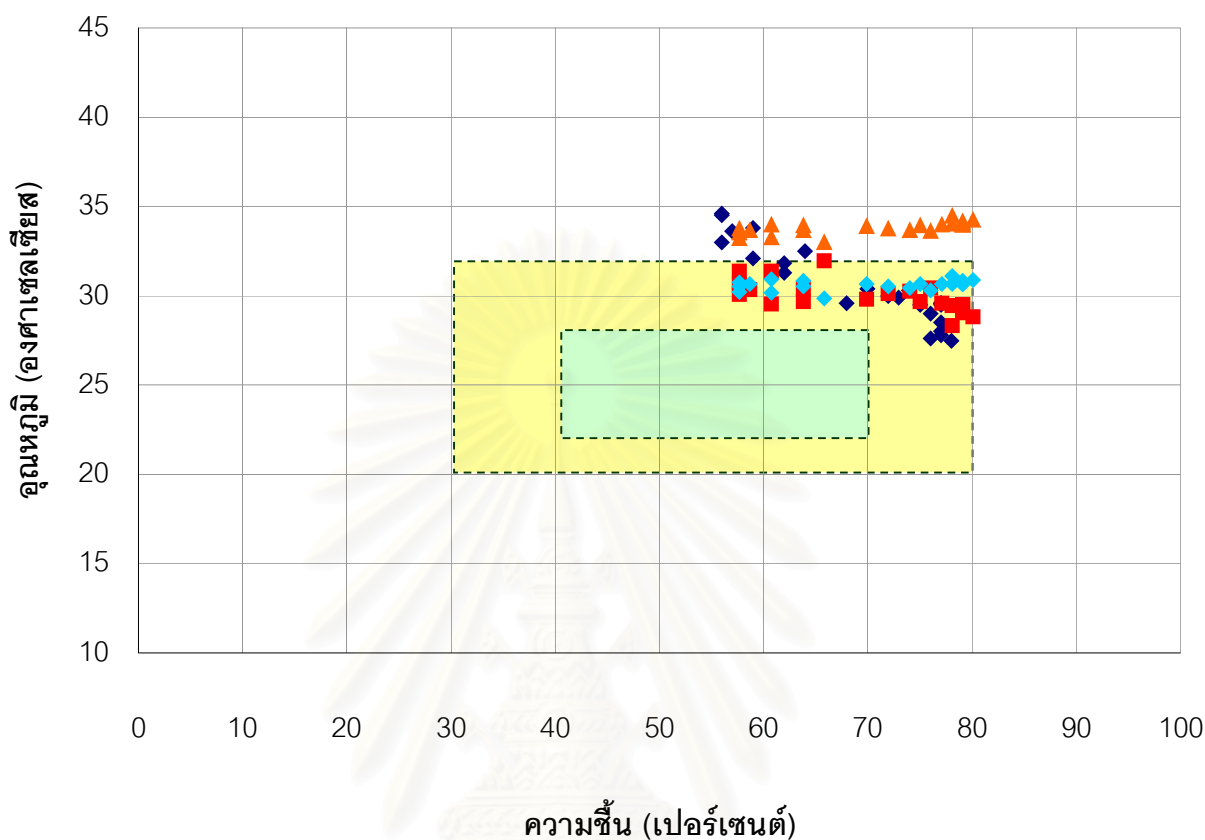
ห้องเรียนชั้นบน เดือนมิถุนายน



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.48 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนมิถุนายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

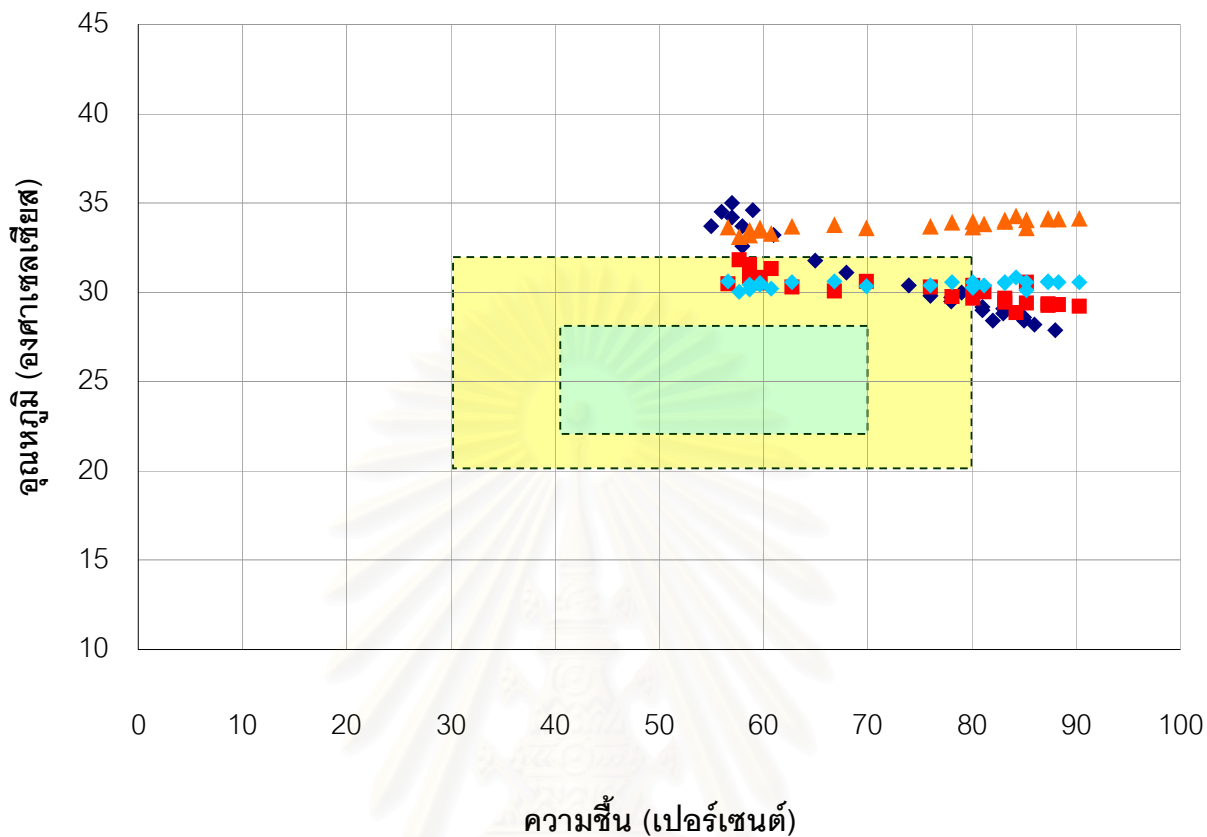
ห้องเรียนชั้นบน เดือนกรกฎาคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.49 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนกรกฎาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

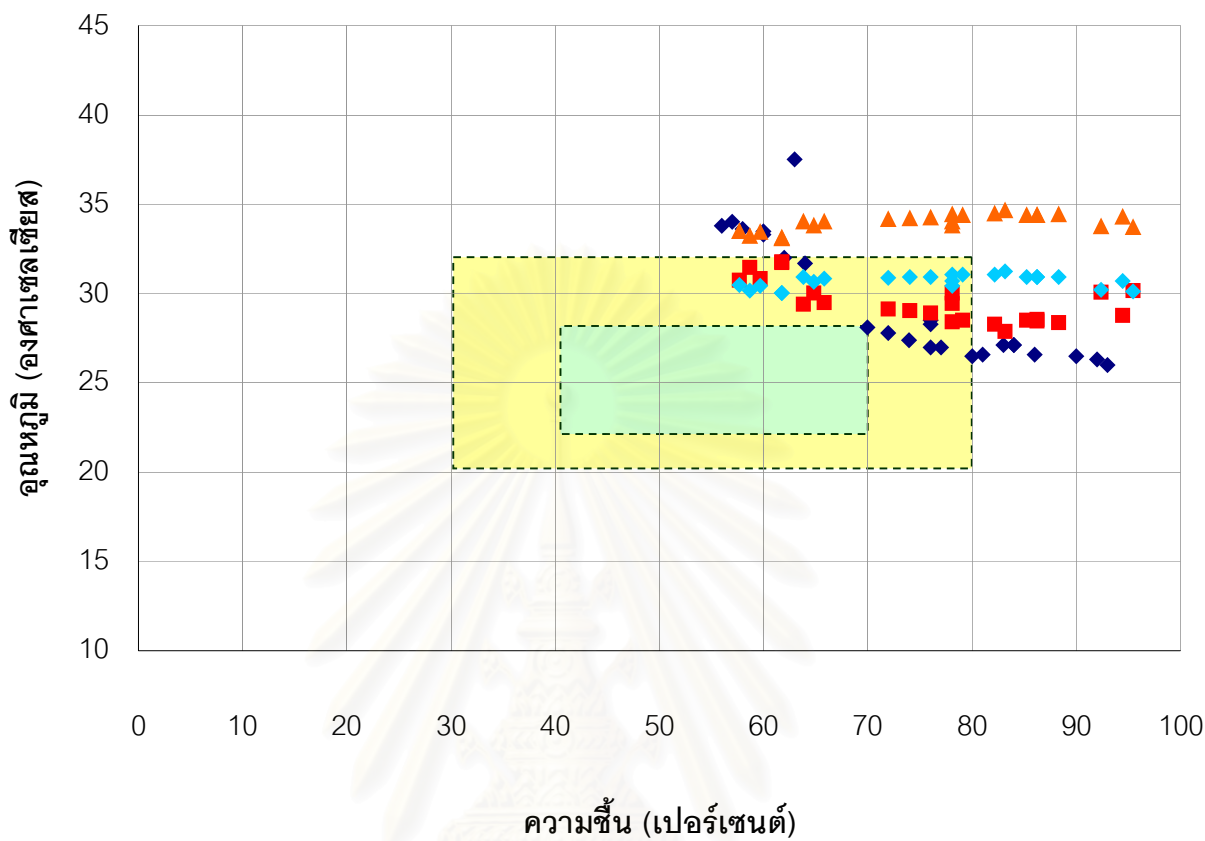
ห้องเรียนชั้นบน เดือนสิงหาคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.50 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนสิงหาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

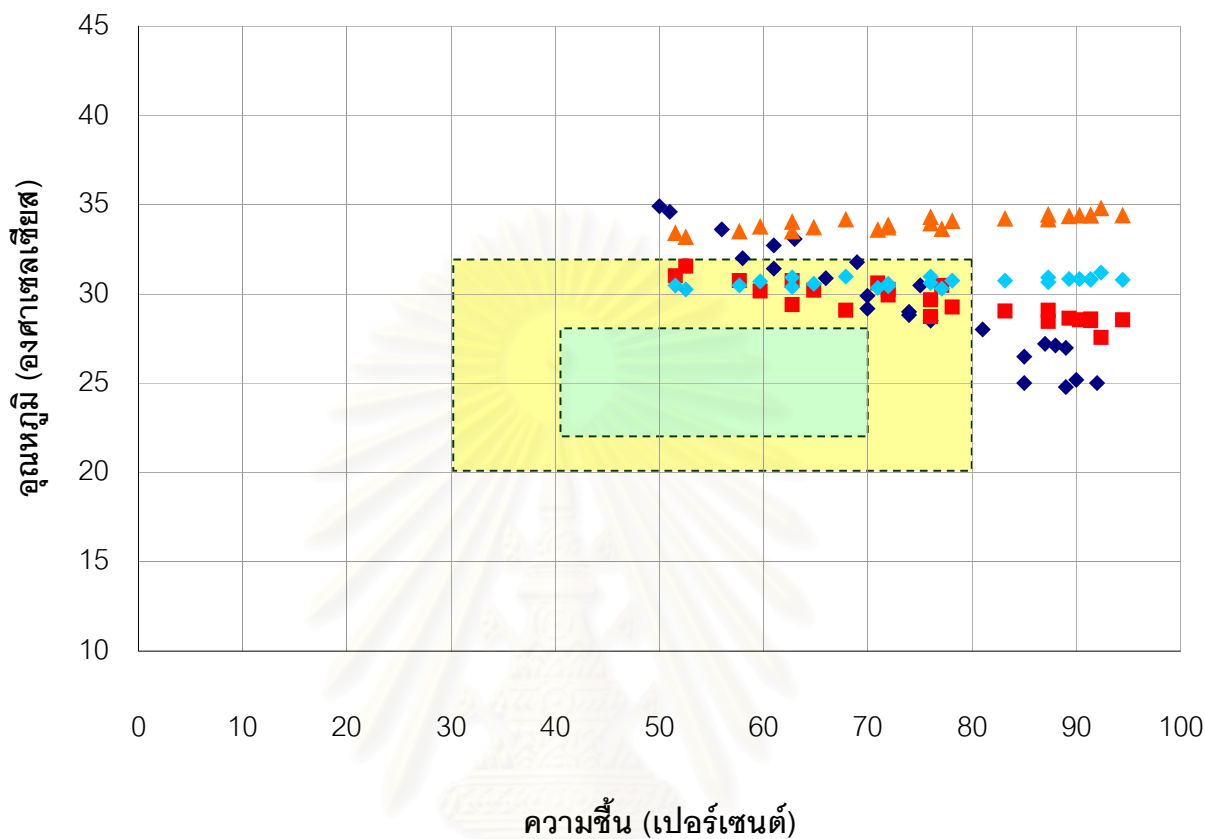
ห้องเรียนชั้นบน เดือนกันยายน



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.51 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนกันยายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

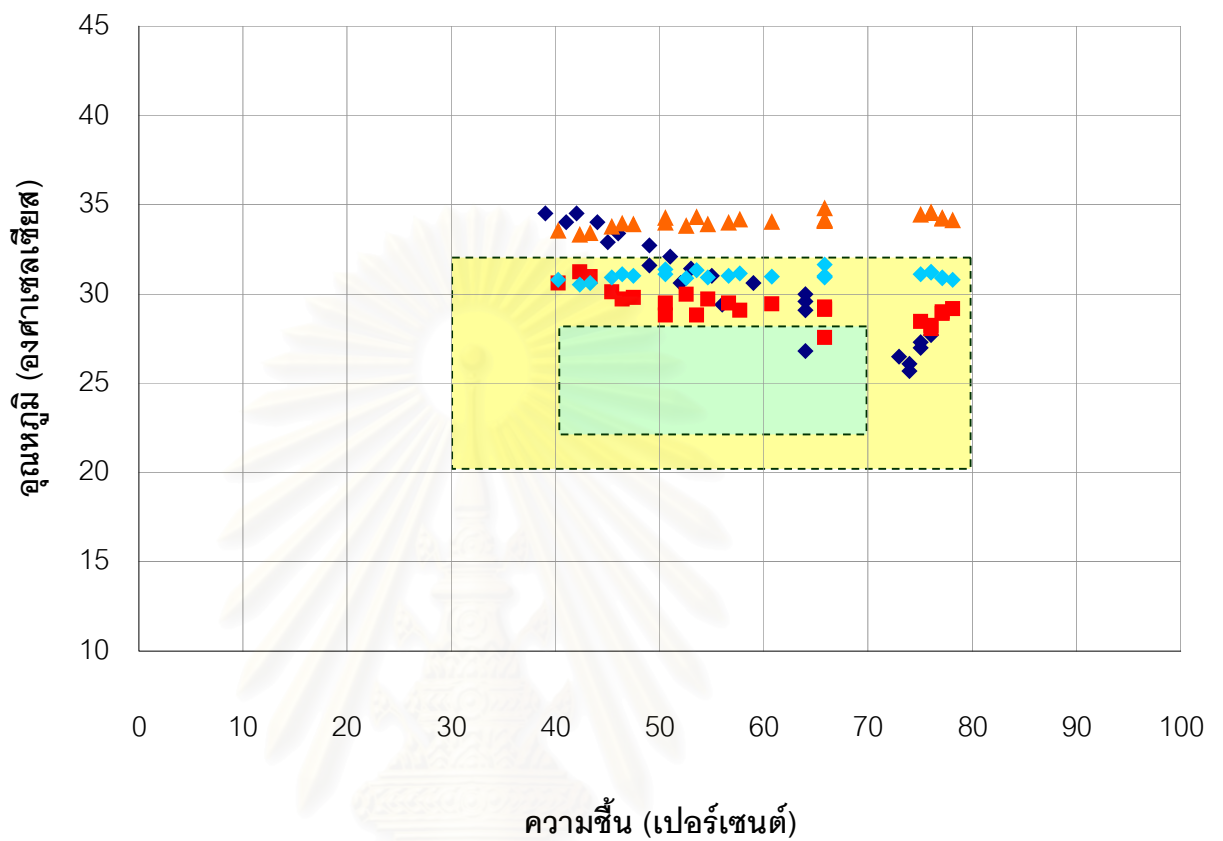
ห้องเรียนชั้นบน เดือนตุลาคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.52 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนตุลาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

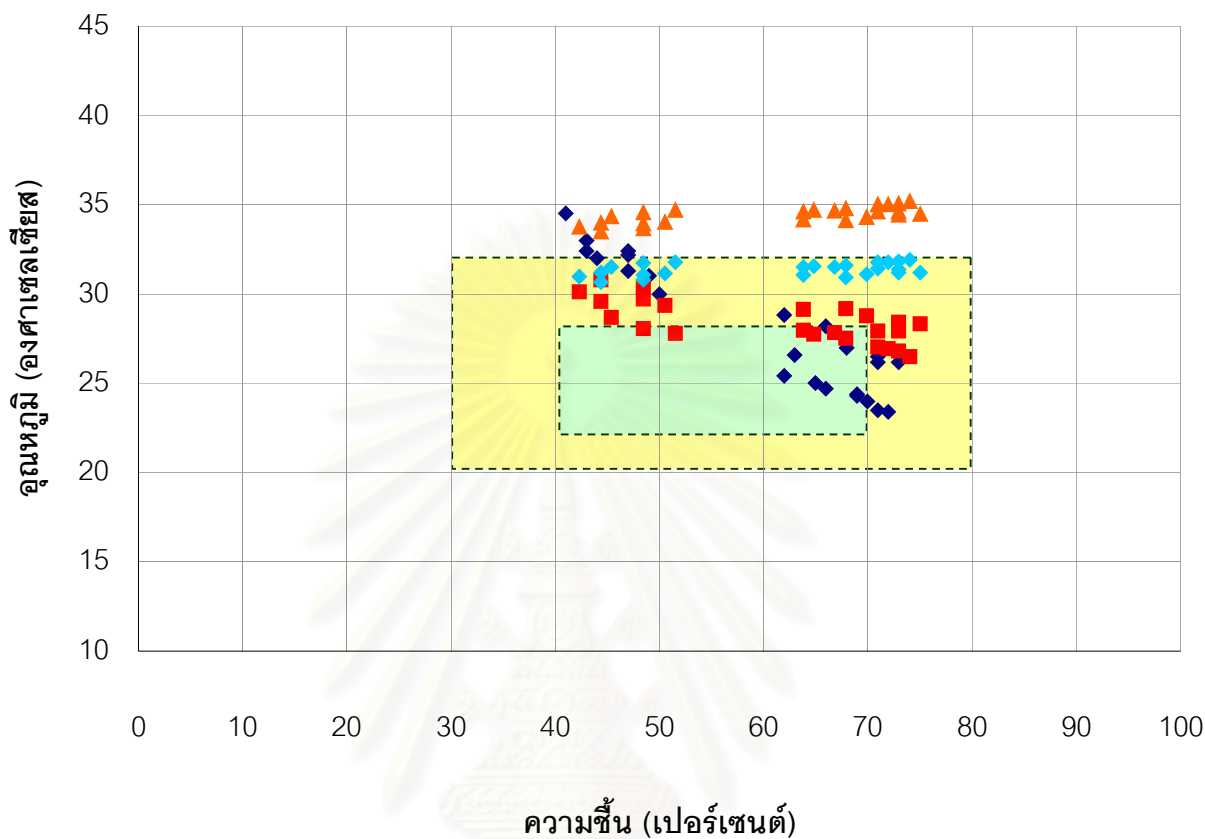
ห้องเรียนชั้นบน เดือนพฤศจิกายน



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.53 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนพฤศจิกายน เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ห้องเรียนชั้นบน เดือนธันวาคม



- ◆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและMRTเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก
- เมื่ออุณหภูมิอากาศในอาคารเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ
- ▲ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 32.71 องศาเซลเซียส
- ◆ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม

แผนภูมิ 4.54 แสดงอุณหภูมิและความชื้นในห้องเรียนชั้นบนเดือนธันวาคม เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและอิทธิพลความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากการประเมินสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารเรียนชั้นบนพบว่า ตลอดทั้งปีห้องเรียนชั้นบนจะมีสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนอยู่ในระดับ Passive ถ้า อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในอาคารซึ่งดีกว่าอาคารทั่วไป แต่เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในห้องเรียนชั้นบนของอาคารกรณีศึกษาสูงถึง 32.71 องศาเซลเซียสและสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน จึงทำให้อุณหภูมิที่ผู้ใช้อาคารรู้สึก เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบอยู่เหนือขอบเขตสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน โดยสามารถปรับให้สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนอยู่ในระดับ Passive ได้ด้วยการเปิดพัดลมที่ความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

สำหรับอิทธิพลความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนชั้นบนเดือนมีนาคม-ตุลาคม ความชื้นสัมพัทธ์ในเวลากลางคืนและในเดือนที่มีความชื้นสูงมาก จะทำให้สภาวะภายในห้องเรียนชั้นบนออกนอกขอบเขตสภาวะน่าสบาย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการเก็บข้อมูลจริงจากหุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาและนำมาวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึก ด้วยฐานข้อมูลสภาพอากาศปี 2542 ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1.1. อิทธิพลตัวแปรที่มีผลปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีต่อการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้าน ความความร้อน

- เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารกรณีศึกษา พบว่า
 1. เมื่อมีการปรับสภาพแวดล้อมภายในโดยรอบอาคารจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำลง โดยมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างจะต่ำลงโดยเฉลี่ย -1.35 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน และ -1.20 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน สำหรับห้องเรียนชั้นบนอุณหภูมิอากาศจะต่ำลงโดยเฉลี่ย -0.33 องศาเซลเซียสในเวลากลางวันและ -0.20 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน
 2. เมื่อมีความร้อนจากผู้ใช้อาคารจำนวน 50 คนภายในอาคารตั้งแต่วันที่ 8.00น.-12.00น. และเวลา 13.00น.-16.00น. จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้น โดยทำให้ห้องเรียนชั้นล่างมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉลี่ย $+0.71$ องศาเซลเซียส และทำให้อุณหภูมิอากาศห้องเรียนชั้นบนสูงขึ้นโดยเฉลี่ย $+1.68$ องศาเซลเซียส
 3. เมื่อมีการไหลเวียนอากาศหรือการระบายความร้อนภายในอาคารโดยนำอากาศภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้น โดยจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างสูงขึ้น $+0.71$ องศาเซลเซียส และทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนสูงขึ้น $+0.17$ องศาเซลเซียส
 4. เมื่อมีการเปิดช่องเปิดเพื่อระบายความร้อนทางช่องเปิดด้านบนของอาคารจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำลง โดยจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างต่ำขึ้น -0.93 องศาเซลเซียส และทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบนต่ำขึ้น -1.05 องศาเซลเซียส

ดังนั้นหากสภาพอากาศภายนอกอาคารมีความรุนแรงเกินสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน การปรับแต่งสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร ร่วมกับการระบายความร้อนภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคารโดยไม่นำความนำอากาศภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในอาคารทางช่องเปิดด้านบน เมื่อมีการใช้งานอาคารในกลางวันด้วยการปิดประตูและหน้าต่างระดับล่าง แต่เปิดช่องเปิดทางด้านบนของอาคารตั้งแต่เวลา 7.00น.-18.00น. และทำการเปิดช่องเปิดของอาคารทุกบานในเวลา กลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00น.-7.00น. เพื่อระบายความร้อนที่สะสมในอาคารตอนกลางวันและกักเก็บความเย็นในเวลากลางคืน คือ วิธีในการปรับให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนกรณีศึกษามีอุณหภูมิ ต่ำทั้งในฤดูหนาวและฤดูร้อน

■ เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่ออิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ พบว่า

ภายในห้องเรียนชั้นล่างจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของห้องเรียนชั้นบน เนื่องจากภายในห้องเรียนชั้นล่างมีพื้นผิวสัมผัสดิน ซึ่งช่วยลดความแปรปรวนของอุณหภูมิผิวด้านในอาคารและลดอิทธิพลรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังช่วยในถ่ายเทความร้อนจากภายในอาคารสู่ดิน ในขณะที่ห้องเรียนชั้นบนไม่มีแหล่งถ่ายเทความร้อนจากเปลือกอาคารเช่นเดียวกับห้องเรียนชั้นล่างจึงทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบสูง

ภายในห้องเรียนชั้นล่างมีอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่ได้จากการคำนวณ 29.62 องศาเซลเซียส เมื่อผิวดินด้านในอาคารที่สัมผัสดินมีอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิผิวก่ออาคารประมาณ 30-33 องศาเซลเซียส ในขณะที่ห้องเรียนชั้นบนมีอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่ได้จากการคำนวณ 32.71 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าเมื่อห้องเรียนมีผิวสัมผัสดินจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจะต่ำลง -3.09 องศาเซลเซียส

5.1.2. อิทธิพลปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความความร้อน

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากหุ่นจำลองกรณีศึกษา สามารถสรุปอิทธิพลปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น. ภายใต้เงื่อนไขที่มีการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบ มีความร้อนภายในจากการใช้งานของผู้ใช้อาคารจำนวน 50 คน มีการปิดประตูและหน้าต่างระดับล่าง แต่เปิดช่องเปิดทางด้านบนของอาคารตั้งแต่เวลา 7.00น.-18.00น. และทำการเปิดช่องเปิดของอาคารทุกบานในเวลา กลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00น.-7.00น. มีผลสรุปดังนี้

■ อิทธิพลอุณหภูมิอากาศที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

ในฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศชั้นล่างอยู่ในช่วง 24.5-28.0 องศาเซลเซียสหรืออยู่ในขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Semi-passive ในขณะที่อุณหภูมิอากาศชั้นบนอยู่ในช่วง 26.7-32.0 องศาเซลเซียสหรืออยู่ในขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Passive

ในฤดูร้อนอุณหภูมิอากาศชั้นล่างมีอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 27.8-31 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศชั้นบนมีอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 28.8-32 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Passive

โดยอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างจะต่ำอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน และอุณหภูมิอากาศในอาคารกรณีศึกษาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารในฤดูหนาว แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในฤดูร้อน เนื่องจากผลของมวลสารผนังอาคารกรณีศึกษา ที่ส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศในอาคารกรณีศึกษาค่อนข้างคงที่

■ อิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

เมื่อพิจารณาอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในห้องเรียนชั้นล่าง 29.62 องศาเซลเซียสและห้องเรียนชั้นบน 32.71 องศาเซลเซียส พบว่า

ในฤดูหนาวอุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกในห้องเรียนชั้นล่างจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบอยู่ในช่วง 29.9-31.5 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Passive ส่วนอุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกในห้องเรียนชั้นบนจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบอยู่ในช่วง 30.7-35.1 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่นอกขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้

ในฤดูร้อนอุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกในห้องเรียนชั้นล่างจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบอยู่ในช่วง 28.6-30.7 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิรู้สึกที่ยอมรับได้ระดับ Passive ส่วนอุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกในห้องเรียนชั้นบนจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบอยู่ในช่วง 32.8-34.3 องศาเซลเซียส ซึ่งนอกขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในห้องเรียนชั้นล่าง 29.62 องศาเซลเซียสนั้น มีค่าสูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศจึงทำในฤดูหนาวผู้ใช้อาคารรู้สึกรู้สึกว่าอุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในฤดูร้อนจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นลง แต่เมื่อเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในห้องเรียนชั้นบนพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบในห้องเรียนชั้นบน 32.71 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลาจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกว่าอุณหภูมิสูงขึ้น จนทำให้รู้สึกไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน เนื่องจากห้องเรียนชั้นล่างมีผิวผนังอาคารสัมผัสดิน ช่วยให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบห้องเรียนชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวชั้นบน ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของมวลสารผนังอาคารกรณีศึกษา ที่สามารถกันความร้อนจากภายนอกอาคารได้ แต่สะสมความร้อนในวัสดุทำให้อุณหภูมิผิวด้านในอาคารสูงนั่นเอง ดังนั้นในการออกแบบอาคารจึงควรเลือกวัสดุอาคารที่สามารถป้องกันความร้อนจากเปลือกอาคารได้ ในขณะที่ผิวด้านในวัสดุนั้นควรมีอุณหภูมิไม่สูงเกิน 29 องศาเซลเซียส

- อิทธิพลความเร็วลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

ความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถปรับให้ภายในห้องเรียนชั้นล่างอยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนระดับ Passive อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 28.6-30.7 องศาเซลเซียส ให้อยู่ในระดับ Semi-passive อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 26.0-28.0 ตลอดทั้งปี ในขณะที่สามารถปรับให้สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 33.0-34.1 องศาเซลเซียส ให้อยู่ในระดับ Passive อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 29.9-31.8 องศาเซลเซียสตลอดทั้งปี ความเร็วลมธรรมชาติสามารถนำมาใช้ภายในอาคารได้ ก็ต่อเมื่อสภาพภูมิอากาศภายนอกอยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

- อิทธิพลความชื้นที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน

เนื่องจากในระบบไม่ปรับอากาศไม่สามารถควบคุมความชื้นภายในอาคารได้ ทำให้ฤดูร้อนที่มีความชื้นสูง ส่งผลให้สภาวะภายในอาคารกรณีศึกษาอยู่นอกสภาวะน่าสบายต่างๆ ที่อุณหภูมิเสมือนที่ผู้ใช้อาคารรู้สึกอยู่ในขอบเขตอุณหภูมิที่ยอมรับได้ ในช่วงเวลากลางคืนและตลอดทั้งวันในบางวันของเดือนพฤษภาคม

5.1.3. การประเมินและสรุปแนวทางในการสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารกรณีศึกษา

สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่าง

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่างไม่เท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ มีการปรับการใช้อาคารด้วยการปิดหน้าต่างไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ แต่ให้มีการระบายอากาศทางช่องเปิดด้านบนในเวลากลางวันและเปิดช่องเปิดในเวลากลางคืน สามารถแสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารเรียนทั่วไปในรูปแบบตาราง โดยการพิจารณาจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนออกเป็น 2 ฤดูคือ ฤดูหนาวและฤดูร้อน ในตลอด 24 ชั่วโมงและช่วงเวลาการใช้งานอาคาร ได้ดังนี้

- สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างฤดูหนาว

ตารางที่ 5.1 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูหนาว

ระดับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิอากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	70%	40%	100%	30%
Semi-passive	0	60%	0	70%
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย	30%	0	0	0

จากตารางที่ 5.1 พบว่า เมื่อมีอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษามีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าจำนวนชั่วโมงสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปอยู่ใกล้เคียงกัน 1.4 เท่า เมื่อพิจารณาการช่วงเวลาตลอดทั้งวัน ภายในช่วงฤดูหนาว

ตารางที่ 5.2 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป พิจารณาช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น. ในฤดูหนาว

ระดับสภาวะน่าสบายทาง ด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิ อากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่ออิทธิพล MRT และลม
Passive	30%	90%	100%	20%
Semi-passive	30%	10%	0	80%
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่า สบาย	40%	0	0	0

จากตารางที่ 5.2 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษามีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกัน 1.7 เท่า เมื่อพิจารณาช่วงเวลาที่มีการใช้งานอาคารในช่วงฤดูหนาว

จะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูหนาว ห้องเรียนชั้นล่างมีจำนวนสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในระดับ Passive ตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ โดยสามารถปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนให้เข้าสู่ระดับ Semi-passive เพื่อให้เหมาะกับการทำกิจกรรมปานกลาง ได้ด้วยความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากความเร็วลมธรรมชาติภายใต้เงื่อนไขสภาพอากาศภายนอกอยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน หรือพึ่งพาความเร็วลมจากพัดลมในอาคารตามความเหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีในช่วงฤดูหนาวพบว่าอาคารกรณีศึกษาภายใต้สภาพเงื่อนไขที่กำหนด มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าห้องเรียนของอาคารเรียนทั่วไป โดยเฉพาะในช่วงเวลาการใช้งาน

- สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างฤดูร้อน

ตารางที่ 5.3 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูร้อน

ระดับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิกากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	34.7%	39.2%	40.5%	34.1%
Semi-passive	0	0	0	34.4%
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย	65.3%	60.8%	59.5%	31.5%

จากตารางที่ 5.3 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิจนถึงพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษามีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนในอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกันเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาช่วงเวลาตลอดทั้งวันในฤดูร้อน

ตารางที่ 5.4 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นล่างเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป พิจารณาช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น. ในฤดูร้อน

ระดับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิกากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	30.9%	100%	100%	0
Semi-passive	2.5%	0	0	100%
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย	66.7%	0	0	0

จากตารางที่ 5.4 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกัน 3.0 เท่า เมื่อพิจารณาช่วงเวลาที่มีการใช้งานอาคารในช่วงฤดูร้อน

จะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูร้อน ห้องเรียนชั้นล่างมีจำนวนสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในระดับ Passive เกือบตลอดในเวลากลางวัน เนื่องจากมีอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ แต่ในบางเดือนที่มีความชื้นค่อนข้างสูง คือ เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนตุลาคม จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย แม้ผู้ใช้อาคารจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิภายในอาคารอยู่ในระดับ Passive ก็ตาม โดยการวิจัยนี้พบว่า เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นในเวลากลางคืนซึ่งไม่มีการใช้งานอาคาร และเกิดขึ้นในเดือนพฤษภาคมทั้งวัน ซึ่งสามารถปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นล่างในฤดูร้อนจากระดับ Passive ให้เข้าสู่ระดับ Semi-passive เพื่อให้เหมาะกับการทำกิจกรรมปานกลางได้ด้วยความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีในช่วงฤดูหนาวพบว่าอาคารกรณีศึกษาภายใต้สภาพเงื่อนไขที่กำหนด มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าห้องเรียนของอาคารเรียนทั่วไป โดยเฉพาะในช่วงเวลาการใช้งาน

สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน

เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนตลอดทั้งปี ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิอากาศภายในไม่เท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ มีการปรับการใช้อาคารด้วยการปิดหน้าต่างไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ แต่ให้มีการระบายอากาศทางช่องเปิดด้านบนในเวลากลางวันและเปิดช่องเปิดในเวลากลางคืน สามารถแสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนของอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคารเรียนทั่วไปในรูปแบบตาราง โดยการพิจารณาจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนออกเป็น 2 ฤดูคือ ฤดูหนาวและฤดูร้อน ในตลอด 24 ชั่วโมงและช่วงเวลาการใช้งานอาคาร ได้ดังนี้

- สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนฤดูหนาว

ตารางที่ 5.5 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูหนาว

ระดับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิอากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	29.0%	27.3%	0	100%
Semi-passive	45.2%	72.7%	0	0
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย	25.8%	0	100%	0.

จากตารางที่ 5.5 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนน้อยกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาช่วงเวลาตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูหนาว จึงต้องใช้ความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในการปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารเข้าสู่ระดับ Passive ในกรณีที่มีสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน ควรนำความเร็วลมธรรมชาติภายนอกอาคารมาใช้ โดยระวังความชื้นจากภายนอกอาคารและแหล่งความร้อนภายนอกอาคารด้วย

ตารางที่ 5.6 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับ อาคารเรียนทั่วไป พิจารณาช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น. ในฤดูหนาว

ระดับสภาวะน่าสบายทาง ด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิ อากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	28.6%	71.4%	0	100%
Semi-passive	35.7%	28.5%	0	0
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่า สบาย	35.7%	0	100%	0.

จากตารางที่ 5.6 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนน้อยกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น. ในฤดูหนาว

ดังนั้นในช่วงฤดูหนาว เมื่อพิจารณาสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน จากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในระดับจะนอกสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนตลอด 24 ชั่วโมง สามารถปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนให้เข้าสู่ระดับ Passive เพื่อให้เหมาะกับการทำกิจกรรมปานกลางได้ด้วยความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นผลมาจากไม่มีพื้นผิวสัมผัสดิน และอุณหภูมิผิวภายในอาคารสูงเกินไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบนฤดูร้อน

ตารางที่ 5.7 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูร้อน

ระดับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิอากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	36.4%	51.1%	0	69.2%
Semi-passive	0.5%	0	0	0
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย	63.1%	40.9%	100%	39.8%

จากตารางที่ 5.7 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนน้อยกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาช่วงเวลาตลอด 24 ชั่วโมง ในฤดูร้อน

ตารางที่ 5.8 แสดงการจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชั้นบนเปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป พิจารณาช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00น.-16.00น. ในฤดูร้อน

ระดับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน	อาคารทั่วไป	อาคารกรณีศึกษา		
		อุณหภูมิอากาศ	เมื่ออิทธิพล MRT	เมื่อมีอิทธิพล MRT และลม
Passive	32.9%	95.8%	12.5%	87.5%
Semi-passive	2.7%	0	0	12.5%
ไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย	64.4%	4.2%	87.5%	0.

จากตารางที่ 5.8 พบว่า เมื่อมีอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษาจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนน้อยกว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนอาคารทั่วไปที่อยู่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาช่วงเวลาใช้งานอาคาร ในฤดูร้อน

ในช่วงฤดูร้อน ห้องเรียนชั้นบนมีจำนวนสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในเหนือระดับ Passive เกือบตลอดในเวลาวัน และเนื่องจากบางเดือนที่มีความชื้นสูง คือ เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนตุลาคม จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นในเวลากลางวันซึ่งไม่มีการใช้งานอาคาร และเกิดขึ้นในเดือนพฤษภาคมทั้งวัน สามารถการปรับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในห้องเรียนชั้นบน ให้เข้าสู่ระดับ passive เพื่อให้เหมาะกับการทำกิจกรรมปานกลางได้ด้วยความเร็วลม 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไปพบว่า ภายในห้องเรียนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษามีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนมากกว่าอาคารทั่วไปเกือบ 2 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.4. แนวทางการประยุกต์ทางเลือกในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ

แนวทางการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในชั้นการออกแบบอาคาร

1. ควรออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารด้วยการสร้างแหล่งความเย็นจากต้นไม้ใหญ่ พืชคลุมดิน การทำความเย็นโดยการระเหยที่ผิววัสดุปูพื้น (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544) และหลีกเลี่ยงแหล่งความร้อน
2. ออกแบบอาคารให้มีการใช้ประโยชน์จากความเย็นจากดิน โดยการใช้ผนังสัมผัสดินที่มีการปรุงแต่งให้เป็นแหล่งความเย็น (ไพบุลย์ วังรุ่งเรืองกิจ, 2544)
3. ออกแบบอาคารให้มีช่องเปิดด้านบนเพื่อการระบายความร้อนภายในอาคาร
4. ออกแบบอาคารให้มีเปลือกอาคารที่สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ไม่สะสมความร้อนที่พื้นผิวอาคารด้านใน (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
5. ออกแบบหลังคาให้มีประสิทธิภาพในการกันความร้อนในเวลากลางวัน และกักเก็บความเย็นในเวลากลางคืนมาใช้เวลากลางวัน ด้วยการเปิดปิดช่องเปิดให้เหมาะสม (อภิรัช พรหมศิริแสง, 2544)
6. เลือกใช้วัสดุที่มีส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบไม่สูงเกิน 29 องศาเซลเซียส
7. เลือกใช้วัสดุที่ไม่สะสมความร้อน
8. ติดตั้งพัดลมความเร็วลมไม่เกิน 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมงให้เหมาะสมและเพียงพอ เพื่อให้รู้สึกเสมือนอุณหภูมิต่ำลง โดยพัดลมนั้นจะต้องไม่พัดความร้อนจากส่วนบนของอาคารลงมาสู่ตัวผู้ใช้อาคาร (นรากร พุทธิโฆษ, 2544)

แนวทางการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในชั้นตอนการใช้อาคาร

1. ในช่วงกลางวันที่สภาพอากาศภายนอกอาคารไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน ไม่ควรใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ แต่ให้เปิดช่องเปิดด้านบนเพื่อระบายอากาศร้อนทิ้งนอกอาคาร
2. ช่วงกลางคืนควรเปิดช่องเปิดทุกบานเพื่อระบายความร้อนภายในอาคารและสะสมความเย็นในเวลากลางคืน
3. ควรเปิดพัดลมเมื่อเพื่อให้รู้สึกเสมือนอุณหภูมิต่ำลง เมื่อรู้สึกว่าไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน
4. ควรสวมเสื้อผ้าให้เหมาะสมกับสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในอาคาร สำหรับสภาวะไม่ปรับอากาศควรสวมเสื้อผ้าที่มี clo-value ไม่เกิน 0.5 clo. ในฤดูร้อน

5. ควรปรับกิจกรรมในอาคารให้เหมาะสมกับสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน คือ ในสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนระดับ Passive ไม่ควรทำกิจกรรมที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานมากเกินไป หรือทำกิจกรรมเครื่องเครื่องมากจนเกินไป ควรทำกิจกรรมประเภทนั่งนอน การเรียนรู้ที่ไม่เคร่งเครียดมากนัก ไม่ควรทำกิจกรรมหนักในอาคารอาทิ เช่น การออกกำลังกาย เพราะจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกอยู่นอกในสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน
6. ควรมีการปรับสภาพร่างกายให้เข้าสู่สภาวะปกติก่อนใช้งานอาคารหลังจากทำกิจกรรมหนักภายนอกอาคาร

กล่าวโดยสรุปแล้วแนวทางในการสร้างสภาวะนำสบายทางด้านความร้อนนั้นควรคำนึงตั้งแต่การออกแบบอาคาร คือ 1) การปรับอิทธิพลสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร 2) ออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม 3) กรอบอาคารควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารและกันความชื้นได้ดี 4) เลือกใช้วัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เหมาะสม 5) ใช้ประโยชน์จากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบและความเร็วลม 6) ปรับการใช้งานอาคารให้เหมาะสมกับสภาวะนำสบายทางด้านความร้อน แสงธรรมชาติและระบบต่างๆ ในอาคารอย่างเหมาะสม เมื่อปฏิบัติครบวงจรดังนี้จะทำให้สภาวะนำสบายทางด้านความร้อนภายในอาคารดีกว่าอาคารอื่นๆ 3 เท่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรอ่านผลการวิจัยร่วมในเรื่องวัสดุอาคารเพิ่มเติม ในการศึกษาคั้งต่อไปควรมีจำนวนตัวอย่างในการวิจัยมากกว่านี้เพื่อขยายผลการวิจัยออกไป ควรมีการปรับวัสดุผนังอาคารกรณีศึกษา ควรศึกษาเพิ่มเติมเรื่องแนวทางความเป็นไปได้ในการลดความชื้นภายในอาคารไม่ปรับอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เพื่อปรับให้สภาวะแวดล้อมภายในอาคารเข้าสู่สภาวะนำสบาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิจชัย จิตขจรวานิช. การศึกษาสภาวะนำสบายแบบ Field Study ในฤดูหนาว ที่กรุงเทพมหานคร. วารสารหน้าจั่ว ฉบับที่ 15 (ประจำปีการศึกษา 2540): 102-116.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. การวิเคราะห์การถดถอย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2541.
- ประพจน์ วงษ์ท่าเรือ, การศึกษาสภาวะนำสบายเชิงความร้อนของคนในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- วรภรณ์ กาญจนวิโรจน์, การศึกษาการขยายขอบเขตภาวะนำสบายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. กลยุทธ์สู่ความสำเร็จในงานวิจัย. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ ระหว่างวันที่ 23-27 กันยายน 2541 ณ หอประชุมสารวิเทศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวงศ์, การวิเคราะห์สภาวะนำสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2536.
- สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

- Ashrae. Fundamental Book. Physiological 'principles for comfort and health. (n.p.), 1985.
- Fanger, P.O. Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering.
New York: McGraw Hill book company, 1970.
- Gallo, C., Sala, M. and Sayigh, A.A.M. Architecture: Comfort and Energy. Oxford: Eisevier science, 1998.
- Givani, B. Man Climate and Architecture. 2nd edition. London: Applied Science Pub., 1976.
- Givani, B. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. New York: Van Nostrand Reinhold is a division An International Thomson Publishing Company, 1994.
- Olgay, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- Stein, B., Reynolds, J., Mechanical and Electrical Equipment for Building Eighth Edition.
New York: Wiley, J., Sons, Inc., 1992.
- Watson, Donald and Kenneth Labs, Climatic Building Design: Energy-Efficient Building Principles and Practice. New York: McGraw Hill book company, 1983.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์โดยสมการทำนาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ด้วย Regression เพื่อให้ได้สมการในการทำนายด้วยโปรแกรม spss

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	IN_H_G, CR_VEN, SOIL_TEM, FLUX_H, WB_01, TIME_LAG, DB_01		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: T_01

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.988 ^a	.976	.976	.3110

a. Predictors: (Constant), IN_H_G, CR_VEN, SOIL_TEM, FLUX_H, WB_01, TIME_LAG, DB_01

b. Dependent Variable: T_01

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2289.179	7	327.026	3381.980	.000 ^a
	Residual	56.084	580	9.670E-02		
	Total	2345.263	587			

a. Predictors: (Constant), IN_H_G, CR_VEN, SOIL_TEM, FLUX_H, WB_01, TIME_LAG, DB_01

b. Dependent Variable: T_01

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.311	.518		4.461	.000
	DB_01	8.234E-02	.011	.174	7.261	.000
	WB_01	.211	.021	.156	10.080	.000
	SOIL_TEM	3.866E-02	.014	.039	2.751	.006
	TIME_LAG	.620	.013	.616	47.736	.000
	CR_VEN	.243	.044	.050	5.566	.000
	FLUX_H	-.285	.051	-.051	-5.607	.000
	IN_H_G	2.332E-03	.000	.100	11.082	.000

a. Dependent Variable: T_01

ภาคผนวก ข. การแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับตั้ง cross_ven lux_h ห.จ.ด. เวลาหพ time_lag hrc db
 กรณีที่ 12 1 0 1 1
 เดิม
 หองเรียน ชั้นล่าง

ไม่มี internal heat gain
 ปรับด้วยวิธีหหของ MRT

เวลา	db	wb	db_rh10_ck	wb_rh10_ck	อุณหภูมิพื้น	radiation	time_lag	cross_ven	lux_h	ห.จ.ด	อุณหภูมิห้อง+10
1:00	27	26.1	27.92	26.78	28	0	30.0040028	1	1	0	30.3778223
2:00	26.9	26	27.81	26.65	28	0	30.2024029	1	1	0	30.39061993
3:00	26.8	25.8	27.64	26.41	28	0	28.158003	1	1	0	29.79754617
4:00	26.7	25.7	27.53	26.31	28	0	27.9189001	1	1	0	29.70050545
5:00	26.6	25.7	27.48	26.34	28	0	27.8087003	1	1	0	29.67879819
6:00	26.4	25.7	27.38	26.39	28	2	27.6388004	1	1	0	29.64065173
7:00	26	25.4	27.01	26.13	28	29	27.5287005	0	1	0	28.69461887
8:00	26.6	26	27.70	26.83	28	94	27.4784006	0	1	240	29.3848904
9:00	29.5	27	29.78	27.43	28	158	27.3786008	0	1	240	29.38179004
10:00	31.1	27.7	31.02	27.98	28	211	27.0089009	0	1	240	29.29965988
11:00	32.4	27.6	31.63	27.53	28	257	27.695401	0	1	240	29.18279091
12:00	34.1	27.7	32.65	27.20	28	253	29.7777011	0	1	240	29.66231865
13:00	34.5	27.5	32.62	26.81	28	240	31.0223013	0	1	240	29.91266689
14:00	35.4	30.1	34.62	29.98	28	201	31.6348014	0	1	240	31.27296303
15:00	35	29.7	34.15	29.50	28	145	32.5481015	0	1	240	31.56019976
16:00	34.4	29.5	33.71	29.34	28	82	32.6245016	0	1	240	31.7608376
17:00	33.2	29.1	32.84	29.08	28	27	34.6164018	0	1	0	31.64254674
18:00	32	28.5	31.87	28.58	28	2	34.1538019	1	1	0	32.14591097
19:00	31	27.6	30.83	27.66	28	0	33.797002	1	1	0	31.71409221
20:00	30	27.5	30.27	27.80	28	0	32.8422021	1	1	0	31.61337885
21:00	29.7	26.8	29.70	26.95	28	0	31.8589023	1	1	0	30.98858759
22:00	29.6	27.4	30.00	27.77	28	0	30.8278024	1	1	0	30.96854512
23:00	29.4	27.9	30.20	28.49	28	0	30.2650025	1	1	0	31.07378096
0:00	27	26.5	28.18	27.29	28	0	29.6958026	1	1	0	30.4721033

mrt	mrt-db	รังสีอินฟรา	อุณหภูมิห้อง+รังสีอินฟ	เวลา	ค่าความเร็วลม	m weather data	ห.อากาศ	ความชื้นสัมพัทธ์	T sen wind
29.62	-0.757822	-1.080951	29.31687	1:00	5.47	93	95.49299333	3.611589893	25.70528119
29.62	-0.77062	-1.078868	29.31175	2:00	5.47	93	95.46999	3.611589884	25.70018219
29.62	-0.177548	-0.248565	29.54898	3:00	5.47	92	94.44798667	3.595237767	25.95374375
29.62	-0.080505	-0.112708	29.5878	4:00	5.47	92	94.44798333	3.595237733	25.99256008
29.62	-0.058798	-0.082317	29.59648	5:00	5.47	93	95.46998	3.61158988	25.98489104
29.62	-0.020652	-0.028912	29.61174	6:00	5.47	94	96.49197667	3.627941827	25.98379768
29.62	0.92538	1.295532	29.99015	7:00	5.47	97	99.55797333	3.876897573	26.31315448
29.62	0.23511	0.329153	29.71404	8:00	5.47	95	97.51397	3.64429352	26.06975032
29.62	0.23821	0.333484	29.71528	9:00	5.47	82	84.22766687	3.431717467	26.28356652
29.62	0.32034	0.448476	29.74814	10:00	5.47	78	78.09598333	3.333605413	26.41453084
29.62	0.437209	0.612093	29.79488	11:00	5.47	68	69.91998	3.20278638	26.59209427
29.62	-0.042319	-0.059248	29.60307	12:00	5.47	60	61.74365667	3.071973307	26.53109923
29.62	-0.262967	-0.410153	29.50281	13:00	5.47	57	58.67795333	3.022917253	26.47989607
29.62	-1.652963	-2.314148	28.95881	14:00	5.47	67	69.80795	3.1864372	25.77237759
29.62	-1.9402	-2.71628	28.84392	15:00	5.47	66	67.87594667	3.170085147	25.67383495
29.62	-2.140838	-2.997173	28.76366	16:00	5.47	68	69.91994333	3.202789093	25.5687587
29.62	-2.022547	-2.831585	28.81098	17:00	5.47	73	75.02994	3.28454904	25.52643227
29.62	-2.525911	-3.536275	28.60964	18:00	5.47	78	78.09593667	3.333604987	25.27603082
29.62	-2.094092	-2.931726	28.78236	19:00	5.47	78	78.09593333	3.333604933	25.44875818
29.62	-1.893377	-2.650728	28.86265	20:00	5.47	82	84.22793	3.43171888	25.43083238
29.62	-1.368588	-1.913223	29.07338	21:00	5.47	79	81.16192667	3.382660827	25.6907041
29.62	-1.368545	-1.915963	29.07268	22:00	5.47	84	86.27192333	3.464420773	25.80816118
29.62	-1.453781	-2.036293	29.03849	23:00	5.47	89	91.38192	3.54618072	25.4923089
29.62	-0.852103	-1.192945	29.27916	0:00	5.47	96	98.536	3.680646	25.81851268

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค. การแทนค่าสมการถดถอยเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นบน

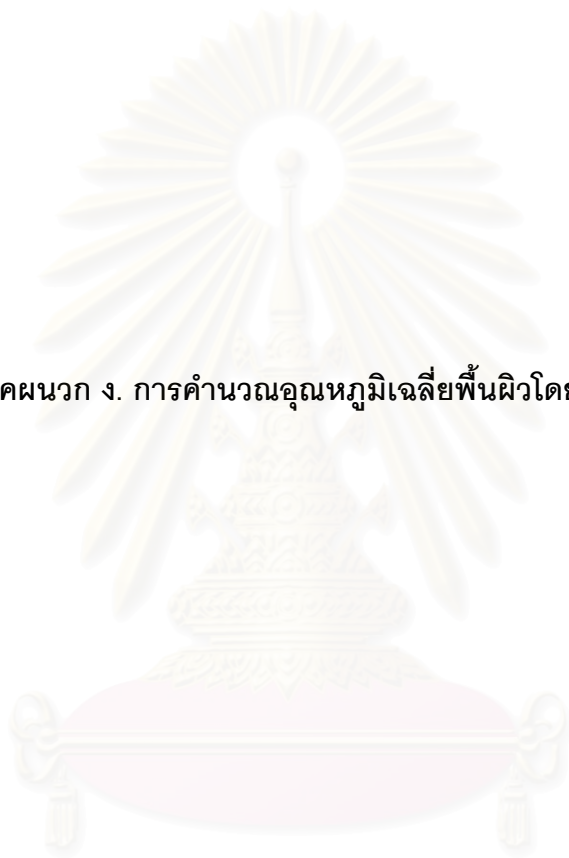
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึก cross_van flux_h in_h_g หมายเลข time_lag link db
 ทรนที่ 12 1 0 1 1
 เดือน มกราคม
 ห้องเรียน ชั้นบน

เวลา	ข้อมูลในห้องเรียน									ข้อมูลในห้องเรียน				เวลา	ค่าความชื้น	m weather data	m อากาศ	ความถี่กินเบง	T sen_wind
	db	wb	db_mic_cli	radiation	time_lag	cross_van	flux_h	in_h_g	อุณหภูมิห้องเรียน	min	min-db	ถี่กินเบง 1.4	อุณหภูมิห้องเรียน						
1:00	24	20.8	23.24	0	22.20480275	1	1	0	26.48941171	29.62	3.130588289	4.382823605	30.87223532	1:00	5.47	74	76.05199333	3.300901893	27.57133342
2:00	23.3	20.2	22.53	0	26.26290288	1	1	0	27.78610914	29.62	1.833890861	2.567447205	30.35355634	2:00	5.47	74	76.06199	3.30090184	27.0526545
3:00	22.9	20	22.21	0	21.362003	1	1	0	26.10925197	28.62	3.510748032	4.915047244	31.02429921	3:00	5.47	75	77.07398667	3.317253787	27.70704543
4:00	22	19.2	21.28	0	23.24040013	1	1	0	26.65287039	29.62	2.967129611	4.153981455	30.80865184	4:00	5.47	76	78.09598333	3.333605733	27.47324611
5:00	21.5	18.7	20.73	0	22.52950025	1	1	0	26.36226142	29.62	3.257738582	4.580834015	30.92309543	5:00	5.47	75	77.07398	3.31725368	27.60584175
6:00	21	18	20.06	3	22.20870038	1	1	0	26.18259645	29.62	3.437403554	4.812364975	30.99496142	6:00	5.47	73	75.02997667	3.284549627	27.71041179
7:00	21.1	18	20.12	41	21.2776005	0	1	0	25.59290428	29.62	4.027095725	5.637934015	31.23083829	7:00	5.47	72	74.00797333	3.258197573	27.96264072
8:00	22.8	18.8	21.47	85	20.72710063	0	1	240	27.0829401	29.62	2.537059896	3.551883854	30.63482396	8:00	5.47	66	67.87597	3.17008552	27.46473844
9:00	24.6	19.5	22.82	147	20.05820075	0	1	240	26.79897733	29.62	2.821022667	3.949431734	30.74840907	9:00	5.47	60	61.74396667	3.071973467	27.6764356
10:00	26.5	20	24.11	216	20.12370088	0	1	240	26.73452196	29.62	2.885478039	4.039689254	30.77419122	10:00	5.47	52	53.56796333	2.941157413	27.8330338
11:00	27.3	20.1	24.57	214	21.474801	0	1	240	27.23786359	29.62	2.38213641	3.334990974	30.57285466	11:00	5.47	49	50.50196	2.89210138	27.6807532
12:00	29.5	21.5	26.54	276	22.82360113	0	1	240	27.69010922	29.62	1.929890781	2.701847093	30.39195631	12:00	5.47	46	47.43595687	2.843045307	27.54891101
13:00	33.3	22.3	28.92	254	24.10590125	0	1	240	28.41077645	29.62	1.209223552	1.692912973	30.10368942	13:00	5.47	36	36.19395333	2.663173253	27.44081617
14:00	31	22.2	27.70	246	24.56730138	0	1	240	28.47513668	29.62	1.144863324	1.602808653	30.07794533	14:00	5.47	44	45.39195	2.8103412	27.26760413
15:00	30.7	22.9	27.94	185	26.5359015	0	1	240	29.34245691	29.62	0.277543095	0.388580333	29.73101724	15:00	5.47	46	47.43594667	2.843045147	26.88737209
16:00	29.4	21.3	26.30	120	28.91690163	0	1	240	30.18382353	29.62	-0.563623534	-0.789072948	29.39458059	16:00	5.47	46	47.43594333	2.843045093	26.55150549
17:00	28.4	20.7	25.41	46	27.69700175	0	1	0	28.23194596	29.62	1.388054037	1.943275652	30.17522161	17:00	5.47	47	48.46794	2.85939704	27.31582457
18:00	27.4	20.5	24.77	3	27.94030188	1	1	0	28.55155399	29.62	1.068446009	1.495824412	30.0473784	18:00	5.47	51	52.54593667	2.924804987	27.12257342
19:00	25.5	19.7	23.34	0	26.303602	1	1	0	27.87570502	29.62	1.74429498	2.442012972	30.31771799	19:00	5.47	56	57.65593333	3.006564933	27.31116306
20:00	24.5	19.8	22.89	0	25.41220213	1	1	0	27.53453425	29.62	2.085465751	2.919852051	30.4541863	20:00	5.47	60	61.74393	3.07197288	27.38221342
21:00	24.5	19	22.42	0	24.77240225	1	1	0	27.27459228	29.62	2.345407722	3.283570811	30.55816309	21:00	5.47	57	58.67792667	3.022918527	27.53524626
22:00	24.2	18.9	22.20	0	23.33710238	1	1	0	26.77252611	29.62	2.847473894	3.986463451	30.75898956	22:00	5.47	58	59.65992333	3.039268773	27.71972078
23:00	33.1	18.2	26.26	0	22.8939025	1	1	0	27.00507274	28.62	2.614927265	3.660898171	30.66597091	23:00	5.47	49	50.50192	2.89210072	27.77387019
0:00	23	18.5	21.36	0	22.41550263	1	1	0	26.38364616	29.62	3.236353836	4.53089537	30.91454153	0:00	5.47	63	64.81	3.12103	27.79351153

สถาบันวิทยาลัยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง. การคำนวณอนุกรมเฉลี่ยพื้นที่ผิวโดยรอบ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคิดค่า จุดหมุนยึดพื้นผิวโดยรอบอาคารชั้นล่าง
กรณีพิจารณาอาคารกรณีศึกษาด้วยสมมติฐาน จุดหมุนมีน 28 องศาเซลเซียส

ตำแหน่งผนัง	Angle factor	จุดหมุนยึด	องศาเซลเซียส	ตำแหน่งน" 4	Angle factor*จุดหมุนยึด
north wall	0.0220	ผิวกรอบอาคาร	32.901	8773547091	193018036
	0.0220	ผิวกรอบอาคาร	32.901	8773547091	193018036
	0.0065	ผิวผนังสัมผัสดิน	28	8224915977	53461953.85
	0.0065	ผิวผนังสัมผัสดิน	26	8224915977	53461953.85
	0.0080	ผิวระนาบ	32.954	8779626062	70237008.5
0.0080	ผิวระนาบ	32.954	8779626062	70237008.5	
South wall	0.0300	ผิวกรอบอาคาร	32.655	8745372809	262361184.3
	0.0300	ผิวกรอบอาคาร	32.655	8745372809	262361184.3
	0.0065	ผิวกรอบอาคาร	31.885	8657623476	56274562.6
	0.0065	ผิวกรอบอาคาร	31.885	8657623476	56274562.6
east wall	0.0522	ผิวกรอบอาคาร	32.752	8756474065	457087946.2
	0.0522	ผิวกรอบอาคาร	32.752	8756474065	457087946.2
	0.0100	ผิวผนังสัมผัสดิน	28	8224915977	82249159.77
	0.0100	ผิวผนังสัมผัสดิน	26	8224915977	82249159.77
west wall	0.0522	ผิวกรอบอาคาร	32.374	8713273077	454832654.6
	0.0522	ผิวกรอบอาคาร	32.374	8713273077	454832654.6
	0.0100	ผิวผนังสัมผัสดิน	28	8224915977	82249159.77
	0.0100	ผิวผนังสัมผัสดิน	26	8224915977	82249159.77
floor	0.1500	ผิวพื้นสัมผัสดิน	26	8224915977	1233737397
	0.1500	ผิวพื้นสัมผัสดิน	28	8224915977	1233737397
	0.1500	ผิวพื้นสัมผัสดิน	26	8224915977	1233737397
	0.1500	ผิวพื้นสัมผัสดิน	28	8224915977	1233737397
ceiling	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดเหนือ	32.866	8768763666	11400692.77
	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดเหนือ	32.868	8768763666	11400692.77
	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดใต้	32.73	8753965328	11380141.93
	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดใต้	32.73	8753965328	11380141.93
mit					29.63

การคิดค่า จุดหมุนยึดพื้นผิวโดยรอบอาคารชั้นบน
กรณีพิจารณาอาคารกรณีศึกษาด้วยสมมติฐานที่ได้จากกลุ่มจำลอง

ตำแหน่งผนัง	Angle factor	จุดหมุนยึด	องศาเซลเซียส	ตำแหน่งน" 4	Angle factor*จุดหมุนยึด
north wall	0.0170	ผิวกรอบอาคาร	32.971	8781578590	149266802
	0.0170	ผิวกรอบอาคาร	32.971	8781578590	149266802
	0.0065	ผิวกรอบอาคาร	32.668	8746858964	56854589.96
	0.0065	ผิวกรอบอาคาร	32.668	8746858964	56854589.96
	0.0080	ผิวระนาบ	33.866	8844867464	71079659.71
	0.0080	ผิวระนาบ	33.866	8844867464	71079659.71
South wall	0.0250	ผิวกรอบอาคาร	32.632	8785637690	219140942.2
	0.0250	ผิวกรอบอาคาร	32.632	8785637690	219140942.2
	0.0065	ผิวกรอบอาคาร	32.632	8742742102	56827323.96
	0.0065	ผิวกรอบอาคาร	32.632	8742742102	56827323.96
east wall	0.0572	ผิวกรอบอาคาร	33.087	8734894749	509067979.6
	0.0572	ผิวกรอบอาคาร	33.087	8734894749	509067979.6
	0.0100	ผิวกรอบอาคาร	32.902	8773661759	87736617.59
	0.0100	ผิวกรอบอาคาร	32.902	8773661759	87736617.59
west wall	0.0572	ผิวกรอบอาคาร	32.845	8767586695	501505912.7
	0.0572	ผิวกรอบอาคาร	32.845	8767586695	501505912.7
	0.0100	ผิวกรอบอาคาร	32.856	8788817415	87888174.16
	0.0100	ผิวกรอบอาคาร	32.856	8788817415	87888174.16
floor	0.1500	ผิวพื้น	32.544	8732682265	1309902340
	0.1500	ผิวพื้น	32.544	8732682265	1309902340
	0.1500	ผิวพื้น	32.544	8732682265	1309902340
	0.1500	ผิวพื้น	32.544	8732682265	1309902340
	0.1500	ผิวพื้น	32.544	8732682265	1309902340
ceiling	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดเหนือ	32.785	8750253189	11388329.15
	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดเหนือ	32.785	8750253189	11388329.15
	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดใต้	32.657	8743313944	11366308.13
	0.0013	ผิวฝ้าหลังคาที่คดใต้	32.657	8743313944	11366308.13
mit					32.71

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรุจิยา มุสิกะลักษณะ เกิดวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2520 จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2543 และได้เข้ารับการศึกษต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาสถาปัตยกรรม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย