การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ

นายนรากร พุทธโฆษ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0354-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION

Mr. Narakorn Putthaco

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 974-17-0354-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ
โดย	นายนรากร พุทธโฆษ์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์เลอสม สถาปิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์พิรัส พัชรเศวต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายนรากร พุทธโฆษ์ : การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ 191 หน้า. ISBN 974-17-0354-6

สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในปัจจุบันมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้รูปแบบของอาคารในชุมชนท้องถิ่นที่มีการออกแบบโดยใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่ดีเป็นหลักไม่สามารถตอบสนองการใช้งานได้อย่างเหมาะสม อาคารโรงเรียนที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาชุมชนก็ได้รับผลดังกล่าวเช่นกัน จากสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน การเรียนขาดประสิทธิภาพ การวิจัยเรื่องการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาตินี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางของรูปแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่รุนแรงในท้องถิ่น ด้วยการใช้ปัจจัยธรรมชาติให้เป็นประโยชน์มากที่สุด แนวความคิดในการออกแบบที่คำนึงถึงธรรมชาติที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง การวิเคราะห์ผสมผสาน เพื่อให้ได้เป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีสภาวะน่าสบายและเหมาะสมที่สุด วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยในโครงการ โรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การวิจัยเริ่มด้วยการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรแบบครบวงจร ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติเพื่อสร้างภาวะการเรียนรู้ที่ดีภายในห้องเรียน ตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อรูปแบบของห้องเรียนที่พึ่งพาระบบธรรมชาติ คือ อุณหภูมิอากาศ และแสงธรรมชาติ นำอิทธิพลตัวแปรดังกล่าวมาวิเคราะห์ ผสมผสานกับผลการศึกษาเทคนิคการออกแบบด้านต่างๆ ของผู้วิจัยร่วมในโครงการ โรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งด้านการออกแบบส่วนของอาคารและวัสดุก่อสร้าง เทคนิคด้านแสงสว่างและการมองเห็น เทคนิคด้านการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และเทคนิคการประเมินอาคารด้านต่างๆ ได้รูปแบบของอาคารที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ดำเนินการทดลอง
โดยสร้างอาคารจำลองย่อส่วน เพื่อทำการทดสอบการใช้งานอาคารภายใต้สภาพแวดล้อมของภูมิอากาศจริงที่มีความแตกต่างกัน โดยแบ่งการทดสอบอาคารเป็น 2 กรณี ตามฤดูกาล ได้แก่ วิธีการใช้งานห้องเรียนในฤดูหนาว โดยการปิดช่องประตู หน้าต่างทั้งหมด โดยใช้ระบบเปลือกอาคารป้องกันสภาพอากาศภายนอกที่มีความรุนแรง วิธีการใช้งานอาคารในฤดูร้อนนั้น ห้องชั้นล่างใช้ประโยชน์จากอากาศเย็นช่วงเวลากลางคืน และใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุในการปรับอุณหภูมิรอบอาคารในเวลากลางวัน ส่วนห้องชั้นบนใช้ประโยชน์จากอากาศเย็นเวลากลางคืน และใช้ความเย็นจากผิวหลังคาโดยป้องกันความร้อนจากภายนอกในช่วงเวลากลางวัน

รูปแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ที่ได้จากผลการวิจัยนี้ คือ อาคารควรใช้ระบบผนังที่มีฉนวนภายนอกและมวลสารภายใน เพื่อป้องกันความรุนแรงของสภาพแวดล้อม ระบบหลังคามวลสารน้อยเพื่อใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิผิวที่ต่ำในเวลากลางคืน มีระบบช่องเปิด-ปิดอาคารที่สามารถปรับเปลี่ยนได้สะดวก และมีการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบให้เอื้อประโยชน์ต่อสภาวะการใช้งานภายในอาคาร สามารถทำให้อาคารเรียนมีสภาวะภายในที่ใกล้เคียงกับภาวะน่าสบายมากกว่าแบบอาคารเรียนที่เป็นอยู่ในปัจจุบันจริง โดยในสภาพภูมิอากาศฤดูหนาวอุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้ง 2 ชั้นค่อนข้างคงที่ อยู่ในเขตน่าสบาย ในช่วงเวลาใช้งาน 8.00–16.00 น. ห้องชั้นล่างและชั้นบนมีอุณหภูมิ 25.9°C และ 26.2°C ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยมีค่า 32.3°C ส่วนในสภาพภูมิอากาศฤดูร้อนสามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองช่วงเวลา 8.00-16.00 น. มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 5.0°C ทั้งห้องชั้นล่างและชั้นบน แนวทางนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่น เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างเป็นรูปธรรม

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4374145025 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD : PASSIVE DESIGN / SCHOOL DESIGN / SCHOOL / NORTHEASTERN REGION
NARAKORN PUTTHACO: PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION.
THESIS ADVISOR : PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., 191 pp. ISBN 974-17-0354-6

Natural environment today rapidly changes into unconstructive ways. The result not only causes pollution from the consumption of energy but also influences the design of buildings, which once shaped by factors from natural environment are now no longer comfortable for living. Nowadays the design of school environment cannot support learning activities and learning-deficiency. The main objective of the passive design for school in Northeastern region research by natural method utilizing is to search for compatible design, which bases on the concept of passive design for local environments and extremely site environment utilizing. The conceptual design is to regarding the possibility of real working and analyzing for the best comfortable and suitable school type. This research is a partial study of the topic—Design for the primary local School in the Northeastern Region.

The research was started from reviewing all the effect of whole variables, which use the benefit of natural cool system to create comfort level of building's interior. The air temperature and daylight are the most influence the design of classroom, which bases on the concept of passive design. Creating the most compatible building design for local environment, analysis the effect of those variables combine with the data reviewing of various design techniques of colleagues in the project—Design for the primary local School in the Northeastern Region, is using the benefit of the building design technique, natural material, lighting, improving the outside environments and building analysis. The study is experimented by using miniaturize scaled-model in order to investigate the use of building under the extreme natural environments. The experiment is divided into 2 conditions; the first one, for the winter, is the test conducts in an enclosed model in order to represent the use of building envelope for preventing extreme climate from outside. The second, for the summer, is the experiment of the benefits through natural cooling system. The lower floor uses the advantage of natural cooling system by using low temperature at night as well as the use of evaporation from material surface in order to cool down temperature of surrounding in daytime. The upper floor uses the cool air at night and the cool roof surface to protect from the outside heat in the daytime.

The form of the school, which is appropriate for environment, resulted from this research, is using an exterior insulation cladding with thermal mass inside wall system in order to protect the building from an extreme environment. Using the low thermal mass of the roof for the advantage of the low temperature surface at night including the use of shut-openings as well as adapting outside environment to create the suitable building use. The result of building operations can create the propriety building which close to comfort level more than the convention schools. As confirmed by the experiment, in the winter, inside temperature in both floor are constant in the comfort level, tested from 8 a.m. to 4 p.m. with an outside temperature at average of 32.3^{o}C, the temperature are 25.9^{o}C for room in lower floor and 26.2^{o}C for the upper floor. In the summer, the experiment can reduce the average temperature from the outdoor by 5.0^{o}C from 8 a.m. to 4 p.m. in both floor. This research could be able to adapt with other buildings in order to reduce energy consume in buildings.

Department	Architecture	Student's signature…….
Field of study	Architecture	Advisor's signature…….
Academic year	2001	Co-advisor's signature……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีจากความกรุณา ช่วยเหลือ จากกลุ่มบุคคลหลายๆ กลุ่ม หลายๆ ท่าน ขอโอกาสขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ต่างๆ ทางวิชาการ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะอื่นๆ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน สำหรับความรู้สาขาต่างๆ ที่ได้รับตั้งแต่เริ่มเข้ารับการศึกษา จนกระทั่งปัจจุบัน ขอขอบคุณภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ในความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณตระกูลวุฒิสุวรรณ ในความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ทำการทดลอง อุปกรณ์ต่างๆ การดูแลช่วยเหลือรวมทั้งอาหารในระหว่างทำการทดลอง ขอบคุณเพื่อนๆ (ที่มีทั้งพี่ เพื่อน และน้องๆ) สาขาเทคโนโลยีอาคารทุกคน ที่ได้ร่วมอุดมการณ์ ร่วมกันศึกษา และร่วมกันทำงานมาตลอดระยะเวลา 2 ปี ให้ความช่วยเหลือ ความเข้าใจกันเสมอมาและตลอดไป สุดท้ายขอขอบพระคุณพ่อและแม่ ที่ได้ให้ทุกอย่างมาตลอด กำลังใจจากน้องๆ และจากผู้ที่ห่วงใย และช่วยเหลือเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**จ**
กิตติกรรมประกาศ	**ฉ**
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญแผนภูมิ	ฒ
การออกแบบร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ณ
การออกแบบร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาษาอังกฤษ)	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตในการวิจัย	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 แนวความคิดที่เกี่ยวข้อง	20
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงเรียน	34
3.1 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้	34
3.2 การวิเคราะห์ปัญหาของการเรียนรู้ในห้องเรียนแบบเก่า	43
3.3 การวิเคราะห์แนวความคิดในการออกแบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่น	46
บทที่ 4 การออกแบบอาคารโรงเรียนและการเตรียมการทดลอง	49
4.1 การออกแบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่น	49
4.2 แบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้ระบบธรรมชาติ	83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การออกแบบอาคารทดลอง..... 99

4.4 การเตรียมการทดลอง..... 105

4.5 การกำหนดเงื่อนไขการทดลอง..... 111

บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 113

5.1 การทดลองที่ 1 การใช้งานอาคารในฤดูหนาว..... 113

การทดลองที่ 1.1 113

การทดลองที่ 1.2 118

5.2 การทดลองที่ 2 การใช้งานอาคารในฤดูร้อน..... 122

การทดลองที่ 2.1 122

การทดลองที่ 2.2 127

การทดลองที่ 2.3 132

การทดลองที่ 2.4 140

การทดลองที่ 2.5 147

การทดลองที่ 2.6 151

บทที่ 6 การสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 156

6.1 สรุปผลการทดลอง
..... 156

6.2 ข้อเสนอแนะ..... 159

รายการอ้างอิง..... 160

ภาคผนวก..... 163

ภาคผนวก ก..... 164

ภาคผนวก ข..... 189

ภาคผนวก ค..... 190

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 191

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2-1	แสดงค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และค่าการเปล่งรังสีความร้อน ของวัสดุสีขาวและโลหะมันวาว.....	11
ตารางที่ 3-1	แสดงการจำแนกกลุ่มตัวแปร.....	40
ตารางที่ 3-2	แสดงการวิเคราะห์ภูมิภาคของจังหวัดขอนแก่นปี 2538.....	41
ตารางที่ 4-1	แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบค่าความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น และค่าความจุความร้อนของวัสดุ 3 ชนิด.....	59
ตารางที่ 4-2	แสดงผลการทดลองศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ของวัสดุมวลสาร 4 ชนิด โดยใช้กล่องทดลอง.....	63
ตารางที่ 4-3	แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 แบบ ที่ใช้ร่วมกับบัลลาสต์ 3 ชนิด.....	75

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2-1	แสดงการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์.....	6
ภาพที่ 2-2	แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีดวงอาทิตย์.....	9
ภาพที่ 2-3	แสดงลักษณะของรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งกระทำต่อวัตถุ.....	10
ภาพที่ 2-4	แสดงคุณสมบัติของใบไม้ทางด้านการสะท้อนและดูดซับรังสีดวงอาทิตย์.....	21
ภาพที่ 2-5	แสดงลักษณะผลกระทบของเนินดินกับกระแสลม.....	22
ภาพที่ 2-6	แสดงลักษณะการตกกระทบวัสดุกระจกของรังสีดวงอาทิตย์.....	24
ภาพที่ 4-1	แสดงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารที่เหมาะสม ประกอบด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่ขนาดกลางและพืชคลุมดิน.....	50
ภาพที่ 4-2	แสดงลักษณะของแหล่งน้ำที่สามารถเป็นแหล่งความเย็นให้อาคารเรียนได้....	51
ภาพที่ 4-3	แสดงแนวทางการใช้เนินดินเพื่อบังคับทิศทางลมที่ไม่ต้องการให้พัดข้ามอาคาร.....	52
ภาพที่ 4-4	แสดงแนวทางการใช้เนินดิน กันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก.....	52
ภาพที่ 4-5	แสดงการจัดพื้นที่ภายในห้องเรียน (ก) ขนาดห้องละ 7.20x10.00 เมตร และพื้นที่ใช้สอยด้านหน้าห้อง (ข) กว้าง 3.50 เมตรตลอดแนวอาคารเรียน.....	53
ภาพที่ 4-6	**แสดงแบบร่างของรูปทรงของห้องเรียน รูปทรงพัดและรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า**..	54
ภาพที่ 4-7	แสดงผังการจัดที่นั่งของนักเรียน แบบแถวเรียง(ก) แบบสัมมนากลุ่มย่อย(ข) และแบบสัมมนากลุ่มใหญ่ (ค) ในห้องเรียนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	54
ภาพที่ 4-8	แสดงรูปแบบการจัดวางอาคารทีให้ผนังอาคารด้านที่สั้นของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร.....	56
ภาพที่ 4-9	แสดงทิศทางของกระแสลมธรรมชาติส่วนใหญ่ที่มีทิศทางในแนวเหนือ-ใต้ จากข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ.2538.....	56
ภาพที่ 4-10	แสดงการทดลองการระบายอากาศโดยกระแสลมธรรมชาติภายในห้องเรียนโดยใช้หุ่นจำลอง.....	57
ภาพที่ 4-11(ก)	แสดงตำแหน่งของพื้นและผนังส่วนที่ติดกับพื้นที่ออกแบบได้สามารถถ่ายเทความร้อนจากภายในห้องเรียนไปสู่พื้นดินได้.....	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-11(ข) แสดงแบบขยายการออกแบบผนังด้านข้างเพื่อประโยชน์จากผิวสัมผัสดิน..... 60
ภาพที่ 4-12(ก) แสดงภาพอิฐดินซีเมนต์ทั้งแบบก้อนเต็มและแบบครึ่งก้อน..... 64
ภาพที่ 4-12(ข) แสดงเครื่องอัดไฮดรอลิก ที่ใช้ผลิตอิฐดินซีเมนต์..... 64
ภาพที่ 4-13 แสดงตัวอย่างอาคารที่ก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์..... 64
ภาพที่ 4-14 แสดงลักษณะชั้นของผนังห้องเรียนที่ประกอบด้วยวัสดุฉนวน ช่องว่างอากาศ และวัสดุมวลสาร..... 66
ภาพที่ 4-15 แสดงการลอยตัวของอากาศร้อน (Stack effect) ในช่องว่างอากาศใต้หลังคา ระบายออกทางช่องเปิดใต้หลังคาส่วนสูงสุด..... 68
ภาพที่ 4-16 แสดงการนำเอาอากาศเย็นจากช่องว่างอากาศใต้หลังคาในเวลากลางคืน มาใช้ประโยชน์ภายในห้องเรียน..... 68
ภาพที่ 4-17 แสดงตำแหน่งในการติดตั้งฉนวนฝ้าเพดานที่ใช้แกลบบรรจุในถุงผ้า ความหนา 0.20 เมตร..... 69
ภาพที่ 4-18 แสดงตัวอย่างของแผ่นวัสดุมุงหลังคาแอสฟัลต์ชิงเกิล..... 70
ภาพที่ 4-19 แสดงการประยุกต์อาคารเรียนสองชั้นที่สามารถใช้ช่องแสงด้านข้าง **และช่องแสงด้านบนได้กับห้องเรียนทั้ง 2 ชั้น** 72
.....
ภาพที่ 4-20 แสดงผังการจัดหลอดฟลูออเรสเซนต์มาตราฐาน จำนวน 14 หลอด จัดตามขวางของห้องเรียน..... 74
ภาพที่ 4-21 แสดงผังการจัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง จำนวน 10 หลอด ตามยาวของห้อง..... 74
ภาพที่ 4-22 แสดงผังการจัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง จำนวน 10 หลอด ตามขวางของห้อง..... 75
ภาพที่ 4-23 แสดงการควบคุมการเปิด-ปิด หลอดไฟฟ้าแสงสว่างภายในห้องเรียน..... 76
ภาพที่ 4-24 แสดงรูปแบบการเอียงช่องแสงด้านข้าง 15 องศา เพื่อลดแสงจ้าในมุมมอง ของครู..... 77

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-25	แสดงรูปแบบการเอียงกระดาน เพื่อลดปัญหาแสงจ้าสะท้อนที่รบกวนมุมมองของนักเรียน……	78
ภาพที่ 4-26	แสดงลักษณะการใช้วัสดุดูดซับเสียงบางส่วนร่วมกับผนังปกติเพื่อลดเสียง echo……..	79
ภาพที่ 4-27	แสดงลักษณะการตกแต่งผนังภายในห้องเรียนให้เป็นแผงยื่นจากผนังเพื่อลดเสียง echo……	80
ภาพที่ 4-28	แสดงระบบการใช้น้ำระบายผ่านใต้ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารเรียน……..	82
ภาพที่ 4-29	แสดงแบบผังบริเวณโดยรอบของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น……...	84
ภาพที่ 4-30	แสดงแบบผังพื้นห้องเรียนชั้นล่างของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น……	85
ภาพที่ 4-31	แสดงแบบผังพื้นห้องเรียนชั้นบนของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น…….	86
ภาพที่ 4-32	แสดงแบบรูปตัดผ่านกลางห้องเรียนของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น……	87
ภาพที่ 4-33	แสดงแบบรูปตัดผ่านบริเวณริมห้องเรียน แสดงแนวท่อไหลเวียนอากาศแนวตั้ง……..	88
ภาพที่ 4-34	แสดงแบบรูปตัดตามยาวของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น……	89
ภาพที่ 4-35	**แสดงแบบผังพื้นและคานพื้นห้องชั้นล่างของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น**.....	90
ภาพที่ 4-36	**แสดงแบบผังพื้นและคานพื้นห้องชั้นบนของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น**.....	91
ภาพที่ 4-37	แสดงแบบผังโครงหลังคาของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น……	92
ภาพที่ 4-38	แสดงผังการติดตั้งหลอดไฟในห้องชั้นล่าง……..	93
ภาพที่ 4-39	แสดงผังการติดตั้งหลอดไฟในห้องชั้นบน……...	94
ภาพที่ 4-40	แสดงผังการติดตั้งพัดลมในห้องชั้นล่าง……..	95
ภาพที่ 4-41	แสดงผังการติดตั้งพัดลมในห้องชั้นบน……...	96
ภาพที่ 4-42	แสดงตำแหน่งการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในห้องชั้นล่าง……	97
ภาพที่ 4-43	แสดงตำแหน่งการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในห้องชั้นบน……..	98
ภาพที่ 4-44	แสดงแบบผังพื้นห้องชั้นล่างของอาคารทดลอง……..	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4-45	แสดงแบบผังพื้นห้องชั้นบนของอาคารทดลอง.....	101
ภาพที่ 4-46	แสดงแบบรูปตัดตามขวางผ่านแนวกลางห้องของอาคารทดลอง.....	102
ภาพที่ 4-47	แสดงแบบรูปตัดตามขวางผ่านประตูห้องของอาคารทดลอง.....	103
ภาพที่ 4-48	แสดงแบบรูปตัดโครงสร้างของอาคารทดลอง.....	104
ภาพที่ 4-49	แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ทดลอง.....	105
ภาพที่ 4-50	แสดงสภาพของสถานที่ทำการทดลองก่อนสร้างอาคารทดลอง.....	105
ภาพที่ 4-51	(ก)และ(ข) แสดงขั้นตอนการก่อสร้างพื้น ค.ส.ล.ชั้นล่างของอาคารทดลอง....	106
ภาพที่ 4-52	(ก)และ(ข) แสดงขั้นตอนการก่ออิฐดินซีเมนต์เป็นผนังห้องชั้นล่าง ของอาคารทดลอง.....	106
ภาพที่ 4-53	(ก) แสดงการก่ออิฐดินซีเมนต์เป็นเสาเพื่อรับน้ำหนักพื้นชั้นบน.....	107
	(ข) แสดงการก่ออิฐดินซีเมนต์เป็นผนังรับน้ำหนัก.....	107
ภาพที่ 4-54	(ก) แสดงขั้นตอนการเทคาน ค.ส.ล. รับน้ำหนักพื้นชั้นบน.....	107
	(ข) แสดงขั้นตอนการก่อสร้างพื้นห้องชั้นบน โดยใช้พื้นสำเร็จรูป แบบ Hollow Core Slab.....	107
ภาพที่ 4-55	**(ก)และ(ข) แสดงการก่ออิฐดินซีเมนต์เป็นผนังชั้นบนของอาคารทดลอง**.....	107
ภาพที่ 4-56	**(ก) แสดงขั้นตอนการก่อสร้างผนังส่วนที่เป็นฉนวน** โดยทำเป็นกล่องเพื่อใส่แกลบ.....	108
	(ข) แสดงการบรรจุแกลบลงไปในกล่องไม้อัด เพื่อทำหน้าที่เป็นผนังฉนวน....	108
ภาพที่ 4-57	(ก) แสดงการก่อสร้างโครงหลังคาด้านทิศเหนือของห้องชั้นล่าง.....	108
	(ข) แสดงการก่อสร้างโครงหลังคาของห้องชั้นบน.....	108
ภาพที่ 4-58	(ก) แสดงการบุแผ่นฟอยด์ใต้แผ่นไม้อัดเพื่อใช้มุงหลังคา.....	108
	(ข) แสดงการมุงแผ่นไม้อัดบนโครงหลังคา โดยให้ด้านที่มีแผ่นฟอยด์อยู่ด้านล่าง.....	108
ภาพที่ 4-59	(ก) แสดงการปูแผ่นยางกันซึมบนแผ่นไม้อัดก่อนมุงแผ่นหลังคา Asphalt Shingle.....	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4-59	(ข) แสดงการมุงแผ่นหลังคา Asphalt Shingle ทับลงบนแผ่นยางกันซึม.....	109
ภาพที่ 4-60	(ก)และ(ข) แสดงการติดตั้งฉนวนฝ้าเพดาน ใช้แกลบที่บรรจุใส่ในถุงผ้า.....	109
ภาพที่ 4-61	(ก)และ(ข) แสดงภาพอาคารทดลองที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ.....	109
ภาพที่ 4-62	แสดงภาพเครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภท Analog/Digital Converter ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องคอมพิวเตอร์.....	110
ภาพที่ 5-1	แสดงสภาพการเปิด-ปิด อาคารทดลองในการทดลองที่ 1.1.....	115
ภาพที่ 5-2	แสดงสภาพการเปิด-ปิด อาคารทดลองในการทดลองที่ 1.2.....	119
ภาพที่ 5-3	แสดงสภาพการเปิด-ปิด อาคารทดลองในการทดลองที่ 2.1.....	124
ภาพที่ 5-4	แสดงผังการติดตั้งหลอดไฟจำลอง Internal Heat Gain ภายใน อาคารทดลองในการทดลองที่ 2.2.....	127
ภาพที่ 5-5	แสดงสภาพการเปิด-ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.2.....	129
ภาพที่ 5-6	แสดงตำแหน่งของวัสดุปูพื้นที่มีการระเหยน้ำในการทดลองที่ 2.3.....	132
ภาพที่ 5-7	แสดงพื้นผิวของวัสดุปูพื้นที่มีการซึมน้ำตลอดเวลา เพื่อใช้ความเย็น **จากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ**.....	133
ภาพที่ 5-8	**แสดงการเปลี่ยนวัสดุมุงหลังคาอาคารทดลองเป็นหลังคาสังกะสี**.....	133
ภาพที่ 5-9	แสดงสภาพการเปิด-ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.3.....	135
ภาพที่ 5-10	แสดงสภาพการเปิด-ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.4.....	142
ภาพที่ 5-11	แสดงสภาพการเปิด-ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.5.....	148
ภาพที่ 5-12	แสดงการเตรียมผนังโดยเอาฉนวนผนังออกเพื่อใช้ประโยชน์จากผิวสัมผัสดิน..	152
ภาพที่ 5-13	แสดงการถมดินให้สัมผัสผนังของอาคารทดลองชั้นล่าง.....	152
ภาพที่ 5-14	แสดงสภาพการเปิด-ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.6.....	153

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุ และความหนาแน่นของวัสดุ..... 7

แผนภูมิที่ 5-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในการทดลองที่ 1.1..... 116

แผนภูมิที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในการทดลองที่ 1.2..... 120

แผนภูมิที่ 5-3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในการทดลองที่ 2.1..... 125

แผนภูมิที่ 5-4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในการทดลองที่ 2.2..... 130

แผนภูมิที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างกับอุณหภูมิ อากาศและอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้น ในการทดลองที่ 2.3..... 136

แผนภูมิที่ 5-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นบนกับอุณหภูมิ อากาศอุณหภูมิผิวหลังคา และอุณหภูมิอากาศในช่องว่างใต้หลังคา **ในการทดลองที่** 2.3..... 138

แผนภูมิที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างกับอุณหภูมิ อากาศและอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้น ในการทดลองที่ 2.4..... 143

แผนภูมิที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นบนกับอุณหภูมิ อากาศอุณหภูมิผิวหลังคา และอุณหภูมิอากาศในช่องว่างใต้หลังคา ในการทดลองที่ 2.4..... 145

แผนภูมิที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในการทดลองที่ 2.5..... 149

แผนภูมิที่ 5-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในการทดลองที่ 2.6..... 154

การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อการนำประโยน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิธัช พรหมสิริแสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน (ไพบูลย์ วังรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็นเพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อุรุพงศา, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนท์วิทยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

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

เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

- การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานขงกรอบอาคาร (สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, 2544)
- การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ (รุจิยา มุสิกะลักษณ์,2544)
- ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและรื้อถอน (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2544)
- แนวทางในการประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา (จันสอน สุลิวง, 2544)

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธโฆษ์, 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 DELELOPEMENT 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 ความเป็นมา

พลังงาน มีความเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาตั้งแต่มนุษย์เริ่มถือกำเนิดขึ้นบนโลก มีพัฒนาการด้านพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ การค้นหาแหล่งพลังงาน รวมทั้งการคิดค้นพลังงานรูปแบบใหม่ๆ มาเป็นลำดับขั้น จากเดิมที่มนุษย์ใช้พลังงาน(อาหาร)เพียงเพื่อการมีชีวิต จนกระทั่งปัจจุบันที่ใช้พลังงานเพื่ออำนวยความสะดวกทุกอย่างในชีวิตประจำวัน เป็นผลให้การดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันไม่สามารถจะขาดพลังงานได้เลย จากความสำคัญของพลังงานที่มีต่อมนุษย์ดังกล่าว จึงทำให้เกิดปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะปัญหาหลักๆ 2 ประการ คือ ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และปัญหาด้านผลกระทบจากการใช้พลังงาน

ปัญหาข้อแรกนั้นทำให้พลังงานต่างๆ มีราคาสูงขึ้น จากปริมาณพลังงานที่มีเหลืออยู่น้อยเมื่อเทียบกับความต้องการของมนุษย์ ปัญหานี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสังคมเมืองที่พึ่งพาพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (น้ำมัน ,ไฟฟ้า ,ก๊าซธรรมชาติ ฯ) เป็นสำคัญ การแก้ปัญหาก็คือ การคิดค้นหาแหล่งพลังงานใหม่ การหาพลังงานรูปแบบใหม่ และการใช้ประโยชน์จากพลังงานอย่างประหยัด เป็นต้น ส่วนปัญหาในเรื่องผลกระทบจากการใช้พลังงานนั้นค่อนข้างที่จะรุนแรง เพราะมีความเกี่ยวข้องกับทุกชีวิตอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งทางธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นได้เปลี่ยนแปลงไปในทางเลวร้ายไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ผลกระทบทางด้านสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ มีสาเหตุจากการใช้พลังงานของมนุษย์ที่ขาดประสิทธิภาพ ได้ส่งผลกระทบไปทั่วทุกพื้นที่ของโลกอย่างเห็นได้ชัดเจนในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นเหตุการณ์ สภาวะโลกร้อน (Global Warming) สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) หรือปรากฏการณ์ El Nino นอกจากนี้ก็ยังเกิดปรากฏการณ์เฉพาะของแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย

ประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบจากปัญหาด้านปัญหาพลังงานดังกล่าวเช่นกัน ทั้งในด้านราคาของพลังงานที่สูงขึ้น ความแปรปรวนและสภาพความรุนแรงของภูมิอากาศในฤดูกาลต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยเฉพาะปัญหาด้านความร้อนที่เป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการใช้พลังงานในอาคารที่มีอัตราสูงขึ้นเรื่อยๆ ในเมืองขนาดใหญ่ รวมทั้งปัญหาด้านมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษ โดยในส่วนของสังคมเมืองซึ่งจำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานเป็นหลัก ได้มีการรณรงค์ให้มีการลดการใช้พลังงาน การใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านพลังงานของประเทศ แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น ทำให้มี

การใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อปรับสภาพแวดล้อมในอาคารให้เหมาะสมและสะดวกสบายในการดำรงชีวิต จากข้อมูลการใช้พลังงานรวมของประเทศไทยได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง มีอัตราการเพิ่มมากกว่าร้อยละ 10 ต่อปี ในขณะที่การขยายตัวทางด้านการผลิตมีอัตราการเพิ่มที่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ต่อปี ความแตกต่างนี้แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานที่ยังขาดประสิทธิภาพในภาคการผลิตของประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542 : 2) และหากพิจารณาถึงการใช้พลังงานหลักของประเทศ จะเห็นได้ว่าสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของประเทศไทยในปี 2537 เป็น 58,550,489,980 kWh เพิ่มขึ้นเป็น 78,990,679,815 kWh ในปี 2541 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2542 : 46) ยิ่งเป็นการเน้นย้ำถึงการใช้พลังงานที่ขาดประสิทธิภาพ ขาดการวางแผน ขาดระบบการจัดการที่ถูกต้องของประเทศไทย ในส่วนของอีกสังคมหนึ่งคือ สังคมในชนบทซึ่งมีการพึ่งพาธรรมชาติเป็นพลังงานหลักในการดำรงชีวิตนั้น ได้รับผลกระทบที่ค่อนข้างรุนแรง เนื่องจากรูปแบบของอาคารที่พักอาศัยและอาคารใช้งานต่างๆ มีรูปแบบที่มุ่งใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่ดีเป็นหลัก ทำให้ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศที่มีความรุนแรงในปัจจุบัน แม้ว่าจะมีการคิดค้น พัฒนา ด้านต่างๆ เกี่ยวกับพลังงานกันอย่างแพร่หลาย ทั้งพลังงานรูปแบบใหม่ เทคนิคการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งแนวทางการออกแบบอาคารที่ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ แต่ก็เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ เพื่อตอบสนองการใช้พลังงานสำหรับสังคมเมืองเป็นหลัก โดยไม่ให้ความสำคัญปัญหาที่จะกระทบกับสังคมชนบทเท่าที่ควร และไม่ได้คำนึงถึงผลของปัญหาในระยะยาวที่จะเกิดขึ้นกับสังคมทั้งสองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เลย

การแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นที่มีประสิทธิภาพ ก็คือ การแก้ปัญหาที่สาเหตุ การทำให้อาคารมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย โดยการพยายามใช้พลังงานสิ้นเปลืองให้น้อยที่สุด และเผยแพร่แนวทางดังกล่าวให้มีการปฏิบัติกันอย่างกว้างขวาง ดังนั้นอาคารที่เหมาะสมจะเป็นแนวทางเริ่มต้นมากที่สุด คือ โรงเรียน ซึ่งเป็นรากฐานของการศึกษา การพัฒนาเยาวชนของชาติ เหมาะสมกับการเป็นตัวอย่างที่ถูกต้องให้กับอาคารประเภทอื่นๆ ได้ใช้เป็นแนวทางต่อไป การออกแบบโรงเรียนโดยการพึ่งพาระบบธรรมชาตินี้ เป็นการนำเอาทฤษฎี เทคนิค และแนวความคิดต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยใช้ปัจจัยที่สามารถหาได้จากธรรมชาติ ปัจจัยที่มีอยู่ในท้องถิ่น หรือมีการผลิตในท้องถิ่นใกล้เคียงมาผสมผสานให้เกิดรูปแบบของอาคารที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้ใกล้เคียงกับภาวะน่าสบายให้มากที่สุด เหมาะสมต่อการเรียนรู้ เพื่อให้การเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเหตุที่เลือกเอาโรงเรียนท้องถิ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นตัวอย่างในการดำเนินการวิจัย ก็เนื่องมาจาก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภูมิภาคที่มีประชากรมากที่สุด แต่ทว่ามีการพัฒนาด้านต่างๆ ที่ล่าช้ากว่าภูมิภาคอื่น และยังเป็นภูมิภาคที่ได้รับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงมากที่สุดอีกด้วย และจากการที่โรงเรียนท้องถิ่นเป็นศูนย์กลางของการศึกษาของชุมชนชนบท ก็จะส่ง

ผลดีในด้านการเผยแพร่ความรู้ด้านพลังงานที่ถูกต้องสู่ชุมชน และก่อให้เกิดรูปแบบการใช้พลังงานที่เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อให้เป็นรูปแบบอาคารเรียนที่สามารถป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีความรุนแรงได้
2. เพื่อให้เป็นรูปแบบอาคารเรียนที่มีอุณหภูมิภายในใกล้เคียงภาวะน่าสบายมากที่สุด
3. เพื่อเป็นแนวทางของการออกแบบที่จะใช้ประโยชน์จากธรรมชาติสำหรับอาคารประเภทอื่นๆ
4. เพื่อลดการใช้พลังงานในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

1.3 ขอบเขตในการวิจัย

การศึกษาวิจัยการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่น โดยใช้วิธีการธรรมชาติ เป็นการศึกษาวิจัยร่วมกันเป็นกลุ่มของผู้วิจัยหลายคน มุ่งการศึกษาวิจัยถึงการใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติกับอาคารโรงเรียน โดยมีการศึกษาวิจัยในด้านปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ภายในห้องเรียน ทั้งด้านภาวะน่าสบาย ด้านวัสดุอาคาร(พื้น ผนัง และหลังคา) ด้านแสงสว่าง(แสงธรรมชาติ และแสงประดิษฐ์) ด้านคุณภาพเสียง ด้านการมองเห็น และด้านพลังงาน(พลังงานในการใช้อาคาร และพลังงานแฝงในการก่อสร้าง) การศึกษาวิจัยการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่น โดยใช้วิธีการธรรมชาตินี้ เป็นการนำเอาผลของการศึกษาในแต่ละเรื่องที่เกี่ยวข้องดังกล่าวมาวิเคราะห์ ผสมผสาน และสรุปเป็นแบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่น จากการศึกษาวิจัยร่วมกันทำให้ได้มีการประเมินผลของปัจจัยด้านต่างๆ ไว้แล้ว (ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่องต่างๆ ได้ตามรายชื่องานวิจัยที่แนบไว้ในภาคผนวก) ดังนั้นในการวิจัยเรื่องการออกแบบนี้จึงจะทำการประเมินเฉพาะด้านสภาวะน่าสบายด้านอุณหภูมิ (Thermal Comfort) ของอาคารที่ได้ออกแบบไว้เท่านั้น และจะใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิภายในอาคาร เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ ทำให้สามารถก่อสร้างอาคารทดลองได้เพียงหน่วยเดียวเท่านั้น ไม่สามารถใช้การเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอาคารทดลอง 2 หน่วยได้

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษา วิจัยนี้เป็นการพยายามศึกษา ค้นคว้า หารูปแบบของอาคารเรียน โดยที่เกิดจากการผสมผสานทฤษฎี แนวความคิด และเทคนิคต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติ เพื่อให้ได้รูปแบบของอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่มีภาวะเหมาะสมต่อการเรียนรู้ ใช้พลังงานสิ้นเปลืองให้น้อยที่สุด ใช้กระบวนการการออกแบบอาคารเป็นแนวทาง ใช้การสร้างอาคารจำลองเพื่อการประเมินผลของการ

ออกแบบ โดยการวัดผลของอาคารในสภาพแวดล้อมของภูมิอากาศจริง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวแบ่งได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและกำหนดรายละเอียดเพื่อการออกแบบ

(ขั้นตอนการกำหนดประเด็นหรือปัญหาของการวิจัย)

ดำเนินการศึกษาสภาพภูมิอากาศ อิทธิพลตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลกายภาพของโรงเรียน ปัญหาต่างๆ เอกสาร บทความ ทฤษฎี และแนวความคิดต่างๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบโดยวิธีการธรรมชาติ และทำการกำหนดรายละเอียดและความต้องการของอาคารโรงเรียน

2. การออกแบบอาคารโรงเรียน

(ขั้นตอนการกำหนดวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย)

เป็นขั้นตอนของการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการแปรเป็นแบบของอาคารโรงเรียนที่คาดว่ามีภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ ซึ่งมีการศึกษาร่วมกับผู้อื่นที่ในปัจจัยเฉพาะด้าน จากนั้นจึงทำการออกแบบอาคารทดลองที่ย่อส่วน เพื่อให้เหมาะสมกับข้อจำกัดด้านงบประมาณ และเวลา

3. การดำเนินการก่อสร้างอาคารจำลองและเตรียมเครื่องมือ

(ขั้นตอนการกำหนดแบบแผนการวิจัยและการสร้างเครื่องมือ)

เป็นขั้นตอนของการนำแบบของอาคารทดลองที่ได้จากการออกแบบ มาทำการก่อสร้างในสภาพแวดล้อมของภูมิอากาศจริง ใช้วัสดุตามแบบอาคารจริง และเตรียมเครื่องมือวัดค่าต่างๆ ที่จะใช้ในการทดลองประเมินผลของอาคาร

4. การทดลองการใช้อาคารเพื่อประเมินผลอาคาร

(ขั้นตอนการดำเนินงานทดสอบสมมติฐาน)

เป็นขั้นตอนของการจำลองการใช้งานอาคารในสภาพแวดล้อมของภูมิอากาศจริง หลายๆ กรณีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นแล้วทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อย่างไร เพื่อทำการแก้ไขและทดลองเพิ่มเติมให้ได้ผลที่ดีขึ้น ใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยมากที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนในท้องถิ่นชนบทมีคุณภาพในการเรียนรู้ที่ดีขึ้น
2. ช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานในการปรับสภาพอาคาร
3. เป็นแนวทางการศึกษา สนับสนุน และส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน

บทที่ 2

ทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรังสีดวงอาทิตย์

<u>การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์</u> (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541:34)

ดวงอาทิตย์แผ่รังสีความร้อนและแสงสว่างให้กับโลกซึ่งรังสีความร้อนที่ผ่านเข้ามาถึงผิวโลกประมาณ 420 Btu/ft^2/hr หรือเท่ากับ 1.94 Cal/cm^2/min ทั้งนี้โลกได้รับรังสีความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะเป็นมาก เนื่องจากมีบรรยากาศของโลกกรองเอาไว้ ส่วนหนึ่งของรังสีถูกดูดซึมไว้ในบรรยากาศ บางส่วนแผ่กระจายออกเพราะกระทบกับโมเลกุลของบรรยากาศ และแผ่กลับให้โลกในสภาพของรังสีแผ่กระจาย ส่วนหนึ่งของรังสี พื้นดินได้รับและอมความร้อนไว้ และคายให้กับอากาศชิดผิว และสิ่งที่อยู่ใกล้เคียงทำให้อุณหภูมิของอากาศและสิ่งใกล้เคียงมีอุณหภูมิสูงขึ้น พื้นผิวโลกมีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากเท่าใด รังสีความร้อนที่ได้รับก็เพิ่มขึ้นตามความสูง เนื่องจากมีการกรองจากบรรยากาศน้อยลง

<u>การถ่ายเทรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์</u>

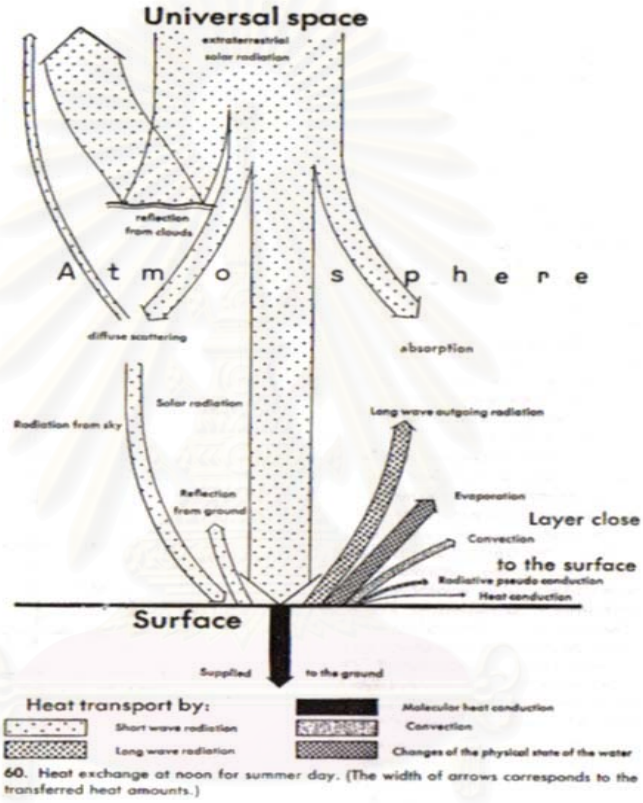
การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่ออาคาร มีอยู่หลายลักษณะ ตามชนิดของต้นกำเนิดและลักษณะการถ่ายเท (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 35) คือ

1. คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์
2. รังสีคลื่นสั้นแผ่กระจาย
3. คลื่นรังสีสะท้อนจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่ร้อน
4. คลื่นรังสียาวที่อาคารแผ่กลับให้บรรยากาศ

คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจายรวมกัน เรียกว่าคลื่นรังสีรวม หรือการแผ่รังสีรวม (Total Radiation) ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเรื่อง ความร้อนของด้านต่างๆของอาคาร SOL-AIR และการควบคุมอุณหภูมิของอาคารเป็นต้น

ส่วนการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง โดยปกติพื้นที่แนวนอนจะได้รับรังสีเป็น 2 เท่าของทางแนวตั้ง ในช่วงเวลาที่เกิดความร้อนวิกฤติ (Overheat Period) เช่นจาก 14.00 น. ถึง 16.00 น. ฉะนั้นอาคารข้างเคียง ส่วนของอาคาร หรือแนวพื้นระดับนอน จะสะท้อนความร้อนจำนวนมหาศาลเข้ามาในอาคารโดยง่าย

ดังนั้นพื้นผิวในแนวนอนจึงเป็นแหล่งสะท้อนความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวที่ได้รับรังสีและความสามารถในการสะท้อนรังสีของสภาพแวดล้อมเหล่านั้น ในการออกแบบอาคารที่ต้องการลดปริมาณความร้อนที่จะสะท้อนเข้าสู่อาคารจึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีต่ำทำพื้นผิวบริเวณรอบอาคาร(นิสรา อารุณี, 2538: 10)



ภาพที่ 2-1 แสดงการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์

2.1.2. **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของความร้อนที่มีต่อวัสดุ**

1. **การนำความร้อน** (Conduction) คือการที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านวัสดุซึ่งคุณสมบัติในการนำความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับ ลักษณะของเนื้อวัสดุ (Conductivity) ความชื้นในเนื้อวัสดุ (Moisture Absorption) ความแน่นของเนื้อวัสดุ (Density) ปริมาณของโพรงอากาศในเนื้อวัสดุ การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทพลังงานงานความร้อนจากแหล่งที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าระหว่างโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงกัน หรือสสารที่สัมผัสกัน โดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลเมื่อโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเกิดการสั่นสะเทือน และถ่ายเทพลังงานไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

โดยตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเกิดขึ้นทุกทิศทุกทางไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก และจะเกิดขึ้นจนกว่าทุกจุดจะมีอุณหภูมิเท่ากัน

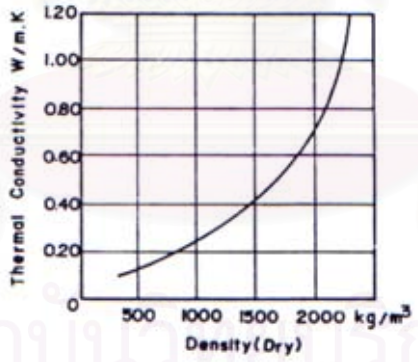
การนำความร้อนจะแปรผันตามความหนาแน่นของวัสดุ (Fuller Moore,1993 : 8) วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีค่าการนำความร้อนสูงตามไปด้วย คือ เป็นวัสดุที่นำความร้อนดีด้วย เช่น คอนกรีต อิฐหินที่มีการนำความร้อนสูง แต่ยังต่ำกว่าวัสดุจำพวกโลหะ วัสดุเช่นไม้ วัสดุที่มีรูพรุน (Porous Material) อากาศ จะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ

ค่าการนำความร้อนของวัสดุ = K * D (Btu/hr.ft^2)

K = ค่า Thermal Conductivity (Btu/hr.lb.$^{\circ}$F)

D = ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (lb./$^{\circ}$F)

ค่าการคายความร้อนของวัสดุ จะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนและความหนาแน่นของวัสดุ วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจะส่งผ่านความร้อนออกมาได้น้อยและช้ากว่าวัสดุที่มีการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ การส่งผ่านความร้อนออกมายังภายนอกก็จะมีปริมาณมากและรวดเร็ว



แผนภูมิที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุและความหนาแน่นของวัสดุ

ที่มา : (Bansal K. N., Hauser G. and Minke G., 1994 : 38)

2. **การพาความร้อน** (Convection) คือ การที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านตัวการกลาง เช่น อากาศ น้ำ ซึ่งจะเป็นตัวกลางทำหน้าที่พาเอาความร้อนมากระทบที่ผิวของวัสดุ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น ข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อน คือชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ ในกระบวนการนำความร้อนโมเลกุล ไม่มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆโดยการสั่นสะเทือนหรือชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆ

โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural Convection) ได้แก่การไหลเวียนของอากาศภายในห้อง เมื่ออากาศได้รับความร้อนโมเลกุลของมันจะเกิดการเคลื่อนที่ห่างออกจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นบนเสมอ อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศระหว่างภายในกับภายนอกเป็นดังนี้ (Btu/hr)

$$q \text{ conv.} = \text{CFM } (60) \text{ pc } (T_O - T_I)$$

CFM = อัตราการไหลของอากาศ (ft^3 / min)
60 = จำนวนนาทีใน 1 ชั่วโมง
p = ความหนาแน่นของอากาศ (lb / ft^3)
c = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Btu / (lb) F)
T_O = อุณหภูมิของอากาศภายนอก (F)
T_I = อุณหภูมิของอากาศภายใน (F)

3. **การแผ่รังสีความร้อน** (Radiation) คือการที่ความร้อนจากแหล่งกำเนิดเช่น ดวงอาทิตย์ แผ่คลื่นความร้อนออกมากระทบผิวของวัสดุ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด การแผ่รังสีความร้อน คือการถ่ายเทรังสีความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลาง รังสีความร้อนสามารถถูกสกัดกั้นโดยการใช้วัสดุที่มีผิวมันเงา วัสดุต่างชนิดกันจะมีค่าการดูดซับและการสะท้อนรังสีแตกต่างกัน เมื่อวัสดุหนึ่งมีค่าการดูดซับมากจะมีค่าการสะท้อนรังสีต่ำ รังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์ แบ่งเป็น 5 ชนิด สามารถแยกประเภทของรังสีออกเป็น 2 ประเภท (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 133) คือ

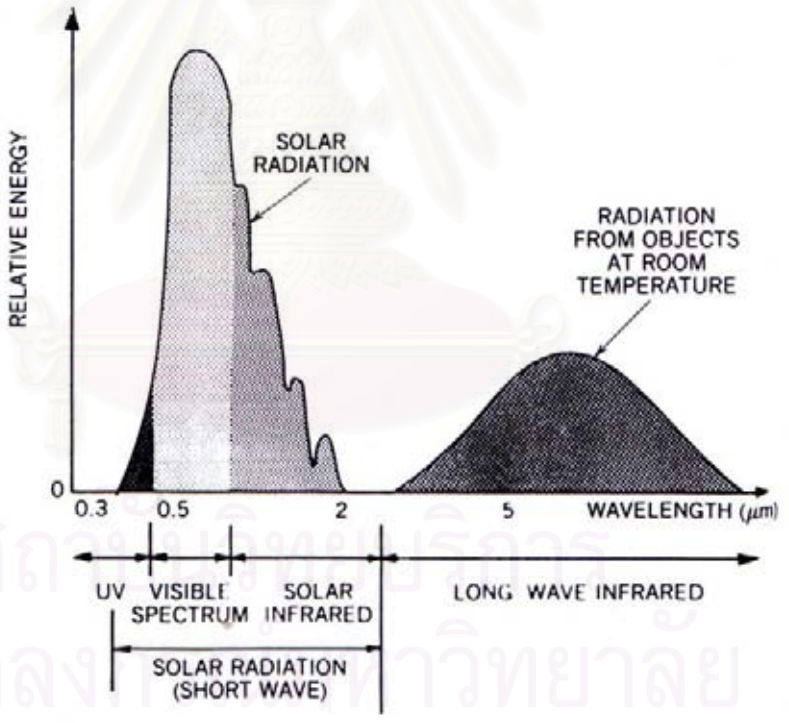
1) <u>รังสีคลื่นสั้น</u> (short wave) คือรังสีความร้อนที่อยู่ในแสงสว่าง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ รังสีชนิดนี้มีคุณสมบัติคือ เป็นรังสีที่สามารถมองเห็นได้เฉพาะบางช่วงของความยาวคลื่น(Wave Length) คือ 380-780 นาโนเมตร มีอุณหภูมิสูง สามารถทะลุผ่านการะจก และสามารถสะท้อนได้ดีสำหรับวัสดุที่มีผิวมันและสีอ่อน ส่วนวัสดุสีดำสามารถดูดซับรังสีประเภทนี้ได้ดี รังสีคลื่นสั้นสามารถแยกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1.1) รังสีอุลตร้าไวโอเล็ต (Ultra Violet) หรือรังสี UV

1.2) รังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light) ความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380-780 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นช่วงที่ตามองเห็นสิ่งต่างๆได้

1.3) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Shot Wave Infrared) มีคลื่นความยาวอยู่ระหว่าง 780-3000 นาโนเมตร

2) <u>รังสีคลื่นยาว</u> (Long Wave) คือรังวีที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีคลื่นสั้นกระทบกับวัสดุทึบแสง หรือส่งผ่านวัสดุไป รังสีคลื่นสั้นจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 3000 นาโนเมตรขึ้นไป เป็นผลทำให้วัสดุนั้นๆมีอุณหภูมิสูงขึ้นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น จะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (Conductivity) รังสีนี้มีคุณสมบัติคือ เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็น แต่สามารถสะท้อนได้ดีกับวัสดุที่มีผิวมัน

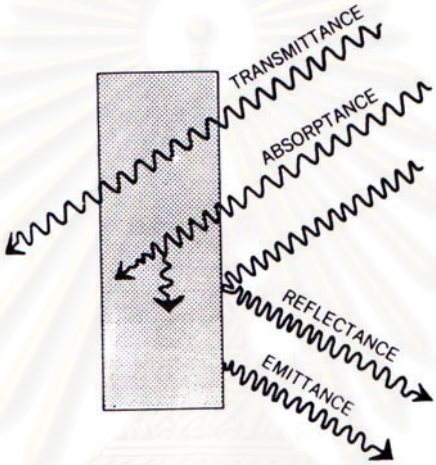


ภาพที่ 2-2 แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีดวงอาทิตย์

โดยปกติวัสดุจะมีคุณสมบัติด้านการกระทำความร้อน ดังนี้ (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541:134)

1. ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อน α (Absorbtivity) คือคุณสมบัติผิวและเนื้อของวัสดุที่กักเก็บความร้อนไว้

2. ความสามารถในการสะท้องรังสีความร้อน ρ (Reffectivity) คือคุณสมบัติที่ผิวของวัสดุที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนกลับออกไปได้เมื่อรังสีมากระทบกับวัสดุ
3. ความสามารถในการแผ่รังสีความร้อน ε (Emissivity) คือคุณสมบัติที่วัสดุสามารถกักเก็บความร้อนไว้แล้วแผ่รังสีกลับออกมากระทบกับวัสดุ หรือเรียกว่า Re-Radiation
4. ความสามารถในการส่งผ่านรังสีความร้อน τ (Transitivity) คือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถถ่ายเทความร้อนผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้



ภาพที่ 2-3 แสดงลักษณะของรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งกระทำต่อวัสดุ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนรังสี ค่าการดูดซับรังสี และค่าการส่งผ่านรังสี ดังนี้

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

ρ = การสะท้อนรังสีจากพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)

α = การดูดซับรังสีโดยพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)

τ = การส่งผ่านรังสีผ่านวัสดุ (ไม่มีหน่วย)

4. **อิทธิพลของมวลสารต่อการสะสมความร้อน**

นอกจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์จะมีผลโดยตรงต่อการสะสมความร้อนให้แก่อาคารแล้วมวลสาร (Thermal Mass) ของวัสดุถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้วัสดุนั้นเกิดการสะสมความร้อนและหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนของวัสดุได้มากน้อยต่างกัน ในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนจึงทำได้ยาก ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากอิทธิพลต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารจริง ซึ่งมาจากหลายองค์ประกอบด้วยกัน ดังนี้ (สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, 2537 : 7-10)

1. การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวอาคารกับสภาพแวดล้อม(Long Wave Radiation Heat Exchange) เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวอาคารกับผิววัสดุอื่นๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น โดยเฉพาะในรูปของการแผ่รังสี
2. การถ่ายเทความร้อนของผนังให้กับอาคารโดยตรง โดยการพาความร้อน (Surface Condition) การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของลมที่พัดผ่าน และลักษณะของพื้นที่ผิว (Surface Condition) จะมีอิทธิพลน้อยมากในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ และอิทธิพลนี้ก็จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง
3. ความสามารถในการดูดกลืนและกระจายความร้อน (Surface Absorption และ Surface Emission) โดยปกติแล้ว สีผิววัสดุตามธรรมชาติ ค่า Surface Emission จะค่อนข้างสูง คือประมาณ 0.8-0.9 เป็นส่วนใหญ่ นอกเสียจากว่าเป็นสีเคลือบพิเศษ (Selective Coating) อาจจะมีค่าการดูดกลืนความร้อน (Surface Absorption) ต่ำ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะทำให้ผิววัสดุเย็นกว่าปกติ ค่าการดูดกลืนความร้อนจะแปรตามความเข้มของสีผิว คือสีเข้มมากก็จะดูดกลืนความร้อนสูง

	Absorptivity(solar)	Emissivity(Terrestrial)
White Painted Surface	0.1-0.3	0.8-0.9
Bright Materials	0.1-0.3	0.05-0.2

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และค่าการเปล่งรังสีความร้อนของวัสดุสีขาวและโลหะมันวาว

จากตารางแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ผิวทั้งสองมีค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์เท่ากันแต่พื้นที่ผิวที่ทาสีขาวจะมีค่าการเปล่งรังสีความร้อนมากกว่า ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าโลหะมันวาวเหมาะที่จะใช้เป็นฉนวนกันความร้อนจากการแผ่รังสี เนื่องจากการสะท้อนรังสีส่วนใหญ่ที่ตกกระทบ ถึงแม้จะมีบางส่วนที่ถูกดูดกลืนไว้แต่จะเปล่งรังสีความร้อนออกมาในปริมาณน้อย

ค่าการดูดกลืนรังสีของดวงอาทิตย์จะลดลงและค่าการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อวัสดุมีสีอ่อนลง แต่ทั้งนี้สีของวัสดุไม่อาจจะแสดงพฤติกรรมการดูดกลืนและการสะท้อนรังสีความร้อนซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวได้ เช่น วัสดุที่มีสีดำมีค่าการดุดกลืนรังสีดวงอาทิตย์สูงมาก ในขณะที่สีขาวมีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ต่ำ แต่วัสดุทั้งสองสีนี้มีค่าการเปล่งรังสีความร้อน ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวใกล้เคียงกัน พบว่าเมื่อวัสดุสีดำได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์จะร้อนมากกว่าวัสดุสีขาว แต่แล้วจะเย็นลงเท่ากันในตอนกลางคืนโดยการแผ่รังสีความร้อนผ่านท้องฟ้า

2.1.3. **คุณสมบัติด้านความร้อนของวัสดุ**

<u>อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม</u> (Thermal Conductance : C) คือ การคำนวณค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ในอัตราส่วนของพลังงานความร้อนในเวลา 1 ชั่วโมง ในพื้นที่ 1 ตารางฟุต ถ่ายเทผ่านวัสดุชนิดหนึ่งตามความหนาที่กำหนดมา เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 ^{o}F หน่วยเป็น Btu/h ft^{2} ^{o}F (Stein, B. and Reynold, J.S., 1992 : 131) บีทียู คือ หน่วยวัดพลังงานความร้อน โดยกำหนดให้พลังงานความร้อน 1 บีทียู หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ ร้อนขึ้น 1 องศาฟาเรนต์ไฮต์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

<u>ค่าการนำความร้อน</u> (Thermal Conductivity : K) คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน ผ่านวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นหนึ่งในหน่วยเวลาหนึ่ง ในที่นี้คือจำนวนบีทียูต่อชั่วโมงที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่ 1 ตารางฟุต หนาแน่นหนึ่งนิ้ว เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนต์ไฮต์

<u>ค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance : R)</u> หมายถึง ค่าการแสดงประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านของวัสดุ เป็นค่าส่วนกลับของค่า C หมายถึง จำนวนเวลาเป็นชั่วโมงสำหรับความร้อน ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่งๆ ในพื้นที่ผิว 1 ตารางฟุต เมื่อมีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็น F.Sq.ft.h/Btu

<u>ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Time Lag)</u> หมายถึง ระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากด้านที่ร้อนกว่าไปยังด้านที่เย็นกว่าของผนังหรือหลังคาอาคาร กระบวนการเคลื่อนที่ของความร้อนดังกล่าวอาจเกิดขึ้นล่าช้าออกไปอันเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของมวลสารและความจุความร้อนของผนัง (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 219)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient หรือ U - Value)

หมายถึง ปริมาการถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการพา ต่อหนึ่งองศาความแตกต่างระหว่างด้านที่ร้อนกว่าไปยังผิวด้านที่เย็นกว่า ในระบบ SI หน่วยของค่า U เป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาเคลวิน (W/Sq.m.K) ในขณะที่ในระบบ I-P มีหน่วยเป็นบีทียูต่อตารางฟุตต่อชั่วโมงต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์ (Btu/Sq.ft.h.F) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 222)

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนเข้า – ออก จากอาคาร โดยทั่วไปมี 2 สมการคือ

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = U * A * CLTD$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร มีหน่วยเป็น Btu/h

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง มีหน่วยเป็น Btu/h.sq.ft.F

A = พื้นที่ผิวขอผนังที่ถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น sq.ft.

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายใน มีหน่วยเป็น ^{o}F

CLTD = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า หรือ Cooling Load Temperature Difference มีหน่วยเป็น ^{o}F

ΔT ใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง

CLTD ใช้ในกรณีที่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของผนัง

ค่าความจุความร้อน (Thermal Heat Capacity)

หมายถึง ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของสสาร ถ้าสสาร 2 ชนิดที่มีความจุความร้อนต่างกันแล้วจะพบว่า สสารที่มีความจุความร้อนมาก เมื่อได้รับความร้อนก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นช้ากว่าสสารที่มีความจุความร้อนน้อย ในอาคารมีสสารที่จัดว่ามีความจุความร้อนมากหลายชนิด เช่น คอนกรีต หิน อิฐ เป็นต้น ส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึงเรื่องของมวลสาร (Mass) จะพบว่าวัสดุที่มีมวลสารมาก ก็จะมีความจุความร้อนมากด้วย ดังนั้นบ่อยครั้งจึงมักใช้คำว่า มวลสาร แทนความหมายของคำว่าความจุความร้อน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 220)

Sol-Air Temperature คืออุณหภูมิอากาศภายนอกที่อยู่ติดกับผิววัสดุเมื่อไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อน ที่มีผลทำให้เกิดการเทความร้อน โดยจำลองขึ้นมาให้มีค่า

เทียบเท่ากับสภาวะที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้าที่มีผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อน สมการที่ใช้ในการคำนวณค่า Sol-Air Temperature คือ (Ashrae, 1989 : 26,4)

$$\text{Sol-Air Temperature } (t_e) = T_o + \left(\frac{I \times \alpha}{n_o}\right) - \frac{\Sigma \Delta R}{n_o}$$

เมื่อ t_e = Sol-Air Temperature

t_o = อุณหภูมิอากาศภายนอก

α = สัมประสิทธิ์การดูดความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)

I = รังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด(Total Solar Radiation Incident on the Surface) มีหน่วยเป็น Btu/h*ft^2

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวซึ่งรวมทั้ง Long Wave Radiation และ Convection มีหน่วยเป็น Btu/h*ft^2*°F

ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า มีหน่วยเป็น Btu/h*ft^2

ε = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว(ไม่มีหน่วย)

คุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

หมายถึง อัตราส่วนของพลังงานความร้อนในเวลา 1 ชั่วโมง ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีความหนามาตรฐานในพื้นที่ผิว 1 ตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์

<u>ค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance : R)</u>

หมายถึง ค่าการแสดงประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านของวัสดุ เป็นค่าส่วนกลับของค่า C หมายถึง จำนวนเวลาเป็นชั่วโมงสำหรับความร้อน ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่งๆ ในพื้นที่ผิว 1 ตารางฟุต เมื่อมีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็น F.Sq.ft.h/Btu

<u>ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Time Lag)</u>

หมายถึง ระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากด้านที่ร้อนกว่าไปยังด้านที่เย็นกว่าของผนังหรือ

หลังคาอาคาร กระบวนการเคลื่อนที่ของความร้อนดังกล่าวอาจเกิดขึ้นล่าช้าออกไปอันเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของมวลสารและความจุความร้อนของผนัง (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 219)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient หรือ U - Value)

หมายถึง ปริมาการถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการพา ต่อหนึ่งองศาความแตกต่างระหว่างด้านที่ร้อนกว่าไปยังผิวด้านที่เย็นกว่า ในระบบ SI หน่วยของค่า U เป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาเคลวิน (W/Sq.m.K) ในขณะที่ในระบบ I-P มีหน่วยเป็นบีทียูต่อตารางฟุตต่อชั่วโมงต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์ (Btu/Sq.ft.h.F) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 222)

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนเข้า – ออก จากอาคาร โดยทั่วไปมี 2 สมการคือ

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = U * A * CLTD$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร มีหน่วยเป็น Btu/h

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง มีหน่วยเป็น Btu/h.sq.ft.F

A = พื้นที่ผิวขอผนังที่ถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น sq.ft.

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายใน มีหน่วยเป็น ^{o}F

CLTD = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า หรือ Cooling Load Temperature Difference มีหน่วยเป็น ^{o}F

ΔT ใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง

CLTD ใช้ในกรณีที่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของผนัง

คุณสมบัติของวัสดุฉนวนและมวลสาร

วัสดุที่เป็นฉนวน ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มักจะมีน้ำหนักเบาและมีมวลสารน้อย (Low Mass Material) มีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้น้อย แต่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน การถ่ายเทความร้อนเป็นไปในอัตราที่ช้า ในทางตรงกันข้าม วัสดุที่มีมวลสารมาก (Thermal Mass Material) จะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนไว้ได้มากกว่า เมื่อปริมาณความ

ร้อนที่กักเก็บไว้มีมากขึ้น ก็จะส่งผ่านเนื้อวัสดุไปเรื่อยๆ ความร้อนที่สะสมไว้จะค่อยๆ เคลื่อนตัวผ่านเข้าสู่อาคารในเวลาถัดไป

MEAN RADIANT TEMPERATURE (MRT)

อุณหภูมิของพื้นผิวสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิร่างกาย โดยที่ปัจจัยส่วนหนึ่งที่ประกอบขึ้นเป็นภาวะน่าสบายของมนุษย์ คือ การแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อม การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมนี้ จะคิดเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ของการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆ ในสภาวะแวดล้อม

สูตรการคำนวณ MRT

$$MRT = \sum T\theta / 360 = (T_1\theta_1 + T_2\theta_2 + \ldots\ldots + T_n\theta_n) / 360$$

เมื่อ T = อุณหภูมิผิวของวัสดุ (Surface Temperature)

θ = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด (Surface exposure angle relative to occupant in degrees)

2.1.4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความชื้น

ความชื้น (Humidity) คือ ละอองไอน้ำในอากาศซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539:159)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำสูงสุดในอากาศต่อมวลของไอน้ำทั้งหมดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังนั้นการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง อากาศขณะนั้นไม่มีไอน้ำอยู่เลย ณ อุณหภูมินั้นๆ หรือการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% แสดงว่าอากาศขณะนั้นอิ่มตัว กล่าวคือไม่สามารถรับไอน้ำมาเก็บไว้ในอากาศได้อีก โดยที่ปริมาณความชื้นในอากาศมีผลต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

คุณสมบัติของความชื้น

อากาศประกอบด้วยก๊าซหลายชนิดรวมถึงน้ำในสถานะของไอน้ำแทรกอยู่ในอากาศในสภาวะที่มากน้อยต่างกันปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศเรียกว่าความชื้น ความชื้นในอากาศเกิดได้จากสาเหตุต่างๆ เช่น การคายน้ำของต้นไม้การระเหยน้ำจากแหล่งน้ำ การระเหยน้ำจากดินผ่านทางเดินหรือ วัสดุปูพื้นที่มีรูพรุนที่ความชื้นระเหยผ่านขึ้นมา ความชื้นในอากาศในปริมาณที่พอเหมาะจะมีผลทำให้เกิดภาวะน่าสบาย เนื่องจากเกิดการสูญเสียความร้อนความร้อนผิวกายของคนกับโมเลกุลของน้ำ ซึ่งลอยตัวอยู่ใน

อากาศ ไอน้ำในอากาศ เกิดการกลั่นตัวในระดับต่างๆกัน เช่นการกลั่นตัวขนาดเล็กก่อให้เกิดน้ำค้างและหมอกใกล้พื้นดินและการกลั่นตัวขนนาดใหญ่จะก่อให้เกิดเมฆ

การเปลี่ยนรูปของน้ำในอากาศในลักษณะต่างๆจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนในอากาศ พลังงานในการที่ทำให้น้ำเปลี่ยนอุณหภูมิเรียกว่า ความร้อนจำเพาะ (Sensible Heat) และเมื่อน้ำเกิดการระเหยจะใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซโดยอุณหภูมิคงเดิม เรียกว่าความร้อนแฝง (Latent Heat)

<u>ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ</u>

การเปลี่ยนสถานะของวัตถุโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน ปริมาณความร้อนที่ให้กับวัตถุในช่วงนี้เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร มิใช่เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

$$Q = m*L$$

Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (J หรือ cal)

m = มวลร้อนของวัตถุ (kg หรือ gm)

L = ความร้อนแฝงจำเพาะของวัตถุ (J/kg หรือ cal/gm)

การเปลี่ยนอุณหภูมิโดยไม่เปลี่ยนสถานะ ปริมาณความร้อนที่ให้แก่วัตถุคือ

$$Q = m*c*\Delta T$$

Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (J หรือ cal)

c = ความจุความร้อนของสารแต่ละชนิด(J/kg.Kหรือ cal/gm$^{\circ}$C)

m = มวลร้อนของวัตถุ (kg หรือ gm)

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของวัตถุ (K หรือ$^{\circ}$C)

ความจุความร้อนจำเพาะของสารชนิดเดียวกันจะเท่ากัน และจะมีค่าแตกต่างจากความจุความร้อนจำเพาะของสารอื่น ดังนั้นความจุความร้อนจำเพาะจึงเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ อากาศที่อุณหภูมิต่างๆ มีความสามารถในการรับไอน้ำสูงสุดในปริมาณที่จำกัดถ้าเกินกว่าขีดสูงสุดนี้แล้วอากาศจะไม่สามารถรับไอน้ำได้เพิ่มอีก และการที่อากาศไม่สารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีกเรียกว่า การอิ่มตัว (Saturation) และจุดที่ไอน้ำแทรกตัวอยู่ในอากาศในปริมาณสูงสุดที่อุณหภูมิหนึ่ง เรียกว่า จุดอิ่มตัว (Saturated Point)

<u>อุณหภูมิกระเปาะเปียก</u> (Wet Bulb Temperature)

หมายถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถบันทึกได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์หรือเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดอื่นๆซึ่งตัวรับรู้(sensor) ถูกห่อหุ้มด้วยผ้าหรือสำลีชุบน้ำและมีความเร็วลมหรืออากาศพัดผ่านจนทำให้เกิดการระเหยของน้ำในบริเวณนั้น อันเป็นผลทำให้อุณหภูมิจากกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์หรือตัวรับรู้นั้นเย็นลงจนถึง จุดคงที่ และและอ่านค่าอุณหภูมิที่อ่านนั้นได้คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก

<u>อุณหภูมิจุดน้ำค้าง</u> (Dew Point Temperature)

คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงเท่าเดิม และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100 เปอร์เซนต์ แสดงว่าณ ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือ ไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีกหากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ สภาวะดังกล่าวจึงเรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่พื้นผิวของวัสดุใดๆ มีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดหยดน้ำบนพื้นผิววัสดุนั้น

<u>การกลั่นตัวที่พื้นผิว</u> (Surface Condensation)

เมื่ออากาศที่ไม่ถึงจุดอิ่มตัวมากระทบพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อากาศส่วนที่สัมผัสกับผิววัสดุที่มีอุณหภุมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างของมันจะอ่มตัวและไอน้ำที่อากาศไม่สามารถรับได้อีกต่อไปจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่ผิววัสดุนั้น การกลั่นตัวไม่จำเป็นต้องเกิดในบริเวณที่ไอน้ำถูกสร้างขึ้น แต่จะเกิดในที่ที่มีพื้นผิวอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด และจะเกิดในบริเวณที่มีพื้นผิวอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

2.1.5. **ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์**

สภาวะที่มนุษย์ไม่รู้สึกร้อนหรือรู้สึกหนาว เราเรียกว่า “สภาวะน่าสบาย” โดยกำหนดช่วงและขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์เราไว้เป็นมาตรฐาน เรียกว่า “เขตสบาย” (Comfort Zone) ซึ่งมีตัวแปรหรือปัจจัยที่มีอิทธิพล 6 ตัวแปร ดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 2-3)

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) โดยช่วงอุณหภูมิอากาศที่มนุษย์รู้สึกสบายอยู่ที่ประมาณ 22 – 27 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้ จำเป็นต้องทำความร้อนหรือทำความเย็น เพื่อช่วยปรับให้เข้าสู่เขตความสบาย
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความชื้นมีความสำคัญน้อยในสภาพอากาศที่เย็น เนื่องจากการสูญเสียความร้อนโดยการนำ การพา และการแผ่รังสีจะมีผลมาก แต่ความชื้นจะมีผลมากในสภาพอากาศที่ร้อน โดยการสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อ ความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมใน Thermal Comfort คือระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์

3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
   อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ หรือ MRT เป็นการวัดค่าเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT นั้นสามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่าง ๆ ในห้อง และตำแหน่งที่วัด MRT นั้น โดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ยออกมา
4. ความเร็วลม (Air Velocity) ลมเป็นตัวแปรหนึ่งที่ช่วยในการขยายเขตความสบาย เนื่องจากเมื่อความเร็วลมพัดผ่านผิวกายมนุษย์ จะช่วยพัดพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็นลง โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศจริงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value) เสื้อผ้าที่สวมใส่นั้น ทำหน้าที่เสมือนชั้นของฉนวน และมีผลอย่างมากในการถ่ายเทความร้อนของร่างกายไปสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ ทั้งทาง Radiation ,Convection, Conduction หรือ Evaporation ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวรอบตัวสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่หนาหลายชั้นรู้สึกร้อน เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนส่วนเกินออกจากร่างกายช้าและลำบาก
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate) ความต้องการพลังงานของร่างกายมนุษย์นั้นได้มาจากการบริโภคและย่อยอาหาร เครื่องดื่ม ที่เราได้รับ

ประทานเข้าไป ขบวนการในการเปลี่ยนแปลงอาคารและเครื่องดื่ม ที่บริโภคเข้าไปให้เป็นพลังงานสำหรับร่างการเรานั้น เรียกว่า Metabolism อัตราความร้อนที่มนุษย์ผลิตออกมานั้นส่วนมาก ขึ้นอยู่กับระดับของกิจกรรมของร่างกายและชนิดของอาหารที่บริโภค และบางส่วนก็ขึ้นอยู่กับสถานที่ที่มนุษย์อยู่ ความร้อนที่มนุษย์ผลิตออกมามีหน่วยวัดเป็น Metabolic หรือ หน่วย Met ซึ่ง หนึ่ง Met จะเท่ากับ 58.2 w/m^2 หรือ 18.4 $Btu/h\ ft^2$ ในลักษณะที่คนเรานั่งพัก พลังงานที่ผลิตขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ใหญ่ทั่วไปประมาณ 117 W หรือ 400 Btu/h

2.2 แนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

"การมีอิทธิพลต่อภูมิอากาศของพืชพันธุ์โดยรอบอาคาร"

(Baruch Givoni, 1994)

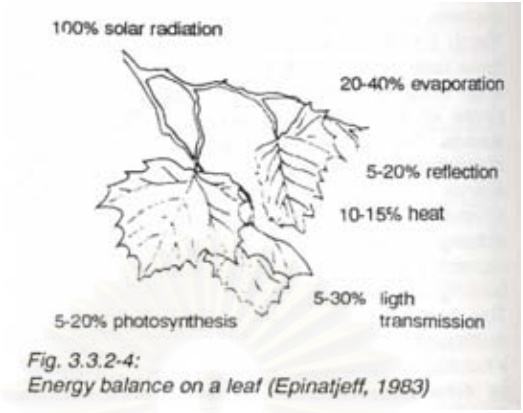
พืชพันธุ์หลายรูปแบบทั้งต้นไม้ใหญ่ ไม้เถา ไม้พุ่ม และซุ้มไม้เลื้อย สามารถที่จะช่วยให้ร่มเงากับผนังและช่องเปิดของอาคารได้ อีกทั้งยังเป็นร่มเงาให้กับหลังคาของอาคารขนาดเล็กได้อีกด้วย พืชพันธุ์เหล่านี้มีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารและภาระการทำความเย็นของอาคาร ดังนี้

- ต้นไม้ใหญ่ที่มีกิ่งก้านสูงมีร่มเงา และซุ้มไม้เลื้อย ที่อยู่ใกล้กับผนังและช่องเปิดของอาคาร จะเป็นเหมือนร่มเงาที่จะช่วยลด Solar Heat Gain ให้กับอาคารได้
- ไม้เถาและไม้เลื้อยที่เกาะอยู่ตามผนัง และไม้พุ่มที่อยู่ใกล้ผนังอาคาร จะช่วยบังแดดและเป็นฉนวนให้กับอาคาร รวมทั้งจะลดความเร็วของลมที่บริเวณผนังอาคารด้วย
- พืชพันธุ์ที่อยู่ใกล้กับอาคารสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศโดยรอบอาคาร ช่วยลดความร้อนที่จะมีการนำและการรั่วไหลเข้าสู่ภายในอาคาร
- พื้นที่โดยรอบอาคารที่มีพืชคลุมดินจะช่วยลดการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนที่จะแผ่กระจายไปยังผนังอาคาร

"การใช้ประโยชน์จากร่มเงาของต้นไม้"

(Narenda K. Bansal, Gred Hauser & Gernot Minke, 1994)

การใช้ร่มเงาของต้นไม้และพืชพันธุ์ต่างๆ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากในการที่จะลดอุณหภูมิของอากาศโดยรวมรอบๆ อาคาร และป้องกันรังสีความร้อนให้กับอาคาร โดยรังสีความร้อนจะถูกดูดซับด้วยใบไม้เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงและการระเหยของไอน้ำ รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนจะถูกกักเก็บไว้ในรูปของความร้อนโดยของเหลวในต้นไม้



ภาพที่ 2-4 แสดงคุณสมบัติของใบไม้ทางด้านการสะท้อนและดูดซับรังสีดวงอาทิตย์

ตำแหน่งในการปลูกต้นไม้นั้นจะขึ้นอยู่กับทิศทางและมุมเอียงของแสงแดดของพื้นที่นั้น โดยมากมักจะมีการปลูกต้นไม้เพื่อป้องกันแสงแดดทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ส่วนด้านทิศใต้มักจะปลูกต้นไม้ประเภทผลัดใบ ส่วนระยะห่างจากผนังอาคารจะพิจารณาจากขนาดของต้นไม้ รวมถึงความต้องการใช้พื้นที่รอบๆ อาคาร

จากการศึกษา (Parker, 1981) พบว่า อุณหภูมิของอากาศโดยรอบอาคารที่อยู่ใต้ต้นไม้ใกล้กับผนังอาคาร จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศกลางแจ้งประมาณ 2 – 2.5°C ซึ่งจะช่วยลดความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารทางช่องเปิดและผนังอาคารได้

"การใช้ประโยชน์ความเย็นจากการระเหยของน้ำ"

(M. Santamouris & D. Asimakopoulos, 1996)

การทำความเย็นจากการระเหยของน้ำเป็นวิธีการที่เก่าแก่ มีการเริ่มต้นใช้มาตั้งแต่เมื่อกว่า 1000 ปีที่ผ่านมาในอียิปต์และเปอร์เซีย การระเหยของน้ำนั้นความร้อนจะถูกดูดซับไปโดยใช้เป็นความร้อนแฝงในการระเหย ซึ่งก็จะทำให้อุณหภูมิของอากาศโดยรอบลดลง การใช้ประโยชน์ความเย็นจากการระเหยทำได้ 2 แบบ คือ แบบทางตรง (Direct Evaporative) และแบบทางอ้อม (Indirect Evaporative) โดยแบบ Direct จะเป็นการใช้ความเย็นของอากาศที่เกิดจากการระเหยโดยตรง ซึ่งจะเป็นอากาศที่มีความชื้นสูง ทำให้เกิดภาวะที่ไม่อยู่ในเขตสบายได้ ส่วนแบบ Indirect เป็นการใช้ประโยชน์จากการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศที่จะนำไปใช้กับอากาศเย็นที่เกิดจากการระเหย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำในอากาศ ทำให้อากาศที่จะนำไปใช้ประโยชน์ภายในอาคารมีอุณหภูมิลดลงแต่ความชื้นคงที่ แต่แบบ Indirect นั้นจะต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนกว่าและมีราคาสูงกว่าแบบ Direct

การใช้ประโยชน์ความเย็นจากการระเหยของน้ำอย่างง่าย ทำได้โดยการมีแหล่งน้ำอยู่ใกล้ๆ กับอาคาร และมีน้ำพุเพื่อเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำ ช่วยทำให้อุณหภูมิของอากาศโดยรอบอาคารลดลง แต่จะต้องมีการคำนึงถึงความชื้นที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

"ผลกระทบของเนินดินกับกระแสลม"

(M. Santamouris & D. Asimakopoulos, 1996)

ลมเป็นผลที่เกิดมาจากความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างสองพื้นที่ โดยการเคลื่อนตัวของอากาศจะเกิดจากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ภูมิประเทศนั้นมีอิทธิพลต่อรูปแบบและความเร็วของกระแสลม ความเร็วของลมเหนือพื้นดินจะน้อยกว่าเหนือพื้นผิวทะเล เนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดจากสภาพของพื้นดิน ภูเขาและเนินดินจะเป็นเหมือนสิ่งกีดขวางการเคลื่อนตัวของอากาศ ทำให้การไหลของกระแสลมเกิดการหันเหทิศทางทั้งในแนวระดับและแนวดิ่ง ผลก็คือความเร็วลมจะสูงที่บริเวณยอดภูเขาในด้านเหนือลมและมีความแปรปรวนน้อยกว่าด้านใต้ลม ภูเขายังทำให้เกิดลมเฉพาะที่ที่แปรเปลี่ยนจากกลางวันถึงกลางคืน ในช่วงกลางวันอากาศที่ใกล้พื้นผิวจะร้อนขึ้นเร็วกว่าอากาศอิสระ แล้วก็จะเคลื่อนตัวสูงขึ้นตามพื้นที่ลาดเอียงของภูเขา ส่วนในช่วงเวลากลางคืนเมื่อพื้นผิวมีอุณหภูมิลดต่ำลงจากการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้าอย่างรวดเร็ว ก็จะเกิดกระแสลมเย็นอ่อนๆ พัดเลื่อนลงไปตามแนวลาดเอียงของหุบเขา

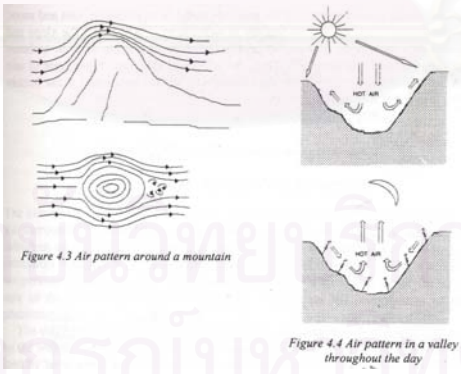


Figure 4.3 Air pattern around a mountain

Figure 4.4 Air pattern in a valley throughout the day

ภาพที่ 2-5 แสดงลักษณะผลกระทบของเนินดินกับกระแสลม

"อิทธิพลของทิศกับการถ่ายเทความร้อน"

โลกหมุนรอบตัวเองซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลางวันและกลางคืน รวมทั้งการที่โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ไปพร้อมๆ กันด้วย แกนโลกเอียง $23^{\circ}27'$ จึงทำให้ดวงอาทิตย์ที่มองเห็นจากพื้นผิวโลก ณ ประเทศไทย เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกโดยอ้อมใต้ และจากสาเหตุดังกล่าวจึงส่ง

ผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่มาจากทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้ มากกว่าทิศเหนือ โดยเฉพาะแสงที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง

สำหรับแสงจากดวงอาทิตย์แบบกระจาย ด้านทิศเหนือจะได้รับแสงชนิดนี้มากกว่าทิศอื่นๆ ซึ่งแสงแบบนี้จะมีปริมาณความร้อนน้อยกว่าแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง ดังนั้นการวางช่องแสงในทิศเหนือหรือการที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง จะทำให้มีปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในอาคารน้อยกว่าทิศอื่นๆ

"เทคนิคการควบคุมแสงอาทิตย์"

(M. Santamouris & D. Asimakopoulos, 1996)

การปรับลดรังสีดวงอาทิตย์ที่จะส่องผ่านเข้ามาในอาคาร สามารถทำได้ดังนี้

1. ทิศทางและการออกแบบช่องเปิด (Orientation and aperture geometry)

ทิศทาง ขนาด และการเอียงช่องเปิด สามารถช่วยในการลดแสงแดดที่จะส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาได้ ช่องเปิดทางด้านทิศใต้จะได้รับแสงแดดในปริมาณที่สูงตลอดช่วงฤดูหนาว แต่จะไม่มีแสงแดดส่องเข้ามาในฤดูร้อนอันมีสาเหตุมาจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่อยู่สูง การบังเงาของช่องแสงด้านทิศตะวันตกและตะวันออกทำได้ยาก เพราะว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่อยู่ต่ำ ประกอบกับช่องแสงด้านทิศใต้มีความเกี่ยวข้องกับอิทธิพลตัวแปรภายนอกจากรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิโดยรอบในฤดูร้อน ดังนั้นควรมีการเปิดช่องเปิดให้น้อยที่สุด หรือมีการออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหาในด้านทิศตะวันตก ส่วนช่องเปิดด้านทิศเหนือจะได้รับแสงแดดน้อย เพียงในช่วงเช้าตรู่และบ่ายใกล้ค่ำเท่านั้น ในขณะที่มีข้อดีที่ได้รับแสงกระจายส่องผ่านเข้ามาในอาคาร

2. การออกแบบแผงกันแดด (Shading devices)

แผงกันแดดมีหน้าที่หลักในการป้องกันช่องเปิดจากแสงแดดโดยตรง และยังช่วยป้องกันแสงกระจายและรังสีสะท้อนจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ รอบอาคารได้อีกด้วย แผงกันแดดแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

- แผงกันแดดแบบติดตาย (Fixed shading elements) ส่วนใหญ่จะเป็นส่วนประกอบภายนอกอาคาร มีทั้งแนวนอน แนวตั้ง และแบบที่ผสมแนวนอนและแนวตั้งเข้าด้วยกัน รวมทั้งระเบียงของอาคารด้วย ในส่วนที่อยู่ภายในอาคาร ก็อย่างเช่น บานเกล็ด และหิ้งแสง ซึ่งบานเกล็ดจะเป็นอุปกรณ์ที่ป้องกันแสงแดดในฤดูร้อน แต่จะช่วยกระจายแสงเข้าสู่อาคาร ส่วนฤดูหนาวก็จะให้แสงผ่านเข้าไปในอาคารเพื่อให้เกิดความอบอุ่น

- แผงกันแดดแบบปรับเปลี่ยนได้ (Adjustable shading elements) สามารถใช้ได้ทั้งเป็นส่วนประกอบภายนอกอาคาร เช่น กระโจม ผ้าใบ ซุ้มไม้เลื้อย หรือส่วนประกอบภายในอาคาร เช่น ผ้าม่าน บานเกล็ด รวมทั้งบานประตู หน้าต่าง แผงกันแดดแบบปรับเปลี่ยนได้นี้สามารถที่จะยกขึ้น ม้วน หรือดึงกลับ โดยการใช้มือหรือเป็นระบบอัตโนมัติก็ได้ เพื่อให้สอดคล้องกับระดับของแสงแดดและแสงสว่างภายนอก

3. คุณสมบัติด้านการมองเห็นและป้องกันรังสีของกระจก (Solar-optical properties of glazing)

การสะท้อน : ส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ในภาวะปกติจะถูกสะท้อนโดยกระจก

การส่องผ่าน : ส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ในภาวะปกติจะส่องผ่านกระจกเข้ามาในอาคาร

การดูดซับ : ส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ในภาวะปกติจะถูกดูดซับไว้โดยกระจก

รังสีที่ส่องผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคารจะประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นรังสีโดยตรง (รังสีคลื่นสั้น) และส่วนที่ถูกดูดซับไว้โดยกระจกแล้วแผ่รังสีเข้ามาภายในอาคาร (รังสีคลื่นยาว) ซึ่งจะแยกจากความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเข้ามาภานในอาคารอันเกิดจากรังสีคลื่นยาวจากการแผ่รังสีของวัตถุ รังสีกระจายจากท้องฟ้าและส่วนที่แผ่กระจายจากการสะท้อนของพื้นภายนอกรอบๆ อาคาร แสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาในช่วงคลื่นที่เรามองเห็น (Visible spectrum) เป็นส่วนที่สำคัญที่จะใช้กำหนดปริมาณของแสงอาทิตย์ที่จะให้สองผ่านเข้ามาในอาคาร

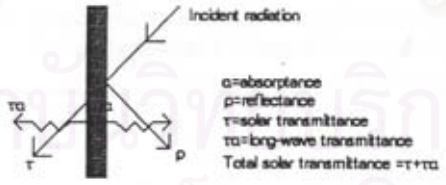


Figure 10.31 Thermal characteristics of glass

ภาพที่ 2-6 แสดงลักษณะการตกกระทบวัสดุกระจกของรังสีดวงอาทิตย์

“การนำความเย็นจากดินมาใช้ในอาคาร”

พื้นดินมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินเกือบตลอดปีอยู่ระหว่าง 26 - 27°C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในขอบเขตของ

ภาวะน่าสบาย สามารถนำมาใช้กับอาคารหรือส่วนของอาคารที่อยู่ในระดับพื้นดินได้ โดยอาศัยดินเป็นแหล่งสะสมความเย็น (Cooling Source) ให้กับอาคาร นอกจะได้รับความเย็นจากดินแล้ว ยังจะได้ Effect ทางด้านการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างตัวเรากับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่าอีกด้วย

เราสามารถนำความเย็นจากดินมาใช้ในอาคารได้โดยทำการออกแบบอาคารให้มีผิวสัมผัสกับดินมากที่สุด ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 ส่วนของอาคาร คือ

1. ส่วนผนังอาคาร
2. ส่วนพื้นอาคาร

โดยการออกแบบให้มีพื้นที่สัมผัสดินมากที่สุด และเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนได้ดี เพื่อทำให้ผิวสัมผัสนั้นมีอุณหภูมิต่ำและใกล้เคียงกับอุณหภูมิของดินมากที่สุด ซึ่งจะทำให้ MRT และอุณหภูมิของอากาศต่ำ มีผลให้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย แต่ทั้งนี้มีข้อควรระวัง คือ การเกิดหยดน้ำ (Condensation) ที่จะเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสดินในกรณีที่ออกแบบอาคารอยู่ใกล้จุด Dew Point

แนวความคิดการนำประโยชน์จากความเย็นของดินและระดับของอุณหภูมิดินที่คงที่ เช่น Earth Tube Concept อุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิของดินมาก ในอาคารที่ปรับอากาศจะต้องมีการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาทำความเย็น แล้วจึงจ่ายต่อไปยังส่วนต่างๆ ของอาคาร ดังนั้นการทำการลดอุณหภูมิของอากาศลงก่อนที่จะถูกนำผ่านไปทำความเย็น ก็จะเป็นการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้

“ผลกระทบของสีและพื้นผิวต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง”

สี หมายถึง สารที่มีส่วนผสมของผงสี สิ่งนำสี และวัตถุอื่นในสภาพที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง เมื่อนำมาทา หรือเคลือบพื้นผิวใดๆ เมื่อแห้งแล้วจะเกิดฟิล์มบนพื้นผิว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนตามความเข้มและความอ่อนของสี

ในการศึกษาเรื่องผลกระทบของสีผนังภายนอกอาคารนั้น จำเป็นต้องศึกษาในเรื่องค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน และอัตราส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ต่อค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (α / $\in$) เมื่อเปรียบเทียบวัสดุสีขาวและสีดำพบว่าวัสดุที่มีสีเข้มกว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าวัสดุที่มีสีอ่อน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนที่ใกล้เคียงกัน (ASHARE, 1988) กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนของสีขาวและสีดำ ดังนี้

1. สีขาว มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ = 0.1 – 0.3
   มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน = 0.8 – 0.9

มีค่า $\alpha / \in$ = 0.13 – 0.33

2. สีดำ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ = 0.94 – 0.98

มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน = 0.88

มีค่า $\alpha / \in$ = 1.07 – 1.11

ถ้าสีมีค่า $\alpha / \in$ ต่ำกว่า 1 หมายถึง วัสดุนั้นมีการดูดกลืนความร้อนน้อยกว่าการคายความร้อน

ถ้าสีมีค่า $\alpha / \in$ มากกว่า 1 หมายถึง วัสดุนั้นมีการดูดกลืนความร้อนมากกว่าการคายความร้อน

ถ้าสีมีค่า $\alpha / \in$ เท่ากับ 1 หมายถึง วัสดุนั้นมีการดูดกลืนความร้อนเท่ากับการคายความร้อน

สีที่ดีควรจะมีค่า $\alpha / \in$ ต่ำ คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนสูง เพื่อจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังเย็นกว่าปกติ ส่งผลให้มีการถ่ายเทความร้อนลดลงหรือช้าลงกว่าสีที่มีค่า $\alpha / \in$ สูง

ส่วนลักษณะพื้นผิวของวัสดุเกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีความร้อน(Solar Reflectance หรือ R)เมื่อรังสีความร้อนตกกระทบพื้นผิววัสดุทึบ บางส่วนจะถูกดูดกลืนและบางส่วนจะถูกสะท้อน โดยที่

$$\alpha + R = 1$$

วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบ หรือมีพื้นผิววัสดุเป็นมัน จะมีค่าการสะท้อนความร้อนสูงหรือมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำซึ่งก็จะส่งผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิววัสดุ และการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารต่างจากวัสดุที่มีพื้นผิวขรุขระ (Moore,1993)

“ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านทางหลังคา”

จากการศึกษาของแลมเบิร์ท (Lamberts, 1988) กล่าวว่า การศึกษาหาวิธีการต่างๆ เพื่อที่จะปรับปรุงหลังคาเพื่อให้มีการส่งผ่านความร้อนมายังพื้นที่ใช้สอยน้อยที่สุด คือ

- การระบายอากาศให้กับช่องใต้หลังคา
- ลักษณะของพื้นผิวและสีของหลังคาด้านนอก
- การใช้วัสดุที่มีค่า Emissivity ต่ำ ในช่องใต้หลังคา หรือที่เรียกว่า ระบบป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อน (Radiant Barrier System) ซึ่งแลมเบิร์ทสรุปว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุด

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านอื่นๆ อีกดังนี้

- การเลือกใช้ชนิดของฉนวนกันความร้อนในโครงหลังคา
- ตำแหน่งการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในโครงหลังคา

- รูปทรง ความลาดชัน และพื้นที่ผิวของหลังคา
- วัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดาน

การใช้วัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อน (Radiant Barrier System) ในระบบหลังคาที่มีช่องว่างอากาศนั้น จะมีการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีมากที่สุด ช่วงเวลาที่อากาศเย็นและอุณหภูมิภายนอกอยู่ในสภาวะน่าสบาย แต่ยังมีรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์อยู่ รังสีนี้ก็ยังคงทำให้ช่องใต้หลังคามีอุณหภูมิสูงขึ้น ในเรื่องการติดตั้งสามารถติดตั้งวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อนในช่องใต้หลังคาได้ 3 ตำแหน่ง คือ บนโครงหลังคาหรือใต้วัสดุมุง ใต้โครงหลังคา(ใต้จันทัน)ด้านบนของฝ้าเพดาน หรือบนฉนวนของฝ้าเพดาน

"SURFACE CONDUCTANCE"

Surface Conductance คือ กระบวนการที่ความร้อนจะถูกส่งผ่านไปสู่พื้นผิวหรือถูกพาออกไปจากพื้นผิวด้วยกระบวนการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) และการพาความร้อน (Convection)ทั้งหมดผสมผสานกัน ซึ่งแต่ละแบบของการส่งผ่านความร้อนที่กล่าวมาแล้วนั้นต่างเป็นอิสระ ไม่เกี่ยวข้องกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวผนังกับสภาพแวดล้อมโดยการแผ่รังสีความร้อน (Long wave radiation heat exchange) นั้นถูกควบคุมด้วยลักษณะของพื้นผิวผนัง คือ Emission และ Reflectivity และค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิววัสดุกับสภาพแวดล้อม และค่าของมุม (Solid angle) ระหว่างผิววัสดุนั้นกับสภาวะแวดล้อม

การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวผนังกับสภาพแวดล้อมโดยการนำความร้อน (Surface conduction) และการพาความร้อน (Surface convection) ถูกควบคุมด้วยลักษณะความหยาบของพื้นผิว (Surface roughness) และความเร็วของลมที่พัดผ่าน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติด้านต่างๆ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบหรือปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยผลจากการศึกษาวิจัยเหล่านี้สามารถที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยเรื่องการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่น โดยการพึ่งพาระบบธรรมชาติได้ การออกแบบอาคารที่มีพื้นอาคารติดกับผิวดินนั้น ควรจะมีการนำเอาอุณหภูมิที่ค่อนข้างคงที่ของดินมาใช้ประโยชน์กับอาคาร โดยเฉพาะในฤดูร้อนซึ่งอากาศมีอุณหภูมิที่สูง แต่อุณหภูมิของดินนั้นมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ดังนั้นเราจึงสามารถที่จะใช้ การทำความเย็นอาคารโดยการใช้ผิวสัมผัสพื้นดิน (เอนก ธีระวิวัฒน์ชัย, 2539) ซึ่งอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 1.00 เมตรจากผิวดิน มีอุณหภูมิค่อนข้างจะคงที่ จะมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 2°C ถึง 3°C ทิศใต้จะเป็น

ทิศที่มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมากกว่าทิศอื่น และมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของดินสูงกว่าทิศอื่น ในขณะที่ทิศเหนือเป็นทิศที่มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดน้อยกว่าทิศอื่น และมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดินต่ำกว่าทิศอื่น ในการเปรียบเทียบชนิดของดิน ระหว่างดินและทรายพบว่า ดินมี Time Lag 10 – 12 ชั่วโมง และทรายมี Time Lag 6 ชั่วโมง อิทธิพลของอุณหภูมิดินทำให้อุณหภูมิที่ผิวสัมผัสดินภายในอาคาร (MRT) จะมีอุณหภูมิลดลง สภาพของผิวดินที่ถูกปกคลุมด้วยพืชจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพผิวดินที่ปราศจากสิ่งปกคลุม โดยเฉพาะดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดินจะมีอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสดินลดลงต่ำกว่าดินที่ปราศจากสิ่งปกคลุมถึง 2°C อุณหภูมิภายในอาคารที่ลึก 1.5 เมตร จะมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างจะคงที่ และมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทิศทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น อุณหภูมิภายในอาคารจะลดลง และในขณะที่อุณหภูมิอากาศเย็นลงอุณหภูมิภายในอาคารจะอบอุ่นขึ้น โดยอุณหภูมิภายในอาคารจะอยู่ที่ 24 – 26.5°C ซึ่งอยู่ในช่วงของสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) เกิดจากอิทธิพลของ Time Lag ของดิน

จากข้อมูลข้างต้น สามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (MRT) ได้ถึง 1.5 – 2.0°C และอุณหภูมิภายในอาคารมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างจะคงที่ อุณหภูมิภายในอาคารอยู่ในช่วงอุณหภูมิสภาวะน่าสบาย (Comfort Temperature) ในกรณีอาคารที่ไม่ปรับอากาศ อิทธิพลของความเย็นที่ผิวสัมผัสดินสามารถลด MRT ของอาคารได้ ทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารรู้สึกเย็นกว่าปกติ ในกรณีของอาคารที่ปรับอากาศ อิทธิพลของความเย็นที่ผิวสัมผัสดินสามารถลดภาระการทำความเย็นและระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศ ผลที่ได้จากเทคนิคดังกล่าวนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคาร และภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อประหยัดพลังงานต่อไป

การออกแบบผนังอาคาร ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของอาคารนั้น ก็จำเป็นจะต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบผนังอาคารด้วย โดยผลกระทบจากผนังอาคารที่มีต่อกิจกรรมการใช้งาน จะแบ่งเป็นทั้งการใช้งานภายนอกอาคาร และการใช้งานภายในอาคาร การใช้งานพื้นที่ภายนอกอาคารนั้น ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร (วันเอก กิจสมใจ, 2539) โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น การใช้งานภายนอกอาคารนั้นจำเป็นต้องเน้นที่สภาวะแวดล้อมที่มีความเย็น ค่า MRT (Mean Radiant Temperature) ที่ต่ำมีความจึงเป็น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในที่นี้อาจยกตัวอย่างให้เห็นได้เป็นกรณีต่างๆ กัน ดังนี้

ผนังในด้านทิศใต้ที่ได้รับแสงแดดตลอดวัน ถึงแม้ว่าพฤติกรรมการใช้สอยภายนอกอาคารนั้นเรามักจะใช้งานในสภาวะที่ผู้ใช้ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง แต่ผลจากการแผ่รังสีความร้อนของผนังใกล้เคียงที่โดนแดด ยังจัดได้ว่ามีอิทธิพลอยู่ ผู้ใช้อาคารอยู่ภายใต้ร่มเงาทางด้านทิศเหนือของอาคาร A มุมแดดส่องไปยังผนังที่หันหน้าไปยังทิศใต้ของอาคาร B ที่อยู่ใกล้กัน ซึ่งผนังด้านทิศใต้เป็นด้านที่ได้รับอิทธิ

พลจากแสงแดดตลอดทั้งวันมากที่สุด ในกรณีนี้ตลอดทั้งวันผู้ใช้อาคารจะได้รับอิทธิพลจาก MRT ในบริเวณนั้นซึ่งมีผลมาจากผนัง B ที่ได้รับแสงแดดทั้งวันเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าผู้ใช้อาคารจะอยู่ใต้ร่มเงาก็ตาม เพราะฉะนั้นเราควรเลือกใช้ผนังภายนอก B ด้วยคุณสมบัติต่างๆ ตามปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอก เพื่อให้ผนัง B มีอุณหภูมิต่ำที่สุดดังนี้

1. ถ้าการใช้งานส่วนใหญ่ในบริเวณดังกล่าว เป็นการใช้งานในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนถึงดวงอาทิตย์ตก ผนัง B ควรเป็นผนังที่มีมวลสารมาก ผิวเรียบ และมีสีที่เป็นสีขาวหรือสีอ่อน ไม่ควรเป็นผนังที่กระจายแสงสูง เช่น สีเงิน หรือวัสดุที่มีผิวลักษณะเดียวกัน เช่น ผนัง Aluminium Cladding ที่มีผิวเป็นมันวาว ถ้าผนัง B เป็นอาคารที่มีการติดตั้งฉนวน ควรเป็นการติดตั้งฉนวนภายในอาคาร
2. ถ้าการใช้งานส่วนใหญ่ในบริเวณดังกล่าว เป็นการใช้งานในช่วงเวลากลางคืน หรือเริ่มต้นใช้งานตั้งแต่ช่วงเวลาบ่ายแก่ๆ ที่อิทธิพลของแสงแดดเริ่มน้อยลงจนกระทั่งดวงอาทิตย์ตกต่อเนื่องไปตลอดคืนจนกระทั่งเช้าวันรุ่งขึ้น ผนัง B ควรเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย ผิวเรียบและมีลักษณะการกระจายความร้อน (Emissivity) สูง อย่างเช่น ผนัง Aluminium Cladding หรือถ้าผนัง B เป็นผนังภายนอกของอาคารที่มีการติดตั้งฉนวน ควรเป็นการติดตั้งฉนวนภายนอก

ส่วนการใช้งานพื้นที่ภายในอาคารนั้น จะต้องคำนึงถึงการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารเป็นสำคัญ ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบคือ สีผนังและมวลสารภายในที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (พรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา, 2540) ปัจจัยด้านสีของผนัง สีเข้มและสีอ่อนของผนังจะมีอิทธิพลลดน้อยลงเมื่อใช้วัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ โดยผนังที่มีสีเข้มและสีอ่อนจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงใกล้เคียงกัน สำหรับผนังที่มีมวลสารน้อยจะมีค่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยแตกต่างกันประมาณ $1^{\circ}C$ และผนังที่มีมวลสารมากจะมีค่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยแตกต่างกันประมาณ $5^{\circ}C$ และเมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายใน พบว่าผนังที่มีสีเข้มจะมีค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายในสูงกว่าผนังที่มีสีอ่อนประมาณ $12^{\circ}C$ สำหรับผนังที่มีมวลสารมาก และประมาณ $7^{\circ}C$ สำหรับผนังที่มีมวลสารน้อย ผนังที่มีมวลสารมากจะช่วยลดความรุนแรงของการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อย ทำให้ในช่วงเวลากลางวันผนังที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าผนังที่มีมวลสารน้อย ประมาณ $4^{\circ}C$ และในช่วงเวลากลางคืนผนังที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าผนังที่มีมวลสารน้อย ประมาณ $3^{\circ}C$ จึงสามารถนำไปพิจารณาเพื่อใช้เป็นแนวทางต่างๆ ได้ดังนี้ การเลือกใช้สีผนังกับอาคารควรเลือกใช้สีอ่อน

หากต้องการใช้สีเข้มควรใช้วัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ การใช้มวลสารภายในอาคารจะเหมาะสมสำหรับอาคารที่ใช้งานในช่วงเวลากลางวันมากกว่าอาคารที่ใช้งานในเวลากลางคืน

นอกจากผนังอาคารที่เป็นส่วนทึบแสงแล้ว ส่วนที่เป็นช่องเปิดเพื่อให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ก็เป็นส่วนที่มีความสำคัญในการใช้งานอาคารเช่นกัน รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน : การให้แสงสว่างธรรมชาติและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร (กนกวรรณ อุสันโน, 2539) โดยรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดในแต่ละทิศทางมีความแตกต่างกัน ช่องเปิดของอาคารทางด้านทิศเหนือซึ่งได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์น้อยมาก การใช้อุปกรณ์บังแดดที่เป็น screen ในแนวนอนกับช่องเปิดกระจกใส จะมีค่าการใช้พลังงานรวมอันเนื่องจากแสงประดิษฐ์และภาระการทำความเย็นใกล้เคียงกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิด และอาศัยเพียงความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์และรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดทางด้านทิศเหนือคือ การใช้กระจก High Performance ที่มีค่า Coolness Index สูง (ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านกระจก/สัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก) ซึ่งจะมีค่าการใช้พลังงานรวมเพียง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารไม่มีช่องเปิดที่อาศัยเพียงความสว่างจากแสงประดิษฐ์ สำหรับช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ซึ่งได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์สูงมาก การใช้อุปกรณ์บังแดดกับช่องเปิดกระจกใส จะมีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารที่ไม่มีช่องเปิด รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์บังแดดทางทิศตะวันออกและตะวันตก คือ การใช้กระจก High Performance ที่มีค่า Coolness Index สูง (Daylight Transmission / Shading Coefficient) ควบคู่กับการใช้อุปกรณ์บังแดดที่เป็น screen ในแนวนอนประกอบกับแนวตั้ง ช่องเปิดทางด้านทิศใต้ รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์บังแดดทางทิศนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ซึ่งจะมีค่าการใช้พลังงานรวมเพียง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิด

การออกแบบช่องแสงหรือช่องเปิดของอาคาร นอกจากจะต้องคำนึงถึงปริมาณของแสงสว่างที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคารแล้ว เราจะต้องคำนึงถึงผลของการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องแสงด้วย ผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านช่องแสงด้านข้างที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง (พรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2541)อิทธิพลของมวลสารภายใน ชนิดของกระจก และช่องแสงด้านข้างที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงโดยการหมุนหลบ ต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารที่ไม่มีการปรับอากาศได้ดังนี้

การลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดของวัน ทำได้โดยการใช้มวลสารภายในมาก มีค่าความจุความร้อนมาก ให้เลือกใช้กระจกชั้นเดียวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำติดตั้งบริเวณช่องแสงด้านข้าง ที่ได้รับการออกแบบให้ผิวกระจกไม่ได้รับแสง

แดดโดยตรงตลอดเวลา อาจทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดอัตโนมัติ หากไม่สามารถป้องกันผิวกระจกจากแสงแดดได้ตลอดทั้งวัน การติดตั้งแผงกันแดดบริเวณช่องแสงที่สามารถเลื่อนเปิด-ปิดได้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถควบคุมปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านช่องแสงเข้ามาภายในอาคารให้มีค่าใกล้เคียงกับช่องแสงด้านข้างทางด้านทิศเหนือ

การออกแบบวัสดุมุงหลังคาก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยทำให้อาคารนั้นมีสภาวะภายในอาคารใกล้เคียงภาวะน่าสบายมากขึ้น พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น (จุไรพร ตุมพสุวรรณ,2540) วัสดุมุงหลังคาที่มีคุณสมบัติในการลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุดคือ หญ้าคา เนื่องจากในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดของวัน อุณหภูมิผิวล่างของหลังคาหญ้าคาต่ำกว่าอุณหภูมิของวัสดุมุงอื่นๆ ส่วนมุมเอียงของหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน พบว่าในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดของวัน หลังคาที่มีมุมเอียง 60 องศา จะมีอุณหภูมิใต้ฝ้าเพดานต่ำที่สุด กล่าวคือต่ำกว่าหลังคาที่มีมุมเอียง 45 องศา ประมาณ 2°C และต่ำกว่าหลังคาที่มีมุมเอียง 30 องศา, 0 องศา ประมาณ 2.5°C และ 3°C ตามลำดับ และการเพิ่มประสิทธิภาพของหลังคาโดยการใช้ฉนวนกันความร้อนและการระบายอากาศบริเวณชายคาพบว่า ตำแหน่งในการติดตั้งฉนวนที่ดีในการนี้คือ ตำแหน่งแนวราบเหนือฝ้าเพดานที่มีการระบายอากาศบริเวณชายคา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งฉนวนแนวเอียงใต้หลังคาที่มีการระบายอากาศบริเวณชายคา ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวันพบว่า อุณหภูมิใต้ฝ้าเพดานของหลังคาที่ติดตั้งฉนวนแนวราบจะต่ำกว่าประมาณ 1.5°C และในช่วงเวลาเดียวกัน อุณหภูมิอากาศใต้หลังคาที่ติดตั้งฉนวนแนวราบที่มีการระบายอากาศบริเวณชายคา จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศใต้หลังคาที่ติดตั้งฉนวนแนวราบไม่มีการระบายอากาศบริเวณชายคาประมาณ 8°C ซึ่งแสดงว่า การลดการถ่ายเทความร้อนโดยการใช้ฉนวนในตำแหน่งที่ถูกต้องและการระบายอากาศบริเวณชายคา จะช่วยลดความร้อนในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดของวันได้

ส่วนในรูปแบบของชายคาของอาคารกับการใช้ฉนวนนั้น แนวทางในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา (จญาดา บุณยเกียรติ, 2537) สามารถสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้ว่า ระบบระบายอากาศในช่องใต้หลังคา แบบเปิดโล่งที่ชายคา ให้ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าแบบที่ไม่มีการระบายอากาศประมาณ 2.5°C เรื่องการใช้ฉนวนพบว่า การใช้ฉนวนใยแก้วที่มีค่าความต้านทานสูงวางบนฝ้าเพดาน ให้อุณหภูมิต่ำกว่าการไม่ใช้ฉนวนใดๆ ประมาณ 9°C ในระบบปิด ส่วนการทดสอบระบบหลังคา พบว่า ระบบที่เกิดจากการออกแบบให้อุณหภูมิต่ำกว่ากว่าระบบปัจจุบันนิยมประมาณ 5.5 °C ซึ่งเป็นการพิสูจน์ให้เห็นว่า เราสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยการออกแบบระบบหลังคาที่เหมาะสม แม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศแล้วยังสูงกว่าอยู่ก็ตาม เพราะในความเป็นจิง

ส่วนพื้นที่อยู่อาศัยย่อมต้องมีการเจาะช่องเปิดเป็นประตูหรือหน้าต่าง ซึ่งจะช่วยในเรื่องการระบายอากาศ ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่านี้แน่นอน

ส่วนการใช้หลังคาแบบโปร่งแสงนั้น การลดความร้อนผ่านหลังคาโปร่งใสโดยวิธีการธรรมชาติ (รัชด ชมพูนิช, 2541)พบว่า กระจกในสภาพไม่ปรับอากาศ ถึงแม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากัน แต่อุณหภูมิภายในที่ใช้กระจกฉนวนจะมีอุณหภูมิสูงกว่ากระจกชั้นเดียวถึง 10°C ในช่วงเวลาที่เกิดความร้อนสูงสุดของวัน (peak) ของวัน ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกรณีที่เป็นหลังคากระจกฉนวน จะระบายออกได้ยากกว่ากระจกชั้นเดียว ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงช่องเปิดพบว่า ช่องเปิดผนังขนาดใหญ่สามารถระบายความร้อนได้รวดเร็ว จนทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกมีค่าใกล้เคียงกันได้ สำหรับเรื่องของมวลสารพบว่า วัสดุมวลสารมากที่มีค่าความจุความร้อนสูง (อิฐมอญ) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุมวลสารน้อยที่มีค่าความจุความร้อนต่ำกว่า (คอนกรีตมวลเบา) อุณหภูมิของวัสดุที่ประกอบด้วยมวลสารมาก จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อยกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงที่เกิดความร้อนสูงสุด อุณหภูมิภายในวัสดุมวลสารมากจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 5°C และในส่วนการใช้ต้นไม้ได้ข้อสรุปที่เห็นได้ชัดเจนว่า ต้นไม้สามารถสกัดกั้นแสงแดดให้ตกลงสู่พื้นเบื้องล่างได้น้อยลง อันเป็นผลให้อุณหภูมิด้านล่างหน่วยทดลองต่ำกว่าอุณหภูมิด้านบนประมาณ 10 – 15 °C สามารถสรุปได้ว่า หากจะนำไปใช้เป็นอาคารจริงการทำให้อุณหภูมิภายในอาคารที่มีหลังคากระจกลดต่ำลง จะต้องเน้นการมีช่องเปิดระดับสูงเหนือพุ่มไม้ เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการลอยตัวของอากาศสู่ด้านบน (Stratification) ในขณะเดียวกันพุ่มใบของต้นไม้จะยอมให้ปริมาณแสงเพียงเล็กน้อยเล็ดลอดลงสู่เบื้องล่าง การสังเคราะห์แสงของต้นไม้จะช่วยเปลี่ยนแปลงรังสีดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำและถูกระบายออกสู่ภายนอก ในส่วนล่างโดยเฉพาะผนังและพื้น การใช้วัสดุที่มีมวลสารมากและค่าความจุความร้อนสูง เช่น อิฐ คอนกรีต จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันได้ และหากใช้การผสมผสานการออกแบบอย่างถูกต้องแล้ว อุณหภูมิภายในระดับต่ำสุดจะมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 2-3°C ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน

การปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนยังสามารถทำได้โดยการใช้ช่องอากาศใต้หลังคาเพื่อระบายอากาศที่เหมาะสม (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, 2541) โดยช่องอากาศใต้หลังคาจะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดให้น้อยลง ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารคงที่มากขึ้น ซึ่งเป็นการลดภาระการปรับอากาศในกรณีที่อาคารมีการปรับอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาที่มีความยาวเท่ากันแล้ว ระยะห่างของช่องอากาศที่เพิ่มขึ้นสามารถลดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิในกล่องทดลองได้มากขึ้น โดยหลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 10 ซม. สามารถลดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานได้ 1.45°C และลดอุณหภูมิในกล่องทดลองได้ 1.69°C ที่อุณหภูมิสูงสุดของวัน หลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 20 ซม.

สามารถลดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานได้ 2.53°C และลดอุณหภูมิในกล่องทดลองได้ 2.16°C ที่อุณหภูมิสูงสุดของวัน เนื่องจากระยะห่างที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดแรงเสียดทานในช่องอากาศ สำหรับหลังคาที่มีความยาวเพิ่มขึ้นแต่มีระยะห่างของช่องอากาศเท่ากัน จะทำให้เกิดการสะสมความร้อนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณความร้อนที่เข้ามาเพิ่มขึ้น แต่อัตราการระบายอากาศออกยังคงเท่าเดิม หลังคาที่มีความยาว 12 ม. ทำให้อุณหภูมิผิวฝ้าเพดานสูงขึ้น 0.41°C และอุณหภูมิภายในกล่องทดลองสูงขึ้น 0.67°C เมื่อเทียบกับหลังคายาว 4 ม. เพราะฉะนั้นหลังคาที่มีความยาวเพิ่มขึ้นควรมีระยะห่างของช่องอากาศมากขึ้น เพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศให้เท่ากับหลังคาที่สั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงเรียน

การออกแบบอาคารประเภทใดประเภทหนึ่งนั้น จำเป็นจะต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยด้านต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์กับการใช้งานอาคารนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นที่ตั้งอาคาร สภาพแวดล้อมโดยรอบ กิจกรรมการใช้งาน ผู้ใช้อาคาร รวมไปถึงปัจจัยด้านกระบวนการก่อสร้างอาคาร วัสดุก่อสร้าง ฯลฯ โรงเรียนเป็นอาคารที่มีการใช้งานเฉพาะด้าน เป็นอาคารที่ใช้เป็นสถานที่ของการเรียนรู้ของนักเรียน การศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อการออกแบบมีอยู่ด้วยกันหลายด้านดังที่จะกล่าวต่อไป แต่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นศึกษาถึงปัจจัยด้านสภาวะแวดล้อมทางกายภาพที่จะมีผลต่อการเรียนรู้เป็นหลัก เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์และออกแบบโรงเรียนให้สามารถใช้ประโยชน์จากสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติได้มากที่สุดตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้

3.1 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ในอาคารเรียน

ภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ หมายถึง สภาวะแวดล้อมโดยรอบกิจกรรมการเรียนซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่มุ่งศึกษาอาคารเรียนที่ใช้ระบบธรรมชาติ ดังนั้นสภาวะแวดล้อมดังกล่าวจึงหมายถึง สภาวะทั้งที่อยู่ภายในห้องเรียนและนอกห้องเรียน โดยสภาวะแวดล้อมดังกล่าวนั้นเป็นผลมาจากอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่กระทำร่วมกัน ทั้งจากตัวแปรภายในและภายนอกอาคารเรียน ทั้งจากตัวแปรตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งตัวแปรต่างๆ สามารถที่จะจำแนกได้เป็นประเภทดังนี้

3.1.1 ตัวแปรที่มีผลต่อภาวะน่าสบายของมนุษย์

ตัวแปรกลุ่มนี้ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาวะความรู้สึกทางร่างกายที่ไม่ร้อน ไม่หนาว โดยทั่วไปของมนุษย์ ซึ่งเราเรียกว่า “สภาวะน่าสบาย” โดยกำหนดช่วงและขอบเขตของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ไว้เป็นมาตรฐาน เรียกว่า “เขตสบาย” (Comfort Zone) ซึ่งตัวแปรหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลได้แก่

(1) อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

(2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

(3) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)

(4) ความเร็วลม (Air Velocity)

(5) เสื้อผ้าสวมใส่ (Clo – Value)

(6) อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metaoblism Rate)

โดยมาตรฐานของเขตสบายจากการศึกษา (Olgyay, 1973) พบว่าคนเราจะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22 – 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 – 75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเงื่อนไขว่า

- ความเร็วลมค่อนข้างสงบ (ประมาณ 0 – 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือ 0 – 50 ฟุตต่อนาที)
- อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวผนังมีค่าเท่ากัน
- การแต่งกายเป็นแบบลำลอง
- บุคคลอยู่ในอิริยาบทปกติสบายๆ

ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะน่าสบายทั้ง 6 ตัวแปรนั้น 4 ตัวแปรแรกเป็นด้านกายภาพที่เป็นผลมาจากอิทธิพลของตัวแปรย่อยอื่นๆ ส่วนตัวแปรที่ 5 เสื้อผ้าที่สวมใส่นั้น เป็นตัวแปรที่คงที่ เนื่องจากนักเรียนทุกคนต้องสวมใส่เครื่องแบบนักเรียนที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน และตัวแปรที่ 6 ก็เป็นตัวแปรเฉพาะบุคคล ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งพิจารณาตัวแปรข้อ 1 – 4 เป็นหลัก ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ก็เป็นอิทธิพลมาจากตัวแปรย่อยอื่นๆ ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) เป็นปัจจัยที่จะทำให้รู้สึกร้อน-หนาว ซึ่งเป็นอิทธิพลที่เกิดมาจากตัวแปรต่างๆ หลายตัว ซึ่งพอจะแบ่งได้ดังนี้
    1.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งเป็นไปตามภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาลว่าเป็นอย่างไร ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นหลัก เนื่องมาจากอาคารที่ใช้การระบายอากาศโดยระบบธรรมชาตินั้น อากาศภายในและภายนอกอาคารจะไหลเวียนถ่ายเทถึงกันตลอดเวลา
    1.2 แสงแดด เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร โดยอุณหภูมิจะแปรผันตามปริมาณและความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งแสงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามากระทบกับพื้นผิวใดๆ ภายในอาคารจะก่อให้เกิดความร้อนขึ้น
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง สัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้ โดยปราศจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ในบริเวณใด บริเวณหนึ่ง เป็นอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ดังนี้
    2.1 ต้นไม้ (Trees) เป็นตัวแปรที่จะทำให้เกิดความชื้นเพิ่มขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นไม้จะดูดน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแล้วเปลี่ยนเป็นไอน้ำออกมาทาง

ปากใบ โดยความชื้นที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์แสงจะมีมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับจำนวนและพันธุ์ของต้นไม้

2.2 การระเหยของแหล่งน้ำ (Evaporative) แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้ๆ กับอาคารจะมีการระเหยของน้ำที่บริเวณผิวน้ำเป็นไออยู่ตลอดเวลา ตราบใดที่ความชื้นสัมพันธ์ของอากาศในบริเวณนั้นยังไม่ถึง 100 % ทำให้เกิดความชื้นเพิ่มขึ้น แต่อัตราการระเหยจะมากหรือน้อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น แสงแดด ความเร็วลม ขนาดของแหล่งน้ำ เป็นต้น

2.3 ความชื้นสะสมในวัสดุ หากวัสดุก่อสร้างอาคารเป็นวัสดุที่มีความชื้นสะสมอยู่มากก็จะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารสูงขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันจำพวก ผนังก่ออิฐ ผนังไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงวัสดุตกแต่งและเครื่องเรือนด้วย

3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) เป็นอุณหภูมิที่แผ่เป็นรังสีความร้อนออกมาจากพื้นผิวของวัสดุภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งเกิดจากตัวแปรต่างๆ ดังนี้

3.1 คุณสมบัติของวัสดุ (Property of Materials) เป็นคุณสมบัติทางด้านการสะสมความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

3.2 แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะแสงแดดโดยตรงที่ส่องกระทบพื้นผิววัสดุจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบสูงขึ้น

4. ความเร็วลม (Air Velocity) ความเร็วของลมภายในอาคารเรียนนั้นจะเกิดจากอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ดังนี้

4.1 ความเร็วของลมภายนอก ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล แต่ละช่วงเวลา ซึ่งก็จะส่งผลโดยตรงต่อความเร็วลมภายในอาคาร แต่ก็จะเกี่ยวเนื่องกับตัวแปรอื่นๆ ด้วย

4.2 ช่องเปิด ทั้งประตู หน้าต่าง และช่องลมต่างๆ เป็นส่วนที่จะยอมให้ลมจากภายนอกผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ ซึ่งความเร็วลมภายในอาคารนั้นก็จะขึ้นอยู่กับขนาด และทิศทางของช่องเปิดของอาคารนั้นๆ ว่ามีรูปแบบอย่างไร

4.3 ความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร ซึ่งเป็นตัวแปรที่จะทำให้เกิดกระแสลมขึ้น โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังที่ที่มีอุณหภูมิสูง และอากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยัง

ที่ที่มีความกดอากาศต่ำ ความเร็วของอากาศที่เคลื่อนที่หรือกระแสลมนั้น จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความกดอากาศ ถ้าแตกต่างกันมากกระแสลมก็จะมีความเร็วลมมากตามไปด้วย ดังนั้นหากต้องการให้เกิดลมขึ้นภายในอาคาร ก็สามารถทำได้โดยการออกแบบรูปทรงของอาคารเพื่อให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศรอบๆ อาคาร

3.1.2 ตัวแปรที่มีผลต่อกิจกรรมการเรียนรู้

ตัวแปรเหล่านี้เป็นสภาวะที่มีความเกี่ยวของต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียน และยังผลทางอ้อมกับสภาวะน่าสบายด้วย ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. แสงสว่าง (Lighting) ซึ่งเป็นแสงสว่างที่เกิดจากธรรมชาติ โดยสภาพของแสงสว่างภายในอาคารเรียนจะเป็นอิทธิพลที่เกิดจากตัวแปรต่างๆ ดังนี้
    1.1 สภาพแสงภายนอก จะเป็นตัวแปรที่มีผลโดยตรงต่อสภาพแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งก็จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาล แต่ละวันเวลา และสภาพของท้องฟ้าว่ามีสภาพเป็นอย่างไร ถ้าสภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ สภาพแสงก็จะมีค่าความสว่างมาก แต่ถ้าสภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก แสงก็จะเป็นแสงสะท้อนที่มีค่าความสว่างน้อย
    1.2 ช่องแสง เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อสภาพแสงสว่างภายในอาคาร โดยขึ้นอยู่กับลักษณะ ขนาดและทิศทางของช่องแสงของอาคาร ซึ่งการที่จะได้แสงสว่างที่มีคุณภาพนั้นลักษณะช่องแสงขนาดและทิศทางของช่องแสงจะต้องสัมพันธ์กับสภาพแสงภายนอก (ตำแหน่งดวงอาทิตย์ และสภาพท้องฟ้า) ด้วย
    1.3 สภาพพื้นผิวภายในอาคารเรียน ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีผลต่อสภาพแสงภายในห้องเรียน และยังมีผลต่อสภาพการมองเห็น (Visual) ภายในห้องอีกด้วย สภาพพื้นผิวนั้นก็ประกอบไปด้วย ลักษณะของพื้นผิวว่าเป็นพื้นผิวที่เรียบมัน หยาบ หรือขรุขระ ลักษณะความลาดเอียงของพื้นผิว รวมทั้งสีของพื้นผิวด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้จะมีผลต่อสภาพการสะท้อนแสงของพื้นผิว
    1.4 แสงประดิษฐ์ เป็นปัจจัยที่จะใช้เพื่อช่วยให้สภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนเหมาะสม ในกรณีที่สภาพแสงสว่างภายนอกไม่เพียงพอ
2. มุมมองภายในห้องเรียน (Visual) เป็นสภาพของการมองเห็นภายในห้องเรียนว่ามีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ไม่ว่าจะเป็นมุมมองของนักเรียนไปยังกระดานหน้าห้องเรียน ไปยังครูผู้สอน หรือกับโต๊ะที่ใช้เขียนหนังสือ รวมทั้งมุมมองของครู

ผู้สอนที่มองไปยังนักเรียนด้วย ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

2.1 สภาพแสงภายในห้องเรียน ทั้งด้านปริมาณแสงสว่างและทิศทางของแสงที่ส่องเข้ามาจากภายนอกอาคารที่เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดสภาพต่างๆ ที่รบกวนกิจกรรมการเรียน เช่น แสงจ้าเกินไปหรือมืดเกินไป แสงบาดตา (Glare)

2.2 ช่องแสง โดยจะเกี่ยวข้องกับมุมมองอย่างชัดเจนในเรื่องของตำแหน่งและทิศทางของช่องแสง ซึ่งช่องแสงที่จะทำให้เกิดมุมมองด้านการมองเห็นที่ดีนั้น ควรจะไม่อยู่ในพื้นที่ของการมองเห็น(Field of view) เนื่องจากจะทำให้เกิดแสงบาดตา (Glare) หรือถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ควรจะเป็นช่องแสงที่สภาพภายนอกไม่มีแสงจ้า เป็นสภาพมุมมองที่มีผลทางด้านจิตวิทยาที่ดี เช่น มุมมองที่เป็นธรรมชาติ

2.3 สภาพพื้นผิวภายในห้องเรียน ลักษณะต่างๆ ของสภาพพื้นผิวก็จะมีผลกระทบต่อมุมมองภายในห้องเรียน ทั้งลักษณะพื้นผิว การสะท้อนแสงของพื้นผิว และสีของพื้นผิว

2.4 แสงประดิษฐ์ เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อมุมมองภายในห้องเรียน ทั้งชนิด ขนาด และตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

3. เสียง (Acoustic) เป็นสภาพของเสียงภายในห้องเรียนว่ามีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด เนื่องจากการเรียนรู้ในปัจจุบันยังคงอาศัยเสียงเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน ดังนั้นหากสภาวะด้านเสียงและการได้ยินภายในห้องเรียนไม่เหมาะสมแล้ว ก็จะเป็นอุปสรรคที่จะส่งผลให้การเรียนรู้ไม่เกิดผลเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งสภาวะเรื่องเสียงก็ขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

3.1 Background Noise หมายถึง ระดับความดังของเสียงในสภาวะแวดล้อมโดยรอบที่จะต้องเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียน ไม่เงียบจนทำให้เกิดความรู้สึกวังเวง แต่ก็ไม่ดังจนรบกวนเสียงของผู้สอนและผู้เรียนที่ใช้สื่อสารกัน ดังนั้นจะต้องมีการป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

3.2 คุณสมบัติด้านเสียงของวัสดุ (Acoustic Materials) เป็นตัวแปรที่จะช่วยทำให้คุณภาพเสียงภายในห้องอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยผู้สอนใช้เสียงระดับปกติ นักเรียนทุกคนในห้องได้ยินในระดับความดังและระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน ไม่เกิดเสียงก้องจนทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาที่ผู้สอนกล่าว ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุสะท้อนเสียง วัสดุดูดซับเสียง จะต้องใช้ในตำแหน่งและจำนวนที่เหมาะสม

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อกิจกรรมการเรียน คือ Air Quality ซึ่ง หมายถึง คุณภาพอากาศภายในห้องเรียน ที่จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์เพียงพอ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ห้องเรียน แต่เป็นเรื่องที่มีผู้ศึกษาอย่างละเอียด และจริงจังค่อนข้างน้อย ทำให้ขาดข้อมูลพื้นฐานที่จะศึกษา ดังนั้นจึงมุ่งที่จะศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วเป็นหลัก ส่วนในเรื่องของ Air Quality นั้นจะทำการออกแบบที่คาดว่าจะส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนให้ดีขึ้นได้ เช่น การปลูกต้นไม้โดยรอบอาคารเพื่อช่วยดูดซับอากาศเสียที่จะถ่ายเทเข้ามาสู่ห้องเรียน ห้องเรียนมีการระบายอากาศที่เพียงพอเพื่อลดระดับ CO_2 ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย และการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่มีส่วนผสมของสารเคมีที่เป็นพิษให้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

จากการวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมดที่มีอิทธิพลต่อภาวะน่าสบายและภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ การออกแบบอาคารโดยการพึ่งพาระบบธรรมชาตินั้น เป็นแนวคิดในการที่จะจัดการกับปัจจัยต่างๆ ของธรรมชาติ มุ่งที่จะใช้งานจากปัจจัยส่วนที่เป็นประโยชน์ หลีกเลี่ยง ป้องกัน ควบคุม ปัจจัยส่วนที่เป็นผลร้ายต่อภาวะน่าสบาย ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงการจะจัดการ ควบคุมตัวแปรเหล่านั้นแล้ว สามารถที่จะจัดแบ่งออกได้เป็นกลุ่มต่างๆ ดังตารางที่ 3-1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัยด้านต่างๆ (ภาวะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้)	อิทธิพลตัวแปร	ตัวแปร		
		ตัวแปรทางธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้	ตัวแปรทางธรรมชาติที่สามารถปรุงแต่งได้	ตัวแปรทางการออกแบบที่กำหนดได้
ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะน่าสบาย	Temperature (20 – 32 °C)	Air Temperature **Solar Radiation**		Thermal Mass Insulation
	Humidity (30 – 80%)	Relative Humidity Precipitation	**Trees , Evaporation** (Water Bodies)	**Materials**
	MRT	**Solar Radiation**		Materials - conductivity - emissivity
	Air Velocity (0 – 500 fcm)	**Wind Velocity**	**ความแตกต่างอุณหภูมิ &ความกดอากาศ** **Site Elements**	Fenestration Orientation
ปัจจัยที่มีผลต่อกิจกรรมการเรียนรู้	Lighting (300 – 500 fc)	Daylight	**(Indirect light)**	Fenestration Artificial light Surface
	Visual	Daylight	**(Indirect light)**	Fenestration Artificial light Surface
	Acoustic		**Background noise**	Acoustic material
	Air Quality		**Vegetation, Ventilation**	Materials (Non-Toxic)

ตารางที่ 3-1 แสดงการจำแนกตัวแปรออกเป็นกลุ่ม

จากตารางดังกล่าวข้างต้นได้จัดแบ่งตัวแปรต่างๆ ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ โดยแบ่งตามความสามารถในการควบคุมตัวแปรนั้นๆ

1. **ตัวแปรทางธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้** ซึ่งก็หมายถึง สภาพภูมิอากาศนั่นเอง ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล เวลา เป็นตัวแปรกลุ่มหลักสำคัญที่จะต้องคำนึงเป็นลำดับแรก ในการออกแบบห้องเรียน โดยการมุ่งนำเอาประโยชน์จากสภาพภูมิอากาศมาใช้ และในขณะเดียวกันก็หลีกเลี่ยงหรือหาทางป้องกันส่วนของภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน

จากการกำหนดกรณีศึกษาที่ตั้งของโรงเรียนท้องถิ่นอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นจึงได้พิจารณาเลือกเอาสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ในบริเวณกึ่งกลางของภูมิภาคและมีสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างรุนแรง ก็คือ จังหวัดขอนแก่น ซึ่งจากข้อมูลภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2538 พอที่จะสรุปลักษณะภูมิอากาศได้ดังนี้

เดือน	จำนวนช่วงเวลาที่อุณหภูมิและความชื้นอยู่ในเขตสบาย (%)						ช่วงเวลาที่มีกระแสลมหนาแน่น	ทิศทางลม
	เมื่อไม่มีกระแสลม			เมื่อมีกระแสลม				
	อยู่ในเขตสบาย	อยู่ใต้เขตสบาย	รวม	อยู่ในเขตสบาย	อยู่ใต้เขตสบาย	รวม		
ม.ค.	31.5	4.4	35.9	31.0	15.3	46.3	10.00–18.00 น.	NE
ก.พ.	28.6	6.7	35.3	30.8	11.2	42.0	10.00–17.00 น.	NE,SW,SE
มี.ค.	12.9	0.4	13.3	19.4	4.4	23.8	11.00–18.00 น.	SW,E
เม.ย.	0	0	0	2.9	0	2.9	10.00–18.00 น.	S,SW,SE
พ.ค.	0	0	0	4.0	0.4	4.4	08.00–18.00 น.	NW,W,S,SW,SE
มิ.ย.	0	0	0	3.3	0	3.3	มีลมตลอดเวลา	S,SW,W
ก.ค.	0	0	0	5.2	0	5.2	09.00–18.00 น.	S,SW
ส.ค.	0	0	0	2.4	0	2.4	10.00–18.00 น.	S,SW
ก.ย.	0	0	0	2.9	0	2.9	10.00–16.00 น.	NE,SW
ต.ค.	1.2	0	1.2	10.9	0.8	11.7	10.00–18.00 น.	N,NE
พ.ย.	11.3	0.4	11.7	29.6	3.8	33.4	10.00–18.00 น.	N,NE,NW
ธ.ค.	25.8	13.3	39.1	24.2	25.4	49.4	10.00–18.00 น.	N,NE,NW
รวม	9.275	2.1	**11.37**	13.88	5.1	**18.98**		

ตารางที่ 3-2 แสดงการวิเคราะห์ภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น ปี 2538

จากตารางสรุปข้อมูลภูมิอากาศข้างต้น อุณหภูมิอากาศและความชื้นที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อภาวะน่าสบาย (อยู่ในเขตสบายและใต้เขตสบาย) นั้นมีเพียง 11.37% เท่านั้น และเมื่อมีกระแสลมช่วยจะเพิ่มขึ้นเป็น 18.98% ซึ่งนับว่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการใช้อาคารใน 1 ปี ช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในฤดูหนาว เดือน พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ ดังนั้นช่วงเวลานี้สามารถนำเอาอากาศภายนอกเวลากลางวันเข้ามาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ แต่จำเป็นต้องระมัดระวังกระแสลมที่จะทำให้อุณหภูมิอยู่ใต้เขตสบายซึ่งก็จะเป็นอากาศที่หนาวเย็น ส่วนในช่วงเวลาที่เหลือของปีอุณหภูมิและความชื้นนั้นอยู่นอกเขตสบาย โดยเฉพาะในเวลากลางวัน แม้จะใช้กระแสลมช่วยก็ได้ช่วงเวลาที่อยู่ในเขตสบายเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อีกทั้งทิศทางของลมก็ค่อนข้างแปรปรวน การจะนำเอากระแสลมมาช่วยจึงเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการนำเอาอากาศภายนอกเวลากลางวันในช่วงดังกล่าวเข้ามาใช้ในอาคาร แต่เมื่อพิจารณาอากาศภายนอกในเวลากลางคืนจะพบว่า มีอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้งานภายในอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารโรงเรียนจึงควรจะสามารถใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืนได้

ด้านของแสงสว่างนั้น ตัวแปรหลักที่มีผลต่อคุณภาพแสงที่จะนำมาใช้ในอาคาร คือ ความแปรปรวน และทิศทางของแสง ซึ่งแสงธรรมชาติจะมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลาและทิศทางก็เปลี่ยนไปตลอดตามช่วงเวลา ดังนั้นการที่จะนำแสงสว่างเข้ามาใช้ในอาคารจึงควรจะเป็นแสงแบบกระจายจากทางทิศเหนือซึ่งมีมุมเงาแดด (Profile Angle) ที่มากกว่าทางด้านทิศอื่นๆ ทำให้ง่ายในการควบคุมแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ที่จะเข้ามาในอาคารทำให้เกิดความร้อน

2. **ตัวแปรทางธรรมชาติที่สามารถปรุงแต่งได้** ตัวแปรกลุ่มนี้เป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่อยู่ในบริเวณโดยรอบของที่ตั้งอาคาร (Microclimate) เป็นตัวแปรที่เราสามารถปรับปรุง เสริมแต่ง หรือเพิ่มเติมเข้าไปในบริเวณรอบอาคารได้ บางประเภทเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ยากแต่ปรับแต่งด้วยการที่ต้องออกแบบอาคารให้สอดคล้องสัมพันธ์ เช่น ภูเขา ป่าไม้ แหล่งน้ำขนาดใหญ่ ฯ บางประเภทสามารถปรับแต่งได้ตามสมควร ผสมผสานกับการออกแบบอาคารให้สอดคล้องกัน เช่น ต้นไม้ใหญ่ เนินดิน บ่อน้ำขนาดเล็ก เสียงรบกวน ฯ และบางประเภทสามารถที่จะก่อสร้างเพิ่มเติมได้ เช่น ต้นไม้ (ขนาดกลาง ไม้พุ่ม และพืชคลุมดิน) ลักษณะพื้นผิวโดยรอบอาคาร ตัวแปรต่างๆ เหล่านี้เป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อได้ออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับตัวแปรในกลุ่มแรกแล้ว

3. **ตัวแปรทางการออกแบบที่กำหนดได้** เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลในด้านรายละเอียดของอาคาร การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ตัวแปรกลุ่มนี้เป็นสิ่งที่เราสามารถจะเลือกหรือกำหนดได้ เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบอาคารที่ได้ออกแบบให้เหมาะสมกับตัวแปรสองกลุ่มแรกแล้ว ตัวแปรกลุ่มนี้มีตั้งแต่

โครงสร้างของอาคาร วัสดุในส่วนต่างๆ ของอาคาร ไม่ว่าจะเป็น พื้น ผนัง และหลังคา ประเภทของช่องเปิด ขนาดและทิศทางของช่องเปิด ประเภทของดวงโคมและหลอดไฟ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์ตัวแปรทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มตัวแปรธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้นั้นมีความสำคัญมากที่สุด ต้องออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับตัวแปรกลุ่มนี้ ตัวแปรกลุ่มนี้ที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการออกแบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่น ที่ใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติ คือ

- อุณหภูมิอากาศ โดยการป้องกันอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิไม่เหมาะสม (สูงกว่าและต่ำกว่าเขตสบาย) ไม่ให้มีผลกระทบหรือกระทบน้อยที่สุด และพยายามนำเอาอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิเหมาะสม (อยู่ในเขตสบาย) มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด
- แสงธรรมชาติ มีผลต่อรูปแบบของอาคารที่จะนำเอาแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพมาใช้ในอาคาร

ส่วนตัวแปรอื่นๆ สามารถออกแบบส่วนประกอบอาคาร ให้เกิดความเหมาะสมกับตัวแปรเหล่านั้น สอดคล้องและเป็นประโยชน์กับการใช้งานอาคารได้

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาของการเรียนรู้ในห้องเรียนแบบเก่า

โรงเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาในภูมิภาค ส่วนใหญ่จะเป็นโรงเรียนของรัฐบาล ซึ่งมีรายได้หลักจากงบประมาณประจำปีที่มีอยู่อย่างจำกัด เป็นโรงเรียนที่ใช้รูปแบบอาคารเดียวกันทั่วประเทศ ไม่ได้เกิดจากการออกแบบให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้นกับอาคารเรียนจนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของเยาวชน ได้แก่ปัญหาต่างๆ ดังนี้

3.2.1 ปัญหาด้านภาวะน่าสบายที่ไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์รูปแบบอาคารเรียนของโรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยได้ยกตัวอย่างอาคารเรียนของโรงเรียนบ้านปลัดมุม อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ (ตามแบบที่แสดงในภาคผนวก) มาเป็นกรณีศึกษา จะเห็นได้ว่าเป็นอาคารที่ใช้ระบบเปิด เป็นผลให้ สภาวะแวดล้อมภายนอก (สภาพภูมิอากาศ) จึงมีผลอย่างมากต่อสภาวะภายในอาคาร ซึ่งจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่นั้น อยู่นอกเหนือเขตสบาย ทำให้ภายในห้องเรียนก็อยู่นอกเหนือเขตสบายด้วย ส่วนการที่จะป้องกันสภาวะแวดล้อมที่ไม่สบายภายนอกไม่ให้ส่งผลต่อภายในอาคารโดยการปิดอาคารทั้งหมดก็ไม่เกิดผลมากนัก เนื่องจากวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเป็นเปลือกอาคารนั้นส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุจำพวกไม้ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U – Value) ประมาณ 0.56 ได้จาก

Component	R
Outside Air Layer	0.25

0.75-in Wood	0.94
Inside Air Layer	0.68
$\sum R$	1.87

U-Value = $1/\sum R$ = 1/1.87 = 0.53

ซึ่งค่า U-Value ของเปลือกอาคารที่ใช้ไม้นี้มีค่าค่อนข้างสูง จึงทำให้ไม่สามารถที่จะป้องกันสภาพแวดล้อมที่รุนแรงจากภายนอกได้ ทำให้ในฤดูร้อนอากาศภายในห้องเรียนก็จะมีอุณหภูมิที่สูง ส่วนในฤดูหนาวก็ไม่สามารถป้องกันอากาศที่หนาวเย็นจากภายนอกได้ ดังนั้นแม้ว่าจะแก้ไขโดยตัวแปรในด้านเสื้อผ้า และพลังงานจากอัตราการเผาผลาญอาหาร ก็คงไม่ช่วยให้นักเรียนอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ อันเนื่องมาจากตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงทางสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นสาเหตุหลักไม่ได้รับการแก้ไขให้เหมาะสมเสียก่อน จากปัญหาด้านภาวะน่าสบายที่ได้กล่าวมา พอจะสรุปเป็นข้อปัญหาให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังนี้

ปัญหาในฤดูร้อน

- ความร้อนจากการแผ่รังสีของวัสดุเปลือกอาคารที่แสงแดดส่องถึง เช่น ผนัง หลังคา และแสงแดดส่องไม่ถึง เช่น ฝ้าเพดาน
- ความร้อนจากอากาศภายนอกที่สูง ถ่ายเทโดยการพาเข้ามาภายในอาคาร
- รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่อาจส่องเข้ามาภายในห้องเรียน และจากการสะท้อนของพื้นผิวโดยรอบอาคาร ทำให้เกิดความร้อน
- การเว้นช่องอากาศใต้ถุนอาคารเพื่อลมพัดระบายความร้อนใต้พื้นอาคารก็ไม่ได้ผล อันเนื่องจากพื้นผิวรอบอาคารเป็นพื้นที่ร้อน ไม่มีต้นหญ้าคลุมดิน เป็นผลให้ลมที่พัดผ่านใต้ถุนเป็นลมที่ร้อน

ปัญหาในฤดูหนาว

- วัสดุเปลือกอาคารที่มีค่า U-Value ที่ค่อนข้างสูง ทำให้ความร้อนภายในห้องเรียนถ่ายเทออกสู่ภายนอก เป็นผลให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าเขตสบาย
- อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะพัดเข้ามากับลมฤดูหนาวที่จะมาพร้อมกับความหนาวเย็น
- เมื่อปิดช่องเปิดทั้งหมด อากาศก็สามารถรั่วไหลได้ต่อรอยต่อของวัสดุที่มีอยู่ค่อนข้างมาก

3.2.2 ปัญหาด้านเทคนิคการก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง

เนื่องจากแบบของโรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้ทำการออกแบบไว้เมื่อช่วงเวลาที่ผ่านมาหลายปีแล้ว ซึ่งใช้ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ที่มีอยู่ในเวลานั้น แต่ในปัจจุบันนี้ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

กับการออกแบบอาคารนั้นได้มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีความรุนแรงขึ้นด้วย ดังนั้นระบบการก่อสร้างแบบเดิมจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในปัจจุบัน ซึ่งพอจะสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

- ระบบโครงสร้างแบบเดิมที่ใช้เสาและคาน ซึ่งเทคโนโลยีแต่เดิมยังไม่ก้าวหน้า ประกอบกับเป็นระบบที่ใช้กันมาแต่เดิม ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดสำหรับพื้นที่บางแห่งที่ขาดวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมต่อระบบเสาและคาน เช่น พื้นที่ที่มีแหล่งหินจำนวนมาก หรือบางแห่งมีการผลิตอิฐเป็นอาชีพ เป็นผลให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น
- ระบบโครงสร้างที่ใช้อยู่ไม่เอื้ออำนวยต่อการที่จะออกแบบให้เหมาะสมกับการประหยัดพลังงานได้ มีข้อจำกัดในด้านรูปทรงของอาคารที่ไม่สามารถสร้างสรรค์ได้ตามต้องการ
- ระบบโครงสร้างเป็นแบบเดียวกันทั้งหมด ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยทางด้านภูมิอากาศท้องถิ่น
- วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นไม้ ซึ่งปัจจุบันประสบกับสภาวะขาดแคลน และมีราคาที่สูง
- วัสดุมีอายุการใช้งานที่สั้น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาสูง
- วัสดุบางชนิดเป็นวัสดุที่เป็นพิษหรือก่อสารพิษ อันเป็นอันตรายต่อสุขภาพของนักเรียน
- วัสดุส่วนใหญ่มีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการที่จะทำให้สภาวะภายในห้องเรียนใกล้เคียงกับภาวะน่าสบาย

3.2.3 **ปัญหาด้านเอกลักษณ์**

เอกลักษณ์ในที่นี้ หมายถึง รูปแบบของอาคารที่สื่อไปถึงลักษณะของสภาพแวดล้อมของท้องถิ่นนั้นๆ โรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้กันอยู่ เป็นแบบอาคารที่ออกแบบโดยหน่วยงานส่วนกลาง ที่มีจุดประสงค์ของการออกแบบที่ง่ายต่อการทำงาน มีรูปแบบที่ตรงไปตรงมา เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่ดีเช่นในอดีต แต่ในปัจจุบันซึ่งสภาพแวดล้อมได้เปลี่ยนไปในทางที่เลวร้าย ความต้องการใช้งานอาคารก็เปลี่ยนไปด้วย เป็นผลให้รูปแบบอาคารโรงเรียนแบบเดิมนั้นไม่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ท้องถิ่นนั้นๆ

3.2.4 **ปัญหาด้านคุณภาพชีวิต**

จากความไม่เหมาะสมในด้านต่างๆของอาคารเรียน ทำให้คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งคุณภาพชีวิตแย่ลงด้วย ขาดความปลอดภัยในสุขภาพ และเมื่อต้องมีการใช้พลังงานในการปรับสภาพภายในห้องเรียนให้เหมาะสมมากขึ้น ก็เป็นผลให้เกิดมลภาวะที่ไปกระทบกับสิ่งแวดล้อมธรรมชาติเพิ่มขึ้น กระทบกับสภาพสังคมโดยรวมอีกด้วย

3.3 การวิเคราะห์แนวความคิดที่จะใช้ในการออกแบบอาคารโรงเรียน

จากปัจจัยที่ได้มีการวิเคราะห์ถึงความไม่เหมาะสมของอาคารโรงเรียนแบบเดิมนั้น ปัจจัยด้านสภาวะน่าสบาย นับว่าเป็นส่วนที่เป็นเป้าหมายหลักในการที่จะทำให้ห้องเรียนมีสภาวะที่ใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบาย ทำให้คุณภาพการเรียนรู้ดีขึ้น ซึ่งปัจจัยด้านอื่นๆ จะเป็นส่วนที่จะช่วยทำให้ห้องเรียนเป็นไปตามวัตถุประสงค์ได้ ดังนั้นการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นจึงมุ่งเน้นไปยังการทำให้ปัจจัยทางด้านสภาวะน่าสบายมีความเหมาะสม จากตัวแปรทั้ง 6 ประการที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย ในส่วนของสภาพแวดล้อม คือ อุณหภูมิ ความชื้น MRT และความเร็วลม เป็นส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับอาคารโดยตรง ซึ่งจะมีการคำนึงถึงเป็นหลัก ส่วนในตัวแปรเรื่อง เสื้อผ้า และอัตราการเผาผลาญอาหารนั้นเป็นเรื่องเฉพาะบุคคลและการจัดการ จะใช้เป็นส่วนที่เสริมในการออกแบบเท่านั้น

แนวความคิดในการออกแบบโดยใช้ปัจจัยทางธรรมชาตินั้นสามารถจำแนกออกเป็นด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1. **แนวความคิดป้องกันสภาพภายนอกที่รุนแรง**

- การป้องกันอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศที่สูงกว่าเขตสบาย
- ป้องกันแสงแดดโดยตรง (Direct sun) ในส่วนที่ไม่ต้องการความร้อน
- เลือกใช้ระบบผนังที่สามารถกันเสียงรบกวนจากภายนอก และสามารถดูดซับเสียงภายในได้ดี

2. **แนวความคิดในการนำสภาพภายนอกที่ดีมาใช้ประโยชน์**

- การใช้มวลสารกับพื้นอาคาร เพื่อให้เกิด Heat Loss จากร่างกายทำให้อุณหภูมิลดลง
- กักเก็บความเย็นในเวลากลางคืนไปใช้ในเวลากลางวัน
- นำแสงแดดมาใช้ในส่วนที่ต้องการความอบอุ่น เช่น ในฤดูหนาว
- การใช้ต้นไม้เพื่อเปลี่ยนไอน้ำในอากาศให้เป็นความเย็น
- ปรับสภาพแวดล้อมรอบอาคาร (Micro climate) ให้เกิดความร่มรื่น เย็นสบาย
- กำหนดจำนวน ทิศทาง และขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม เพื่อนำแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพมาใช้ในอาคาร

3. **แนวความคิดด้านการจัดพื้นที่**

- ออกแบบพื้นที่ใช้สอยเป็น zone ตามความเหมาะสมต่อการใช้งาน
- เลือกรูปทรงอาคารที่มีพื้นที่รับความร้อนน้อยที่สุด แต่มีพื้นที่รับความเย็นมากที่สุด

- ออกแบบปริมาตร (Volume) ของอาคารให้เหมาะสมกับการระบายอากาศ
- ออกแบบพื้นที่ภายในให้มีความซับซ้อนน้อยที่สุด เพื่อลดกิจกรรมการเดินที่จะทำให้เกิดความร้อน

4. แนวความคิดด้านส่วนประกอบอาคาร

- ออกแบบช่องเปิดให้สามารถปรับเปลี่ยนได้ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายนอก
- ออกแบบองศาความชันของหลังคาที่เหมาะสมกับปัจจัยต่างๆ (Solar cell, Heat pocket, การกันแดดให้อาคาร)
- การออกแบบปริมาณของแสงสว่างจะต้องสม่ำเสมอทั่วทั้งห้อง
- การจัดโต๊ะ เก้าอี้ จะต้องไม่มีจุดบอดในเรื่องของการมองเห็น
- ออกแบบอาคารที่สามารถป้องกันฝน ฝุ่น แมลง และสิ่งรบกวนจากภายนอกได้
- ออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับแสงธรรมชาติ
- การมองเห็นของนักเรียนจะต้องชัดเจน ไม่มีแสงจ้ารบกวน
- ออกแบบช่องแสงที่ได้แสงธรรมชาติที่ดี แต่ความร้อนเข้ามาน้อยที่สุด

5. แนวความคิดด้านวัสดุก่อสร้าง

- ใช้วัสดุที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนต่ำในบริเวณที่ร้อน ใช้วัสดุที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนสูงในบริเวณที่เย็น
- วัสดุที่เลือกใช้ต้องไม่เป็นพิษ ไม่เกิดปัญหาเรื่องความชื้น
- วัสดุที่เลือกใช้ควรเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง
- เลือกใช้ระบบโครงสร้างอาคารที่วางบนดิน เพื่อให้พื้นอาคารสัมผัสดินอยู่เสมอ
- ออกแบบระบบเปลือกอาคารให้สามารถสกัดกั้นความร้อน หน่วงความร้อนจากภายนอกอย่างเหมาะสม
- เลือกใช้สีของอาคารที่เอื้อต่อกิจกรรมการเรียน (บรรยาย, ฉายสไลด์ ฯ)

6. แนวความคิดด้านพลังงาน

- การใช้เครื่องกลต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความร้อนให้น้อยที่สุด และเลือกใช้ชนิดที่เกิดความร้อนต่ำ และใช้ให้ประสานกับปัจจัยธรรมชาติ

- หาวิธีการนำเอาพลังงานธรรมชาติมาใช้งานให้มากที่สุด (แสงอาทิตย์, ความเย็นจากท้องฟ้า ฯ)
- การออกแบบที่สามารถจะนำสิ่งที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้ (Reuse, Recycle)

7. **แนวความคิดด้านการบริหารจัดการ**

- สร้างคู่มือการใช้อาคารที่ถูกต้อง เพื่อให้สามารถใช้อาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆ ฤดูกาล
- ออกแบบอาคารที่ต้องการการบำรุงที่น้อย เสียค่าใช้จ่ายต่ำ
- ออกแบบอาคารที่มีสัดส่วน และขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน

จากแนวความคิดข้างต้นในการออกแบบโรงเรียนที่มุ่งใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ เมื่อนำมาประมวลกับความเป็นไปได้ด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความเป็นไปได้ในการลงทุน ซึ่งเป็นอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่มีงบประมาณที่จำกัด ความเป็นไปได้ในการก่อสร้างที่จะต้องสามารถสร้างได้โดยช่างท้องถิ่นใช้เทคนิคที่ไม่ซับซ้อน วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ที่สามารถหาได้ทั่วไป มีการผลิตในประเทศ ความเหมาะสมในการนำมาใช้กับอาคารและการจัดการอาคาร สามารถสรุปเป็นเทคนิคการออกแบบที่คาดว่าจะนำไปใช้งานได้จริงกับอาคารโรงเรียน ตามกระบวนการออกแบบอาคารโรงเรียนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การออกแบบอาคารและการเตรียมการทดลอง

จากการศึกษาทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งได้ทำการวิเคราะห์ตัวแปร ปัญหา และแนวความคิดในการออกแบบโรงเรียน ซึ่งทั้งหมดเป็นพื้นฐานของความรู้ที่จะได้นำมาผสมผสาน บูรณาการ ให้เกิดเป็นรูปแบบอาคารที่ตอบสนองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการอาคารโรงเรียนที่มีสภาวะภายในใกล้เคียงภาวะน่าสบายมากที่สุด อีกทั้งยังมีปัจจัยด้านอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย

4.1 การออกแบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

การวิจัยเรื่องการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่น โดยการพึ่งพาระบบธรรมชาตินี้ มีวิธีดำเนินการวิจัยที่ใช้กระบวนการออกแบบอาคาร เนื่องจากมีข้อสนับสนุนว่า “กระบวนการออกแบบเป็นกระบวนการวิจัย” (วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, 2545) ขั้นตอนของการออกแบบอาคารโรงเรียนนี้เป็นขั้นตอนการตั้งสมมติฐานของการวิจัยที่จะใช้ในการทดลอง โดยจะนำเอาแนวความคิดต่างๆ ที่ได้กล่าวมาผสมผสานกับเทคนิคต่างๆ เพื่อให้ได้รูปแบบของอาคารโรงเรียนที่มีสภาวะภายในใกล้เคียงภาวะน่าสบายมากที่สุด มีปัจจัยด้านต่างๆ ทีเหมาะสมต่อการเรียนรู้ ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้มากที่สุด ใช้พลังงาน(พลังงานที่นำกลับมาใช้อีกไม่ได้ หรือ Nonrenewable Energy) ให้น้อยที่สุด โดยพิจารณาตามกระบวนการออกแบบ ปัจจัยแวดล้อมต่างๆ และเทคนิคดังต่อไปนี้

4.1.1 การเลือกที่ตั้งอาคาร

ข้อพิจารณาสำคัญของการเลือกที่ตั้งอาคารโรงเรียน คือ การใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมธรรมชาติในพื้นที่ตั้งอาคาร ซึ่งสภาพแวดล้อมเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะภายในของอาคารอย่างมาก โดยเฉพาะอาคารโรงเรียนที่พึ่งพาระบบธรรมชาติ ดังนั้นการพิจารณาเลือกที่ตั้งอาคารจึงมีหลักการว่า ควรจะต้องเป็นพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่จะเอื้อประโยชน์ต่ออาคารมากที่สุด และหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเลวร้าย ที่ตั้งที่มีสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่ดีจะส่งผลทำให้อาคารโรงเรียนมีสภาวะภายในอาคารใกล้เคียงภาวะน่าสบาย มีสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่สำคัญที่ควรมีการพิจารณาในการเลือกที่ตั้งอาคารได้แก่

(1) ต้นไม้

ต้นไม้เป็นสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสภาพอากาศโดยรอบของพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากต้นไม้เป็นปัจจัยที่จะช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันที่ค่อนข้างสูงสำหรับประเทศที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอย่างประเทศไทย โดยต้นไม้จะดูดเอาน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบในกระบวนการสังเคราะห์แสง อาจประมาณการได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) ถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งสามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้วแปลงสภาพน้ำให้กลายเป็นไอในอัตราประมาณ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมเทียบเท่าเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือประมาณ 12.66 เมกะจูลต่อชั่วโมง (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 72) ต้นไม้แต่ละขนาดนอกจากจะช่วยลดอุณหภูมิจากการสังเคราะห์แสงแล้ว ยังให้ประโยชน์ด้านอื่นๆ อีกด้วย ต้นไม้ขนาดใหญ่ช่วยกรองแสงและสกัดกั้นแสงแดดจากด้านบน และยังสามารถที่จะบังรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับผนังของอาคารได้อีกด้วย ต้นไม้พุ่มระดับกลางช่วยกรองแสงที่จะส่องลงมายังผิวดินโดยตรง ส่วนพืชคลุมดินก็ช่วยในการดูดน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศ

ภาพที่ 4-1 แสดงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งที่อาคารเหมาะสม ประกอบไปด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและพืชคลุมดิน

(2) แหล่งน้ำ

การระเหยของน้ำนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน จะทำให้สภาพแวดล้อมโดยรอบมีอุณหภูมิที่ต่ำลง ดังนั้นการระเหยของน้ำจึงช่วยทำให้อากาศเย็นลง การใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำสามารถทำได้

โดยการที่ให้กระแสลมพัดผ่านบริเวณผิวหน้าของน้ำที่มีการระเหย มีความเย็น และพัดเข้ามาภายในอาคารหรือพื้นที่ใช้สอยที่ต้องการลดอุณหภูมิ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความชื้นที่เกิดจากการระเหยของน้ำด้วย แหล่งน้ำที่สามารถจะใช้เป็นแหล่งความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ ควรจะต้องเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 88) และควรจะมีต้นไม้ขนาดใหญ่ปกคลุมด้วยเพื่อลดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่จะสะสมที่ผิวน้ำ

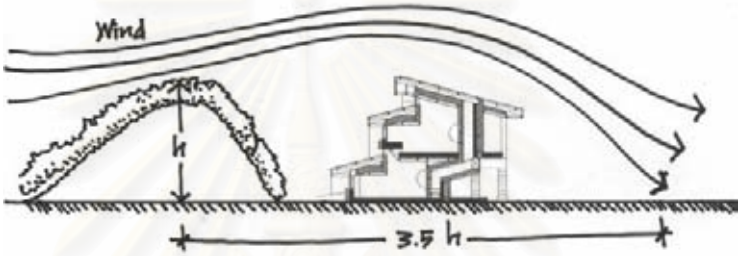
ภาพที่ 4-2 แสดงลักษณะของแหล่งน้ำที่สามารถเป็นแหล่งความเย็นให้อาคารเรียนได้

อย่างไรก็ตามบางกรณีมีข้อจำกัดในการเลือกที่ตั้งของอาคาร ไม่สามารถที่จะเลือกที่ตั้งที่มีสภาพแวดล้อมที่ดีได้ ก็สามารถที่จะใช้การปรับปรุงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารให้มีความเหมาะสมสำหรับการเป็นที่ตั้งอาคารได้

4.1.2 การปรับปรุงสภาพแวดล้อม

การปรับปรุงสภาพแวดล้อม เป็นการแก้ปัญหาเมื่อไม่สามารถเลือกที่ตั้งอาคารที่มีสภาพแวดล้อมที่ดีได้ อาจจะเป็นการจัดสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ทั้งหมด หรืออาจจะเป็นการสร้างเสริมเพื่อให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นก็ได้ การปลูกต้นไม้ในบริเวณโดยรอบพื้นที่ตั้งของอาคารเพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศ ทั้งต้นไม้ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและพืชคลุมดิน ให้มีตำแหน่งและจำนวนที่เหมาะสมกับประโยชน์ของต้นไม้แต่ละขนาดดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1.1 ส่วนของแหล่งน้ำที่จะใช้เป็นแหล่งความเย็นให้กับอาคารและสภาพแวดล้อมนั้น หากมีพื้นที่ดินขนาดใหญ่ก็สามารถที่จะขุดเป็นบ่อน้ำเพื่อใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำได้ โดยควรจะมีตำแหน่งทางทิศเหนือลมในฤดูร้อน ซึ่งกระแสลมส่วนใหญ่ในฤดูร้อนจะมาจากทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ เพื่อให้ลมสามารถพัดเอาความเย็นจากผิวน้ำที่มี

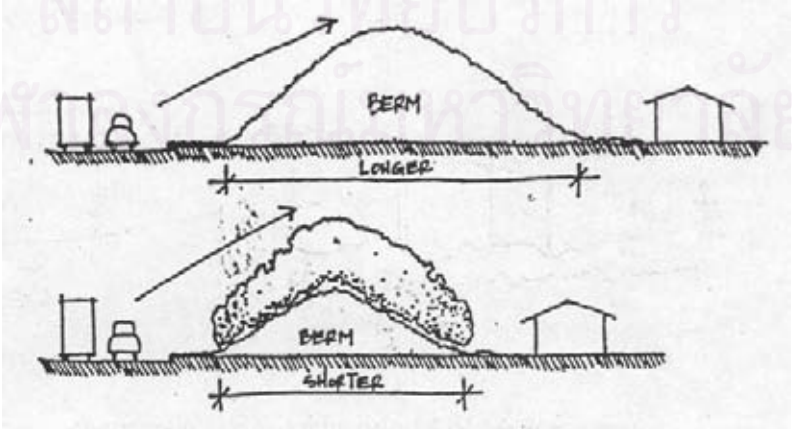
การระเหยเข้ามาใช้ในอาคารและโดยรอบอาคารได้ โดยควรจะต้องมีการปลูกต้นไม้เพื่อให้ร่มเงากับบ่อน้ำด้วย ส่วนของดินที่เกิดจากการขุดบ่อน้ำนั้น สามารถนำมาใช้ปรับเป็นเนินดินที่เป็นปัจจัยสำคัญช่วยในการปรับแต่งแนวการไหลเวียนของลมให้เป็นไปตามต้องการได้ ควบคุมให้กระแสลมปรับเปลี่ยนแนวให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางซึ่งจะทำให้สภาพแวดล้อมเย็นลงหรือเพิ่มความเร็วลมได้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 86) อาจใช้เนินดินกั้นหรือเปลี่ยนทิศทางของกระแสลมที่ไม่ต้องการให้เข้าภายในอาคารได้



อย่างเช่นลมในฤดูหนาวที่พัดเอาอากาศเย็นและแห้งมาด้วย โดยกระแสลมจะถูกบังคับให้ลอยข้ามพื้นที่หลังแนวเนินดินและจะโค้งลงที่ระยะห่างจากกึ่งกลางเนินดินเป็น 3.5 เท่าของความสูงเนินดิน ดังรูป

ภาพที่ 4-3 แสดงแนวทางการใช้เนินดินเพื่อบังคับทิศทางลมที่ไม่ต้องการให้พัดข้ามอาคาร

นอกจากนี้เนินดินยังสามารถที่จะใช้เป็นแนวกั้นเสียงรบกวน (Earth-Berm Noise Barrier) จากสภาพแวดล้อมได้อีกด้วย

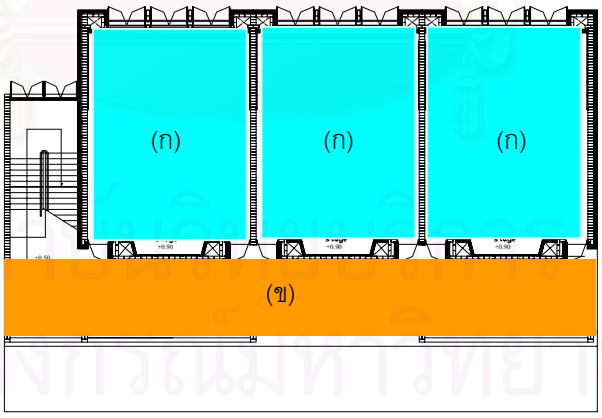


ภาพที่ 4-4 แสดงแนวทางการใช้เนินดินในการกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก

4.1.3 **ความต้องการพื้นที่ใช้สอยของอาคารเรียน**

การออกแบบห้องเรียนนั้น ขนาดของพื้นที่ภายในห้องเรียนใช้เกณฑ์มาตรฐานของโรงเรียนของรัฐบาล เพื่อที่จะยังให้สามารถใช้งานห้องเรียนได้สอดคล้องกับโรงเรียนแบบเดิม ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ โต๊ะ เก้าอี้ แบบเดิมได้ในกรณีที่ยังต้องใช้งานร่วมกัน โดยขนาดพื้นที่ภายในห้องเรียนตามระเบียบกระทรวงศึกษาธิการ ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานของโรงเรียนเอกชนประเภทสามัญศึกษาระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา พ.ศ. 2528 กำหนดไว้ว่า ห้องเรียนจะต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 6 x 8 เมตร ดังนั้นจึงได้ออกแบบห้องเรียนให้มีขนาด 7.20 x 10 เมตร เพื่อที่จะสามารถรองรับจำนวนนักเรียนได้ 45 – 50 คน โดยที่ไม่รู้สึกแออัดเหมือนห้องเรียนแบบเดิม เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่ใช้การระบายอากาศโดยระบบธรรมชาติ นักเรียนจะมีพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยประมาณ 1.4 ตารางเมตรต่อคน ในขณะที่ห้องเรียนมาตรฐานนักเรียนจะมีพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยเพียงประมาณ 0.96 ตารางเมตรต่อคนเท่านั้น

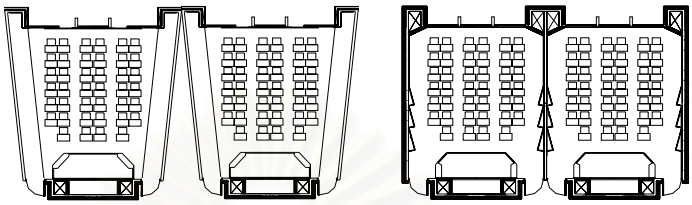
นอกจากนี้ได้ออกแบบให้มีพื้นที่ใช้สอยร่วมกันของห้องเรียนบริเวณหน้าห้องเรียนที่มีขนาดใหญ่กว่าอาคารเรียนแบบเดิมทั่วไปที่มีระเบียงทางเดินกว้างเพียง 1 - 2 เมตร ทำให้บางครั้งมีปัญหาในการสัญจรเมื่อนักเรียนทุกห้องมีการเข้า-ออกห้องเรียนพร้อมกัน โดยอาคารเรียนของโรงเรียนท้องถิ่นแบบใหม่นี้ ออกแบบให้พื้นที่ใช้สอยหน้าห้องมีความกว้างประมาณ 3.50 เมตร ยาวตลอดแนวของอาคารเรียน ซึ่งพื้นที่ส่วนนี้นอกจากจะใช้เป็นทางสัญจรหน้าห้องเรียนแล้ว ยังสามารถใช้เป็นส่วนพื้นที่นั่งพักผ่อนของนักเรียนในเวลาพัก หรืออาจจะใช้เป็นพื้นที่เรียนนอกห้องได้อีกด้วย



ภาพที่ 4-5 แสดงการจัดพื้นที่ในห้องเรียน (ก) ขนาดห้องละ 7.20 x 10 เมตร และพื้นที่ใช้สอยด้านหน้าห้อง (ข) กว้าง 3.50 เมตรตลอดแนวอาคารเรียน

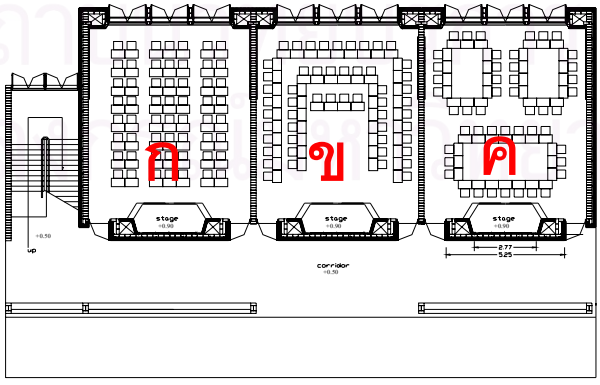
4.1.4 **รูปแบบของห้องเรียนและอาคารเรียน**

จากการออกแบบร่างรูปแบบห้องเรียนหลายๆ แบบ ทั้งแบบสี่เหลี่ยมจตุรัสเพื่อลดพื้นที่ผิวโดยรอบอาคารที่สัมผัสสภาพความรุนแรงของอากาศภายนอก แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เอื้อต่อการจัดห้องเรียน แบบทรงพัดเพื่อคุณภาพเรื่องเสียง



ภาพที่ 4-6 แสดงแบบร่างของรูปทรงของห้องเรียนทั้งรูปทรงพัดและรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เมื่อพิจารณาโดยคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่แล้ว รูปแบบของห้องที่เหมาะสมที่สุดก็คือ ห้องเรียนที่เป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากรูปทรงพัดนั้นมีปัญหาในการใช้พื้นที่ทางเดินด้านข้างที่ติดกับผนังที่เอียง อีกทั้งเมื่อนำมาเชื่อมต่อกันหลายห้องพื้นที่ระหว่างห้องก็ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ส่วนรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสนั้นก็จะมีปัญหาในด้านการจัดที่นั่งแถวริมห้องที่มุมมองของนักเรียนไปยังกระดานหน้าห้องจะมีปัญหาในกรณีที่มีพื้นที่เท่ากับรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ห้องเรียนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้านั้นมีข้อดีด้านการจัดห้องเรียนได้หลายรูปแบบ ทั้งแบบแถวเรียงปกติ แบบสัมมนากลุ่มย่อย และแบบสัมมนากลุ่มใหญ่ ดังรูป 4-7 สะดวกในการเชื่อมต่อเป็นอาคารและการก่อสร้าง ส่วนข้อเสียด้านพื้นที่ผิวโดยรอบที่มีมากนั้น สามารถใช้ฉนวนช่วยในการป้องกันสภาพอากาศภายนอกที่ไม่ต้องการและใช้การจัดกลุ่มห้องเรียนเป็นอาคารช่วยลดพื้นที่ผิวรอบอาคารได้ ส่วนเรื่องของคุณภาพเสียงภายในห้องเรียนนั้นก็ใช้วัสดุดูดซับเสียงได้



ภาพที่ 4-7 แสดงผังการจัดที่นั่งของนักเรียนทั้งแบบแถวเรียง (ก) แบบสัมมนากลุ่มย่อย (ข) และแบบสัมมนากลุ่มใหญ่ (ค) ในห้องเรียนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

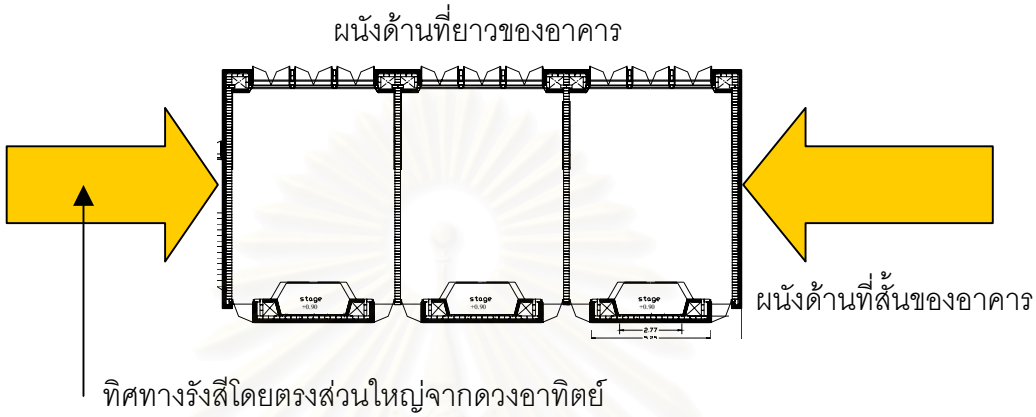
เมื่อได้รูปทรงของห้องเรียนแล้ว การออกแบบโดยนำเอาห้องเรียนหลายๆ ห้องมารวมเป็นอาคารก็เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านต่างๆ ด้านการลดพื้นที่ผิวผนังที่สัมผัสกับสภาพอากาศที่รุนแรงภายนอก เมื่อพิจารณาอาคารชั้นเดียว การจัดห้องที่มีการใช้ผนังด้านข้างร่วมกันจะสามารถลดความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร (Heat Gain) ได้ ผนังที่ติดกันควรเป็นผนังด้านที่ยาวของห้องเพื่อลดพื้นที่สัมผัสกับภายนอก โดยการจัดห้องเรียน 2 ห้องติดกันสามารถลด Heat Gain จากห้องเรียนแบบห้องเดียวได้สูงสุด 4.5 % การจัดห้องเรียน 4 ห้องติดกันสามารถลด Heat Gain จากห้องเรียนแบบห้องเดียวได้สูงสุด 6.8 % ในกรณีนี้ Heat Gain จากหลังคานั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามจำนวนห้องเรียนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการที่จะลด Heat Gain ลงอีกก็โดยการออกแบบให้เป็นอาคาร 2 ชั้น ห้องเรียนชั้นล่างก็จะได้รับประโยชน์จากห้องชั้นบนในการบังแสงแดดจากดวงอาทิตย์ทำให้ไม่มี Heat Gain จากหลังคาหรือมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับห้องชั้นบน อีกทั้งการจัดห้องเรียนที่อยู่ติดกัน ใช้ผนังบางส่วนร่วมกันจะช่วยประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างผนังอาคารอีกด้วย

ดังนั้นรูปแบบอาคารเรียนที่เหมาะสมคือ การออกแบบจัดห้องเรียนเรียงต่อเป็นแถวตามยาวโดยให้ด้านข้างของห้องเรียนติดกัน จำนวน 3 ห้อง เพื่อให้มีพื้นที่สัญจรหน้าห้องที่ไม่ยาวมากเกินไป ออกแบบอาคารเป็น 2 ชั้น เพื่อลดส่วนของหลังคาของห้องชั้นล่างที่เป็นส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและสัมผัสกับอากาศภายนอก ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสมของอาคารโรงเรียนท้องถิ่นนี้ ก็คือ อาคารเรียน 2 ชั้น 6 ห้องเรียน

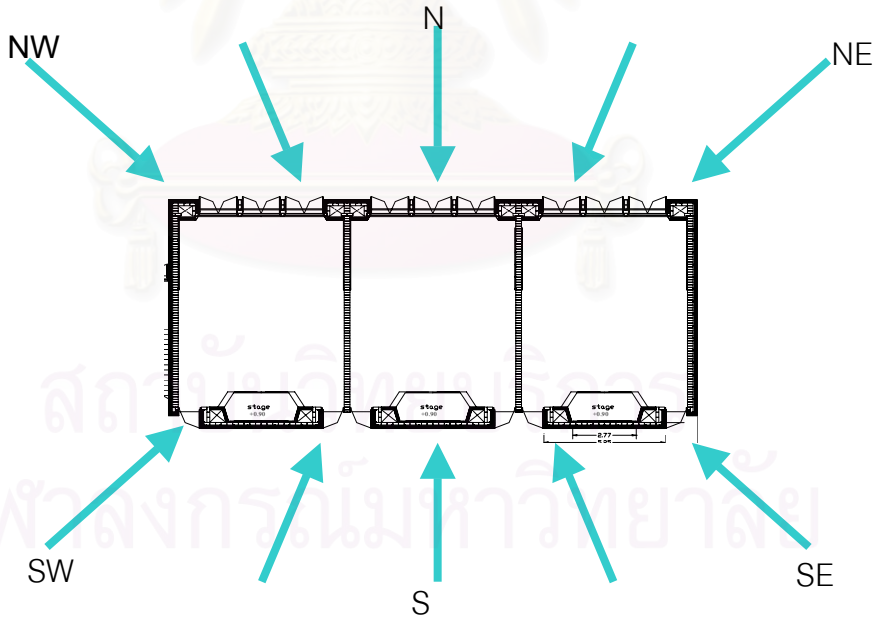
4.1.5 การจัดวางทิศทางอาคารเรียน

การออกแบบโดยการพึ่งพาระบบธรรมชาตินั้น จำเป็นจะต้องมุ่งใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่มีความเหมาะสม ดังนั้นการจัดวางทิศทางของอาคารเรียนมีตัวแปรสำคัญที่ต้องคำนึงถึง 2 ตัวแปรด้วยกัน ตัวแปรแรกคือ รังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นสาเหตุของความร้อนที่จะถ่ายเทสู่ภายในอาคาร การวางอาคารเพื่อลดความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารก็คือ การวางอาคารโดยให้มีแนวยาวไปตามทิศตะวันออก-ตะวันตก ให้ผนังด้านที่รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์เป็นผนังด้านสั้นที่มีพื้นที่น้อย และผนังด้านนี้ก็ไม่ควรจะมีช่องเปิดหรือช่องแสง เพราะจะเป็นส่วนที่ความร้อนสามารถถ่ายเทเข้าไปได้มาก ส่วนตัวแปรที่สอง คือ กระแสลม ซึ่งมีความสำคัญมากกับอาคารที่ใช้การระบายอากาศโดยระบบธรรมชาติ จากข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2538 ที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสภาพภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้น กระแสลมธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีทิศทางในแนวเหนือ-ใต้ เป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือ แนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือจนถึงทิศตะวันออกเฉียงเหนือ วนตามเข็มนาฬิกา และแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้จนถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ วนตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดเพื่อระบายอากาศ จึงควรจะมีช่องเปิดที่ผนังด้านทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งก็สอดคล้องกับการ

จัดวางอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้กล่าวมาแล้ว และการเปิดช่องแสงด้านทิศเหนือก็จะได้รับประโยชน์ด้านแสงสว่างจากธรรมชาติอีกด้วย ดังจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อของการออกแบบช่องแสง



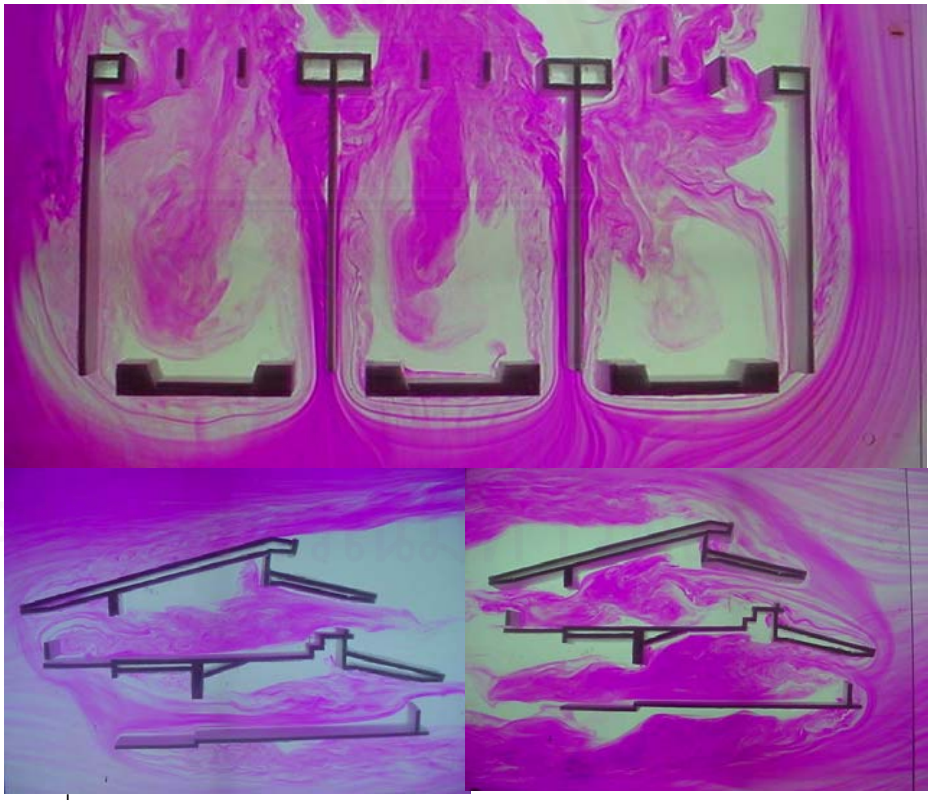
ภาพที่ 4-8 แสดงรูปแบบการจัดวางอาคารที่ให้ผนังด้านที่สั้นของอาคารหันไปในทางทิศตะวันออก และตะวันตก เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร



ภาพที่ 4-9 แสดงทิศทางของกระแสลมธรรมชาติส่วนใหญ่ ที่มีทิศทางในแนวเหนือ-ใต้ จากข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2538

การออกแบบอาคารโดยใช้กระแสลมธรรมชาติในการการระบายอากาศนั้น นอกจากจะออกแบบช่องเปิดให้มีตำแหน่งและขนาดที่สามารถให้ลมผ่านเข้า-ออก ภายในห้องเรียนได้สะดวกแล้ว จำเป็นจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของอากาศที่พัดผ่านเข้ามาด้วย โดยจะต้องเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับภาวะน่าสบายมากที่สุด หลีกเลี่ยงสภาพอากาศที่มีความรุนแรง ในฤดูหนาวที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำและแห้ง (มีความชื้นต่ำ) ไม่ควรเปิดห้องเรียนให้ลมพัดเอาอากาศดังกล่าวเข้ามาโดยตรง ใช้การรั่วซึมของอากาศเพียงเล็กน้อยเพื่อระบายอากาศ ส่วนในฤดูร้อนนั้นลมที่จะให้พัดเข้ามาในห้องเรียนควรจะได้มีการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงเสียก่อน โดยการให้พัดผ่านบ่อน้ำและใต้พุ่มใบของต้นไม้ใหญ่ ให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม จนกระทั่งเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับภาวะน่าสบาย หรืออย่างน้อยมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอากาศภายในห้องเรียนในขณะนั้น

จากข้อสรุปเรื่องการจัดวางทิศทางของอาคารเรียน ได้มีการทดลองการระบายอากาศภายในห้องเรียนโดยใช้หุ่นจำลอง เพื่อดูแนวโน้มของการไหลเวียนอากาศ โดยได้จัดทำหุ่นจำลองผังอาคารและรูปตัดของอาคาร ทดสอบโดยใช้โต๊ะน้ำ ปรากฏว่าอากาศสามารถไหลเวียนผ่านเข้า-ออกห้องเรียนได้สะดวก ทั่วถึงทั้งห้อง ดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 แสดงการทดลองการระบายอากาศโดยกระแสลมธรรมชาติ ภายในห้องเรียนโดยใช้หุ่นจำลอง

4.1.6 การออกแบบพื้นอาคาร

พื้นในอาคารทั่วไป จะถูกออกแบบให้เป็นเพียงส่วนของอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของผู้ใช้อาคารและสิ่งของต่างๆ ในอาคาร และเลือกใช้วัสดุโดยพิจารณาที่ความสวยงามเป็นสำคัญ แต่ไม่ได้คำนึงถึงการใช้ประโยชน์ปัจจัยธรรมชาติจากพื้นอาคารเลย จากการที่พื้นของอาคาร (กรณีที่เป็นชั้นล่างของอาคาร) มีผิวสัมผัสกับพื้นดิน ซึ่งดินนั้นมีคุณสมบัติของมวลสารขนาดใหญ่ ทำให้สามารถรักษาอุณหภูมิให้ต่ำและค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี จากการศึกษาพบว่าในประเทศไทยดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26 - 27°C ที่ระดับความลึก 0.60 เมตร (เอนก ธีระวิวัฒน์ชัย, 2539) ซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในฤดูร้อนมากพอสมควร สามารถที่จะนำเอาความเย็นของดินดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในการทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเข้าใกล้ภาวะน่าสบายได้

การจะใช้ประโยชน์ความเย็นจากดินให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องมีการปรับปรุงสภาพของดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 78) การปรับสภาพส่วนผิวดินสามารถทำได้โดยการใช้ต้นไม้ขนาดต่างๆ ทั้งต้นไม้ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และพืชคลุมดิน ผสมผสานกับการทำให้ดินเปียกและมีกระแสลมพัดผ่านเพื่อให้เกิดการระเหยของน้ำที่ผิวดิน เหนี่ยวนำให้เกิดการนำความร้อนจากใต้ผิวดินมาใช้ในการระเหยของน้ำ ส่งผลให้ดินใต้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิที่เย็นลงมาก เหมาะสมกับการนำมาใช้ประโยชน์

เมื่อได้มีกระบวนการทำให้ดินโดยรอบอาคารมีอุณหภูมิที่เย็นลงแล้ว การจะนำเอาความเย็นจากดินมาใช้ประโยชน์ก็โดยการออกแบบพื้นและวัสดุที่ใช้เป็นพื้นอาคาร หลักการดังกล่าวก็คือ การทำให้ความร้อนจากภายในอาคารถ่ายเทลงไปสู่พื้นดินให้มากที่สุด จากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในอาคารกับอุณหภูมิดิน ปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทจากภายในอาคารผ่านพื้นอาคารลงไปสู่พื้นดินสามารถคิดคำนวณได้จากสูตร

$$Q = M * C * \Delta T$$

โดย Q คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท

M คือ มวลของพื้นที่สัมผัสดิน (ปริมาตร * ความหนาแน่น)

C คือ ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิห้องเรียนกับอุณหภูมิดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสูตรข้างต้น หากพิจารณากำหนดให้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในห้องเรียนกับอุณหภูมิดินหรือค่า ΔT คงที่ ปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทจากห้องเรียนลงสู่พื้นดินผ่านพื้นอาคารจะขึ้นอยู่กับค่ามวลของวัสดุพื้นและค่า C ของวัสดุพื้น ดังนั้นห้องเรียนที่จะสามารถถ่ายเทความร้อนลงสู่พื้นดินได้มากที่สุดจึงจะต้องใช้วัสดุพื้นที่มวลมาก และมีค่าความจุความร้อนสูง

จากคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุพื้นข้างต้น สอดคล้องกับวัสดุที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันจึงได้เลือกมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ 3 ชนิด คือ เหล็ก(มวลสารน้อย) อิฐ(มวลสารปานกลาง) และคอนกรีต(มวลสารมาก)

Materials		Specific Heat หน่วย Btu/lb.°F	Density หน่วย lb/ft^3	Volume หน่วย ft^3	Heat Capacity หน่วย Btu/°F
Low Mass	เหล็ก (Steel)	0.12	450	1*1*1/30	1.80
Medium Mass	อิฐ (Brick)	0.19	120	1*1*1/10	2.28
High Mass	คอนกรีต (Concrete)	0.19 – 0.24	144	1*1*1/3	9.12

ตารางที่ 4-1 แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบค่าความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น และค่าความจุความร้อนของวัสดุพื้นทั้ง 3 ชนิด (โดยพิจารณาปริมาตรจากความหนาที่มีการใช้งานจริง พื้นที่วัสดุ 1 ตารางฟุต)

ที่มา : ASHRAE, 1997 : 24.4 – 24.7

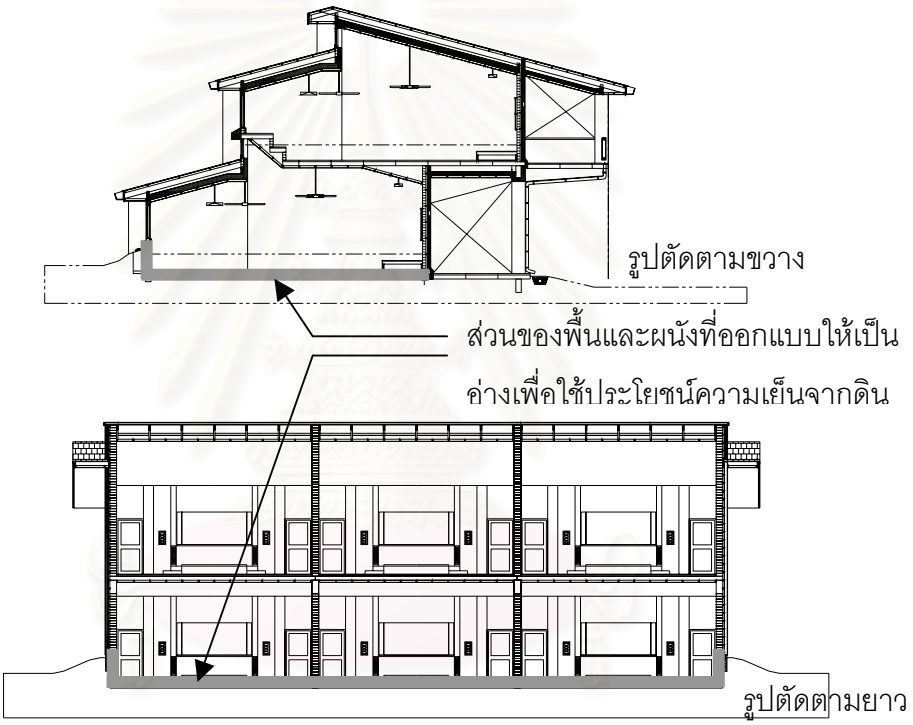
จากตารางเมื่อพิจารณาที่ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) ของวัสดุ ซึ่งหาได้จากผลสมการ

Heat Capacity = Volume * Density * Specific Heat

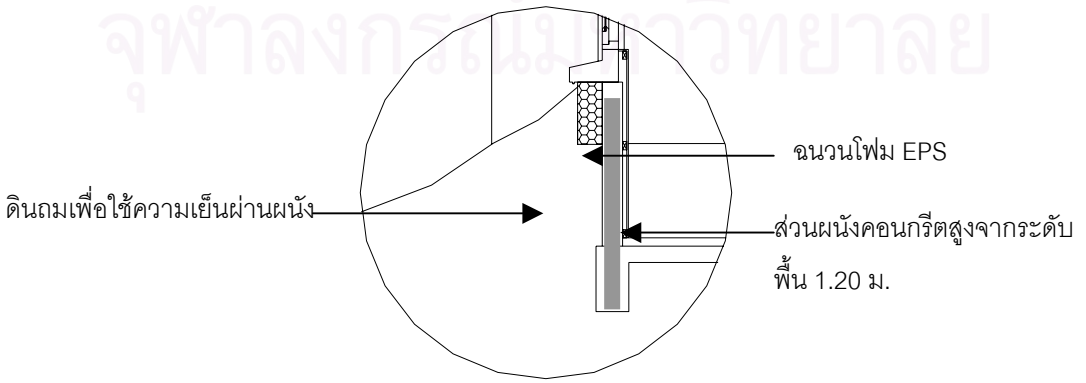
จะเห็นว่าค่า Heat Capacity ของคอนกรีตจะมีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบจากความหนาวัสดุตามการใช้งานจริง พื้นที่ 1 ตารางฟุต คอนกรีตจึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุพื้นของห้องเรียนเมื่อพิจารณาจากค่า Heat Capacity นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงการนำไปใช้งาน กำลังวัสดุ

เทคนิคการก่อสร้างและราคาแล้ว คอนกรีตก็ยิ่งมีความเหมาะสมมากกว่าอิฐ และเหล็ก ในการใช้เป็นวัสดุพื้นอาคารเรียน

นอกจากค่า Heat Capacity ที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทจากภายในอาคารเรียนลงไปสู่พื้นดินแล้ว พื้นที่ของพื้นอาคารเรียนก็มีผลต่อปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเช่นกัน ยิ่งมีพื้นที่มากก็ยิ่งจะมีปริมาตรที่มากขึ้นในความหนาของพื้นที่เท่ากัน ทำให้ปริมาณความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านได้มาก ดังนั้นจึงได้ออกแบบผนังส่วนที่อยู่ติดกับพื้น (สูงจากระดับพื้นขึ้นมา 0.60 เมตร) ให้สามารถใช้ความเย็นจากผิวสัมผัสดินในการลดความร้อนภายในอาคารเรียนได้อีกด้วย



ภาพที่ 4-11 (ก) แสดงตำแหน่งของพื้นและผนังส่วนที่ติดกับพื้น ที่ออกแบบให้สามารถถ่ายเทความร้อนจากภายในห้องเรียนไปสู่พื้นดินได้



ภาพที่ 4-11(ข) แสดงแบบขยายการออกแบบผนังด้านข้างเพื่อใช้ประโยชน์จากผิวสัมผัส

จากภาพที่ 4-11 จะออกแบบผนังคอนกรีตหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับพื้นห้องเรียน หนา 0.10 ม. เท่ากับความหนาของพื้นห้องเรียน สูงขึ้นไปจากระดับพื้น 1.20 ม. แต่ส่วนที่จะใช้ประโยชน์จากผนังคือ ส่วนที่อยู่สูงจากระดับพื้น 0.60 ม.เนื่องจากดินที่มีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่จะต้องเป็นระดับที่ลึกจากผิวดิน 0.60 ม. ดังนั้นผนังส่วนบนจึงใช้ฉนวนโฟมป้องกันความร้อนที่อาจจะถ่ายเทเข้าสู่ผนังห้องเรียนจากสภาพผิวดินที่มีความแปรปรวนของอุณหภูมิได้ แต่หากมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมบริเวณผิวดินให้ดีก็อาจจะใช้ประโยชน์จากผิวสัมผัสดินของผนังส่วนที่ติดกับผิวดินได้

การประมาณปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทจากห้องเรียนลงไปสู่พื้นดิน พิจารณาห้องเรียนห้องตรงกลางชั้นล่าง ที่มีพื้นที่ของพื้นห้อง 72 ตร.ม. และมีพื้นที่ผนังสัมผัสดินด้านทิศเหนือ 4.32 ตร.ม. กำหนดให้อุณหภูมิดิน 27°C (80.6°F) และอุณหภูมิภายในห้องเรียน 28°C (82.4°F)

ส่วนที่เป็นพื้นอาคาร

พื้นที่ห้อง 7.20 * 10 ม. = 72 sq.m. ประมาณ 775 sq.f.

คิดปริมาตรพื้นที่ความหนา 1 นิ้ว = 775 * 1/12 = 64.33 ft^3

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในกับภายนอก = 1.80°F

$$Q = M * C * \Delta T$$

$$= (64.33* 144) * 0.19 * 1.80$$

$$= 3,168 \text{ Btu/hr}$$

ส่วนที่เป็นผนังด้านทิศเหนือ พื้นที่ 0.60 * 7.20 = 4.32 sq.m. ประมาณ 46.5 sq.f.

คิดปริมาตรผนังที่ความหนา 1 นิ้ว = 46.5 * 1/12 = 3.86 ft^3

$$Q = M * C * \Delta T$$

$$= (3.86 * 144) * 0.19 * 1.80$$

$$= 190 \text{ Btu/hr}$$

ดังนั้นประมาณได้ว่าจะมีความร้อนถ่ายเทจากภายในห้องเรียน (ห้องชั้นล่างตรงกลาง) สู่พื้นดินโดยผ่านพื้นและผนังส่วนที่สัมผัสดิน = 3,358 Btu/hr

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.7 การออกแบบผนังอาคาร

จากรูปทรงของอาคารเรียนที่วิเคราะห์ในหัวข้อ 4.1.4 เปลือกอาคารส่วนที่เป็นพื้นที่ผนังอาคารจะมีพื้นที่มากกว่าเปลือกอาคารส่วนอื่นๆ ดังนั้นสภาพภายในอาคารจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการป้องกันสภาพแวดล้อมที่มีความรุนแรงจากภายนอกของผนังอาคารเป็นสำคัญ สำหรับอาคารโรงเรียนแบบเดิมทั่วไปมักจะใช้วัสดุผนังอาคารที่มีมวลสารมาก เพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากภายนอกให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร แต่ช่วงเวลาที่ความร้อนเริ่มถ่ายเทเข้าถึงภายในอาคารเรียนก็ยังเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้งานอาคารเรียนอยู่ จึงทำให้สภาวะภายในอาคารนั้นมีอุณหภูมิที่สูงกว่าเขตสบายค่อนข้างมาก จากการศึกษา (รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, 2543) ระบบผนังที่เหมาะสมของอาคารที่ไม่มีการปรับอากาศ คือ วัสดุผนังที่มีการผสมผสานให้มีฉนวนอยู่ภายนอก และมวลสารอยู่ภายใน ฉนวนภายนอกจะช่วยลดปริมาณความร้อนจากภายนอกให้น้อยลง ก่อนจะถูกดูดซับโดยมวลสารที่อยู่ภายใน แต่จะมีปัญหาความร้อนสะสมในเวลากลางคืน ซึ่งในอาคารเรียนเวลาใช้งานส่วนใหญ่เป็นเวลากลางวัน ปัญหาดังกล่าวจึงมีผลกระทบที่น้อย สามารถแก้ไขได้โดยการเปิดอาคารเพื่อระบายความร้อนในเวลากลางคืน

การออกแบบวัสดุผนังอาคารของห้องเรียนในโรงเรียนท้องถิ่นนี้ แบ่งการพิจารณาวัสดุออกเป็น 2 ส่วน คือ วัสดุมวลสาร และวัสดุฉนวน

(1) วัสดุมวลสาร

วัสดุมวลสารที่จะนำมาพิจารณาวิเคราะห์ เป็นวัสดุที่มีการผลิตในท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือมีจำหน่ายในท้องถิ่น จากการศึกษาทดลอง (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544) วัสดุมวลสารที่ใช้เป็นผนังอาคาร 4 ชนิด

- ผนังดินเหนียวผสมแกลบ 0.10 เมตร
- ผนังอิฐดินซีเมนต์ความหนา 0.125 เมตร
- ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบทั้งสองด้านความหนา 0.10 เมตร
- ผนังคอนกรีตบล็อกความหนา 0.10 เมตร

โดยทดลองศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน (Thermal Performance) จากผนังด้านหนึ่งไปสู่ผนังอีกด้านหนึ่ง และระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน การทดลองใช้กล่องทดลองที่มีขนาด 0.60* 0.60* 0.60 เมตร เท่ากัน แล้วนำเอาผนังที่ทำจากวัสดุทั้ง 4 ชนิดดังกล่าวมาทดสอบวัดค่าอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของผนังทดสอบ	อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุด (^{o}C)	อุณหภูมิผิวภายในสูงสุด (^{o}C)	อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุด (^{o}C)	Time Lag (ชั่วโมง)
ผนังดินเหนียวผสมแกลบ ความหนา 0.10 เมตร	42	38.3	37	3.5
ผนังอิฐดินซีเมนต์ ความหนา 0.125 เมตร	38	37.5	36.5	4
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ ความหนา 0.10 เมตร	37.8	36.5	36.1	3.5
ผนังคอนกรีตบล็อก ความหนา 0.10 เมตร	41.5	37.4	36.7	4

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการทดลองศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ของวัสดุมวลสารทั้ง 4 ชนิด โดยใช้กล่องทดลอง

จากข้อมูลอุณหภูมิทั้งผิวภายนอก ผิวภายใน และอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองแล้ว วัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ และผนังอิฐดินซีเมนต์ มีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุอีก 2 ชนิดเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ผนังอิฐดินซีเมนต์และผนังคอนกรีตบล็อกมีระยะเวลาที่นานกว่าวัสดุอีก 2 ชนิดที่เหลือ จะเห็นว่าวัสดุผนังทั้งหมดมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกันมากนัก แต่วัสดุที่ดีกว่าส่วนที่เหลือก็คือ ผนังอิฐดินซีเมนต์ แต่การจะนำไปใช้งานควรจะมีการพิจารณาคุณสมบัติด้านอื่นๆ ประกอบด้วย ไม่ว่าจะเป็นแหล่งผลิต การขนส่ง ราคา เทคนิคการก่อสร้าง ความมั่นคงแข็งแรง และพลังงานสะสมรวม โดยเมื่อพิจารณาแล้ววัสดุที่มีความเหมาะสมมากที่สุดก็คือ ผนังอิฐดินซีเมนต์ ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- อิฐก้อนใหญ่ขนาด 125*250*100 มม. มีน้ำหนักประมาณ 5 กก./ก้อน
- อิฐดินซีเมนต์ ราคาก้อนละ 5 บาท (ไม่รวมค่าขนส่ง)
- สามารถผลิตได้ในท้องถิ่น ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง
- การก่อสร้างสามารถทำได้ง่าย โดยการก่อซ้อนทับกันแล้วใช้ปูนซีเมนต์เทลงไปในช่องเพื่อยึดอิฐแต่ละก้อนให้แข็งแรง และมีความสวยงามในตัววัสดุเอง

ภาพที่ 4-12 (ก) แสดงภาพอิฐดินซีเมนต์ ทั้งแบบก้อนเต็ม และแบบครึ่งก้อน

ภาพที่ 4-12 (ข) แสดงเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ใช้ผลิตอิฐดินซีเมนต์ ซึ่งมีขนาดเล็ก ราคาไม่สูงมาก สามารถจะทำการผลิตในกลุ่มชุมชนขนาดเล็กได้

ภาพที่ 4-13 แสดงตัวอย่างอาคารที่ก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์

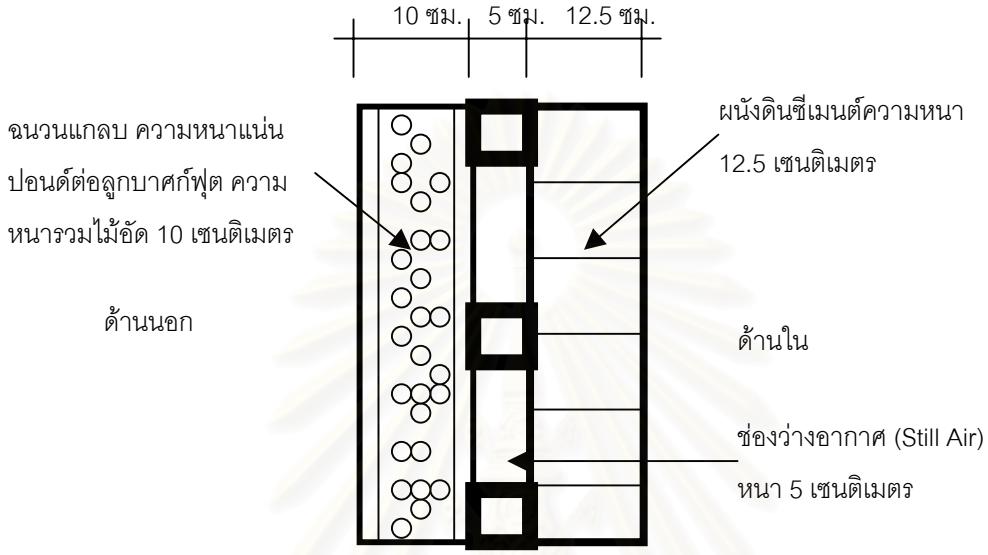
(2) **วัสดุฉนวน**

วัสดุฉนวนที่นำมาทดลองศึกษา (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544) เป็นวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติทั้งหมด ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ และชานอ้อย ซึ่งสามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยทำการทดลองเช่นเดียวกันกับวัสดุมวลสาร แต่ใช้แผ่นอัดความหนาแน่นปานกลาง หรือ MDF ขนาด 0.60 * 0.60 เมตร จำนวน 2 แผ่น ประกอบเป็นกล่องมีช่องกว้าง 0.125 เมตร เพื่อใช้อัดบรรจุวัสดุฉนวนเส้นใยธรรมชาติลงไปในช่อง โดยวัสดุแต่ละชนิดจะทดสอบด้วยความหนาแน่น 2 ค่า ดังนี้

- ผนังไม้อัดประกบฟางข้าวความหนาแน่น 2.5 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต
- ผนังไม้อัดประกบฟางข้าวความหนาแน่น 3.2 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต
- ผนังไม้อัดประกบแกลบความหนาแน่น 2.3 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต
- ผนังไม้อัดประกบแกลบความหนาแน่น 3.0 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต
- ผนังไม้อัดประกบชานอ้อยความหนาแน่น 2.0 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต
- ผนังไม้อัดประกบชานอ้อยความหนาแน่น 3.5 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต

จากผลการทดลอง (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิผิวภายนอก วัสดุฉนวนทั้ง 6 ตัวอย่างให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองแล้วพบว่า กล่องทดลองที่ใช้ฉนวนไม้อัดประกบแกลบความหนาแน่น 3.0 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต มีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ต่ำกว่ากล่องอื่นๆ ประมาณ 2°C ส่วนระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนั้น มีค่าใกล้เคียงกันทุกกล่อง คือ ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง ดังนั้นวัสดุฉนวนเส้นใยธรรมชาติที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นฉนวนภายนอกของผนังอาคารร่วมกับวัสดุมวลสาร คือ แกลบที่ความหนาแน่น 3.0 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต เป็นอย่างต่ำ แต่การใช้งานจะต้องคำนึงถึงการยุบตัวของวัสดุเส้นใยธรรมชาติที่มีค่อนข้างสูง ซึ่งอาจจะทำให้ค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุเปลี่ยนไปด้วย

เมื่อได้วัสดุประกอบผนังอาคาร ทั้งวัสดุมวลสาร และวัสดุฉนวนแล้ว การนำไปใช้งานกับอาคารจริงนั้นจะต้องมีรูปแบบที่เหมาะสม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบระบบผนังของอาคารที่ไม่ปรับอากาศดังที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้น ระบบของผนังห้องเรียนจะมีรูปแบบดังภาพที่ 4-14 โดยที่วัสดุฉนวนแกลบอยู่ภายนอกอาคาร มีแผ่นไม้อัด 2 แผ่นประกอบเป็นกล่องมีช่องว่างกว้าง 0.10 เมตรสำหรับบรรจุแกลบ ถัดเข้าไปเป็นชั้นของโครงเคร่าไม้ที่ยึดแผ่นไม้อัด มีช่องว่างอากาศกว้าง 0.05 เมตร และชั้นภายในเป็นผนังมวลสารอิฐดินซีเมนต์หนา 0.125 เมตร



ภาพที่ 4-14 แสดงลักษณะชั้นของผนังห้องเรียนที่ประกอบด้วยวัสดุฉนวน ช่องว่างอากาศ และวัสดุมวลสาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.8 การออกแบบระบบหลังคา

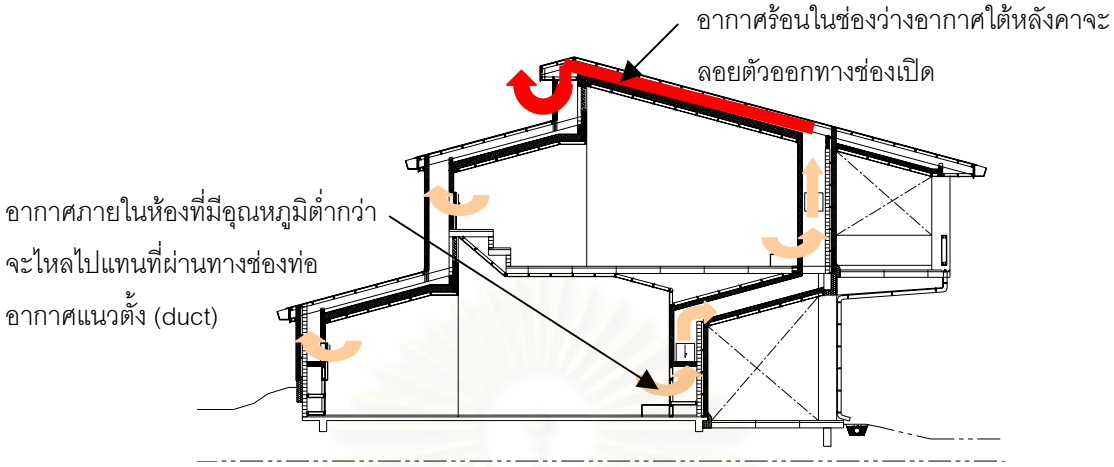
การออกแบบหลังคาของอาคารโดยทั่วไป มุ่งเน้นเพียงเพื่อให้เป็นส่วนของอาคารที่ทำหน้าที่ป้องกันสภาพแวดล้อมจากภายนอกทั้งรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม และฝน เท่านั้น ทั้งที่การออกแบบรูปแบบหลังคาและวัสดุหลังคาที่เหมาะสม สามารถที่จะใช้ประโยชน์จากหลังคาของอาคารได้ ดังนั้นการออกแบบหลังคาของโรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้ระบบธรรมชาติ จึงต้องคำนึงถึงการใช้ที่จะใช้ประโยชน์จากส่วนหลังคาของอาคาร นอกเหนือจากการใช้เป็นเปลือกอาคารที่ป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอกเพียงอย่างเดียว

การออกแบบหลังคาของอาคารโรงเรียน สามารถแยกพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ

(1) รูปทรงของหลังคา

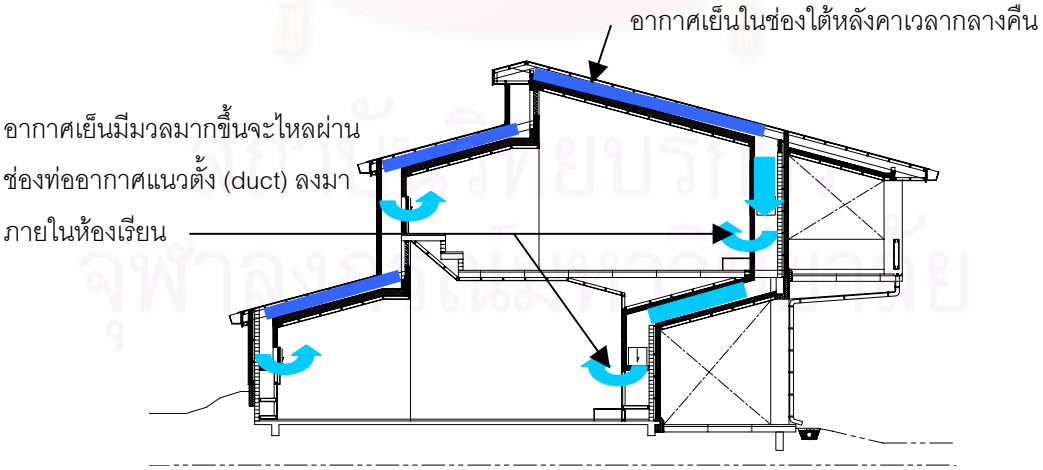
รูปทรงของหลังคาอาคารมีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา จากการศึกษา (จุไรพร ตุมพสุวรรณ, 2540) มุมเอียงของหลังคาที่มีมุมเอียงมาก จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาได้มากกว่าหลังคาที่มีมุมเอียงน้อย แต่หากพิจารณาถึงการที่จะนำเอาประโยชน์จากการคายรังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืนของหลังคามาใช้ หลังคาที่มีมุมเอียงน้อยกลับสามารถที่จะคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้าได้รวดเร็วกว่าหลังคาที่มีมุมเอียงมาก ทำให้อุณหภูมิของวัสดุหลังคาต่ำลงได้ดีและเร็วกว่า เมื่อกลับไปพิจารณาถึงหลังคาที่มีมุมเอียงมากซึ่งสามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าหลังคาที่มีมุมเอียงน้อย แต่ปริมาณความร้อนจากการถ่ายเทที่ลดลงนั้นมีค่าค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านทางหลังคา ดังนั้นปริมาณความร้อนที่จะเพิ่มขึ้นจากการใช้หลังคาที่มีมุมเอียงน้อย สามารถที่จะใช้ส่วนประกอบอื่นๆ ของระบบหลังคาช่วยลดได้ ทั้งฝ้าเพดาน และการระบายอากาศใต้หลังคา มุมเอียงของหลังคากำหนดที่ 15 องศา เนื่องจากเป็นมุมที่เปิดสู่ท้องฟ้าที่มีผลกระทบต่อการรับและคายความร้อนจากท้องฟ้าสูง

นอกจากการกำหนดมุมเอียงของหลังคา การที่จะลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาลงมาสู่ภายในอาคารเรียนสามารถใช้การระบายอากาศร้อนที่ถ่ายเทจากหลังคาลงมา โดยการเว้นช่องว่างอากาศระหว่างหลังคากับฝ้าเพดาน ในเวลากลางวันอากาศในช่องนี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนส่วนหนึ่ง เมื่ออากาศในช่องว่างนี้สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ก็จะเกิดการลอยตัวของอากาศร้อน (Stack Effect) ออกทางช่องเปิดระบายอากาศใต้หลังคาส่วนสูงสุด อากาศภายในห้องเรียนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ผ่านทางช่องท่ออากาศแนวตั้ง (duct) ที่เชื่อมกับช่องว่างอากาศใต้หลังคา ทำให้เกิดการระบายอากาศภายในห้องเรียนทั้งชั้นล่างและชั้นบน ซึ่งการเกิด Stack Effect นี้ ยิ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสูงสุดกับจุดต่ำสุดมาก ก็จะยิ่งทำให้การไหลเวียนของอากาศมีมากขึ้นด้วย



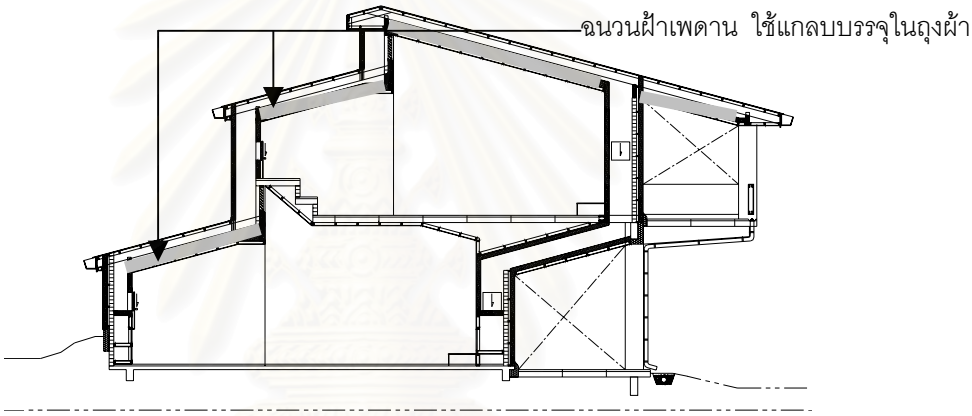
ภาพที่ 4-15 แสดงการลอยตัวของอากาศร้อน (Stack Effect) ในช่องว่างอากาศใต้หลังคาระบายออกทางช่องเปิดใต้หลังคาส่วนสูงสุด

ในเวลากลางคืน เมื่ออุณหภูมิของอากาศเริ่มลดต่ำลง วัสดุมุงหลังคาที่มีค่าการคายรังสีในช่วงคลื่นยาว (Long-wave emissivity) สูง จะสามารถคายรังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน (Night Sky Radiation) ได้มาก เป็นผลทำให้วัสดุหลังคามีอุณหภูมิเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ และจะทำให้อากาศที่อยู่ในช่องว่างอากาศใต้หลังคามีอุณหภูมิที่ต่ำลงด้วย เมื่ออากาศเย็นโมเลกุลของอากาศเข้าชิดกันและมีมวลมากขึ้นจะทำให้อากาศเย็นไหลผ่านช่องท่ออากาศแนวตั้ง (duct) ที่เชื่อมต่อกับช่องอากาศใต้หลังคา เข้ามาภายในห้องเรียน สะสมไว้ในมวลสารของผนังห้อง



ภาพที่ 4-16 แสดงการนำเอาอากาศเย็นจากช่องว่างอากาศใต้หลังคาในเวลากลางคืน มาใช้ประโยชน์ภายในห้องเรียน

การป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่ภายในอาคารเรียน นอกจากใช้การระบายอากาศร้อนจากช่องอากาศใต้หลังคา จะต้องใช้วัสดุฉนวนฝ้าเพดานร่วมด้วย เนื่องจากในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะระบายอากาศที่ร้อนภายในช่องอากาศใต้หลังคาได้ทั้งหมด ยังคงจะมีอากาศร้อนเหลืออยู่อีกทั้งยังมีการแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุหลังคาที่มีอุณหภูมิสูง ที่จะถ่ายเทเข้าไปสู่ภายในห้องเรียนอีกด้วย ฉนวนฝ้าเพดานสามารถจะช่วยป้องกันและลดความร้อนจากส่วนนี้ได้ จากการทดลองวัสดุฉนวนธรรมชาติในการออกแบบผนังอาคาร ดังนั้นฉนวนส่วนของฝ้าเพดานจึงใช้วัสดุเดียวกัน คือ แกลบ แต่การใช้ฉนวนแกลบกับฝ้าเพดานจะบรรจุแกลบลงในถุงผ้า ให้มีขนาดความหนา 0.20 เมตร ติดตั้งบนโครงเคร่าไม้ที่อยู่ใต้ช่องว่างอากาศใต้หลังคาเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน



ภาพที่ 4-17 แสดงตำแหน่งในการติดตั้งฉนวนฝ้าเพดาน ที่ใช้แกลบบรรจุในถุงผ้า ความหนา 0.20 เมตร

(2) วัสดุหลังคา

วัสดุหลังคานั้น ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโครงหลังคา และวัสดุมุงหลังคา ส่วนโครงหลังคานั้นทำหน้าที่รับน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคา ใช้ไม้เป็นวัสดุโครงหลังคา เนื่องจากเป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถหาได้ในบางท้องถิ่นที่ยังมีสภาพป่าไม้ที่สมบูรณ์ หรือในท้องถิ่นที่ไม่สามารถหาได้จากธรรมชาติก็ยังมีจำหน่ายอยู่ในท้องถิ่นนั้น แม้ว่าในปัจจุบันจะมีราคาค่อนข้องสูง แต่เมื่อพิจารณาถึงความรู้และเทคโนโลยีของคนในท้องถิ่นชุมชน รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ในการก่อสร้างแล้ว ไม้ก็ยังเป็นวัสดุที่คนในท้องถิ่นสามารถก่อสร้างเองได้ นอกจากนี้ ไม้ยังเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อน (Conductivity) ที่ต่ำกว่าวัสดุจำพวกโลหะ ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านวัสดุได้

วัสดุมุงหลังคาที่เหมาะสมกับอาคารเรียนที่สามารถป้องกันความร้อนในช่วงเวลากลางวัน และสามารถนำความเย็นจากการคายรังสีสู่ท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน วัสดุหลังคาที่มีมวลสารน้อย มีค่า

การนำความร้อน(conductivity)สูง แต่ต้องใช้ควบคู่กับระบบฉนวนป้องกันความร้อนที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงสุด เป็นวัสดุหลังคาที่มีค่าการคายรังสีในช่วงคลื่นยาว(long-wave emissivity)สูง โดยเฉพาะในช่วงความยาวคลื่น 8-13 ไมครอน โดยเลือกใช้ แอสฟัลต์ชิงเกิล ซึ่งมีมวลสารน้อย เป็นวัสดุมุงหลังคา แอสฟัลต์ชิงเกิลมีค่า Emittance 0.85-0.95 และมีค่า Solar Absorptance 0.65-0.80 เป็นวัสดุแผ่นขนาดประมาณ 0.30* 0.90 เมตร การก่อสร้างใช้แผ่นไม้อัดหนา 12 มม. วางบนโครงหลังคาแล้วจึงปูทับด้วยแผ่นยางกันซึมด้านบน ส่วนด้านล่างของแผ่นไม้อัดบุด้วยแผ่นฟอยด์ ก่อนจะมุงด้วยแผ่นแอสฟัลต์ชิงเกิลด้านบนของแผ่นไม้อัด

ภาพที่ 4-18 แสดงตัวอย่างของแผ่นวัสดุมุงหลังคาแอสฟัลต์ชิงเกิล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.9 การออกแบบช่องแสงธรรมชาติ

ในอาคารทั่วไปที่มีช่องแสงหรือหน้าต่างด้านข้างเพียงอย่างเดียว พบว่าจะมีแสงธรรมชาติในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งานอยู่ในระยะประมาณ 2 – 3 เมตรจากหน้าต่างเท่านั้น (สุนทร บุญญาธิการ ,2539) เพราะในการใช้งานจริงมีความจำเป็นต้องใช้กระจกที่ตัดแสงได้มาก (ค่า Light Transmission ต่ำ) เพื่อให้เกิดความสบายตาในการมองผ่านช่องแสงไปสู่ภายนอก ในอาคารโรงเรียนแบบเดิมในปัจจุบันก็ยังใช้รูปแบบของช่องแสงด้านข้างเพียงเดียว เป็นผลให้แสงสว่างจากธรรมชาติไม่เพียงพอ จะต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟช่วย ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน อีกทั้งช่องแสงยังมีทิศทางที่ไม่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ มีแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาภายในห้องเรียนด้วย ทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในห้องเรียน

จากปัญหาด้านช่องแสงดังกล่าวของโรงเรียนแบบเดิม สามารถที่จะวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการออกแบบช่องแสงธรรมชาติสำหรับโรงเรียนท้องถิ่น ที่ใช้ระบบธรรมชาติ ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเปิดหลอดไฟ ได้ดังนี้

(1) ทิศทางของช่องแสง

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในห้องเรียน ซึ่งกิจกรรมภายในห้องเรียนนั้นเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้สมาธิ ดังนั้นแสงที่ผ่านช่องแสงเข้ามาควรจะต้องมีความแปรปรวนที่น้อย จากข้อมูลภูมิอากาศของประเทศไทย ที่แนวโคจรของดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่มักจะเยื้องไปทางทิศใต้ เป็นผลให้ทิศเหนือเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของดวงอาทิตย์น้อยที่สุด แสงส่วนใหญ่จากทางทิศเหนือจะเป็นแสงสะท้อนจากท้องฟ้า ซึ่งเหมาะสมกับการนำมาใช้งานภายในอาคารมากที่สุด ทางเลือกที่สองคือทิศใต้ แต่ต้องมีการป้องกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะให้เกิดความร้อนภายในอาคาร ส่วนทิศตะวันออกและตะวันตกนั้น ไม่มีความเหมาะสมเนื่องจากแสงจะมีความแปรปรวนสูงมาก ดังนั้นทิศทางของช่องแสงที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ คือ ทิศเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบจัดวางทิศทางอาคารเรียนเพื่อระบายอากาศ ที่ช่องเปิดของอาคารอยู่ทางทิศเหนือ

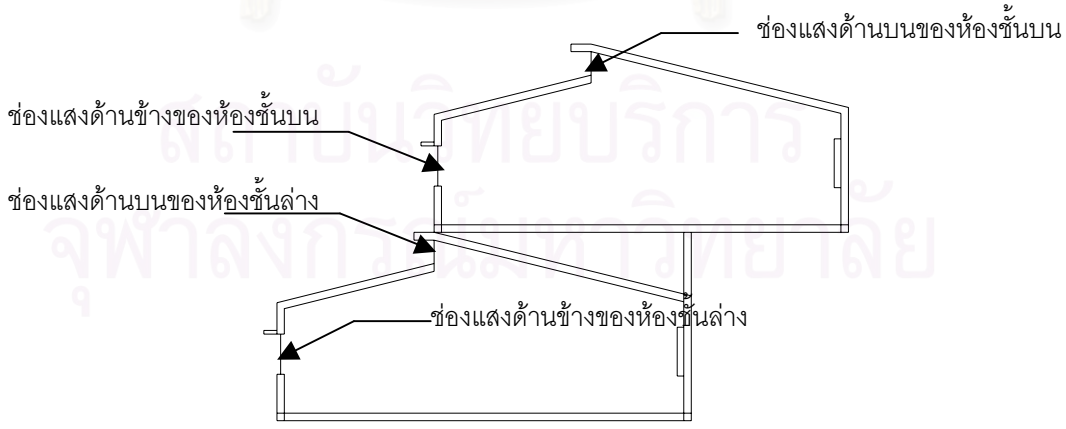
(2) รูปแบบของช่องแสง

ช่องแสงธรรมชาติของโรงเรียนท้องถิ่น จะใช้ช่องแสงด้านข้างร่วมกับช่องแสงด้านบน ช่องแสงด้านข้างมีขนาดสูง 1.00 เมตร ขอบล่างของช่องแสงสูงจากพื้น 0.90 เมตร ยาวตลอดแนวผนัง เพื่อให้มีแสงสว่างที่ระนาบใช้งานเพียงพอกับการใช้งานที่ 50 fc. สำหรับพื้นที่บริเวณ 2 – 3 เมตร จากช่องแสงด้านข้าง ส่วนช่องแสงด้านบนมีขนาดสูง 0.60 เมตร มีระยะห่างจากผนังห้องเรียนด้านทิศเหนือ 3.00 เมตร ซึ่งให้ปริมาณแสงสว่างที่ระนาบใช้งานเพียงพอมากกว่า 50 fc. (อวิรุทธ์ อุรุพงศา, 2544) สำหรับ

พื้นที่ส่วนที่ถัดจากช่องแสงด้านข้างเข้าไปเกินกว่า 3.00 เมตร แต่จะมีปัญหาปริมาณของแสงสว่างในระนาบตั้งบริเวณกระดานจะเพียงพอเฉพาะเวลา 10.00 – 12.00 น. เท่านั้น จะต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟเข้ามาช่วยเสริม

กระจกที่ใช้กับช่องแสงจะใช้กระจกใสหนา 6 มม. เพื่อให้ปริมาณของแสงสว่างผ่านเข้ามาในห้องเรียนได้มากที่สุด โดยมีปัญหาด้านความร้อนที่น้อยเพราะแสงส่วนใหญ่จากทิศเหนือเป็นแสงที่เกิดจากสะท้อนของท้องฟ้า สำหรับช่องแสงด้านข้างที่จะมีปัญหาสำหรับนักเรียนในเรื่องของความจ้าที่สายตายอมรับได้ โดยเฉพาะในระดับสายตา (0 – 5 องศา จากระนาบสายตา) ที่จะยอมรับความจ้าได้เฉลี่ยเพียง 170 FL (สุนทร บุญญาธิการ ,2539) นั้น สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ต้นไม้และสภาพแวดล้อมภายนอกบริเวณช่องแสงด้านข้างที่มีค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ที่ต่ำ และใช้การออกแบบส่วนผนังภายในและฝ้าเพดานในการลดความจ้าของแสงสะท้อนจากภายนอก ส่วนของช่องแสงด้านบนนั้นจะไม่มีปัญหาเรื่องความจ้า เนื่องจากสายตาสามารถยอมรับความจ้าที่มากขึ้นได้ ในมุมมองที่สูงขึ้นของแสงสะท้อน

การใช้งานช่องแสงทั้งด้านข้างและด้านบน จะต้องคำนึงถึงกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย ในกรณีที่ใช้สื่อประกอบการสอนประเภทเครื่องฉายภาพซึ่งไม่ต้องการแสงสว่างจากภายนอก ดังนั้นการออกแบบช่องแสงควรจะต้องมีม่านหรืออุปกรณ์ที่สามารถจะบังแสงได้เมื่อไม่ต้องการแสง และสำหรับอาคารโรงเรียนที่ได้ออกแบบไว้เป็นอาคาร 2 ชั้น การซ้อนชั้นของอาคารจะต้องเหลื่อมอาคารเพื่อให้มีพื้นที่ของช่องแสงด้านบนสำหรับห้องชั้นล่าง เพื่อให้ห้องทั้งชั้นล่างและชั้นบนสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่



ภาพที่ 4-19 แสดงการประยุกต์อาคารเรียน 2 ชั้นที่สามารถใช้ประโยชน์ช่องแสงด้านข้างและช่องแสงด้านบนได้กับห้องเรียนทั้ง 2 ชั้น

4.1.10 การออกแบบระบบแสงประดิษฐ์

อาคารที่สามารถประหยัดพลังงานได้ดีที่สุด คือ อาคารที่ไม่มีการใช้พลังงานเลย (พลังงานในที่นี้ คือ พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป หรือ Non Renewable Energy) แต่ในทางปฏิบัติแล้ว เป็นการยากมากที่อาคารใดอาคารหนึ่งจะไม่มีการใช้พลังงานเลย อย่างน้อยที่สุดก็ต้องมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างไว้ใช้เมื่อมีความจำเป็น โรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้ระบบธรรมชาตินี้ก็เช่นเดียวกัน จะต้องมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดไฟทั้งภายในห้องเรียน และภายนอกโดยรอบอาคาร แสงสว่างจากหลอดไฟจะมีความจำเป็นต้องใช้งานภายในห้องเรียนเมื่อเกิดกรณีดังนี้

- ปริมาณของแสงธรรมชาติมีค่าต่ำ เนื่องจากสภาพท้องฟ้า เช่น ท้องฟ้ามีเมฆมาก ฝนตก เป็นผลให้แสงสว่างภายในห้องอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์การใช้งาน (50 fc.) ทั่วทั้งห้องเรียน
- สภาพแสงธรรมชาติภายนอกแปรปรวน เนื่องจากช่วงเวลา เป็นผลให้พื้นที่ภายในห้องเรียนบางส่วนมีสภาพแสงสว่างที่ต่ำกว่าเกณฑ์การใช้งาน โดยเฉพาะในช่วงเวลา 8.00 น. และ 16.00 น.
- การใช้งานห้องเรียนในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงสว่างธรรมชาติ ในช่วงเวลากลางคืน
- กิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความต้องการกำหนดพื้นที่ให้แสงสว่างได้เอง เช่น การใช้สื่อการสอนประเภทเครื่องฉายภาพ

การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะต้องพิจารณาในกรณีที่มีการใช้งานหลอดไฟเต็มรูปแบบเป็นหลัก ซึ่งก็คือ การใช้งานห้องเรียนในเวลากลางคืน ส่วนในกรณีอื่นๆ ใช้การควบคุมการเปิด – ปิดหลอดไฟและการเพิ่ม – ลดความสว่างของหลอดไฟ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

พิจารณาค่าความสว่างรวมที่ต้องการภายในห้องเรียน

ปริมาณแสงสว่างรวมเมื่อกำหนดให้ระดับความสว่าง	500	ลักซ์
พื้นที่ห้องเรียนส่วนที่พิจารณาขนาด	69	ตร.ม.
พื้นที่ส่วนโต๊ะเรียน (Working plane)	36.4	ตร.ม.
พื้นที่ส่วนทางเดิน (Circulation)	32.6	ตร.ม.

E = (Lumen / area) * cu

500 = Lumen / 36.4 * 0.73

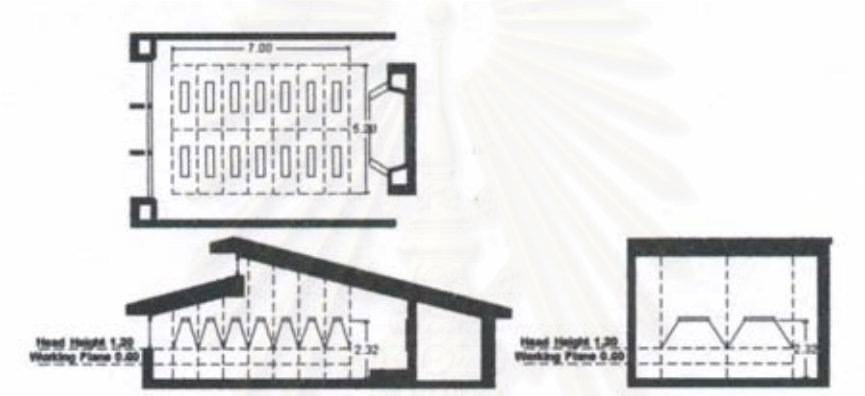
Lumen = 24931.50 ลูเมน

จากค่าความสว่างรวมที่คำนวณได้ นำมาคำนวณหาจำนวนของหลอดไฟที่ต้องใช้ภายในห้องเรียน โดยพิจารณาหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งเป็นหลอดไฟที่ให้แสงสว่างสูงในขณะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนน้อย และเกิดความร้อนจากหลอดที่น้อยกว่าหลอดประเภทอื่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นำมาคำนวณเปรียบเทียบมี 3 แบบ คือ

(1) หลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน

หลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน ประสิทธิภาพ 1976 ลูเมน 36 วัตต์

จำนวนหลอด = 24931.50 / 1976 = 12.62 ~ 14 หลอด



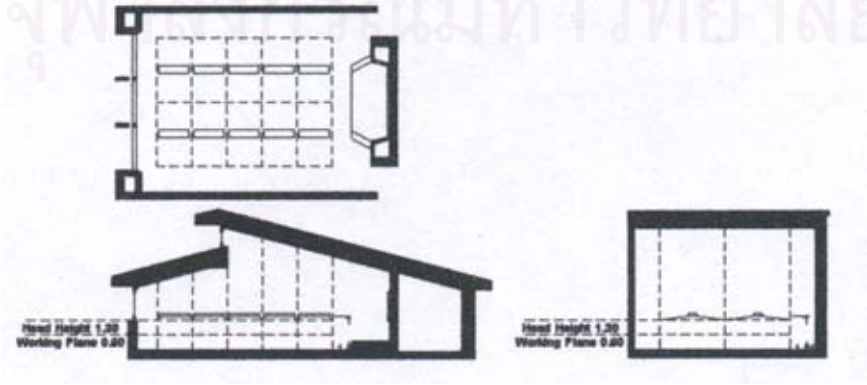
ภาพที่ 4-20 แสดงผังการจัดหลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐานจำนวน 14 หลอด จัดตามขวางของห้องเรียน

(2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง

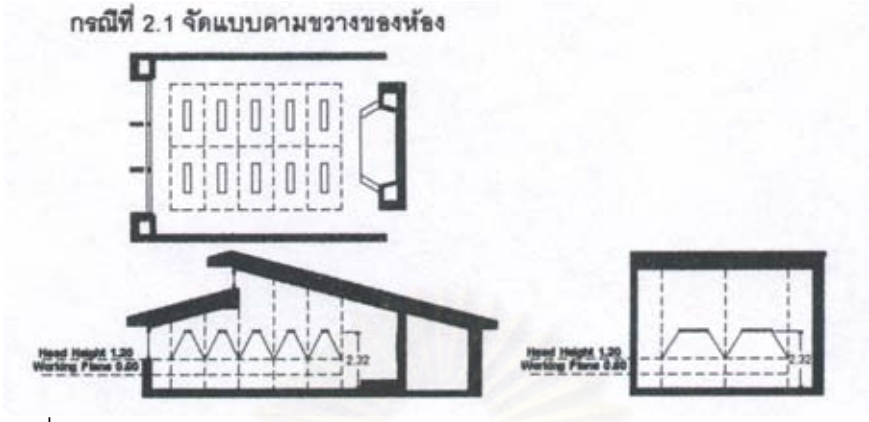
หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง มีประสิทธิภาพ 2778.75 ลูเมน 36 วัตต์

จำนวนหลอด = 24931.50 / 2778.75 = 8.97 ~ 10 หลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงจำนวน 10 หลอด สามารถจัดได้ทั้งแบบตามยาวและตามขวางของห้องเรียน



ภาพที่ 4-21 แสดงผังการจัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง 10 หลอด ตามยาวของห้อง



ภาพที่ 4-22 แสดงผังการจัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง 10 หลอด ตามขวางของห้อง

(3) หลอดฟลูออเรสเซนต์ TL5

หลอดฟลูออเรสเซนต์ TL5 ประสิทธิภาพ 2617.25 ลูเมน 28 วัตต์

จำนวนหลอด = 24913.50 / 2617.25 = 9.53 ~ 10 หลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ TL5 สามารถจัดได้ทั้งแบบตามยาว และตามขวางของห้องเรียนเช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง

เมื่อได้จำนวนหลอดที่ให้ค่าความสว่างตามที่ต้องการภายในห้องเรียนของหลอดแต่ละแบบแล้ว จากนั้นก็จะพิจารณาถึงการใช้งานร่วมกับบัลลาตส์ เพื่อคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหลอดแต่ละประเภท ได้ผลดังตารางที่ 4-3 (อานิก สกุลญานนท์วิทยา, 2544)

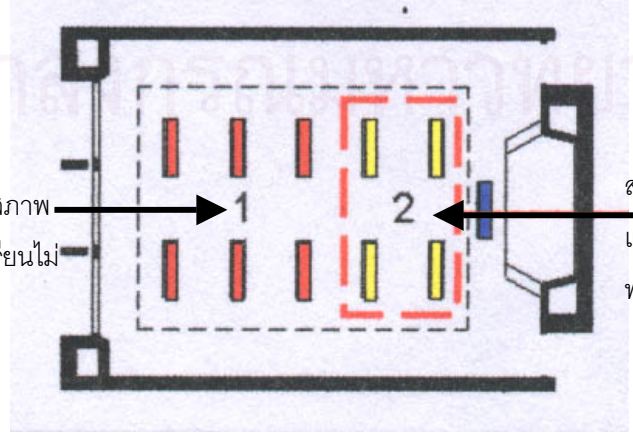
ประเภทหลอดไฟ	บัลลาสต์	พลังงานไฟฟ้า (w / m^2)	ความร้อน (Btu/h)
หลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน	ขดลวดแกนเหล็ก	46(ballast lost 10) * 14 / 69 = 9.33	31.84
	ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	42(ballast lost 6) * 14 / 69 = 8.52	29.08
	อิเล็กทรอนิกส์	40(ballast lost 4) * 14 / 69 = 8.12	27.69
หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	ขดลวดแกนเหล็ก	46(ballast lost 10) * 10 / 69 = 6.67	22.75
	ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	42(ballast lost 6) * 10 / 69 = 6.09	20.77
	อิเล็กทรอนิกส์	40(ballast lost 4) * 10 / 69 = 5.80	19.78
หลอดฟลูออเรสเซนต์ TL5	อิเล็กทรอนิกส์	32(ballast lost 4) * 10 / 69 = 4.64	15.82

ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 แบบ เมื่อใช้ร่วมกับบัลลาสต์ 3 ประเภท

จากตารางที่ 4-3 เมื่อพิจารณาจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชนิด แล้ว ปรากฏว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ TL5 ที่ใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด แต่เนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีราคาที่ค่อนข้างสูง และไม่มีจำหน่ายอย่างแพร่หลาย การนำไปใช้ในโรงเรียนท้องถิ่นจึงอาจเกิดปัญหาในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ดังนั้นทางเลือกของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่เหมาะสมกับห้องเรียนก็คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงที่ใช้ร่วมกับบัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

รูปแบบการจัดวางหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงที่เหาะสม คือ การจัดหลอดวางตามขวางของห้องเรียน เพราะว่า การจัดแบบตามยาวของห้องนั้นมีระดับความจ้าของแสงที่มุมมองของนักเรียนที่นั่งอยู่ท้ายสุดของห้อง (มุมเงยจากระดับสายตา 10 – 11 องศา) มากกว่าการจัดหลอดแบบตามขวาง แต่อย่างไรก็ตามระดับความจ้าของการจัดหลอดทั้ง 2 แบบ ก็อยู่ในระดับที่สายตามนุษย์ยอมรับได้ ส่วนหลอดไฟที่ใช้ส่องสว่างให้กับกระดานหน้าห้องนั้น ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง จำนวน 1 หลอด ส่องทำมุม 55 องศากับระนาบของกระดาน

การใช้แสงสว่างจากหลอดไฟร่วมกับแสงธรรมชาตินั้น จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ (อวิรุทธ์ อุรุพงศา, 2544) พบว่าพื้นที่ส่วนด้านหน้าห้องที่อยู่ตรงข้ามกับช่องแสงด้านข้าง จะมีปัญหาความไม่เพียงพอของแสงธรรมชาติในบางช่วงเวลา (8.00 น. และ 16.00 น.) โดยเริ่มที่ระยะ 5 เมตร ห่างจากช่องแสงด้านข้างไปจนถึงหน้าห้อง ดังนั้นระบบเปิด – ปิดของหลอดไฟจึงควรแยกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ควบคุมหลอดไฟจำนวน 6 หลอดทางด้านหลังห้อง และชุดที่ 2 ควบคุมหลอดไฟจำนวน 4 หลอดด้านหน้าห้อง เมื่อแสงธรรมชาติบริเวณหน้าห้องไม่เพียงพอ ก็จะเปิดเฉพาะสวิทช์ชุดที่ 2 แต่เมื่อสภาพท้องฟ้ามืดครึ้ม หรือมีฝนตก ก็จะเปิดสวิทช์ชุดที่ 1 ด้วย การใช้สวิทช์แบบที่สามารถเพิ่ม – ลดความเข้มของแสงสว่างได้ (Dimmer) ก็จะยิ่งสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้สวิทช์เปิด – ปิดแบบธรรมดา



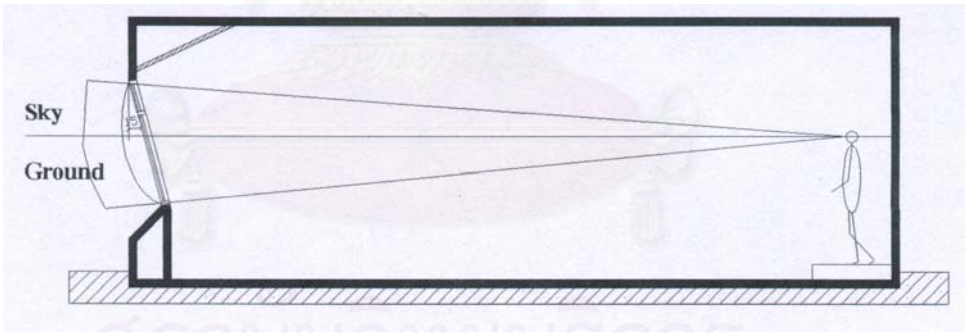
ภาพที่ 4-23 แสดงการควบคุมการเปิด – ปิด หลอดไฟฟ้าแสงสว่างภายในห้องเรียน

4.1.11 ความสบายตาในการมองเห็น (Visual Comfort)

ความสบายตาในการมองเห็น เป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมากในกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนรู้ต้องใช้สายตาเป็นสื่อเกือบจะตลอดเวลา ห้องเรียนที่มีมุมมองที่เกิดการระคายเคืองในการมอง จะทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนลดประสิทธิภาพลงไปอย่างมาก ความสบายตาในการมองเห็นมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับแสง ทั้งแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ รวมทั้งการออกแบบส่วนต่างๆ ภายในห้องเรียนด้วย พิจารณาได้ดังนี้

(1) มุมมองของช่องแสงด้านข้าง

ช่องแสงด้านข้างของห้องเรียน มีตำแหน่งอยู่ที่ผนังทางทิศเหนือ ด้านหลังของนักเรียน ดังนั้นจึงไม่ก่อปัญหาแสงจ้ารบกวนการมองเห็นและดึงความสนใจของนักเรียนออกไปนอกห้องเรียน แต่ช่องแสงด้านข้างจะมีผลต่อการมองเห็นของครูผู้สอน ที่ต้องหันหน้ามองไปทางช่องแสงด้านข้าง จากการศึกษาทดลอง (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544) แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านข้างเพื่อลดภาวะแสงจ้ารบกวนการมองเห็น คือ การเอียงช่องแสงให้เงยขึ้น ทำมุม 15 องศากับแนวดิ่ง จะทำให้มุมมองท้องฟ้าน้อยกว่ามุมที่มองเห็นพื้นดิน ลดความสว่างของท้องฟ้า ช่วยให้การมองออกไปนอกหน้าต่างมีสบายตามากขึ้น

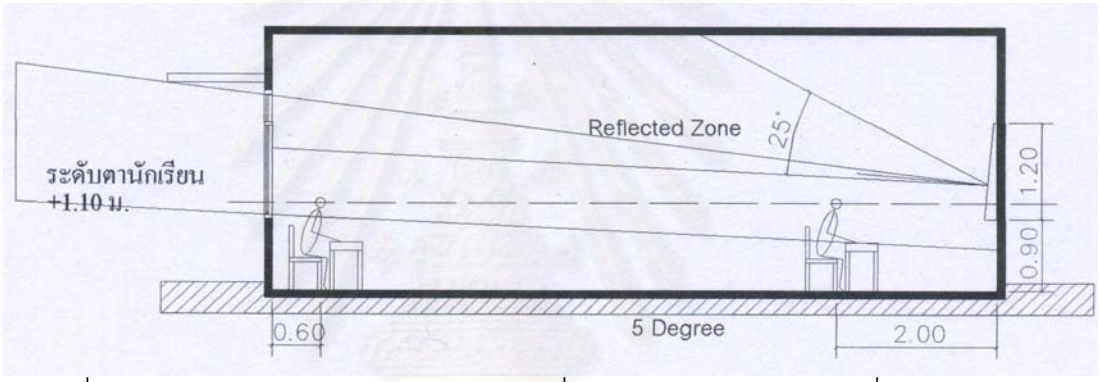


ภาพที่ 4-24 แสดงรูปแบบการเอียงช่องแสงด้านข้าง 15 องศา เพื่อลดแสงจ้าในมุมมองของครู

การเอียงช่องแสง แม้จะสามารถลดแสงจ้าได้ ก็ในปริมาณที่น้อย แต่ทว่าจะมีปัญหาในด้านการก่อสร้างที่ยุ่งยากขึ้น อีกทั้งที่ผิวกระจกด้านในจะมีการสะสมฝุ่นละอองเพิ่มมากขึ้นกว่ากระจกที่ตั้งในแนวดิ่งทั่วไป ทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อยขึ้น ดังนั้นการใช้ช่องแสงแนวดิ่งอย่างเดิมจึงยังมีความเหมาะสม โดยการใช้ต้นไม้ปลูกภายนอกห้องเรียนด้านทิศเหนือ เพื่อลดความจ้าของแสงจากภายนอก เป็นการแก้ปัญหาดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการออกแบบช่องแสงธรรมชาติ

(2) ช่องแสงด้านข้างกับมุมมองกระดาน

มุมมองของนักเรียนที่หันหน้ามองไปยังกระดาน ซึ่งกระดานที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันมักจะเป็นแบบผิวมัน (White Board) กระดานจะอยู่ตรงข้ามกับช่องแสงด้านข้าง ดังนั้นจึงมักจะเกิดปัญหาแสงที่ส่องเข้ามาจากภายนอกมีการสะท้อนที่ผิวกระดานแล้วกระทบกับการมองเห็นของนักเรียน ทำให้ไม่สามารถอ่านตัวหนังสือที่เขียนอยู่บนกระดานได้ เกิดความไม่สบายตาของนักเรียน จากการศึกษาทดลอง (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544) พบว่า แนวทางการแก้ปัญหานี้ คือ การเอียงแผ่นกระดานให้เงยขึ้นภายใน ทำมุม 5 องศากับแนวดิ่ง จะทำให้แสงจากภายนอกจากช่องแสงด้านข้างสะท้อนกับผิวกระดานแล้วส่องเลยมุมมองของนักเรียนขึ้นไป ทำให้ไม่มีแสงจ้าสะท้อนรบกวนนักเรียน โดยที่การเอียงกระดานก็ไม่ส่งผลกระทบต่อการเขียนของครู



ภาพที่ 4-25 แสดงรูปแบบการเอียงกระดาน เพื่อลดปัญหาแสงจ้าสะท้อนที่รบกวนมุมมองของนักเรียน

(3) แสงจากหลอดไฟกับพื้นผิวของโต๊ะเรียน

การติดตั้งดวงโคมแสงสว่างนั้น มีตำแหน่งที่กระจายเพื่อให้ได้แสงที่สม่ำเสมอทั่วทั้งห้อง ดังนั้น อาจจะมีบางตำแหน่งที่แสงจากหลอดไฟตกกระทบพื้นผิวโต๊ะเรียนแล้วสะท้อนเข้าตานักเรียนในมุมวิกฤต (25 องศา) การจะจัดตำแหน่งดวงโคมของหลอดไฟเพื่อหลีกเลี่ยงมุมดังกล่าวทำได้ยาก ดังนั้นการแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการใช้วัสดุบุผิวโต๊ะนักเรียนเป็นแบบผิวด้าน ที่จะเกิดการสะท้อนแบบ Perfect Diffuse และให้นักเรียนปรับระยะห่างระหว่างเก้าอี้กับโต๊ะ เพื่อลดปัญหาแสงสะท้อนจากหลอดไฟ

(4) แสงสะท้อนจากดวงโคมส่องกระดาน

ตำแหน่งของดวงโคมส่องกระดาน ที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาแสงจ้าสะท้อนกระทบกับมุมมองของนักเรียน จะต้องติดตั้งดวงโคมห่างจากกระดาน 0.30 เมตร และจัดให้มีตะแกรงกันแสง (Louver) เพื่อกันแสงไม่ให้มีส่วนที่ตกกระทบกระดานโดยตรง

4.1.12 การออกแบบคุณภาพเสียงภายในห้องเรียน

การออกแบบห้องเรียนเพื่อให้มีภาวะทางด้านเสียงภายในห้องที่ดี จะต้องพิจารณาปัจจัยหลัก 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก และส่วนหลังเป็นการควบคุมเสียงภายในห้อง โดยในแต่ละส่วนก็จะมีปัจจัยต่างๆ ในการออกแบบที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาประเมิน (จันสอน สุลิวง, 2544) ทำให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมของปัจจัยนั้น เพื่อให้ห้องเรียนมีภาวะทางด้านเสียงที่ดี ดังนี้

(1) การป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก

การป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเรียน ไม่ให้ผ่านเข้ามาหรือผ่านเข้ามาภายในห้องเรียนน้อยที่สุด มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา คือ

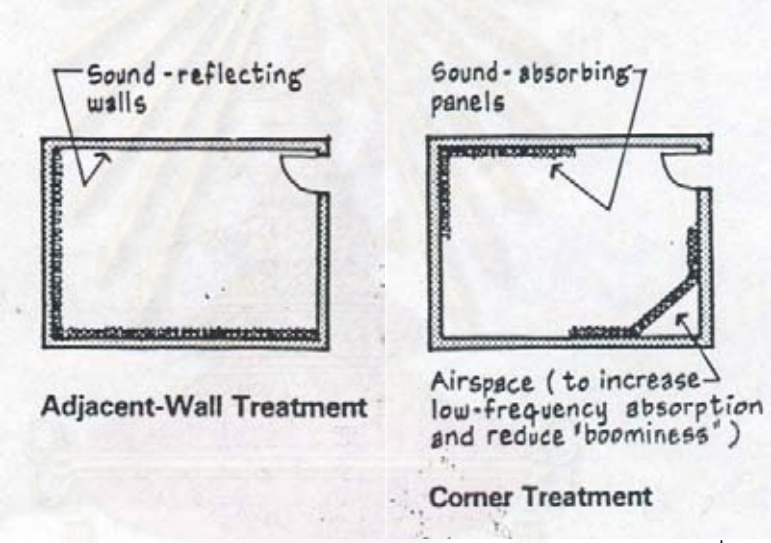
- ระบบเปลือกอาคาร ผนังอาคารควรจะสามารถลดระดับของเสียงที่ส่งผ่านมาจากภายนอกได้ดี ค่าชั้นการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Sound Transmission Class : STC) ของผนังจะต้องมีค่าตั้งแต่ 45 ขึ้นไป โดยผนังที่ใช้ในโรงเรียนท้องถิ่นนี้ เป็นกรณีผนังทึบ ผนังก่ออิฐดินซีเมนต์ซึ่งมีค่า STC ประมาณ 50 ที่ความหนา 5 “
- การรั่วซึมของเสียงผ่านระบบเปลือกอาคารในส่วนของผนัง เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับประเภทของช่องเปิด อาคารโรงเรียนท้องถิ่นใช้ช่องเปิดวงกบไม้กับกระจกและมีการผนึก (seal) รอยต่อต่างๆ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดจากการประเมิน
- องค์ประกอบบริเวณที่ตั้ง จากการออกแบบปรับปรุงสภาพที่ตั้งอาคาร ในหัวข้อ 4.1.2 นั้น ส่วนที่เป็นเนินดิน สามารถช่วยลดระดับของเสียงรบกวนจากภายนอกที่จะผ่านเข้ามาถึงอาคารเรียนได้
- การดูดซับเสียงของผิวภายในห้องเรียน มีการใช้วัสดุดูดซับเสียงบุผนังภายในห้องเรียนเพื่อช่วยลดระดับความดังของเสียงที่ผ่านเข้ามาได้

(2) การควบคุมเสียงภายในอาคาร

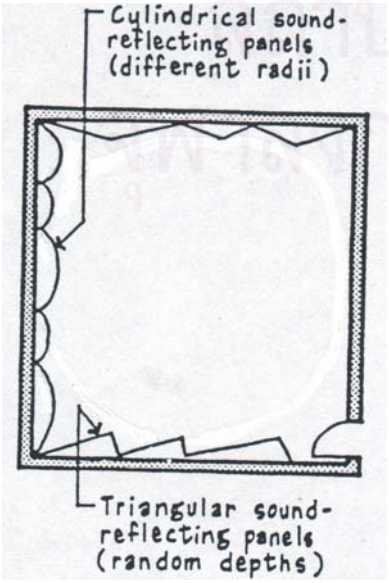
การควบคุมเสียงภายในห้องเรียนให้มีคุณภาพที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องใช้เสียงเป็นสื่อกลาง มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา คือ

- ระดับความดังของเสียงของครู ควรจะมีค่า 60 – 65 เดซิเบล (เอ) เพื่อให้นักเรียนทุกคนในห้องได้ยินอย่างชัดเจน โดยไม่มีการใช้เครื่องขยายเสียง ห้องเรียนได้ทำการออกแบบส่วนพื้นที่หน้าห้องให้ยกระดับสูงกว่าพื้นห้อง 0.30 เมตร เพื่อให้ผู้สอนยืนพูด จะช่วยให้คลื่นเสียงเดินทางไปถึงนักเรียนได้ดี มีการสูญเสียน้อย

- ช่วงเวลาการสะท้อนเสียงภายในห้อง (Reverberation Time) ควรจะมีค่าตั้งแต่ 0.60 แต่น้อยกว่า 0.80 วินาที
- รูปร่างของห้องเรียน รูปร่างของห้องเรียนที่มีคุณสมบัติด้านเสียงเหมาะสมมากที่สุดคือ รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid) หรือรูปพัด เพื่อลดเสียงสะท้อน (Echo) แต่เนื่องจากปัญหาต่างๆ ทางด้านการใช้พื้นที่และการก่อสร้างที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.1.4 นั้น ทำให้รูปแบบดังกล่าวขาดความเหมาะสมในการใช้งาน แต่สามารถจะใช้การออกแบบรายละเอียดของผนังห้องในการลด echo ได้ เช่น การใช้วัสดุดูดซับเสียงบางส่วนร่วมกับผนังปกติ หรือการตกแต่งผนังภายในห้องเรียนให้เป็นแผงยื่นจากผนัง ดังรูปที่ 4- 26



ภาพที่ 4-26 แสดงลักษณะการใช้วัสดุดูดซับเสียงบางส่วนร่วมกับผนังปกติ เพื่อลดเสียง echo



ภาพที่ 4-27 แสดงลักษณะการตกแต่งผนังภายใน ห้องเรียนให้เป็นแผงยื่นจากผนัง เพื่อลดเสียง echo

4.1.13 การออกแบบพื้นผิวโดยรอบอาคาร

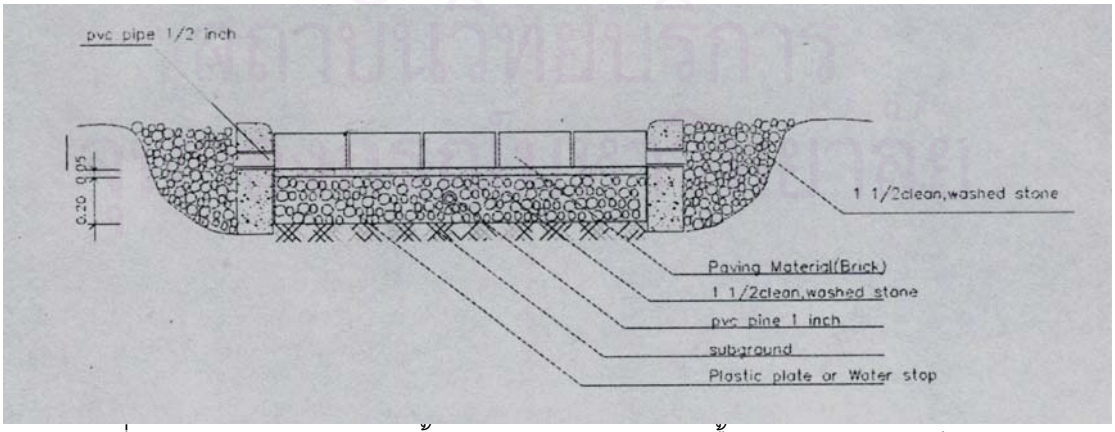
พื้นที่โดยรอบอาคารเป็นส่วนที่มีผลกระทบกับพื้นที่ภายในอาคารอย่างมาก การปรับปรุงให้พื้นที่โดยรอบอาคารมีสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารที่มุ่งใช้ประโยชน์จากธรรมชาติเป็นหลัก โดยการปลูกต้นไม้ พืชพันธุ์ต่างๆ ทั้งต้นไม้ขนาดใหญ่เพื่อให้ร่มเงา ต้นไม้ขนาดกลาง ไม้พุ่มขนาดเล็ก รวมไปถึงพืชคลุมดิน เพื่อปรับสภาพพื้นผิวโดยรอบอาคารให้เย็น แต่ในบางกรณีมีความต้องการใช้พื้นที่รอบอาคารในการทำกิจกรรมต่างๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับพื้นที่ผิวให้เหมาะสม โดยการใช้วัสดุปูพื้น

การใช้วัสดุปูพื้นภายนอกในอาคารโดยทั่วไป พิจารณาเพียงการทำให้พื้นที่นั้นๆ สามารถเข้าไปใช้ทำกิจกรรมตามความต้องการเท่านั้น แต่ไม่ได้มีการคำนึงถึงผลทางด้านสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในทางที่จะทำให้เกิดผลเสียกับอาคาร ดังนั้นการออกแบบพื้นที่รอบอาคารโรงเรียนท้องถิ่นนี้จึงคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับอาคารเรียนด้วย โดยจะใช้พื้นที่รอบอาคารนี้ในการช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงให้ต่ำลง เป็นการสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม เพื่อลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับภายในอาคาร จากการศึกษา (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544) การใช้วัสดุปูพื้นผิวภายนอกอาคารที่จะช่วยให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศนั้น มีแนวทางในการพิจารณาออกแบบดังนี้

- วัสดุที่มีความเหมาะสม ควรจะเป็นวัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำมาก เพื่อให้ผิวด้านบนของวัสดุเปียก มีการระเหยของน้ำตลอดเวลา จะทำให้ผิววัสดุเย็นกว่าวัสดุที่ไม่มีการระเหยของน้ำ สีของวัสดุควรเป็นสีอ่อน เพื่อให้มีค่าการดูดซับความร้อนที่ต่ำ และผิววัสดุควรเป็นผิวที่ขรุขระ เพื่อให้มีพื้นที่ผิวในการระเหยน้ำมาก และผิวที่ขรุขระนี้ก็จะมีร่มเงาในส่วนที่เว้าลงไปทำให้เกิดเป็นแหล่งสะสมความเย็น
- สภาพการใช้งาน ควรจะมีการป้องกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อไม่ให้มีการสะสมความร้อนที่ผิววัสดุ โดยการใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ให้ร่มเงากับพื้นผิววัสดุ และต้องมีการป้องกันกระแสลมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าผิววัสดุเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียความเย็นไปให้กับอากาศร้อนที่พัดผ่านผิววัสดุ โดยการใช้ต้นไม้พุ่มขนาดเล็กหรือเนินดิน เพื่อเป็นแนวป้องกันลมให้กับพื้นผิววัสดุ
- สภาพการระเหย เนื่องจากความเย็นจากผิววัสดุที่เรานำมาใช้ประโยชน์นั้นได้มาจากการระเหยของน้ำ ดังนั้นการใช้งานพื้นผิววัสดุจึงจำเป็นจะต้องทำให้ผิววัสดุมีความชื้นอยู่ตลอดเวลา เพราะเมื่อมีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอกับการระเหย ผิววัสดุก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

จากแนวทางดังกล่าว ได้ออกแบบส่วนของพื้นที่ภายนอกโดยรอบอาคารโรงเรียนท้องถิ่น ให้สามารถช่วยลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารให้เย็นลงได้ โดยการใช้วัสดุพื้นถิ่นอิฐดินซีเมนต์เป็นวัสดุปูพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีการใช้งาน เช่น ทางเดิน พื้นที่พักผ่อน เป็นต้น อิฐดินซีเมนต์แม้จะเป็นวัสดุที่มีสีเข้ม คือ น้ำตาล แต่สามารถใช้ร่มเงาของต้นไม้ในการลดการดูดซับความร้อนได้ อิฐดินซีเมนต์มีค่าการดูดซึมน้ำที่อยู่ในระดับปานกลางที่ใกล้เคียงกับอิฐมอญ ประมาณ 15 % เมื่อพิจารณาด้านพื้นผิวของวัสดุที่ควรขรุขระนั้น วัสดุที่มีผิวขรุขระที่มีอยู่ในบางท้องถิ่นก็คือ ศิลาแลง แต่เนื่องมาจากเป็นวัสดุที่หาได้ยาก ทำให้มีราคาที่สูงกว่าอิฐดินซีเมนต์ เช่นเดียวกันกับพื้นกรวดล้าง การเพิ่มพื้นที่การระเหยน้ำทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่ของวัสดุเอง ดังนั้นวัสดุปูพื้นที่ภายนอกโดยรอบอาคารที่เหมาะสม คือ อิฐดินซีเมนต์

ส่วนแนวทางการใช้งาน สามารถใช้ร่มเงาของต้นไม้ขนาดใหญ่เพื่อลดการสะสมความร้อนที่ผิวของวัสดุ จัดสร้างเนินดินและปลูกไม้พุ่มขนาดเล็กโดยรอบพื้นที่ผิววัสดุระเหยน้ำเพื่อลดอิทธิพลจากกระแสลมที่ร้อน หรืออาจจะปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบให้มีอุณหภูมิที่ต่ำ ให้ลมที่พัดผ่านพื้นผิววัสดุเป็นลมที่เย็น การทำให้ผิวของวัสดุมีความชื้นเพื่อให้เกิดการระเหยตลอดเวลานั้น ใช้การระบายน้ำผ่านใต้ผิววัสดุโดยการขุดหน้าดินลงไปประมาณ 0.20 – 0.30 เมตร จากนั้นใช้แผ่นวัสดุกันซึมจำพวกแผ่นพลาสติกรองให้มีลักษณะเป็นบ่อ วางท่อ PVC ขนาด ¾" ที่มีการเจาะรูเป็นระยะ แล้วใส่หินก่อสร้างขนาด 1 – 1 ½" ลงไปในบ่อจนเกือบเต็มเหลือระยะไว้ประมาณ 0.05 เมตร ก่อนที่จะจัดวางอิฐดินซีเมนต์ทับลงไป ใช้การระบายน้ำผ่านท่อ PVC ให้มีน้ำขังอยู่ใต้อิฐดินซีเมนต์ก่อนที่อิฐจะดูดวึมน้ำขึ้นมาระเหยที่ผิวด้านบน ดังภาพที่ 4-28



ภาพที่ 4-28 แสดงระบบการใช้น้ำระบายผ่านใต้ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารเรียน

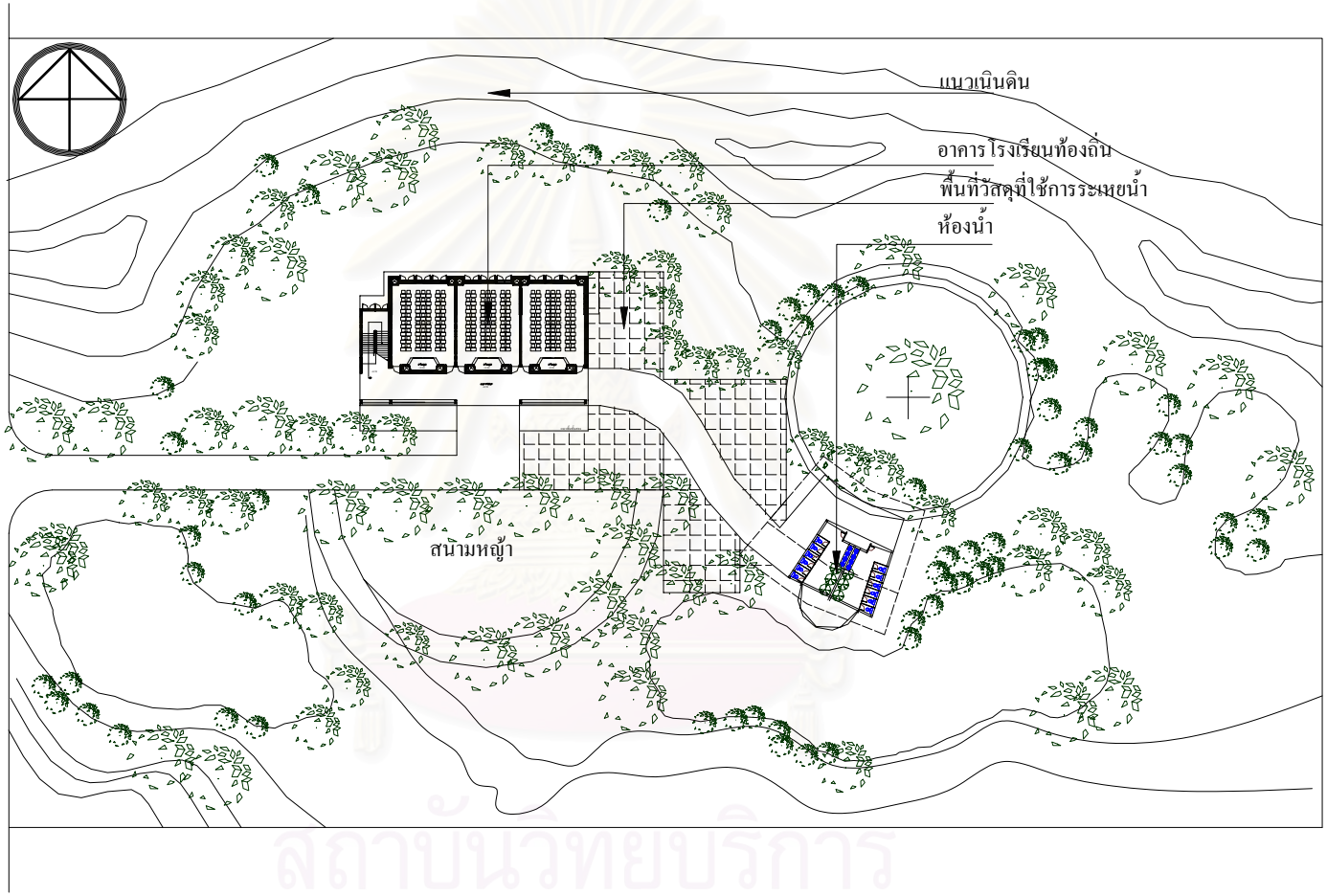
4.2 แบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่ใช้ระบบธรรมชาติ

เมื่อได้มีการออกแบบปัจจัยและส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้มากที่สุด ในหัวข้อที่ 4.1 ได้แก่

- การเลือกที่ตั้งอาคาร
- การปรับปรุงสภาพแวดล้อม
- ความต้องการพื้นที่ใช้สอยของอาคารเรียน
- รูปแบบของห้องเรียนและอาคารเรียน
- การจัดวางทิศทางอาคารเรียน
- การออกแบบพื้นอาคาร
- การออกแบบผนังอาคาร
- การออกแบบระบบหลังคา
- การออกแบบช่องแสงธรรมชาติ
- การออกแบบระบบแสงประดิษฐ์
- ความสบายตาในการมองเห็น
- การออกแบบคุณภาพเสียงภายในห้องเรียน
- การออกแบบพื้นผิวโดยรอบอาคาร

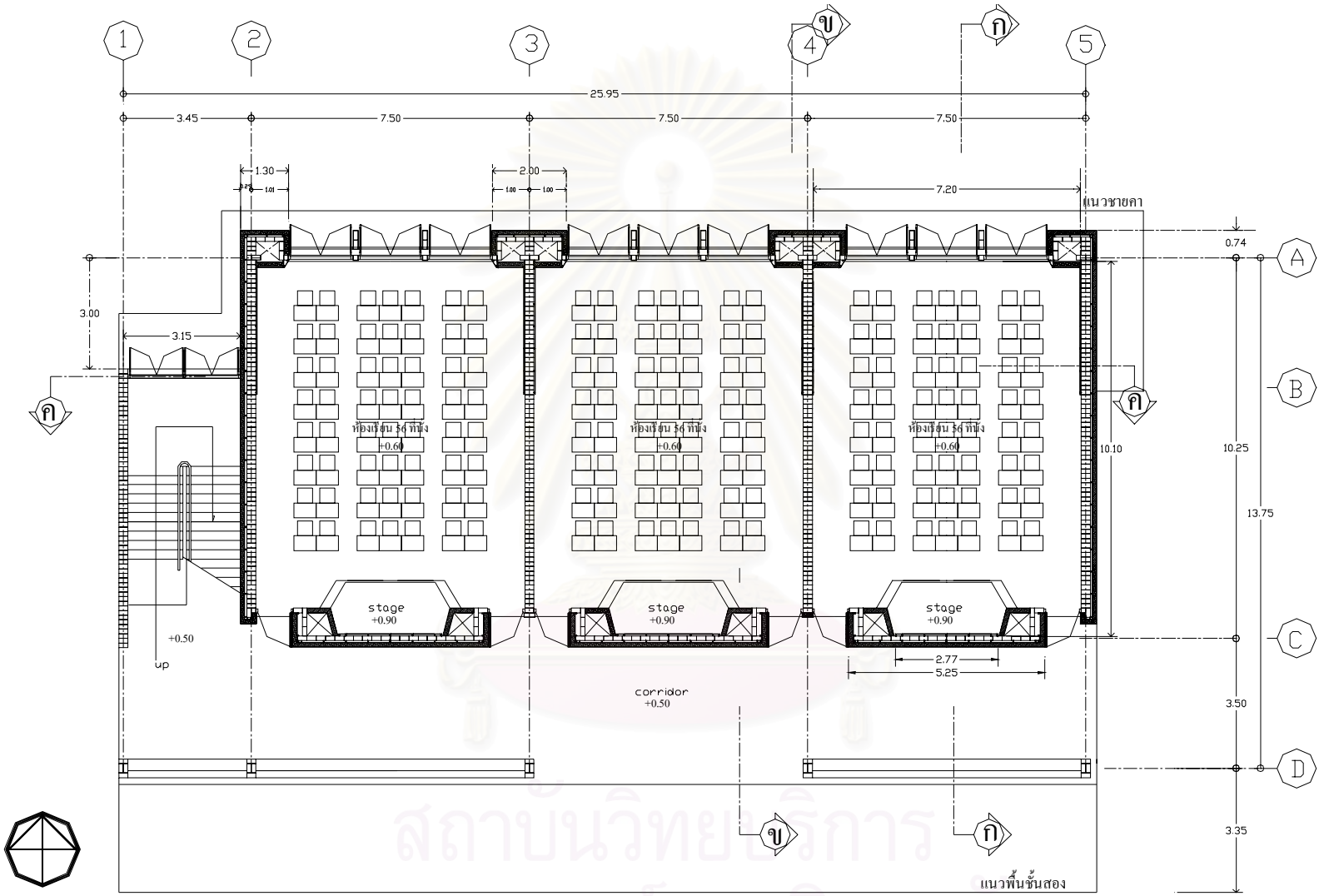
จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ดังกล่าว จะเป็นการเลือกแนวทางที่เหมาะสมและดีที่สุดเฉพาะของเรื่องนั้นๆ โดยวิเคราะห์ถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน แต่การนำปัจจัยเหล่านั้นมารวมกันเพื่อให้เกิดเป็นแบบอาคารขึ้นมา ไม่สามารถที่จะนำปัจจัยต่างๆ มาบวกรวมกันเหมือนการบวกเลข หรือนำมามัดรวมกันเหมือนท่อนไม้ หากแต่จะต้องมีการผสม ปรุงแต่ง คล้ายกับการปรุงอาหารที่ไม่ใช่เพียงการนำส่วนผสมใส่ลงไปรวมกันเท่านั้น แต่จะต้องมีการตวงปริมาณของเครื่องปรุงรสให้มีความพอดี มีการชิมและปรุงแต่งเพิ่มเติมจนกว่าจะได้รสชาติที่ดี การออกแบบอาคารจะต้องนำเอาปัจจัยต่างๆมาผสมผสาน วิเคราะห์ จัดการ และแปรผลให้ได้เป็นอาคารโรงเรียนที่สามารถใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ มีการพิจารณาข้อจำกัดทางด้านอื่นๆ ร่วมด้วย ทั้งทางเทคนิคการก่อสร้าง งบประมาณ ความสวยงาม และผลกระทบที่มีต่อซึ่งกันและกัน อาจจะทำให้มีรายละเอียดบางส่วนขาดความเหมาะสม ต้องมีการปรับเปลี่ยนรายละเอียดเหล่านั้น เพื่อความเหมาะสมในการใช้งานอาคารนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการผสมผสานปัจจัย ส่วนประกอบต่างๆ ได้บทสรุปเป็นแบบโรงเรียนท้องถิ่น ที่ใช้ระบบธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ ในการปรับสภาวะภายในอาคารให้ใกล้เคียงภาวะน่าสบาย ดังภาพที่ 4-29 ถึง 4-37



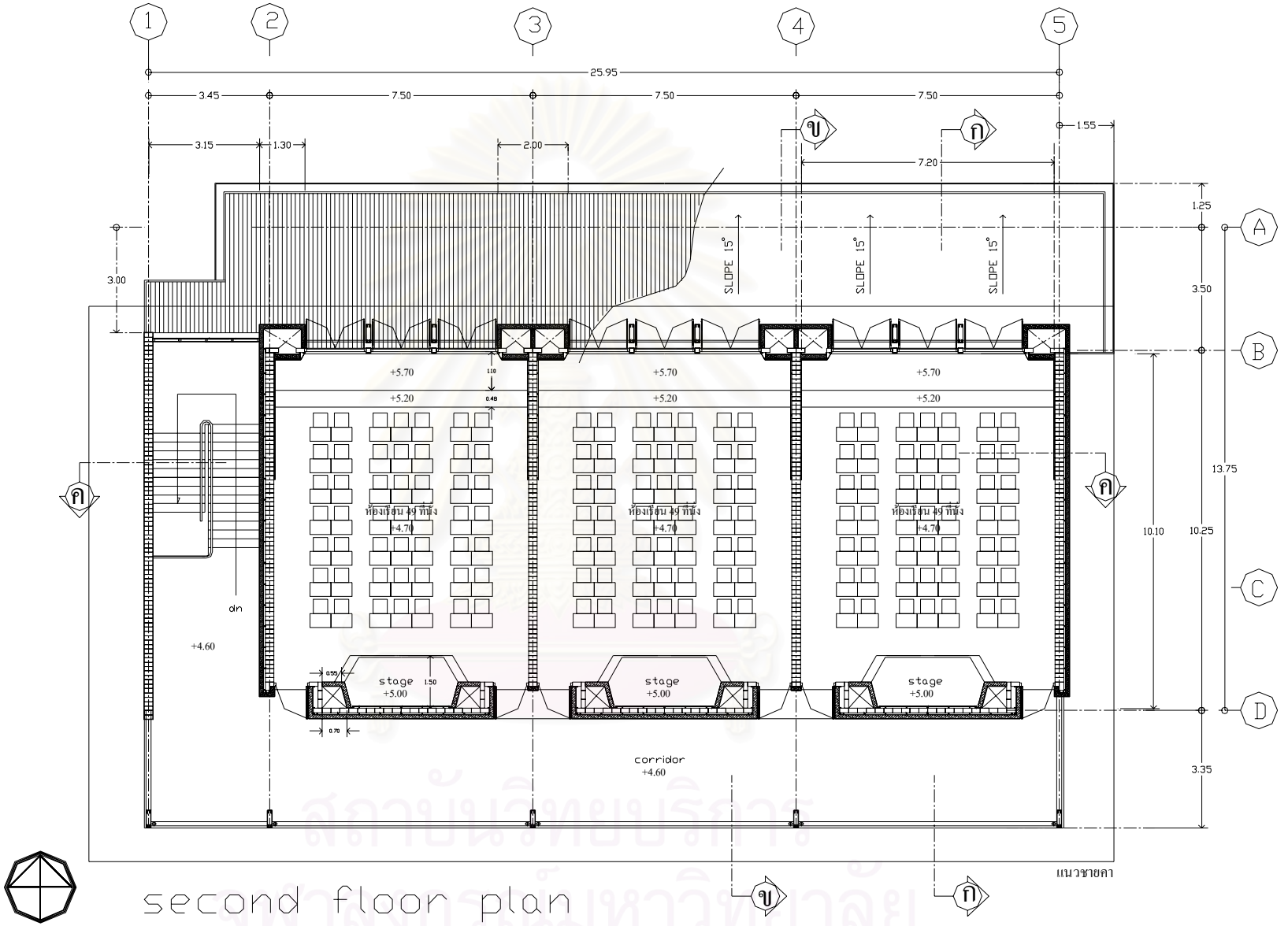
ภาพที่ 4-29 แสดงแบบผังบริเวณโดยรอบของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



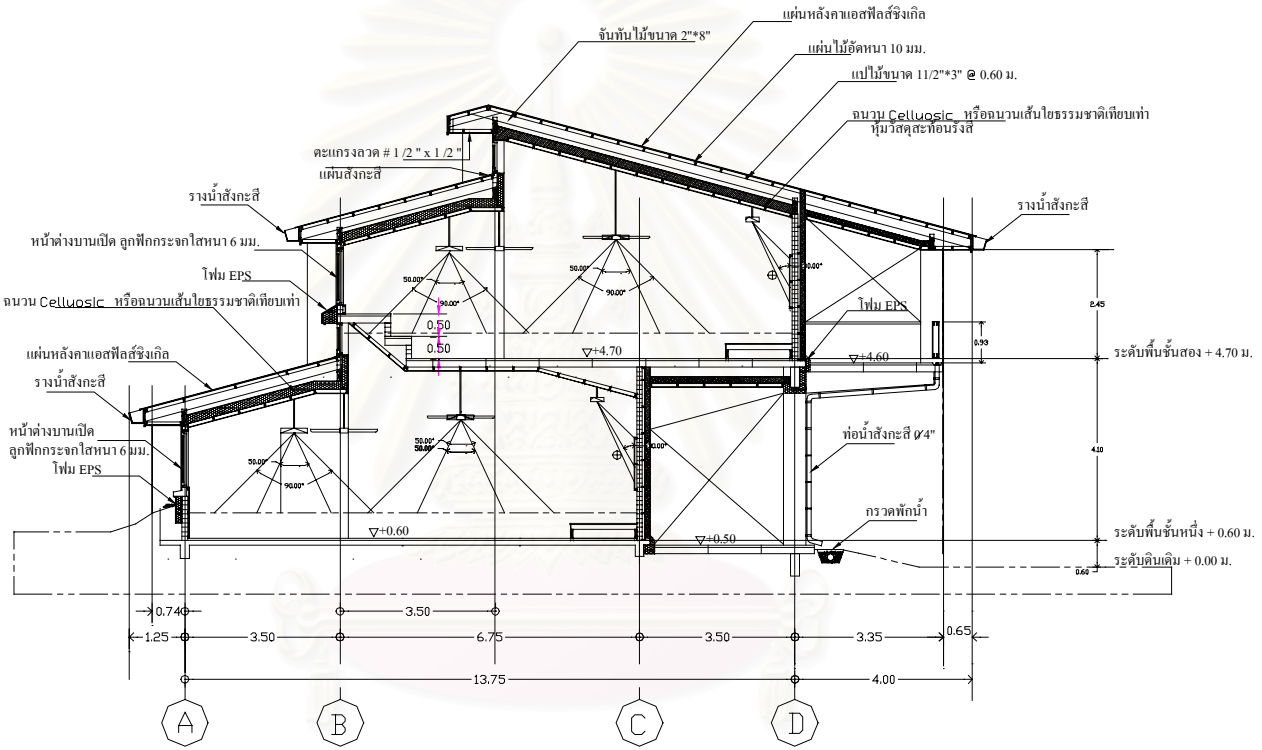
ภาพที่ 4-30 แสดงแบบผังพื้นห้องเรียนชั้นล่างของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



second floor plan

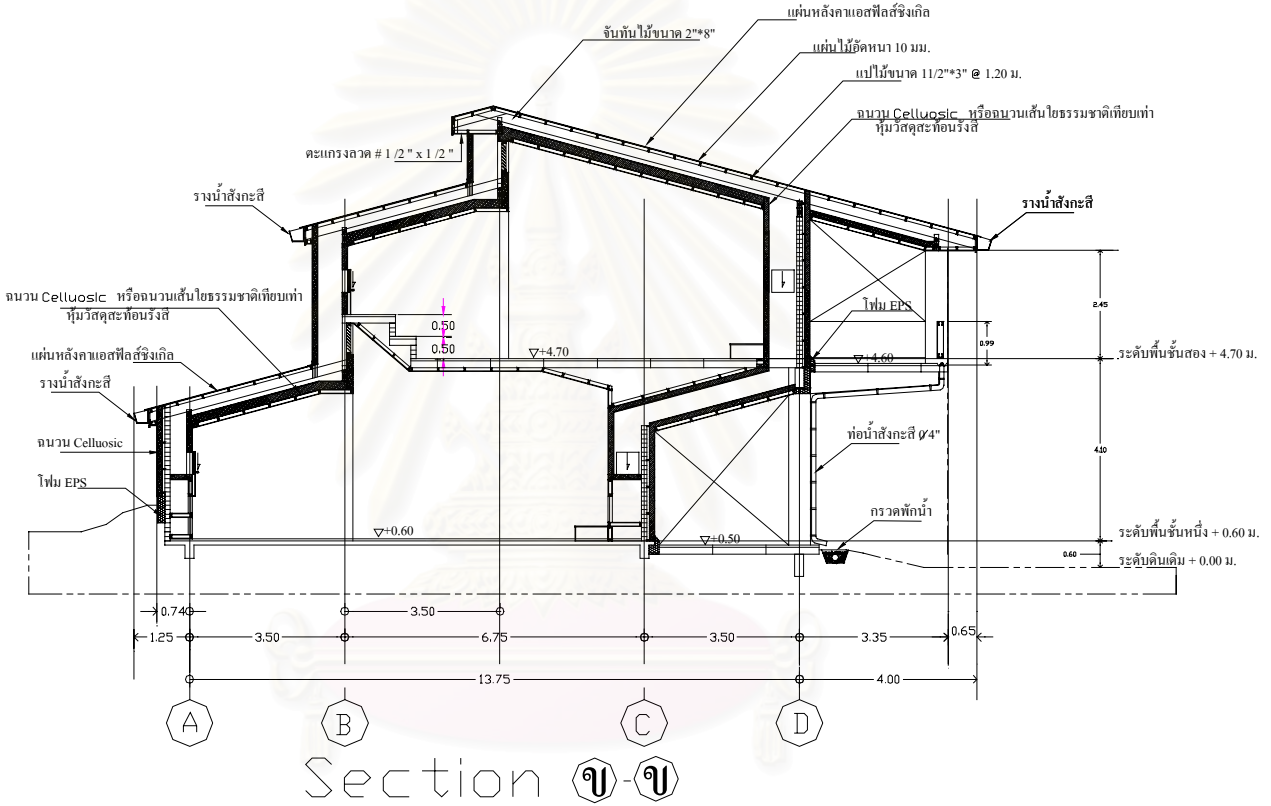
ภาพที่ 4-31 แสดงแบบผังพื้นห้องเรียนชั้นบนของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น



Section ก-ก

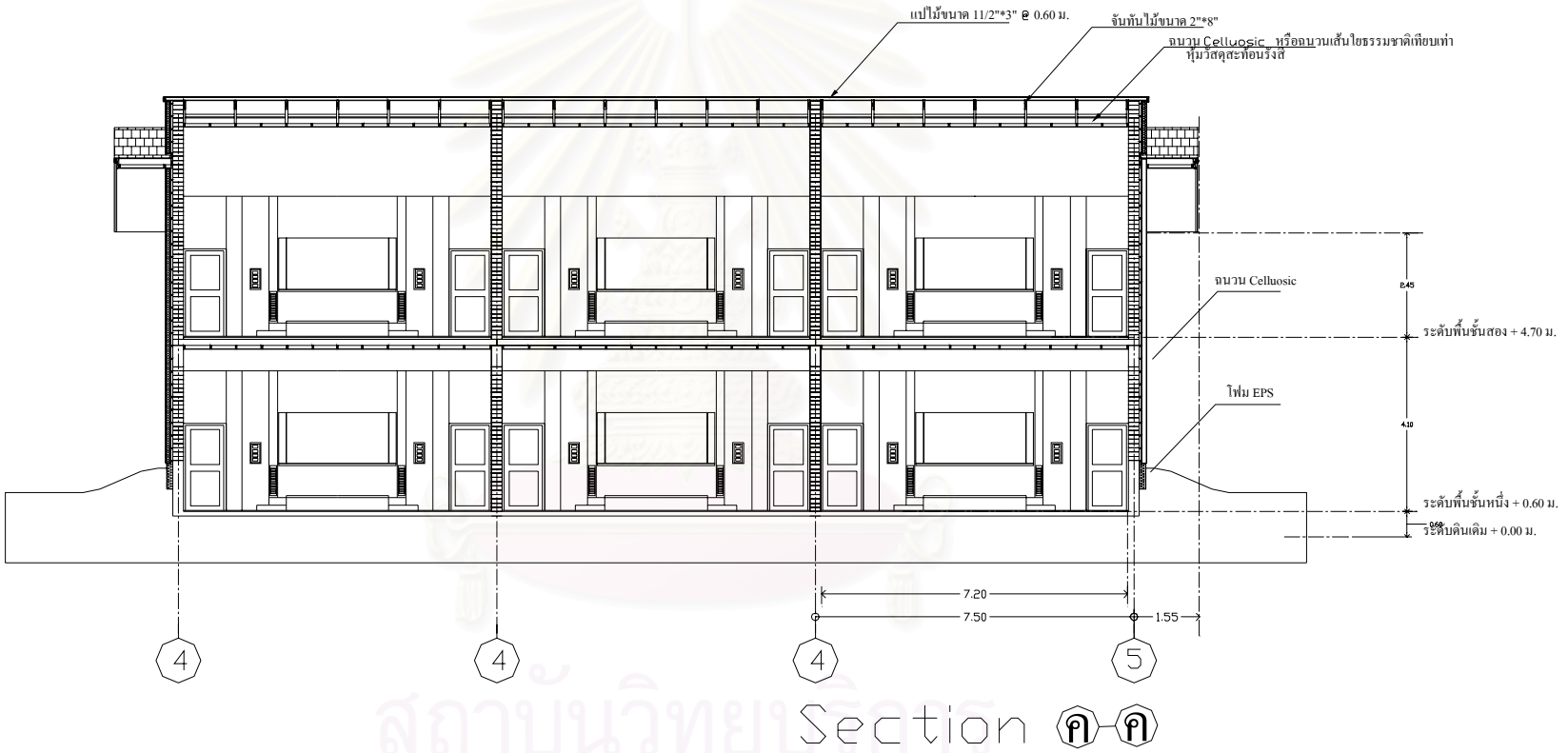
ภาพที่ 4-32 แสดงแบบรูปตัดผ่านกลางห้องเรียนของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



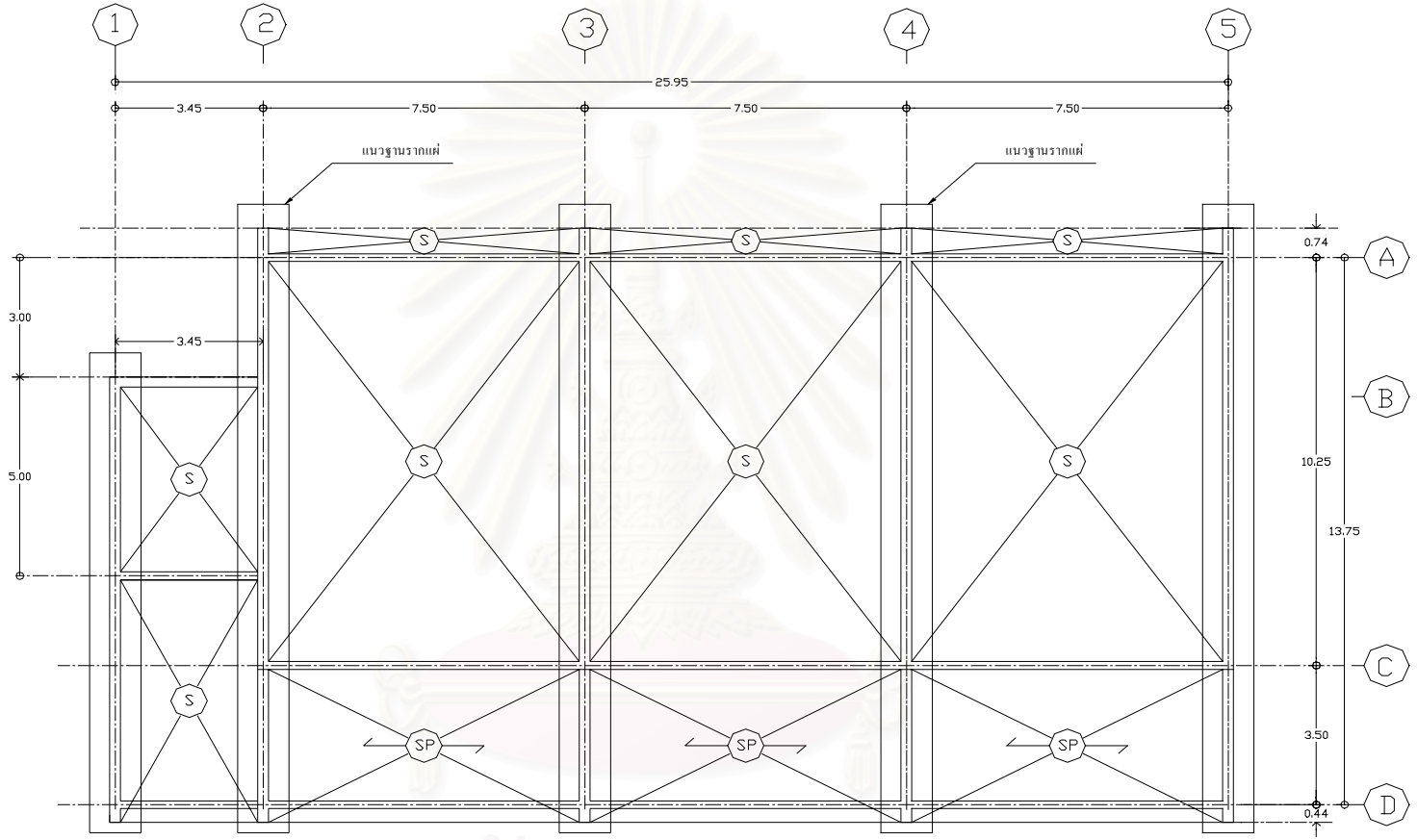
ภาพที่ 4-33 แสดงแบบรูปตัดผ่านบริเวณริมห้องเรียน แสดงแนวท่อไหลเวียนอากาศแนวตั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



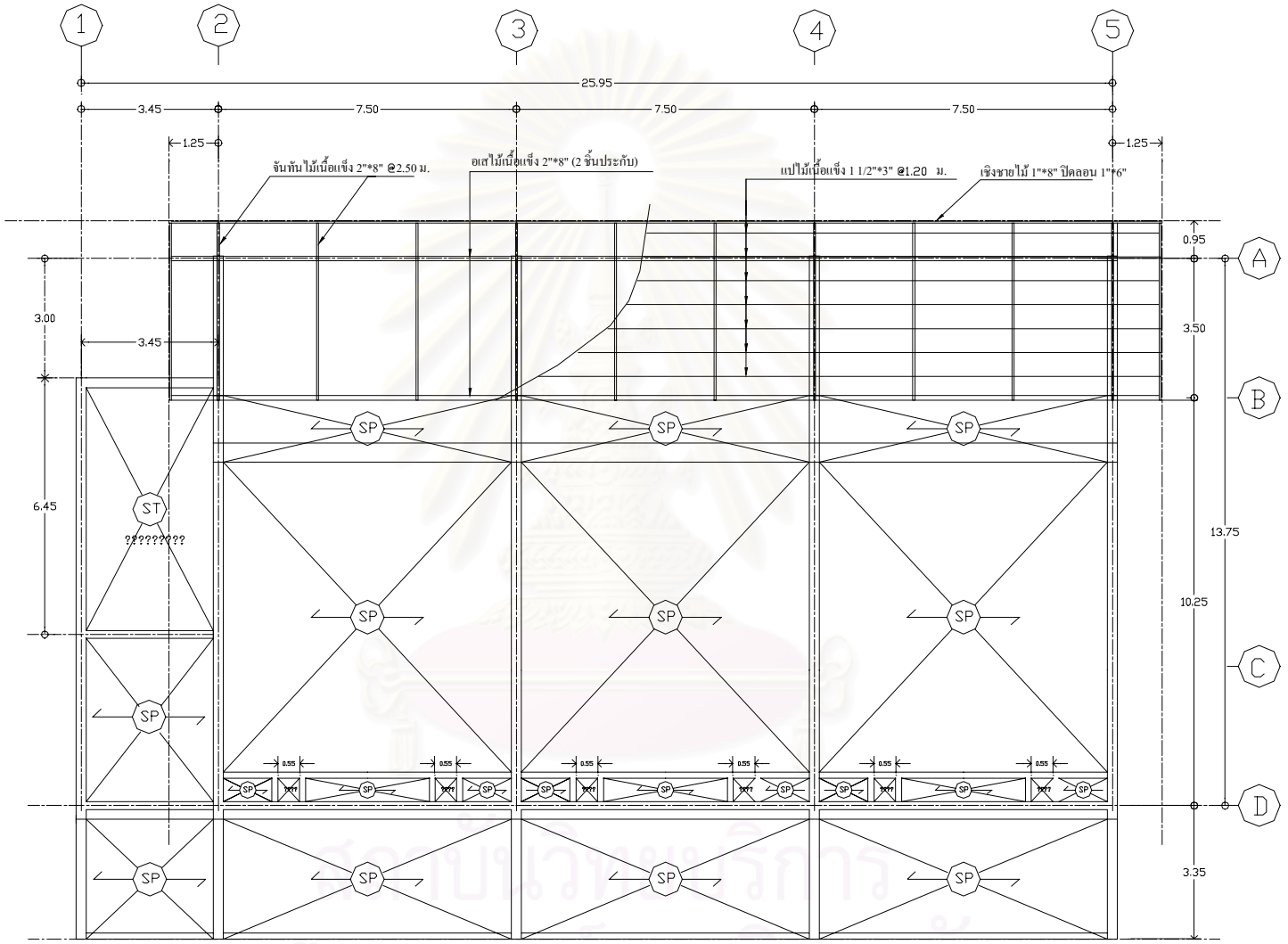
ภาพที่ 4-34 แสดงแบบรูปตัดตามยาวของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

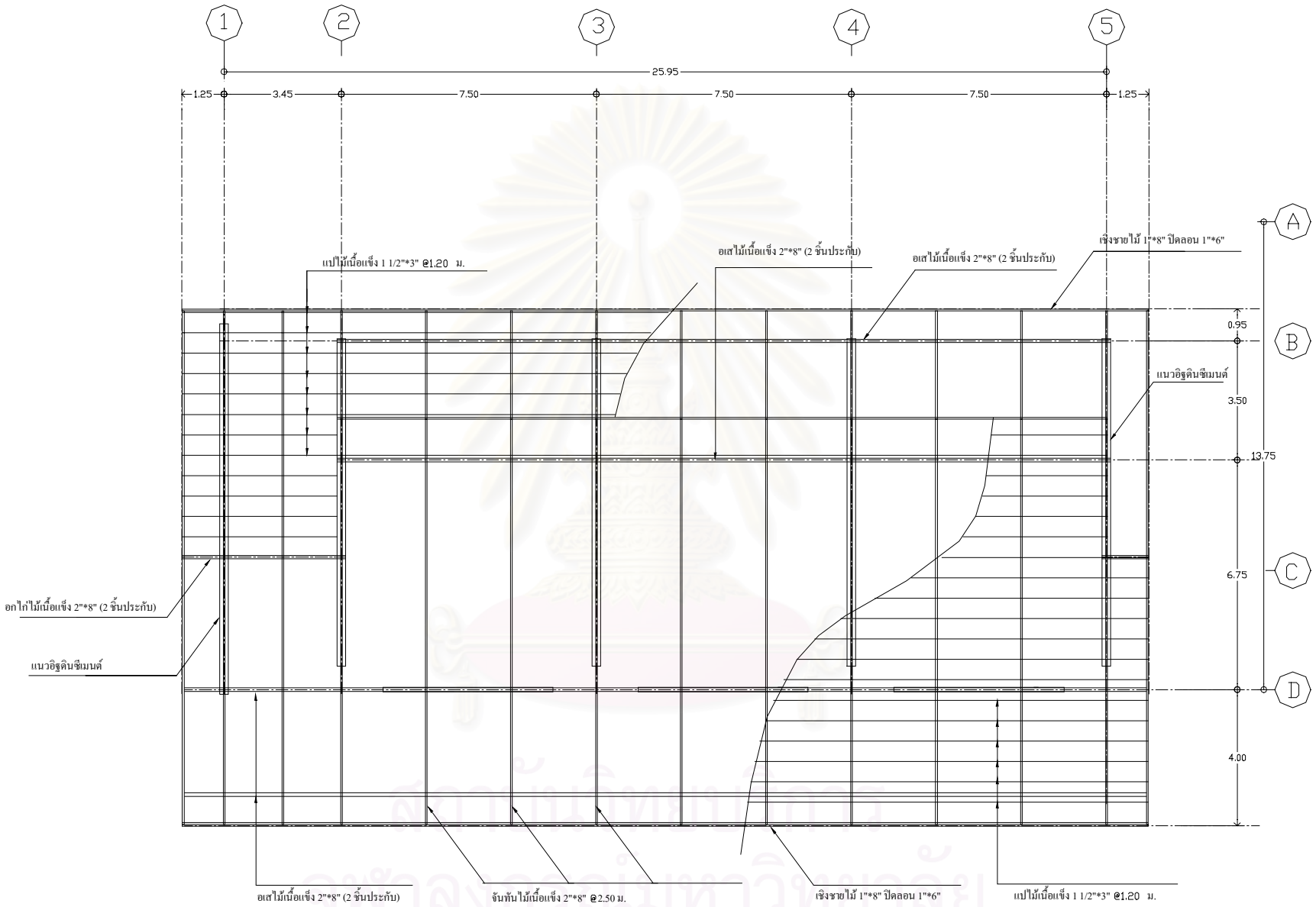


ภาพที่ 4-35 แสดงแบบผังพื้น และคานพื้นห้องเรียนชั้นล่างของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

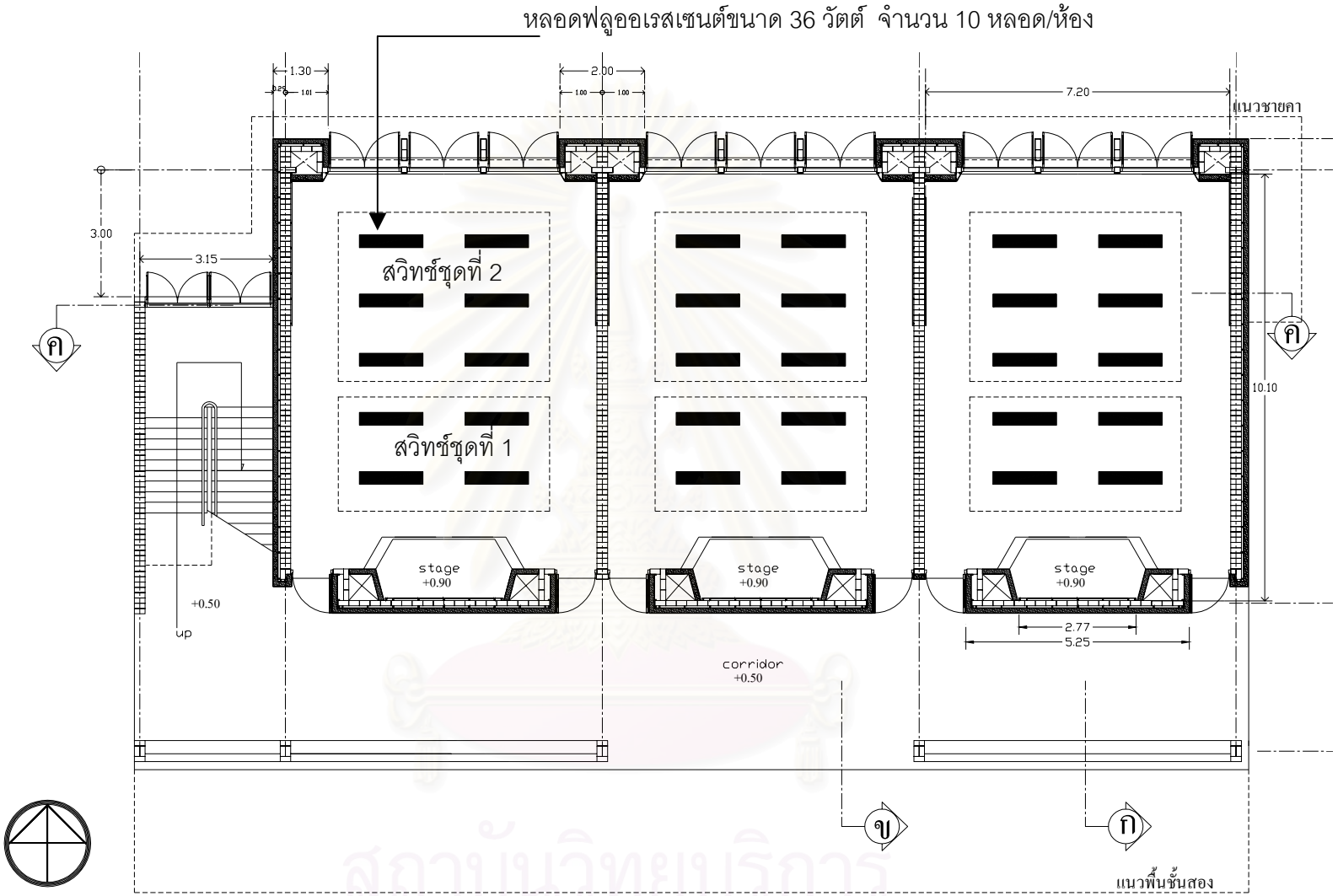
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-36 แสดงแบบผังพื้น และคานพื้นห้องเรียนชั้นบนของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น

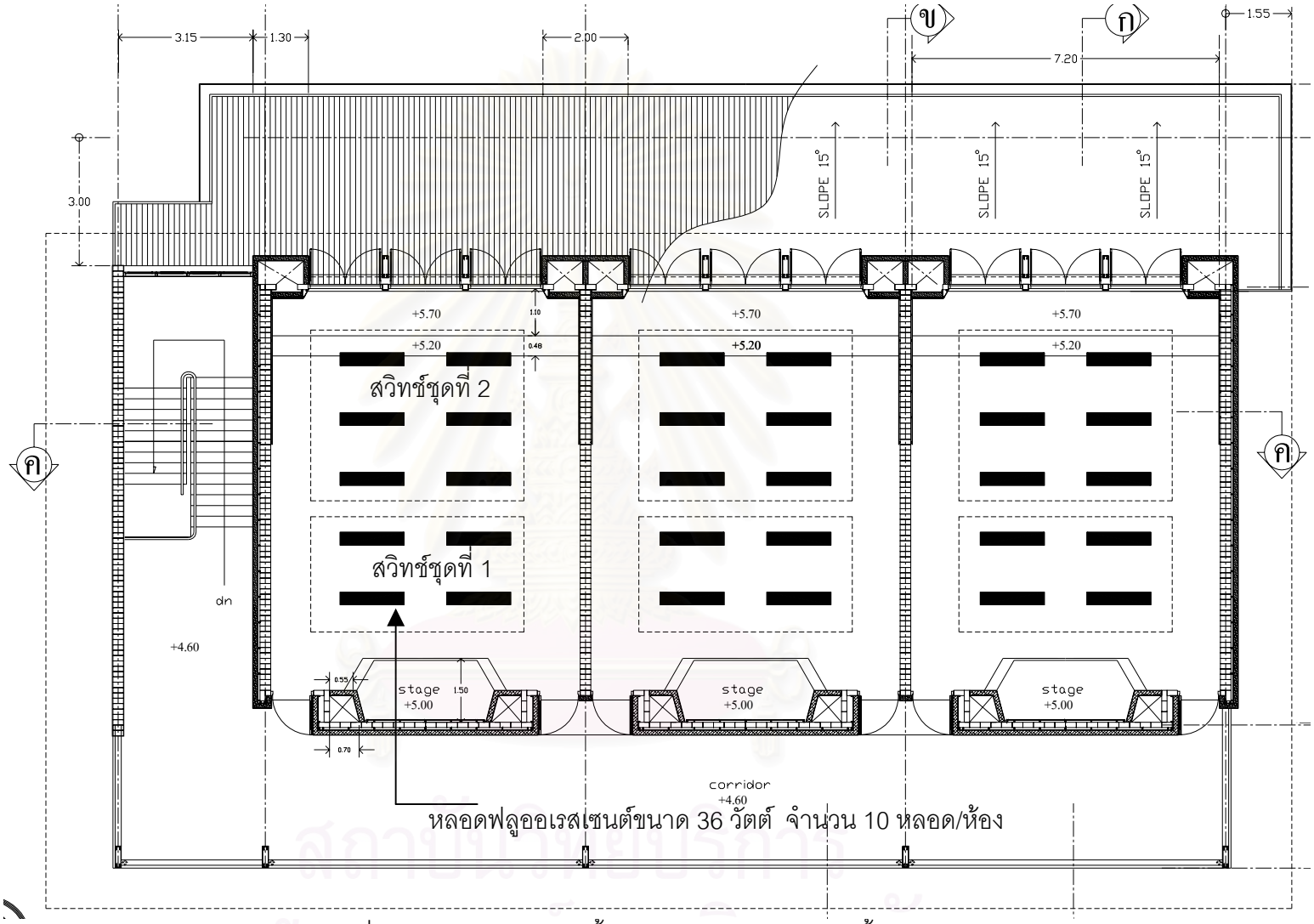


ภาพที่ 4-37 แสดงแบบผังโครงสร้างหลังคาของอาคารโรงเรียนท้องถิ่น



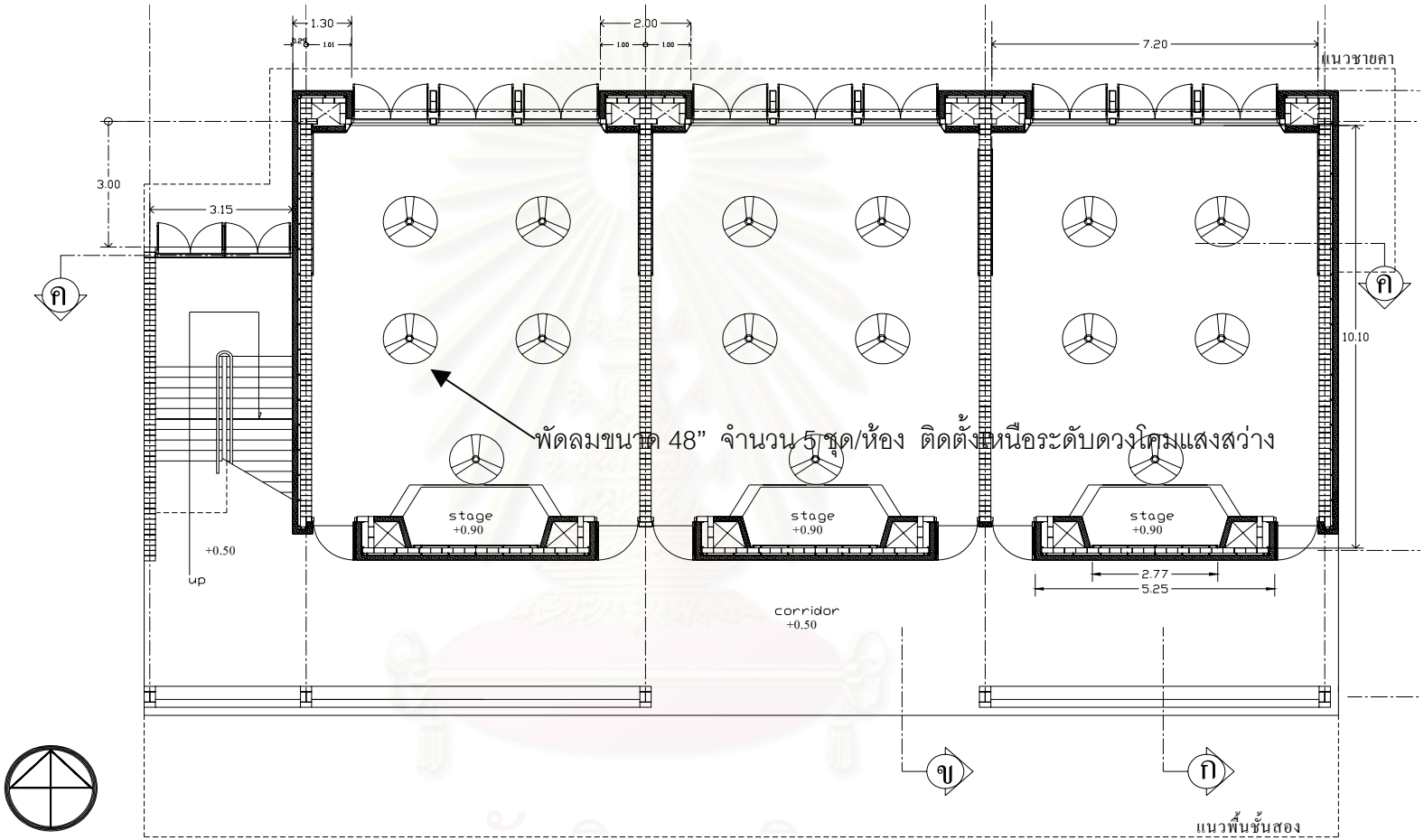
ภาพที่ 4-38 แสดงผังการติดตั้งหลอดไฟแสงสว่างในห้องชั้นล่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



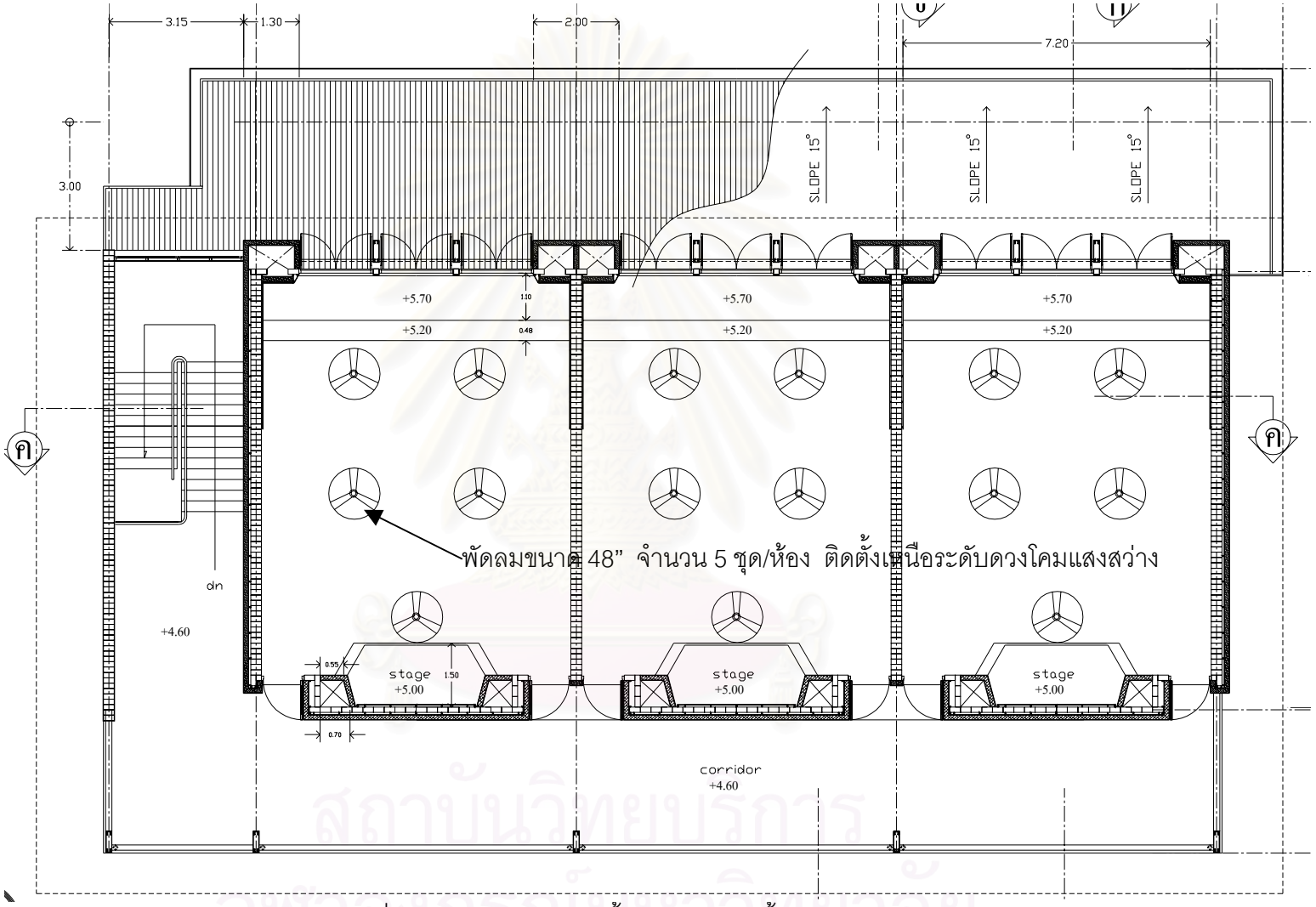
ภาพที่ 4-39 แสดงผังการติดตั้งหลอดไฟแสงสว่างในห้องชั้นบน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



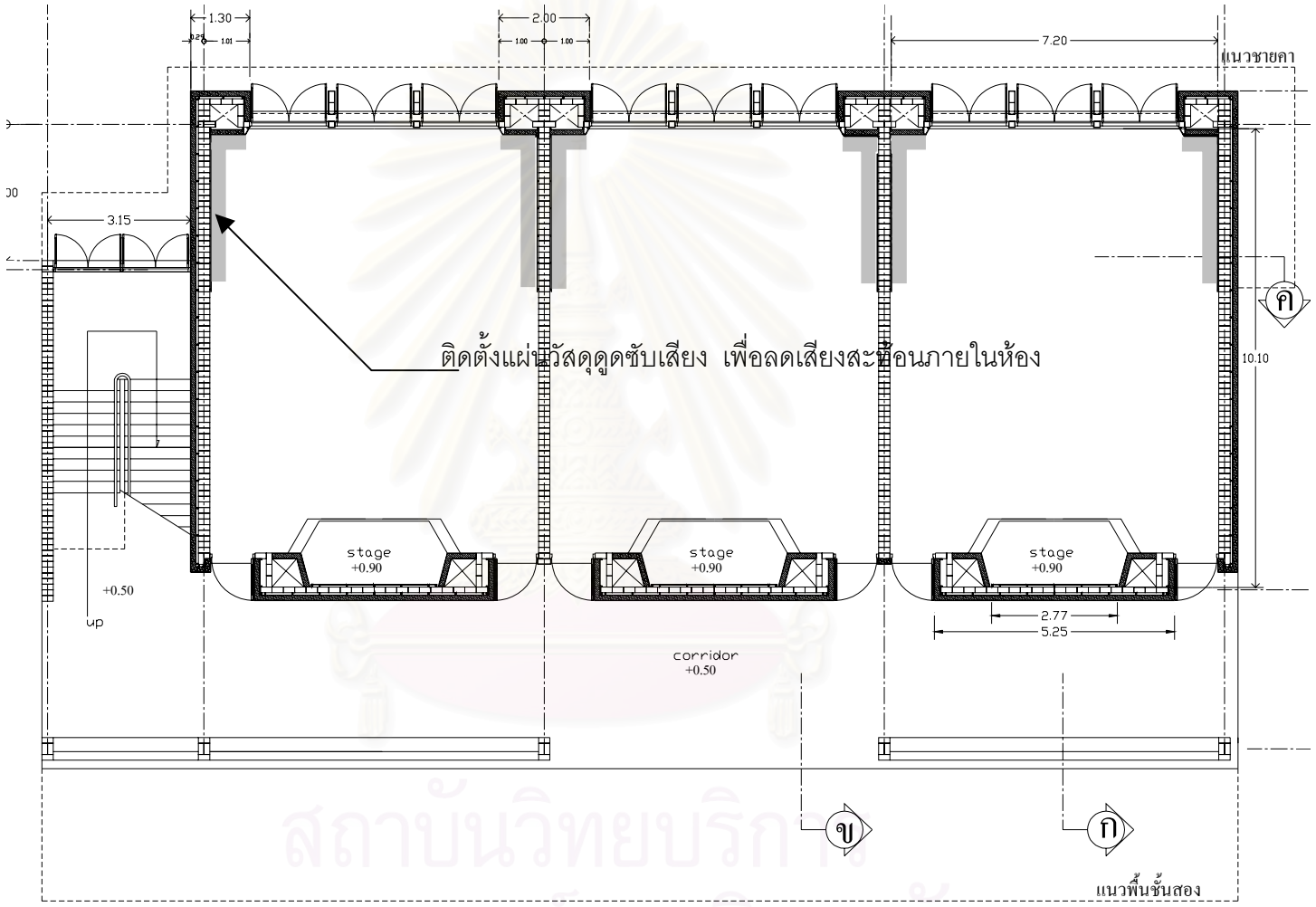
ภาพที่ 4-40 แสดงผังการติดตั้งพัดลมในห้องชั้นล่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



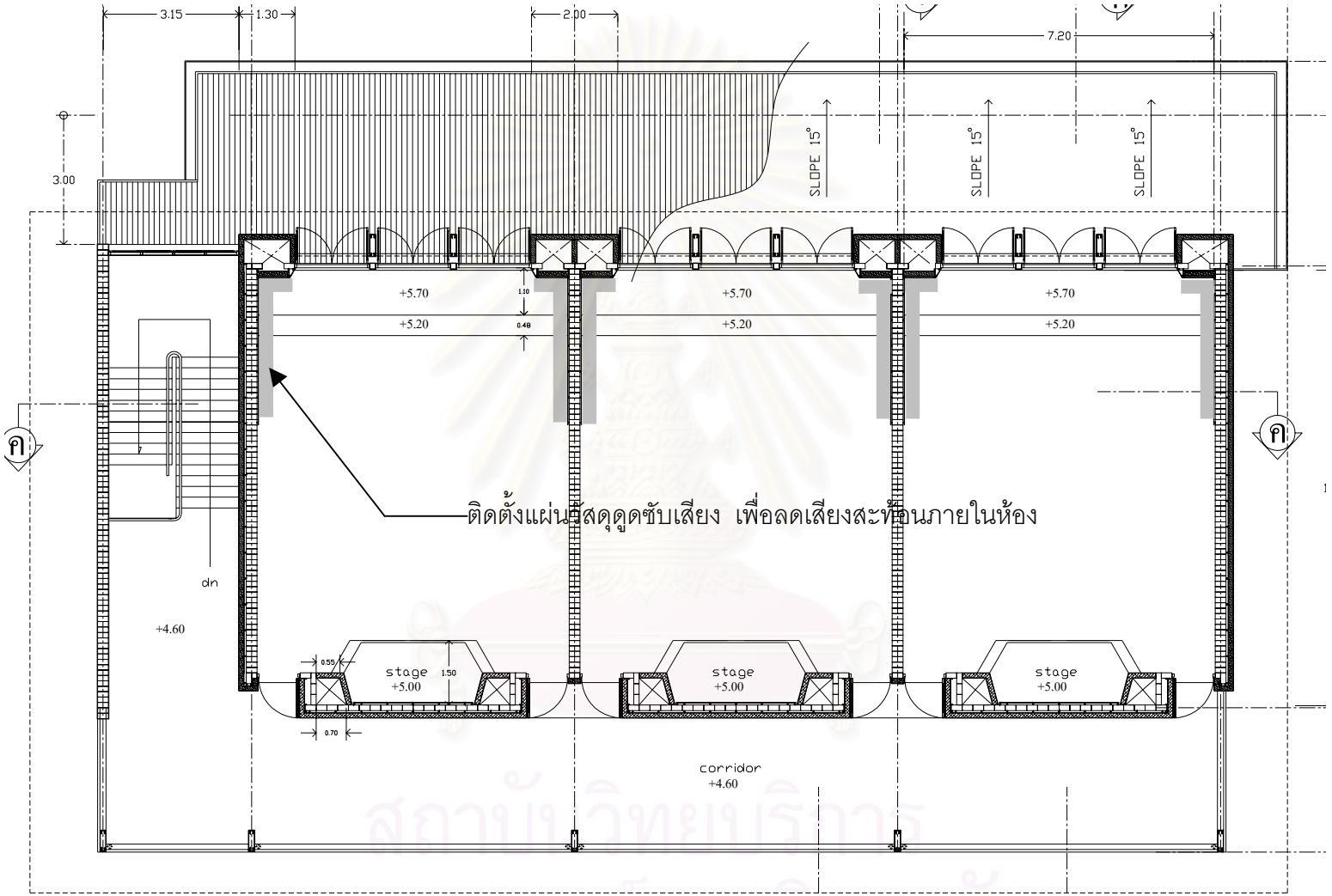
ภาพที่ 4-41 แสดงผังการติดตั้งพัดลมในห้องชั้นบน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-42 แสดงตำแหน่งการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในห้องชั้นล่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-43 แสดงตำแหน่งการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในห้องชั้นบน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

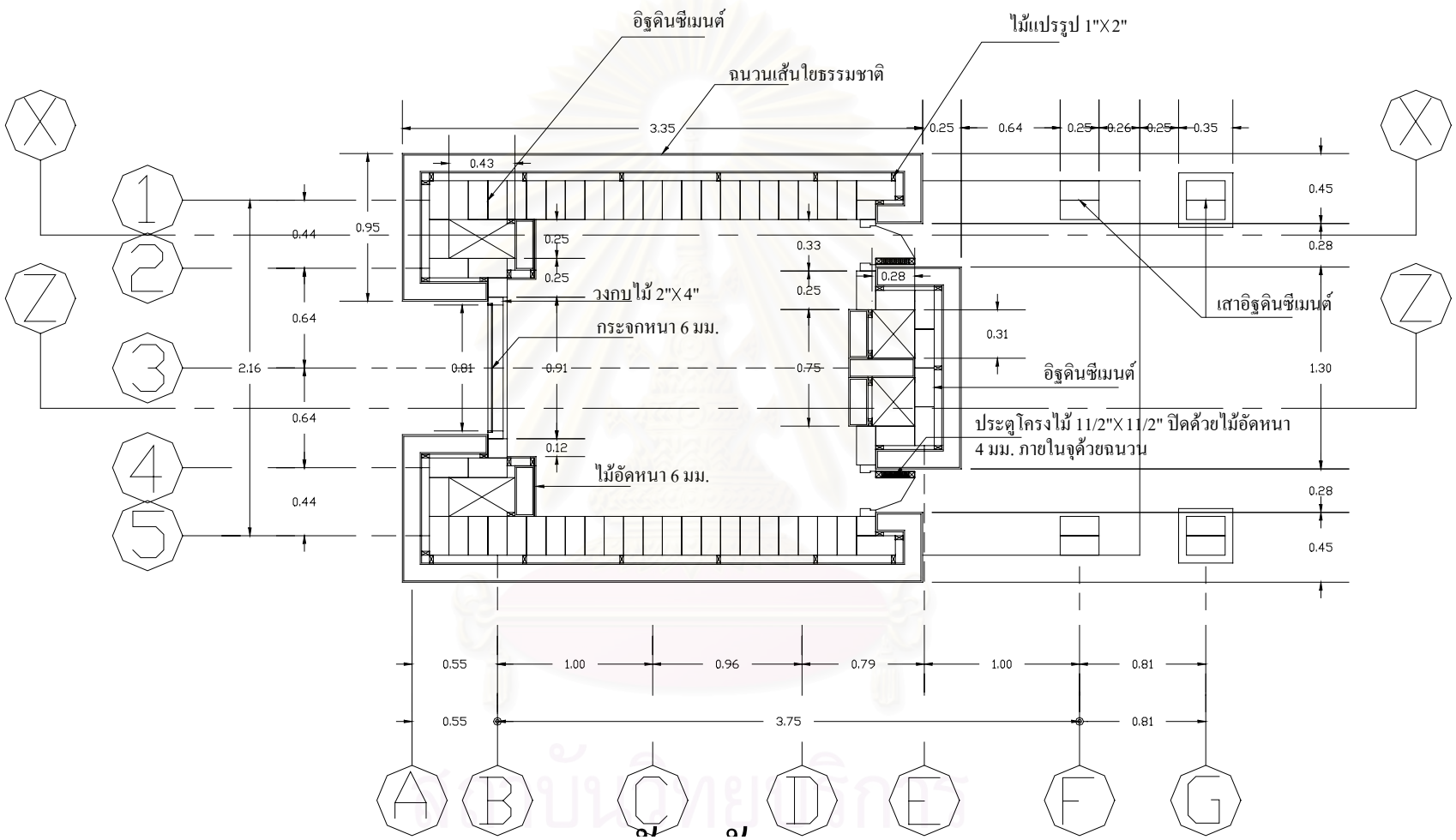
4.3 การออกแบบอาคารทดลอง

การวิจัยเรื่องการออกแบบโรงเรียนท้องถิ่น โดยใช้ระบบธรรมชาติ เป็นการนำเอาแนวความคิดเทคนิคต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ มาพิจารณาผสมผสานกับการออกแบบอาคาร และเพื่อให้ทราบถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับอาคารจริงในสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติ จึงต้องใช้การสร้างอาคารจำลองที่เป็นตัวแทนของอาคารโรงเรียนจริง สำหรับใช้ในการประเมินการใช้งาน เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณในการวิจัยทำให้ไม่สามารถจะสร้างอาคารขนาดเท่าจริงได้ จากผลของการออกแบบอาคารที่ได้จากหัวข้อ 4.2 ได้นำเอาแบบอาคารดังกล่าวมาย่อส่วนเป็นอาคารทดลองเพื่อใช้ในการประเมินผลของการออกแบบ

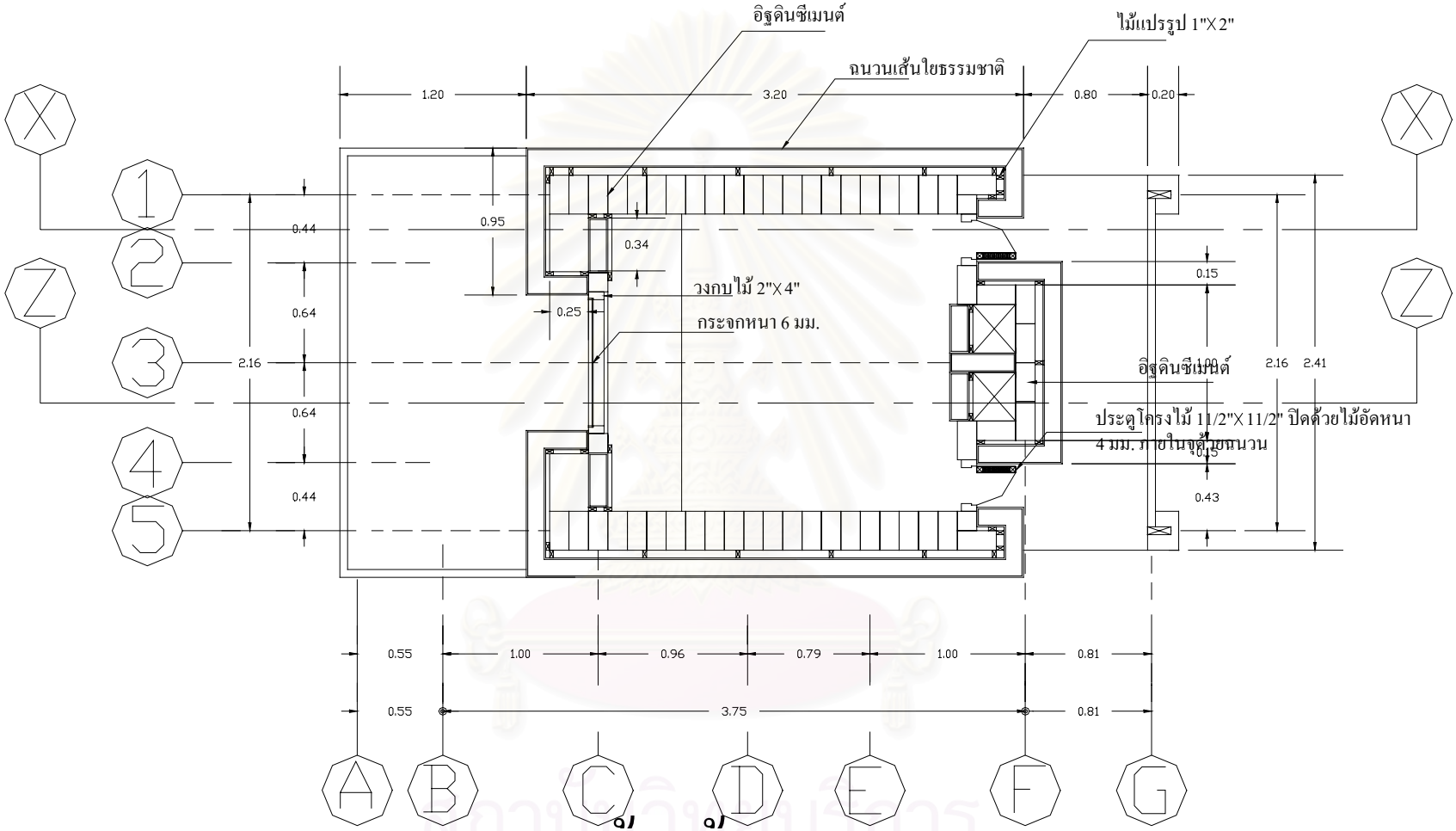
การทดลองโดยใช้อาคารจำลองขนาดจากอาคารจริง จะต้องใช้งบประมาณในการก่อสร้างค่อนข้างสูง จากข้อจำกัดด้านนี้ จึงได้ออกแบบอาคารทดลองเพียงหน่วยเดียว แต่จะมีห้อง 2 ห้อง คือ ห้องชั้นล่างและชั้นบน โดยทำการย่อส่วนลง 4 เท่าจากแบบห้องเรียนจริง โดยยึดเอาระยะต่างๆ ภายในอาคารเป็นหลัก โดยการย่อส่วนต่างๆ มีเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- ความกว้าง ความยาว และความสูงภายในห้องเรียน ย่อขนาดลง 4 เท่า โดยจะมีขนาดของอาคารทดลองที่มีความกว้าง 2.76 เมตร ความยาว 5.35 เมตร และมีความสูง 3.84 เมตร
- วัสดุก่อสร้างส่วนประกอบต่างๆ ความหนาของวัสดุก่อสร้าง และชั้นของวัสดุก่อสร้างของอาคารทดลอง จะไม่มีการย่อส่วน ใช้รูปแบบเดียวกับแบบของอาคารโรงเรียน ไม่ว่าจะเป็นพื้นอาคาร ผนัง และหลังคา วงกบประตู หน้าต่าง
- ช่องว่างอากาศใต้หลังคาย่อขนาดลง 4 เท่า แต่ต้องมีความกว้างไม่ต่ำกว่า 4"
- ท่อไหลเวียนอากาศแนวตั้งย่อขนาดความกว้างภายในท่อลง 4 เท่า แต่ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 1 ตร.ฟุต (หน้าตัดภายในท่อ)
- พื้นที่ช่องเปิด ช่องแสง และประตู ย่อขนาดลง 4 เท่า
- ต้นไม้ย่อขนาดลง 4 เท่า หรือใช้วัสดุที่ให้ร่มเงาแทนต้นไม้

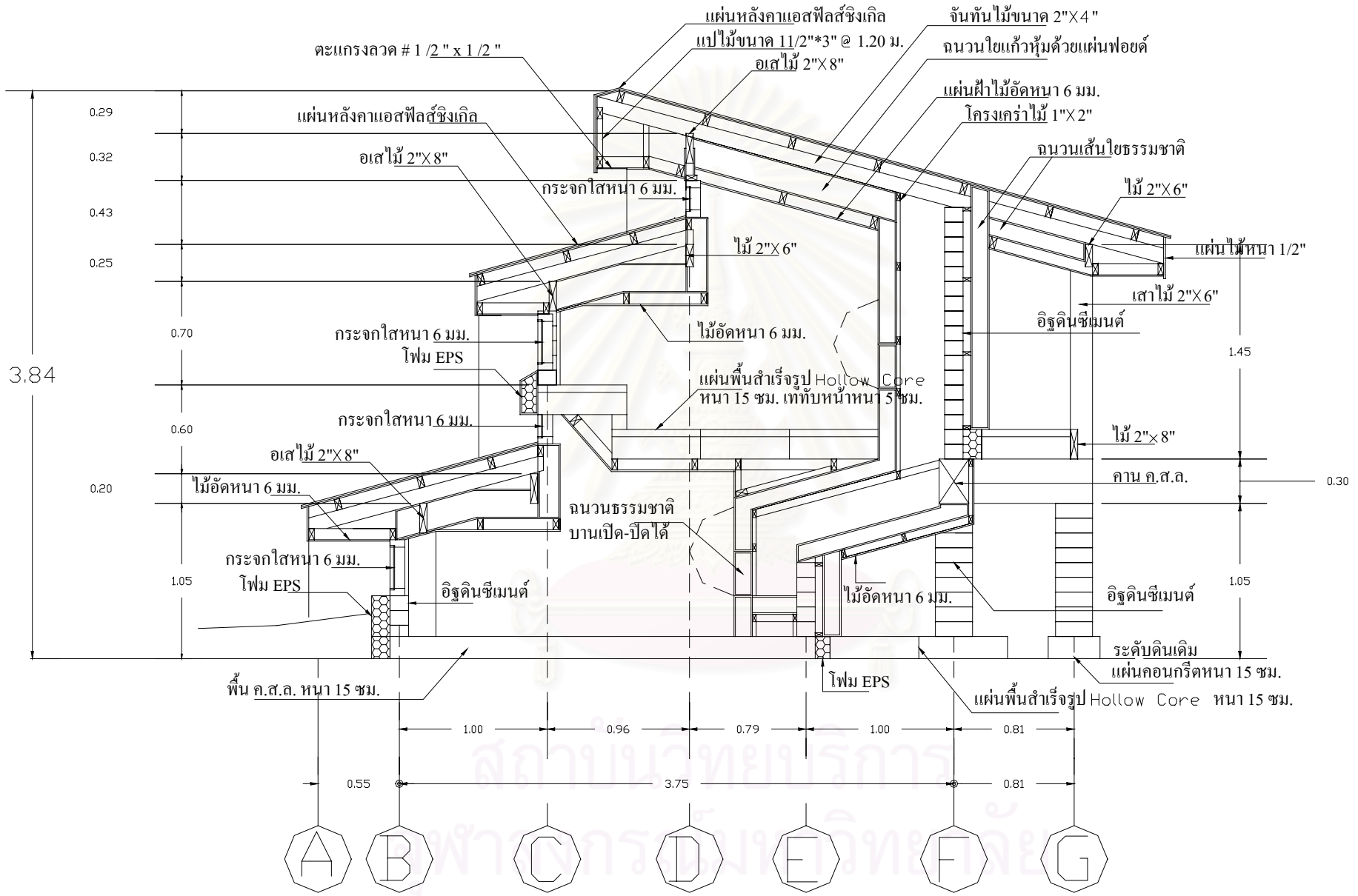
จากเกณฑ์พิจารณาของการย่อส่วนอาคารทดลองจากอาคารโรงเรียนจริง จะได้เป็นแบบของอาคารทดลองสำหรับการก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 4-44 ถึง 4-48



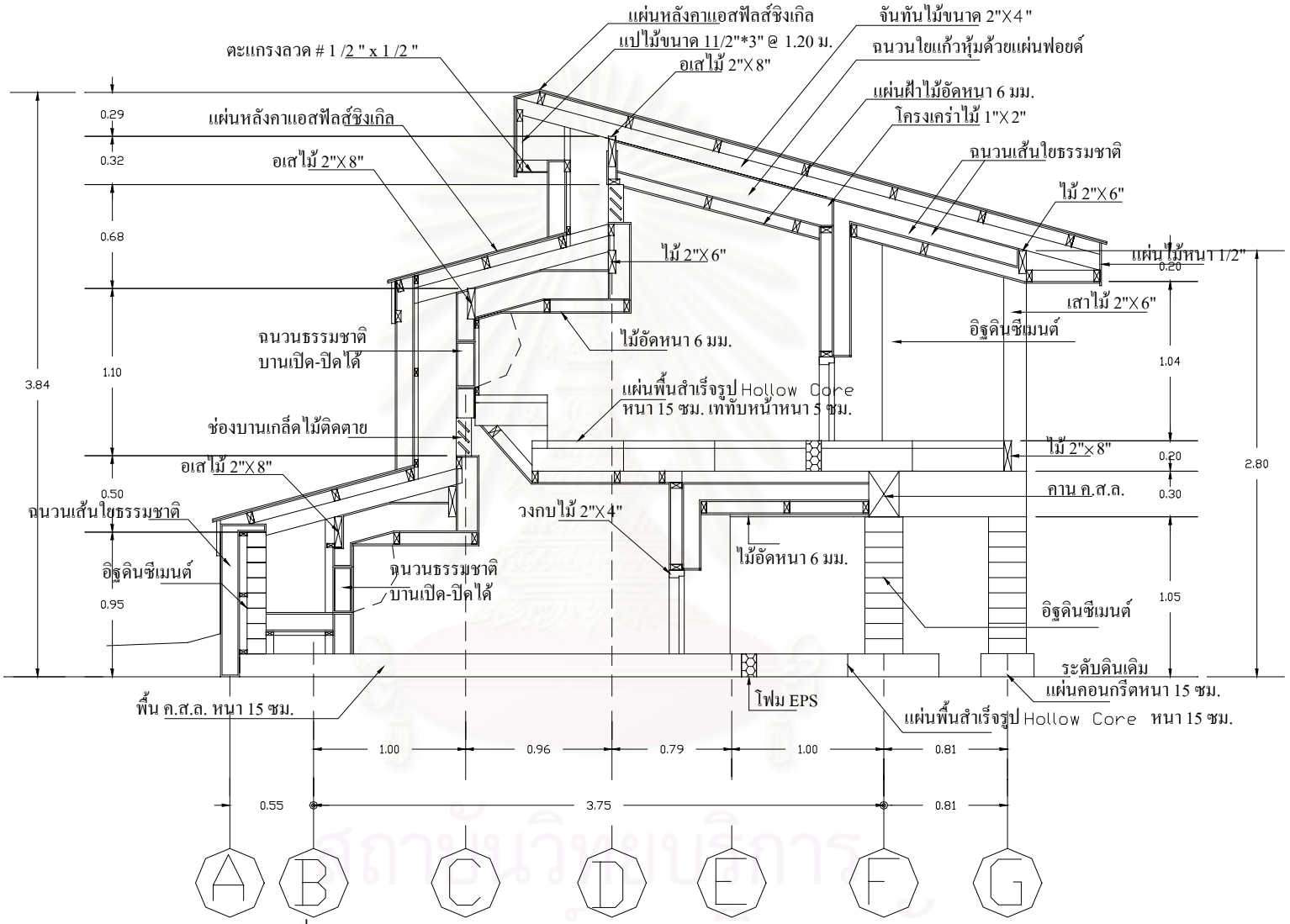
ภาพที่ 4-44 แสดงแบบผังพื้นห้องชั้นล่างของอาคารทดลอง



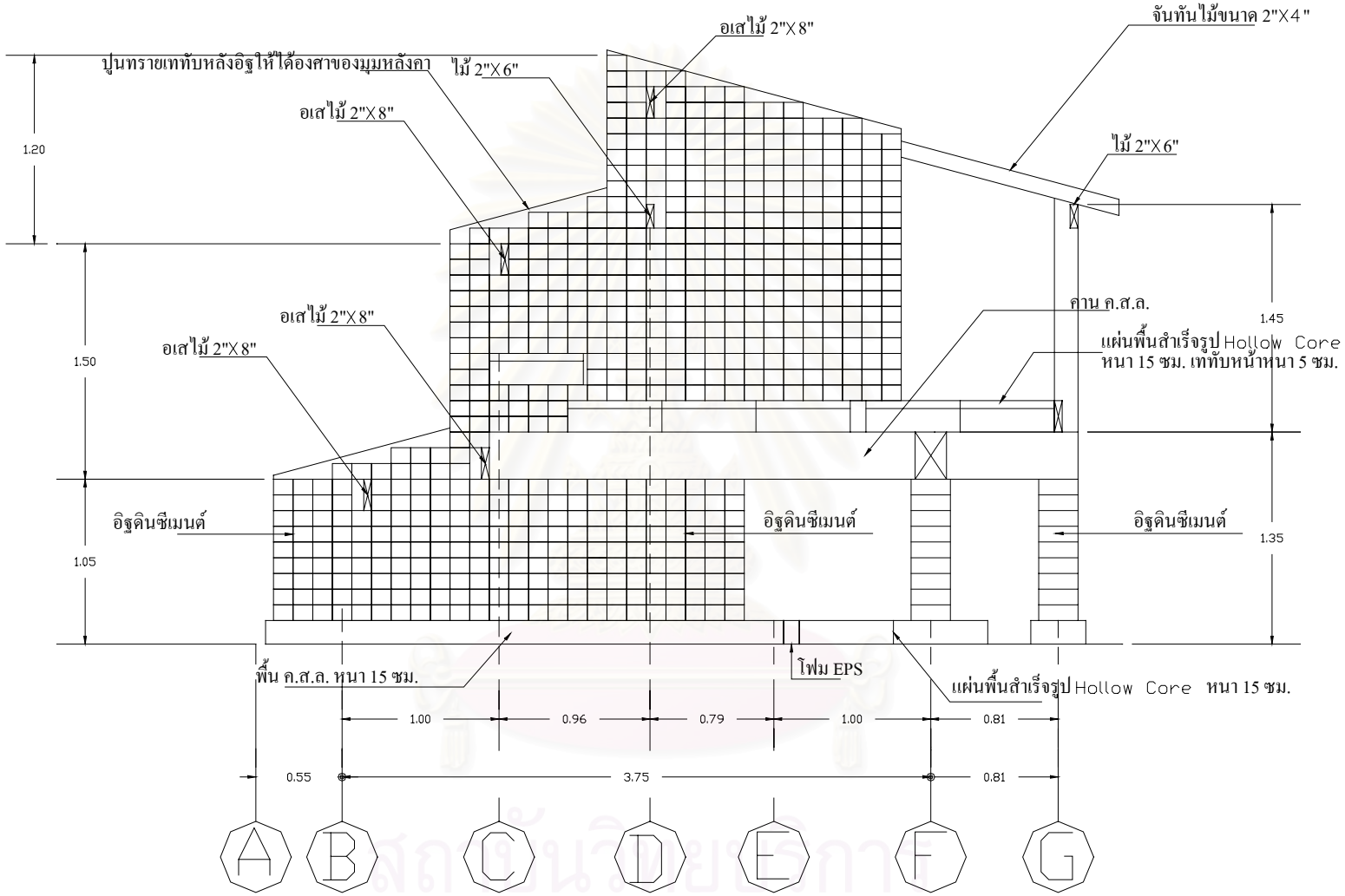
ภาพที่ 4-45 แสดงแบบผังพื้นห้องชั้นบนของอาคารทดลอง



ภาพที่ 4-46 แสดงแบบรูปตัดตามขวางผ่านแนวกลางห้องของอาคารทดลอง



ภาพที่ 4-47 แสดงแบบรูปตัดขวางผ่านประตูห้องของอาคารทดลอง



ภาพที่ 4-48 แสดงแบบรูปตัดโครงสร้างของอาคารทดลอง

4.4 การเตรียมการทดลอง

เมื่อได้แบบของอาคารทดลอง ขั้นตอนต่อไปเป็นการที่จะต้องเตรียมความพร้อมต่างๆ สำหรับการดำเนินการทดลอง ทั้งด้านสถานที่ที่จะทำการทดลอง การดำเนินการก่อสร้างอาคารทดลอง รวมไปถึงเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

4.4.1 สถานที่ดำเนินการทดลอง

สถานที่ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นพื้นที่ดินว่างที่มีเจ้าของกรรมสิทธิ์ ตั้งอยู่ในซอยจัดสรรทหารเรือ ถนนสุขาภิบาล 1 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพฯ สภาพพื้นที่เป็นที่โล่ง ไม่มีต้นไม้ อาคารหรือสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ในบริเวณใกล้เคียง ที่จะทำให้เกิดร่มเงาทอดตกมายังพื้นที่ทดลอง

ภาพที่ 4-49 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ทำการทดลอง

ภาพที่ 4-50 แสดงสภาพของสถานที่ทำการทดลอง ก่อนก่อสร้างอาคารทดลอง

4.4.2 การก่อสร้างอาคารทดลอง

เมื่อได้แบบของอาคารทดลองที่ย่อขนาด และสถานที่ทำการทดลองแล้ว จากนั้นก็เริ่มดำเนินการก่อสร้างอาคารทดลอง ใช้ช่างก่อสร้างของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง โดยผู้วิจัยควบคุมการก่อสร้างทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้อาคารทดลองที่ถูกต้องตามแบบ เริ่มทำการก่อสร้างเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2544 ใช้เวลาก่อสร้างทั้งสิ้นประมาณ 20 วัน จึงสามารถเริ่มทำการทดลองกับอาคารทดลองได้ ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารทดลองแสดงดังภาพ

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-51 (ก)และ(ข) แสดงขั้นตอนการก่อสร้างพื้น ค.ส.ล.ชั้นล่างของอาคารทดลอง

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-52 (ก)และ(ข) แสดงขั้นตอนการก่อผนังอิฐดินซีเมนต์ เพื่อเป็นผนังห้องชั้นล่างของอาคารทดลอง

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-53 (ก) แสดงการก่ออิฐดินซีเมนต์เป็นเสาเพื่อรับน้ำหนักพื้นชั้นบน

(ข) แสดงการก่อผนังอิฐดินซีเมนต์เพื่อเป็นผนังรับน้ำหนัก

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-54 (ก) แสดงขั้นตอนการเทคาน ค.ส.ล. รับน้ำหนักพื้นชั้นบน

(ข) แสดงขั้นตอนการก่อสร้างพื้นห้องชั้นบน โดยใช้พื้นสำเร็จรูปแบบ Hollow Core

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-55 (ก)และ(ข) แสดงการก่ออิฐดินซีเมนต์เป็นผนังของอาคารทดลองชั้นบน

(ก) (ข)

าพที่ 4-56 (ก) แสดงขั้นตอนการก่อสร้างผนังส่วนที่เป็นฉนวน โดยทำเป็นกล่องเพื่อใส่แกลบ

(ข) แสดงการบรรจุแกลบลงไปในกล่องไม้อัดเพื่อทำหน้าที่เป็นผนังฉนวน

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-57 (ก) แสดงการก่อสร้างโครงหลังคาด้านทิศเหนือของห้องชั้นล่าง

(ข) แสดงการก่อสร้างโครงหลังคาของห้องชั้นบน

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-58 (ก) แสดงการบุแผ่นฟอยด์ใต้แผ่นไม้อัดเพื่อใช้มุงหลังคา

(ข) แสดงการมุงแผ่นไม้อัดบนโครงหลังคา โดยให้ด้านที่มีแผ่นฟอยด์อยู่ด้านล่าง

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-59 (ก) แสดงการปูแผ่นยางกันซึมบนแผ่นไม้อัดก่อนมุงแผ่นหลังคา Asphalt Shingle
(ข) แสดงการมุงแผ่นหลังคา Asphalt Shingle ทับลงบนแผ่นยางกันซึม

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-60 (ก)และ(ข) แสดงการติดตั้งฉนวนฝ้าเพดาน ใช้แกลบที่บรรจุใส่ในถุงผ้า

(ก) (ข)

ภาพที่ 4-61 (ก)และ(ข) แสดงภาพอาคารทดลองที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ

4.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองโดยใช้อาคารทดลองนี้ จะเน้นการวัดค่าอุณหภูมิเป็นสำคัญ และมีการวัดความชื้น ความเร็วลม ประกอบการประเมินผล ส่วนการวัดค่าแสงสว่างนั้นไม่สามารถทำได้ เนื่องจากปริมาตรภายในห้องของอาคารทดลองมีสัดส่วนที่แตกต่างจากแบบของอาคารโรงเรียน จากการที่ไม่สามารถย่อความหนาของวัสดุได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆ ในการทดลองมีดังนี้

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เครื่อง SYSTEM 200 เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภท ANALOG/DIGITAL CONVERTER เครื่องมือนี้จะแปลงค่าความต้านทานจากหัวเซนเซอร์ซึ่งเป็นหัว เทอร์มิสเตอร์ขนาด 10 KILO–OHMS กลับมาเป็นค่าอุณหภูมิด้วยโปรแกรมภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับ SYSTEM 200 ในการใช้งานจึงจำเป็นต้องตั้งมาตรฐานหัวเซนเซอร์ที่จะใช้วัดอุณหภูมิทุกแชนแนลให้สามารถอ่านค่าได้เท่าเทียมกัน

หัวเซนเซอร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะถูกใช้วัดค่าอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของอาคารทดลอง เพื่อที่จะได้นำมาวิเคราะห์อุณหภูมิภายในอาคารทดลอง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ ดังนั้นในการทดสอบจึงต้องตั้งหัวเซนเซอร์ทั้งหมดให้สามารถอ่านค่าได้เท่าเทียมกันภายใต้สภาวะเดียวกัน การตั้งเทียบค่าหัวเทอร์มิสเตอร์ทำได้โดยการนำเอาหัวเซนเซอร์ทั้งหมด แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงแล้วทำการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกันภายหลัง

ภาพที่ 4-62 แสดงภาพเครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภท Analog/Digital Converter ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องคอมพิวเตอร์

4.5 การกำหนดเงื่อนไขการทดลอง

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงที่ตัวแปรต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งการวิจัยก็มีข้อจำกัดทั้งปัจจัยด้านเวลาและงบประมาณ วัตถุประสงค์ของการวิจัยออกแบบอาคาร ก็คือ การทำให้สภาพภายในอาคารใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบายมากที่สุด แต่ต้องใช้พลังงาน (Non Renewable Energy) ให้น้อยที่สุด ลดความรุนแรงของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ดังนั้นเพื่อให้เงื่อนไขสภาพของอาคารทดลองเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงในขณะที่ทดลอง จึงได้กำหนดเงื่อนไขการทดลองเป็นกรอบไว้เท่านั้น โดยจะมีการปรับการทดลองตามผลของการวิเคราะห์ในการทดลองก่อนหน้า กรอบที่กำหนดไว้แบ่งเป็นกรณีได้ตามฤดูกาล ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การใช้งานอาคารในฤดูหนาว

โดยมีแนวทางประเมินการใช้งานอาคารทดลองดังนี้

- การป้องกันสภาพอากาศแห้งและเย็นจากภายนอกโดยใช้ระบบเปลือกอาคาร
- การใช้ประโยชน์จากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในช่วงเวลากลางคืน

การทดลองที่ 2 การใช้งานอาคารในฤดูร้อน

โดยมีแนวทางประเมินการใช้งานอาคารทดลองดังนี้

- การกักเก็บความเย็นจากช่องอากาศใต้หลังคามาไว้ในอาคาร
- การนำความเย็นจากผิวหลังคาโลหะมาใช้ในอาคาร
- การนำความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นมาใช้ในอาคาร

การวิจัยทดลองนี้ ต้องการที่จะวัดค่าอุณหภูมิภายในอาคารทดลองเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก แล้ววิเคราะห์ผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อสภาวะภายในอาคารทดลอง ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดตำแหน่งการวัดค่าต่างๆ ดังนี้

การวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารทดลองที่ไม่ได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้โฟม EPS ทำเป็นกล่องกับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ทำการวัดค่าอุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) และอุณหภูมิอากาศกระเปาะเปียก (Wet Bulb Tempersture)

การวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ทำการวัดค่าโดยจัดวางหัวเซนเซอร์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางจากผนังทั้ง 4 ด้าน ให้หัวเซนเซอร์ลอยอยู่สูงจากพื้น 15 ซม. วัดค่าอุณหภูมิอากาศของอาคารทดลองทั้ง 2 ชั้น

การวัดค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งอื่นๆ ของอาคารทดลอง ทำการวัดค่าอุณหภูมิของส่วนต่างๆ ของอาคารทดลองที่มีความเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการทดลองแต่ละครั้ง เพื่อที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์หาผลของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลองได้

- วัดค่าอุณหภูมิผิวของวัสดุ พื้น ผนัง หลังคา ฝ้าเพดาน
- วัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศใต้หลังคา
- วัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในช่องไหลเวียนอากาศ
- วัดค่าอุณหภูมิที่ชั้นของวัสดุต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองในการศึกษาวิจัยนี้ เป็นการพิจารณาประเมินผลสภาวะแวดล้อมภายในอาคารทดลอง ภายใต้เงื่อนไขจากการจำลองสภาพการใช้งานจริงของอาคารโรงเรียนท้องถิ่นในสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศจริงที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การประเมินผลนี้มุ่งความสำคัญในการพิจารณาถึงภาวะน่าสบายด้านอุณหภูมิ (Thermal Comfort) ภายในอาคารทดลองว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุณหภูมิของ “เขตสบาย” (Comfort Zone) และอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารทดลอง การจำลองสภาพการใช้งานอาคารจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การใช้งานอาคารในสภาพแวดล้อมฤดูหนาว และการใช้งานอาคารในสภาพแวดล้อมฤดูร้อน ผลของการวิเคราะห์การทดลองในแต่ละกรณี จะนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุงการใช้งานอาคารในการทดลองครั้งต่อไป เพื่อให้มีภาวะที่ใกล้เคียงกับภาวะน่าสบายมากยิ่งขึ้น โดยมีเงื่อนไขด้านระยะเวลาเป็นตัวกำหนด การวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

5.1 การทดลองที่ 1 การใช้งานอาคารในฤดูหนาว

การทดลองที่ 1.1

<u>การป้องกันสภาพอากาศที่รุนแรงจากภายนอกโดยใช้ระบบเปลือกอาคาร</u>

(เมื่อไม่มีการจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง : ไม่มี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้เป็นวิธีการใช้งานอาคารโรงเรียนในฤดูหนาว มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบเปลือกอาคารในการป้องกันสภาพอากาศภายนอกที่รุนแรง โดยระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย หลังคาที่มีช่องว่างอากาศอยู่เหนือฉนวนฝ้าเพดาน ผนังอาคารที่ใช้ส่วนประกอบของฉนวนที่ชั้นนอกร่วมกับมวลสารที่อยู่ชั้นใน ทำการปิดประตู หน้าต่างของอาคารทดลองเพื่อวัดค่าอุณหภูมิภายในอาคารทดลอง ป้องกันการถ่ายเทความร้อนโดยการพาเข้าสู่ภายในอาคารทดลอง

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคาร

วัสดุอาคารทดลอง

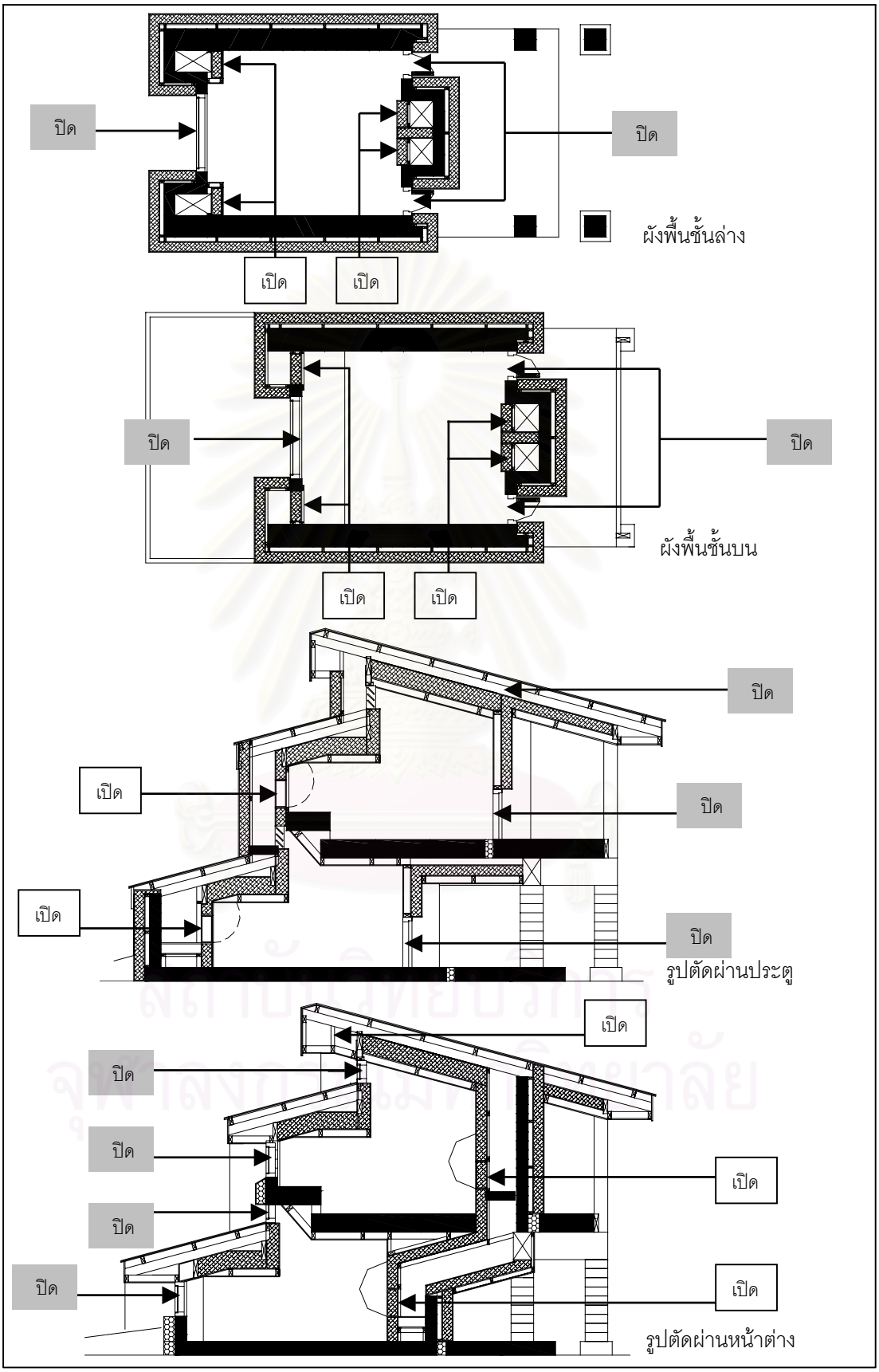
วัสดุก่อสร้างต่างๆ และวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทดลองในการทดลองนี้ เป็นตามแบบของอาคารโรงเรียนที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมด ระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย

- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F
- หลังคา หลังคา Asphalt Shingles + ช่องว่างอากาศ + ฉนวนแกลบ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.028 Btu/h-ft^2-F

สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

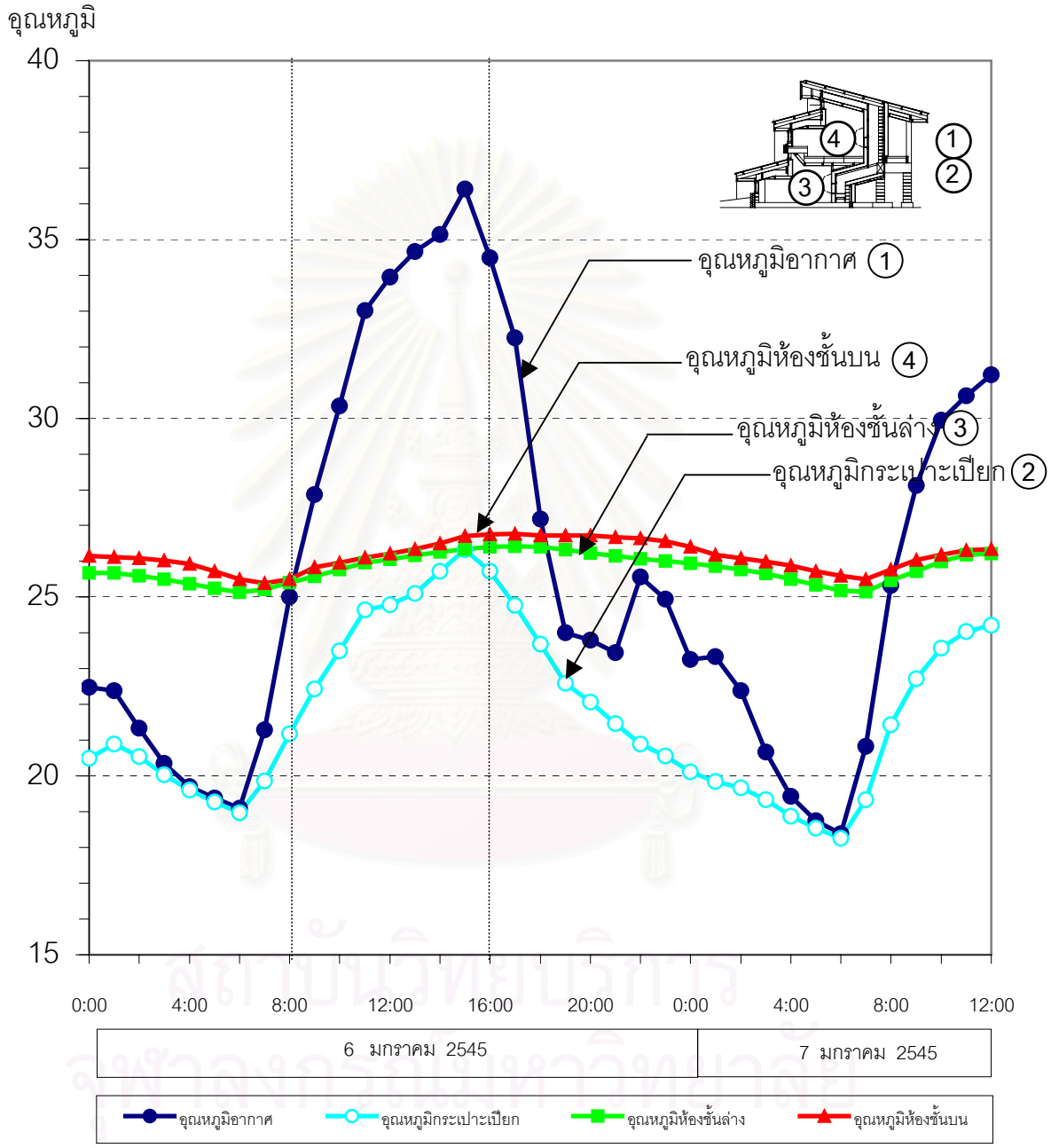
ช่องเปิดของอาคารทดลองได้ปิดไว้ตลอดช่วงเวลาการใช้งาน การเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านล่าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา แสดงดังภาพที่ 5-1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5-1 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 1.1

การทดลอง การใช้ระบบเปลือกอาคารป้องกันสภาพอากาศที่รุนแรงจากภายนอก



แผนภูมิที่ 5-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศในการทดลองที่ 1.1

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1.1

จากแผนภูมิที่ 5-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ปรากฏว่า อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้งชั้นบนและชั้นล่าง มีค่าค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วงประมาณ 25 - 27°C ตลอดช่วงเวลาทดลอง

ช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00 – 16.00 น.

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่าง เท่ากับ 25.9°C

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบน เท่ากับ 26.2°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างและชั้นบน อยู่ในเขตน่าสบาย ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีช่วงการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูง อุณหภูมิต่ำสุด 18.2°C ในเวลา 6.00 น. และสูงสุด 36.4°C ในเวลา 15.00 น. ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 32.3°C

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลอง กับอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 6.4°C

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 6.1°C

จากผลที่อุณหภูมิภายในอาคารทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุด กับต่ำสุดอย่างมาก แสดงว่าระบบเปลือกอาคารของอาคารทดลอง สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในอาคารกับภายนอกได้ค่อนข้างดี โดยอาจจะมีการถ่ายเทความร้อนบางส่วนของอาคารที่ไม่ได้เป็นฉนวน ก็คือ ส่วนที่เป็นกระจกใส ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองยังอยู่ในช่วงบนของ เขตสบาย แต่ทั้งนี้ก็เป็นกรณีเฉพาะที่ไม่มีความร้อนภายในอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 1.2

<u>การใช้ประโยชน์จากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในช่วงเวลากลางคืน</u>

(เมื่อไม่มีการจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง : ไม่มี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

จากผลของการทดลองที่ 1.1 อุณหภูมิภายในอาคารทดลองอยู่ในช่วงของเขตสบาย แต่ก็เป็นใกล้ขอบเขตบนของเขตสบาย หากว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกสูงขึ้นกว่านี้ อาจเป็นผลให้มีความร้อนถ่ายเทเข้าไปสู่ภายในอาคารมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าเขตสบาย ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำเอาอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืนมาใช้ประโยชน์ในอาคารในเวลากลางวัน เป็นแหล่งความเย็นในการลดอุณหภูมิภายใน หากว่ามีความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจากการใช้งานอาคารและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทเข้ามาจากภายนอกอาคาร โดยใช้การจัดการเปิด – ปิดอาคาร ในการทดลองนี้ได้ทำการเปิดช่องแสงด้านข้างในเวลากลางคืน 18.00 – 6.00 น. เพื่อให้อากาศภายในอาคารทดลองถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอก และอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจากภายนอกถ่ายเทเข้ามากักเก็บไว้ภายในอาคาร ปิดช่องแสงด้านข้างเพื่อป้องกันความร้อนในเวลากลางวัน 6.00 – 18.00 น.

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารทดลอง

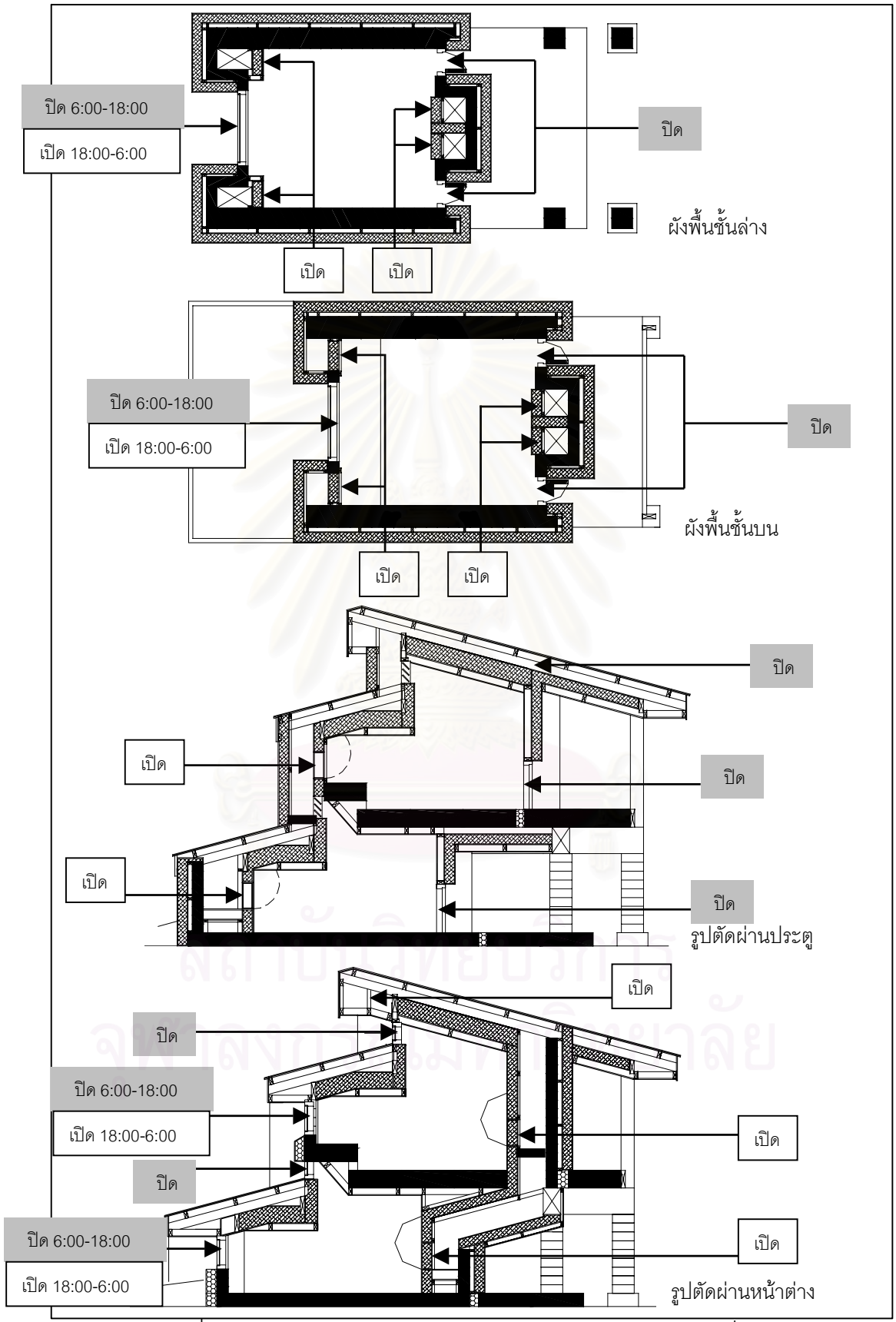
วัสดุอาคารทดลอง

วัสดุก่อสร้าง และระบบเปลือกอาคารของอาคารทดลอง ประกอบด้วย

- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F
- หลังคา หลังคา Asphalt Shingles + ช่องว่างอากาศ + ฉนวนแกลบ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.028 Btu/h-ft^2-F

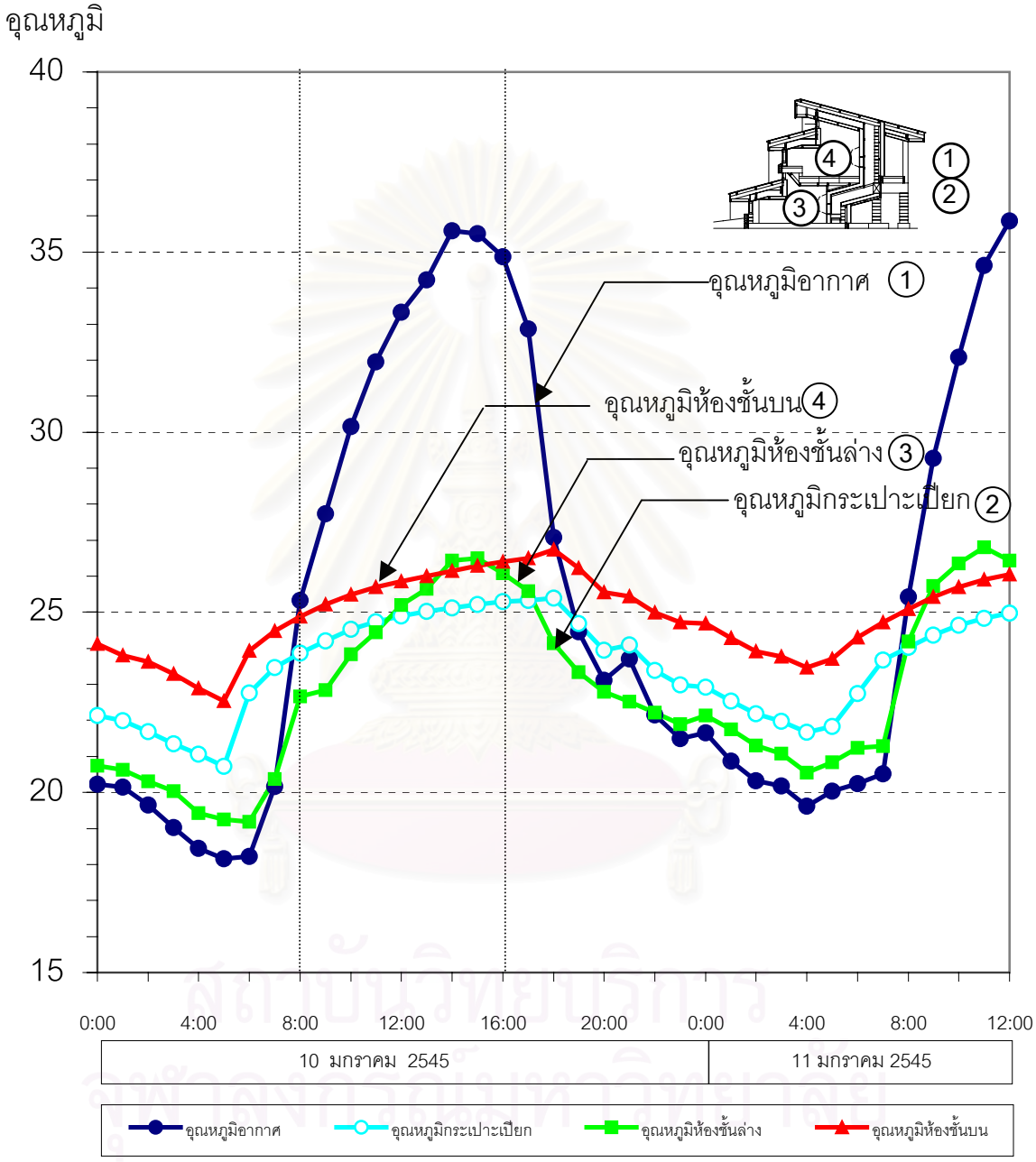
สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

ในการทดลองนี้มีการเปิด – ปิดอาคารทดลองที่เป็นพิเศษ ในส่วนของช่องแสงด้านข้างที่เปิดเวลา 18.00 – 6.00 น. และปิดเวลา 6.00 – 18.00 น. ส่วนการเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคาดังภาพที่ 5-2



ภาพที่ 5-2 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 1.2

การทดลอง การใช้ประโยชน์อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศในการทดลองที่ 1.2

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1.2

จากแผนภูมิที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ปรากฏว่าในช่วงเวลา 0.01 – 6.00 น. ของวันที่ 10 มกราคม ที่มีการเปิดช่องแสงด้านข้างของอาคารทดลองนั้น อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้ง 2 ชั้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับอุณหภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิในอาคารทดลองนั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 1°C ในห้องชั้นล่าง และ 4.5°C ในห้องชั้นบน

เมื่อถึงเวลา 6.00 น. ได้ปิดช่องแสงด้านข้าง อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อุณหภูมิภายในอาคารทดลองก็เพิ่มสูงขึ้น แต่ยังคงอยู่ในเขตสบาย ไม่แปรผันตามอุณหภูมิอากาศภายนอก เพราะการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบเปลือกอาคารมีน้อย

ช่วงเวลาใช้งานอาคาร 8.00 – 16.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ		32.3°C
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่าง	เท่ากับ	24.8°C (ต่ำกว่าอากาศ 7.2°C)
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบน	เท่ากับ	25.7°C (ต่ำกว่าอากาศ 6.3°C)

เมื่อเวลา 18.00 น. เปิดช่องแสงด้านข้าง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองก็เริ่มมีแนวโน้มที่ลดลงตามอุณหภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิของห้องชั้นล่างสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 1°C และประมาณ 4°C สำหรับห้องชั้นบน จากผลของการทดลองดังกล่าวแสดงว่า การเปิดช่องแสงด้านข้างในเวลาที่ไม่มีอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ 18.00 – 6.00 น. เพื่อให้อากาศภายในอาคารทดลองถ่ายเทสู่อากาศภายนอก สามารถช่วยให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศเวลากลางคืนที่ลดลงต่ำ ก็เฉพาะช่วงเวลากลางคืนเท่านั้น ส่วนในเวลากลางวันที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองก็จะสูงขึ้นด้วย

การทดลองนี้ การเปิดช่องแสงด้านข้าง (หน้าต่าง) เพื่อกักเก็บอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืนเข้าไปไว้ในอาคาร และปิดช่องแสงด้านข้างในเวลากลางวัน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองในช่วงเวลาใช้งาน 8.00 – 16.00 น. มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย มากกว่าในการทดลองที่ 1.1 ประมาณ 1°C

5.2 การทดลองที่ 2 การใช้งานอาคารในฤดูร้อน

สำหรับเมืองร้อนชื้นอย่างเช่นประเทศไทย อากาศในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง อุณหภูมิอากาศจะสูงกว่าเขตสบายตลอดช่วงเวลาใช้งานอาคารโรงเรียน 8.00 – 16.00 น. ดังนั้นอาคารที่พึ่งพาระบบธรรมชาติ เพื่อจะให้มีภาวะที่ใกล้เคียงกับภาวะน่าสบายมากที่สุดจำเป็นจะต้องหาแหล่งความเย็นเข้ามาใช้ในอาคาร การทดลองการใช้งานในฤดูร้อนนี้จึงเป็นการทดลองใช้ประโยชน์ความเย็นจากแหล่งต่างๆ ที่ได้จากปัจจัยธรรมชาติ

การทดลองที่ 2.1

<u>การกักเก็บความเย็นจากช่องว่างอากาศใต้หลังคามาใช้ประโยชน์</u>

(เมื่อไม่มีการจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง : ไม่มี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

จากการที่เลือกใช้วัสดุมุงหลังคาที่มีมวลสารน้อย เพื่อต้องการลดความร้อนสะสมในหลังคา ทำให้วัสดุหลังคาแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน เป็นผลให้วัสดุหลังคามีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ดังนั้นการทดลองนี้เป็นการที่จะพยายามนำเอาอากาศภายในช่องใต้หลังคาที่เย็นจากผิวสัมผัสกับวัสดุหลังคาซึ่งแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน มากักเก็บไว้ในอาคารทดลองเพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารในเวลากลางวัน แต่เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของอากาศในช่องใต้หลังคาและอุณหภูมิผิวของฉนวนแกลบ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 18.00 – 6.00 น. ปรากฏว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในช่องใต้หลังคาเท่ากับ 28.1°C อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฉนวนแกลบเท่ากับ 29.2°C ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกเท่ากับ 24.9°C สาเหตุที่อุณหภูมิของอากาศภายในช่องใต้หลังคาสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในเวลากลางคืน ก็คือ ผลจากฉนวนแกลบที่มีมวลสารมาก จึงสะสมความร้อนไว้ในเวลากลางวันและคายความร้อนในเวลากลางคืนสู่อากาศในช่องใต้หลังคา

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีการเปลี่ยนฉนวนใต้หลังคาเป็นวัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง แต่มีมวลสารน้อยเพื่อลดการสะสมความร้อนในฉนวน ที่จะมีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในช่องใต้หลังคาเพื่อให้อากาศภายในช่องใต้หลังคาแปรผันตรงตามอุณหภูมิของผิวหลังคาที่ต่ำ กว่าอุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืน

การจำลองความร้อนภายในอาคาร

ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารทดลอง

วัสดุอาคารทดลอง

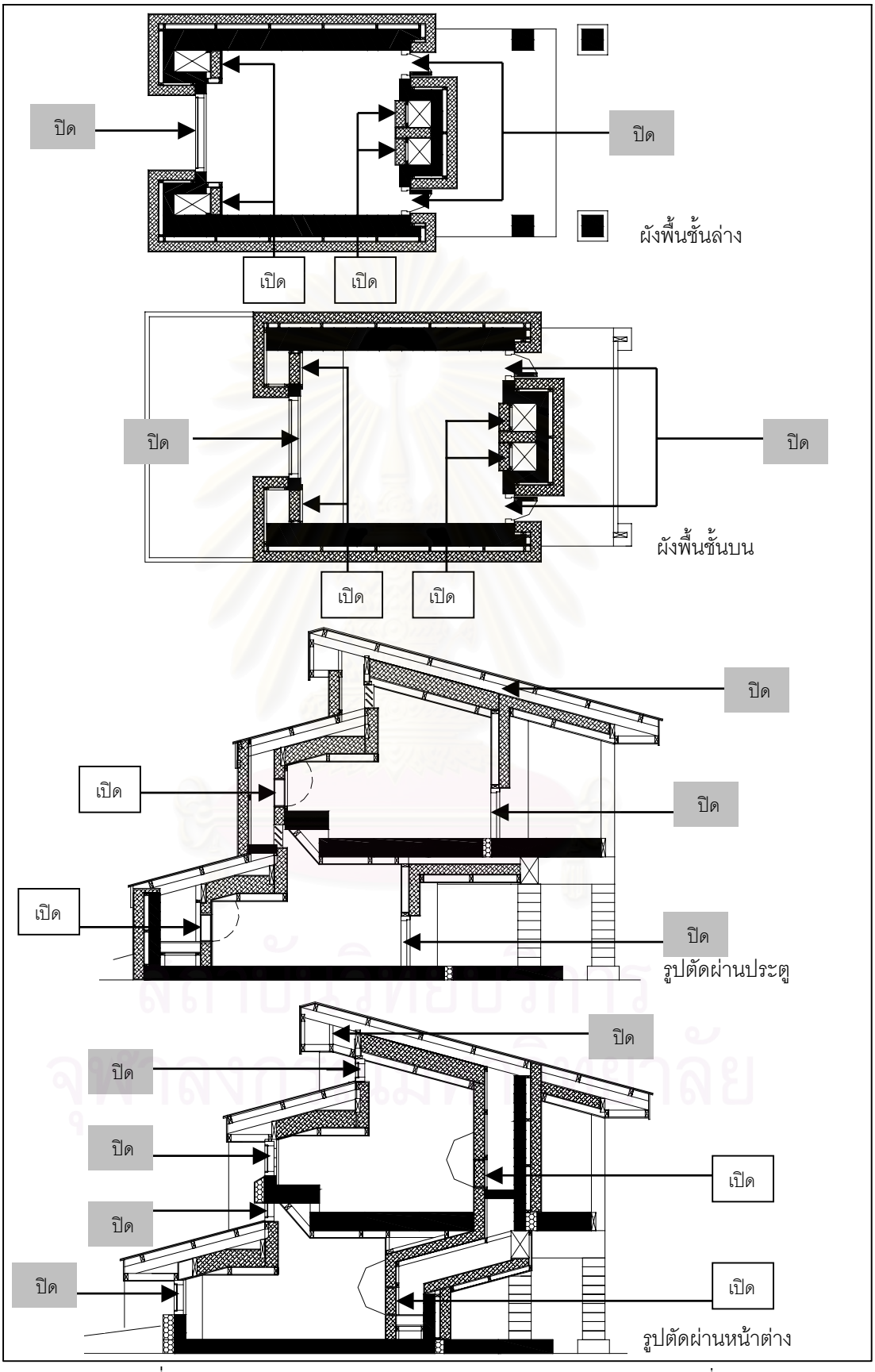
จากวัตถุประสงค์ของการทดลอง จะต้องเปลี่ยนฉนวนใต้หลังคาจากแกลบ ให้เป็นวัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนใกล้เคียงหรือดีกว่าแกลบ แต่ต้องมีมวลสารที่น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาวัสดุฉนวนที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปที่มีคุณสมบัติดังกล่าว สามารถหาได้ง่าย และมีวิธีการติดตั้งที่สะดวก วัสดุที่เหมาะสมที่สุดคือ ฉนวนใยแก้วที่หุ้มด้วยฟอยด์ ความหนา 8 นิ้ว ส่วนวัสดุอื่นๆ ของอาคารทดลองยังเหมือนเดิม

- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F
- หลังคา หลังคา Asphalt Shingles + ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว หนา 8 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.027 Btu/h-ft^2-F

สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

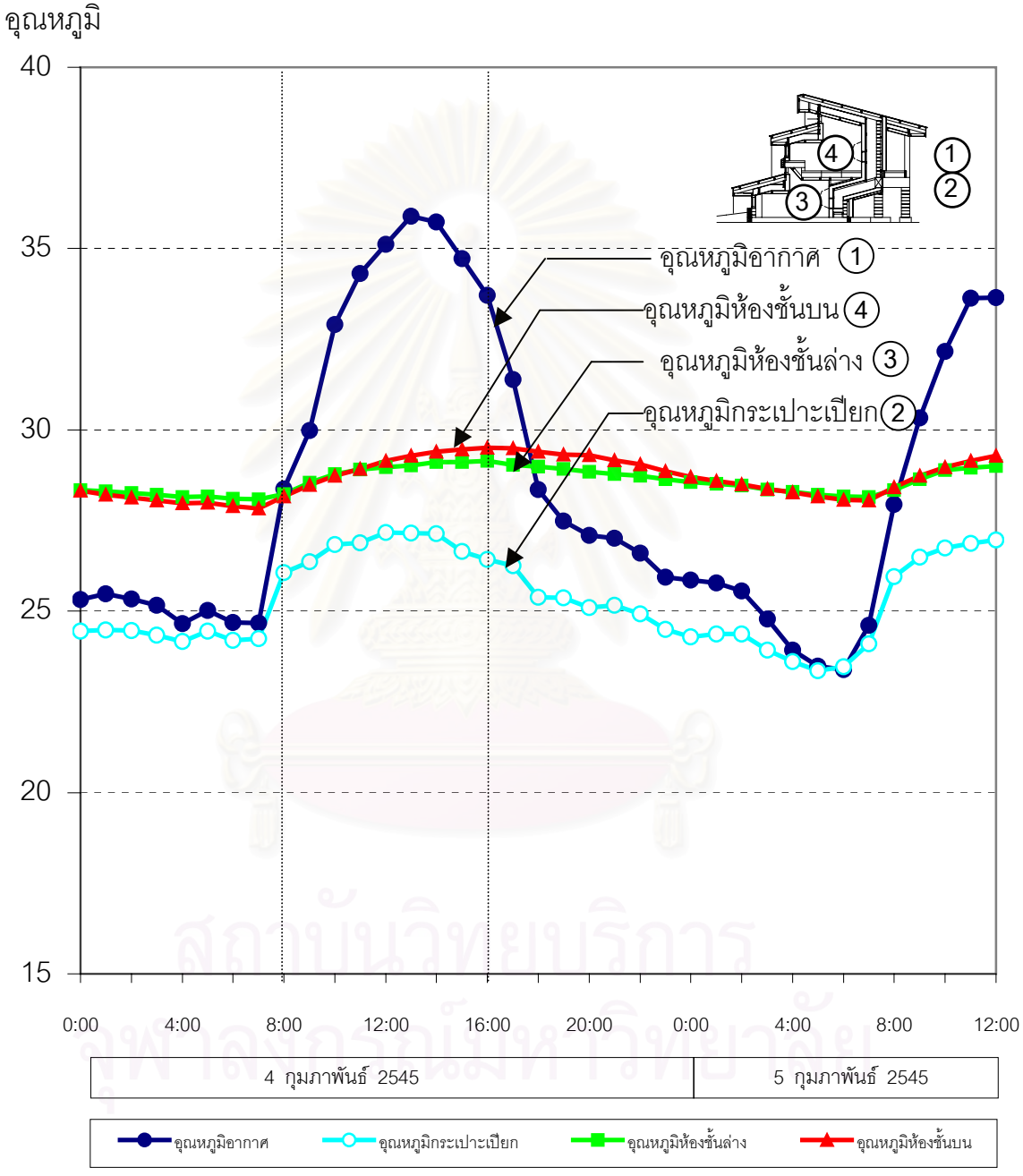
การทดลองนี้ต้องการจะศึกษา การนำเอาความเย็นจากช่องใต้หลังคามาใช้ประโยชน์ภายในอาคารทดลอง จึงได้ทำการปิดช่องเปิดทั้งหมด ไม่ให้มีอากาศภายนอกรั่วไหลเข้ามา การเปิด – ปิดประตู ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา เป็นดังภาพที่ 5-3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5-3 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.1

การกักเก็บความเย็นจากช่องว่างอากาศใต้หลังคามาใช้ประโยชน์



แผนภูมิที่ 5-3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศในการทดลองที่ 2.1

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2.1

จากแผนภูมิที่ 5-3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ปรากฏว่า อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้ง 2 ชั้น ค่อนข้างคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเพียง 2°C ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. เป็นช่วงของการใช้งานอาคาร

อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องชั้นล่างเท่ากับ 28.8°C

อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องชั้นบน 29.0°C

ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 33.4°C

อาคารทดลองสามารถทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ4.6°C และ 4.4°C ในห้องชั้นล่างและห้องชั้นบนตามลำดับ

แต่ในช่วงเวลา 18.00 – 6.00 น. ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำลง เฉลี่ยเท่ากับ 25.7°C แต่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่างและชั้นบนเท่ากับ 28.5°C และ 28.7°C ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 2.8°C และ 3.0°C ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิในช่องอากาศใต้หลังคาที่มีค่าเฉลี่ย 27.0°C (อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวนอกวัสดุมุงหลังคาเท่ากับ 24.8°C) ในช่วงเวลา 18.00 – 6.00 น. ไม่ได้ไหลลงมาสะสมภายในห้องของอาคารทดลอง เพราะอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคารทดลองในชั้นล่างและชั้นบน ยังสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องอากาศใต้หลังคา 1.5°C และ 1.7°C ตามลำดับ แต่ถึงแม้จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองเท่ากับอุณหภูมิภายในช่องว่างอากาศใต้หลังคาได้ แต่ก็เป็นอุณหภูมิที่อยู่สูงกว่าเขตสบาย ดังนั้นการทดลองการนำเอาความเย็นจากอากาศในช่องใต้หลังคามาใช้ประโยชน์ในกรณีนี้ ยังไม่ใช่แนวที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2.2

<u>การกักเก็บความเย็นจากช่องอากาศใต้หลังคามาไว้ในอาคาร</u>

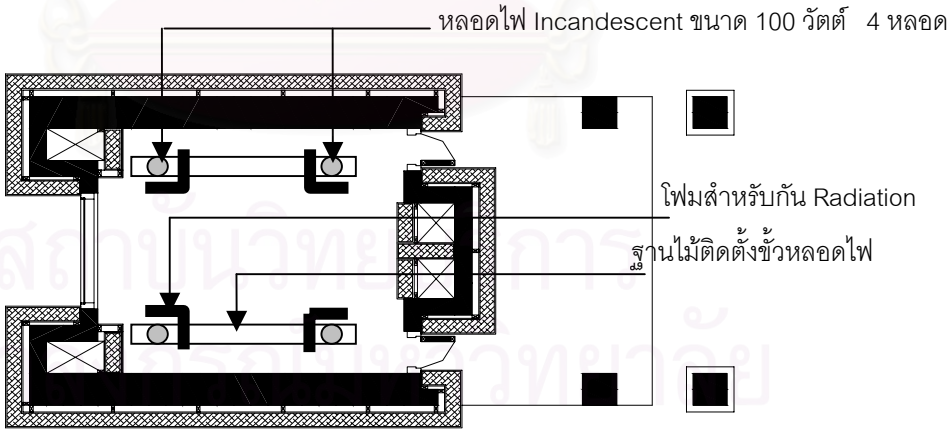
(เมื่อมี Internal Heat Gain จำลองโดยใช้หลอดไฟ)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์และรายละเอียดส่วนใหญ่เหมือนกับการทดลองที่ 2.1 แตกต่างกันที่มีการจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง โดยใช้หลอดไฟแบบไส้ (Incandescent) แทนความร้อนที่จะเกิดจากผู้ใช้อาคาร และมีการปิดช่องแสงด้านข้างในเวลา 6.00 – 18.00 น. เพื่อศึกษาผลของการเปิด - ปิดช่องแสง

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ใช้หลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด / ห้อง แทนความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้อาคารและอุปกรณ์การเรียนการสอนภายในห้องเรียน เปิดไฟช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. ดังรูปที่ 5.4 โดยมีการใช้โฟม EPS กั้น Radiation จากหลอดไฟให้กับ sensor วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 5-4 แสดงผังการติดตั้งหลอดไฟจำลอง Internal Heat Gain ภายในอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.2

วัสดุอาคารทดลอง

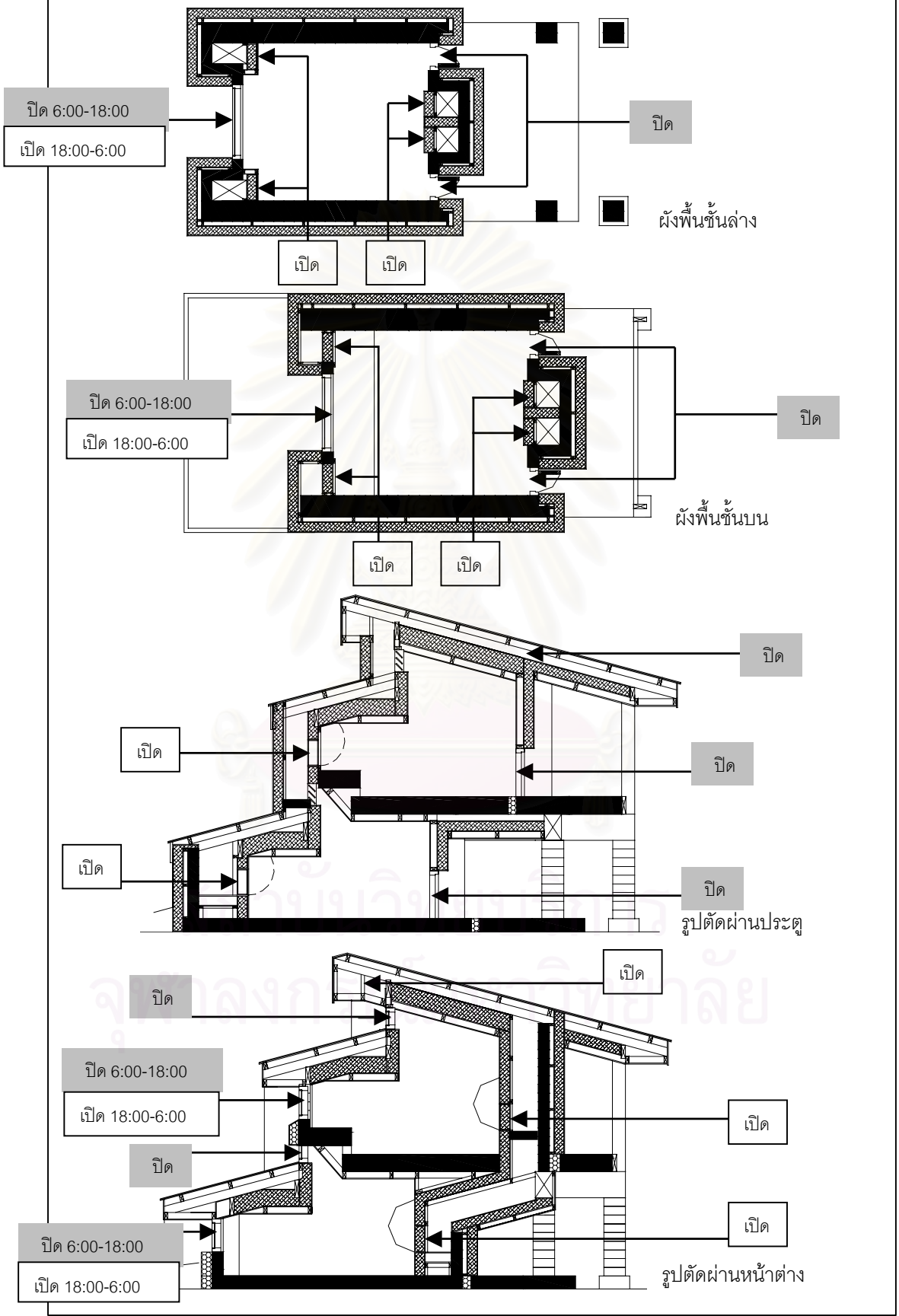
วัสดุอาคารและ ระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย

- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F
- หลังคา หลังคา Asphalt Shingles + ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว หนา 8 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.027 Btu/h-ft^2-F

สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

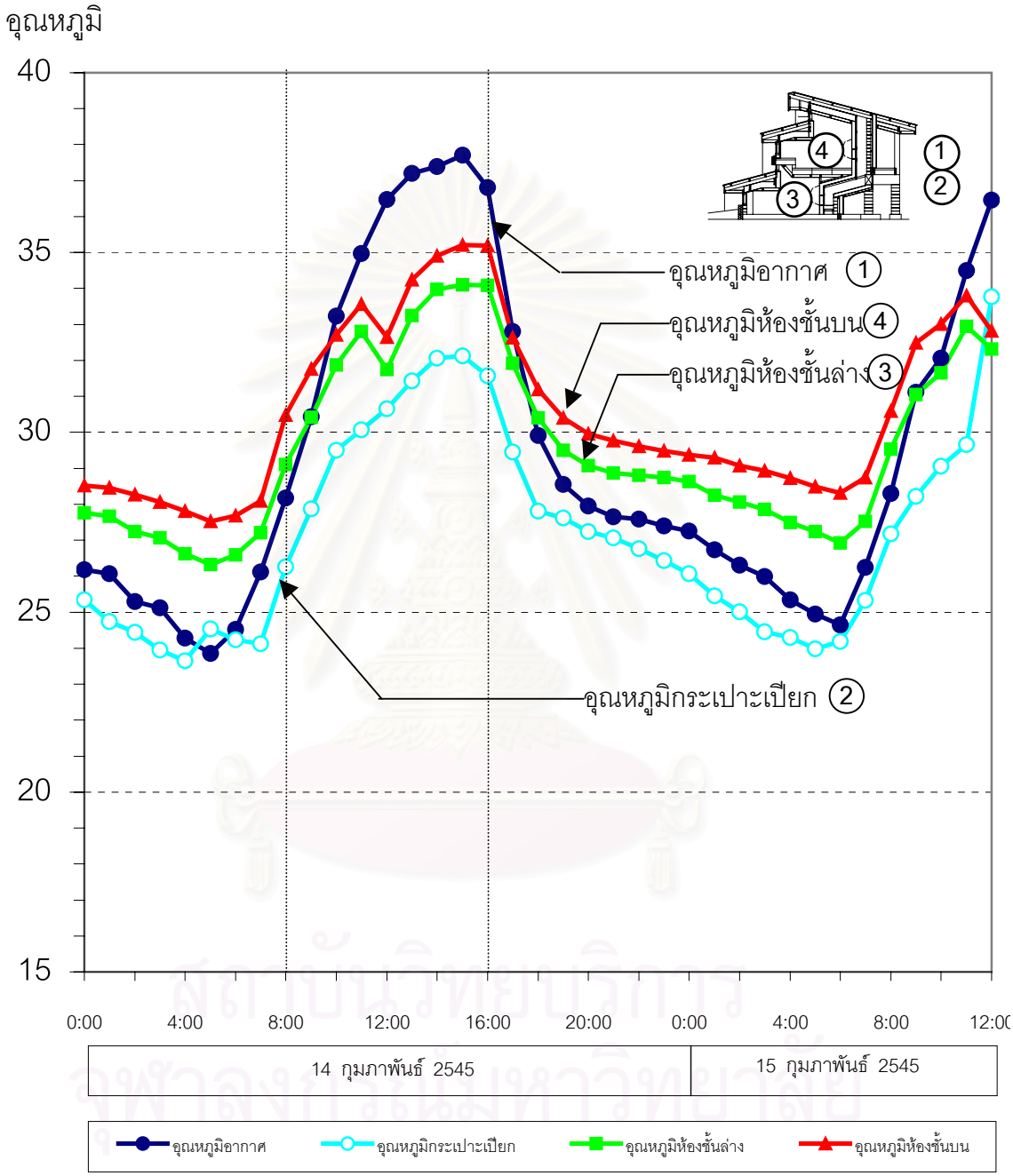
การเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา เป็นดังภาพที่ 5-5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5-5 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.2

การกักเก็บความเย็นจากช่องว่างอากาศใต้หลังคามาใช้ประโยชน์



แผนภูมิที่ 5-4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศในการทดลองที่ 2.2

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2.2

จากแผนภูมิที่ 5-4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ปรากฏว่า ในช่วงเวลา 0.01 – 6.00 น. ที่มีการเปิดช่องแสงด้านข้าง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำ โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 25.0°C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่างและชั้นบนเท่ากับ 27.0°C และ 28.0°C

ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. ที่มีความร้อนจากหลอดไฟ (แทนความร้อนจากผู้ใช้อาคารและอุปกรณ์ต่างๆ) ภายในอาคารทดลอง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่าง เท่ากับ 32.3°C

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบน เท่ากับ 33.4°C

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 34.7°C

อุณหภูมิในอาคารทดลองชั้นล่างและชั้นบนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 2.4°C และ 1.3°C ตามลำดับ

ช่วงเวลา 18.00 – 6.00 น. เมื่อไม่มีความร้อนภายในอาคาร อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 26.9°C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่างและชั้นบนเท่ากับ 28.4°C และ 29.4°C ตามลำดับ

ผลของการทดลองนี้แสดงว่า การที่เปิดช่องแสงด้านข้างเวลากลางคืน 18.00 – 6.00 น. และปิดในเวลากลางวัน 6.00 – 18.00 น. ในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารทดลองนั้น มีผลให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองมีแนวโน้มเดียวกันกับอุณหภูมิอากาศ ต่ำลงในช่วงเวลากลางคืน และสูงขึ้นในเวลากลางวัน แต่ว่าอุณหภูมิภายในอาคารทดลองในช่วงเวลาที่มีความร้อนจากหลอดไฟ 8.00 – 16.00 น. จะมีค่าสูงกว่าในการทดลองที่ 2.1 ซึ่งเกิดจากความร้อนที่มาจากหลอดไฟที่ไม่สามารถจะระบายออกจากห้องได้เนื่องจากปิดช่องแสงด้านข้างไว้ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองห้องชั้นล่างและชั้นบนในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. สูงกว่าเขตสบายประมาณ 5.3°C และ 6.4°C ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2.3

<u>การนำความเย็นจากผิวหลังคาโลหะมาใช้ในอาคารชั้นบน</u>

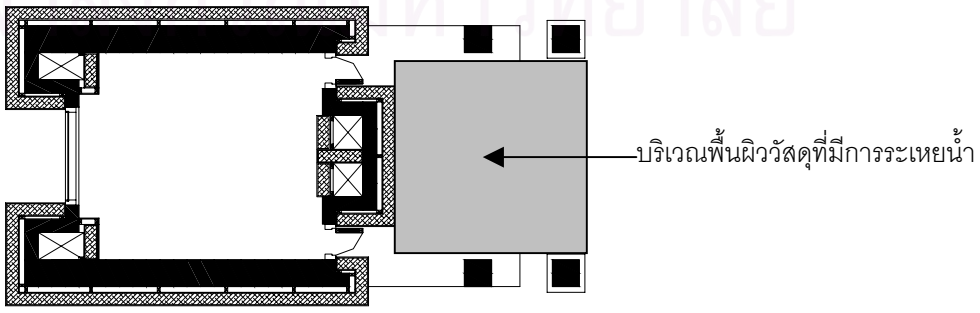
<u>การนำความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ มาใช้ในอาคารชั้น ล่าง</u>

(เมื่อไม่มีการจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง : ไม่มี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เป็นการทดลองใช้ประโยชน์ความเย็นจากแหล่งที่แตกต่างกันของอาคารทดลองแต่ละชั้น โดยในอาคารชั้นบนซึ่งได้รับอิทธิพลจากหลังคามาก ก็ใช้ประโยชน์ความเย็นจากหลังคาในเวลากลางคืน ได้ทำการเปลี่ยนแปลงวัสดุมุงหลังคาจาก Asphalt Shingles ที่มีชั้นของไม้อัดหนา 12 นิ้ว ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนต่ำระหว่างผิวภายนอกของวัสดุมุงหลังคากับอากาศภายในช่องใต้หลังคา ทำให้อากาศในช่องใต้หลังคามีอุณหภูมิที่สูงกว่าผิวหลังคาภายนอก เปลี่ยนเป็นหลังคาสังกะสี เพื่อให้มีมวลสารที่น้อยลง ผิวของวัสดุมุงหลังคาจะมีอุณหภูมิที่ต่ำลงอีกในเวลากลางคืน และอากาศในช่องใต้หลังคาก็จะถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น เย็นลงได้มากและเร็วกว่าเดิม เนื่องจากสัมผัสกับผิวของสังกะสีโดยตรง

ส่วนในอาคารชั้นล่างนั้นได้รับอิทธิพลของหลังคาน้อยกว่าชั้นบน ซึ่งจะได้รับผลของความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาเข้ามาในอาคารน้อยกว่าชั้นบนในเวลากลางวัน แต่ก็จะได้รับผลของความเย็นที่น้อยกว่าชั้นบนในเวลากลางคืน อาคารชั้นล่างได้รับประโยชน์จากผิวสัมผัสดินในการสูญเสียความร้อนสู่มวลสารของดิน แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้อากาศภายในอาคารชั้นล่างอยู่ในเขตน่าสบาย ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้จำลองสร้างพื้นผิวซึมน้ำ ที่มีการระเหยของน้ำตลอดเวลา ขนาดพื้นที่ประมาณ 4 ตร.ม.บริเวณทางเดินด้านทิศใต้ของห้องชั้นล่าง เพื่อที่จะนำเอาความเย็นที่เกิดจากการระเหยของน้ำมาใช้ประโยชน์ภายในอาคารทดลองชั้นล่างในเวลากลางวัน โดยมีการเปิดประตูและช่องแสงด้านล่างตลอดเวลา เพื่อให้ลมพัดพาอากาศที่เย็นเข้าไปในอาคาร



ภาพที่ 5-6 แสดงตำแหน่งของวัสดุปูพื้นที่มีการระเหยน้ำในการทดลองที่ 2.3

ภาพที่ 5-7 แสดงพื้นผิวของวัสดุปูพื้น ที่มีการซึมน้ำตลอดเวลา เพื่อใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ

ภาพที่ 5-8 แสดงการเปลี่ยนวัสดุมุงหลังคาอาคารทดลองเป็นหลังคาสังกะสี

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารทดลอง

วัสดุอาคารทดลอง

วัสดุอาคารมีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของวัสดุมุงหลังคา ซึ่งระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย

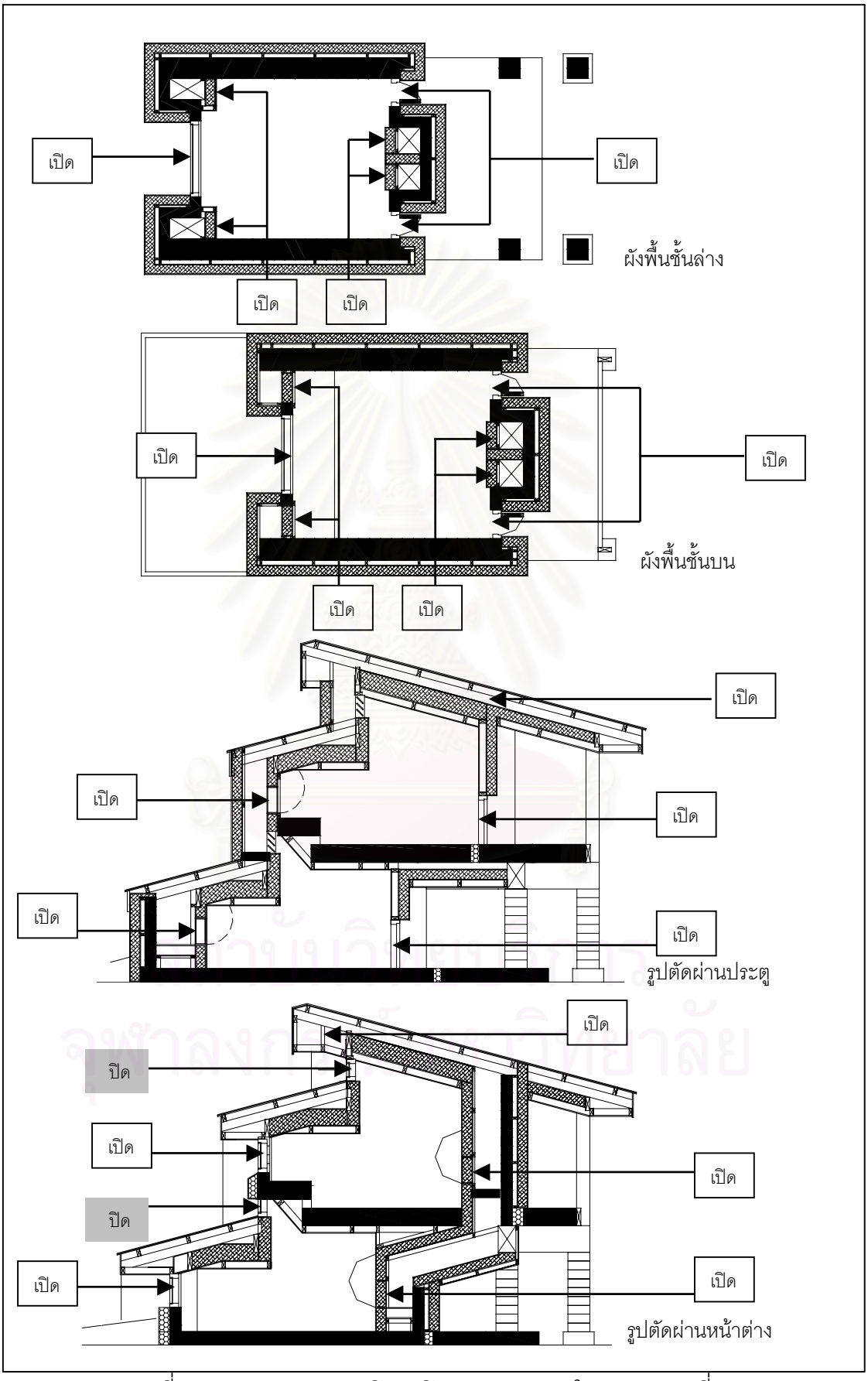
- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F

- หลังคา โลหะเคลือบสังกะสี เคลือบสี หนา 0.5 มม.+ ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว หนา 8 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.0274 Btu/h-ft^2-F

สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

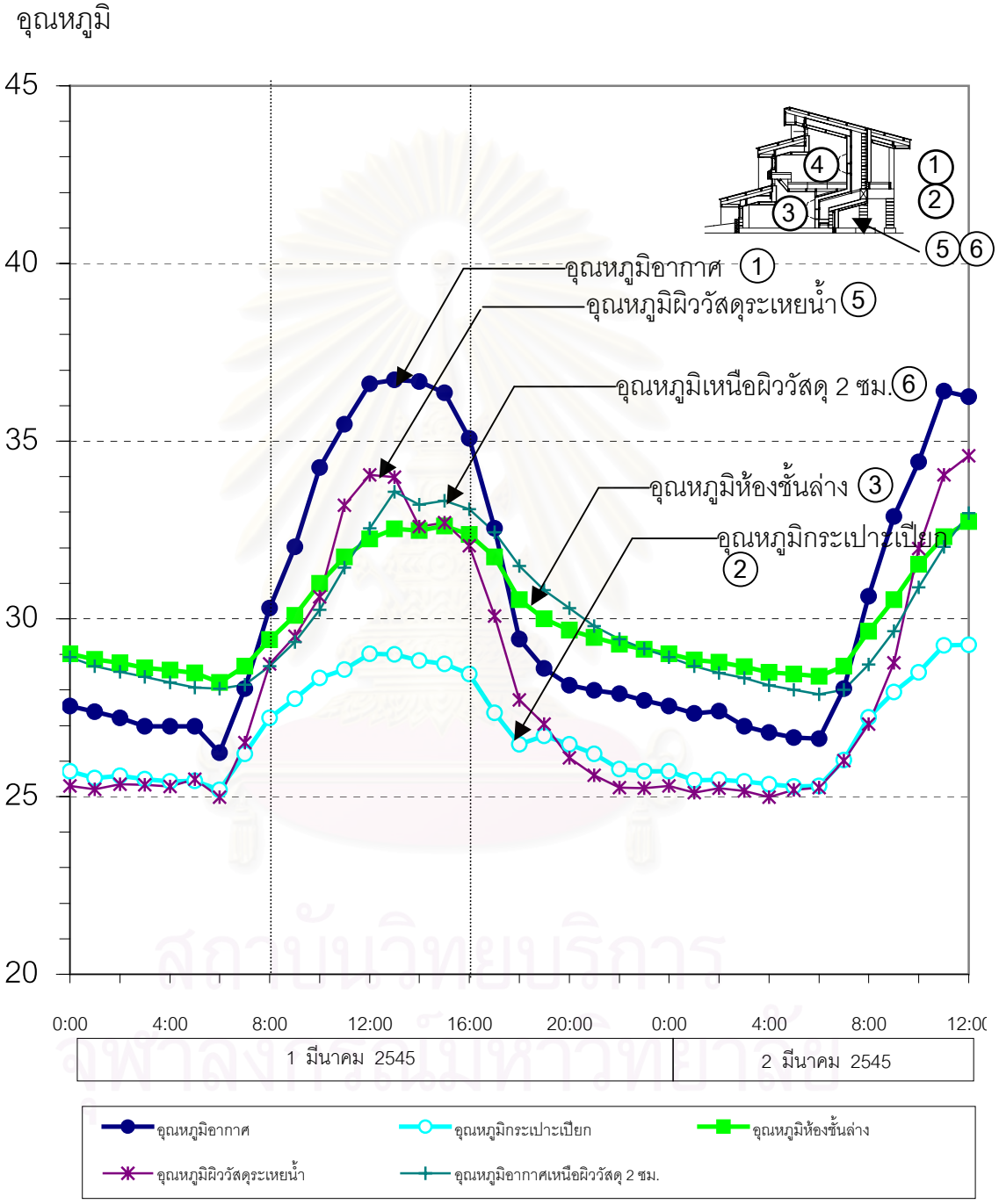
การเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา เป็นดังภาพที่ 5-9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5-9 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.3

การใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอก ห้องชั้นล่าง



แผนภูมิที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองห้องชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้น ในการทดลองที่ 2.3

ในการทดลองนี้ อาคารทดลองแต่ละชั้นมีการพิจารณาใช้ความเย็นจากแหล่งที่ต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงพิจารณาผลของอาคารทดลองแต่ละชั้นเพื่อให้ทราบอิทธิพลจากแหล่งความเย็นที่นำมาใช้ โดยใช้อุณหภูมิอากาศเป็นตัวเปรียบเทียบ

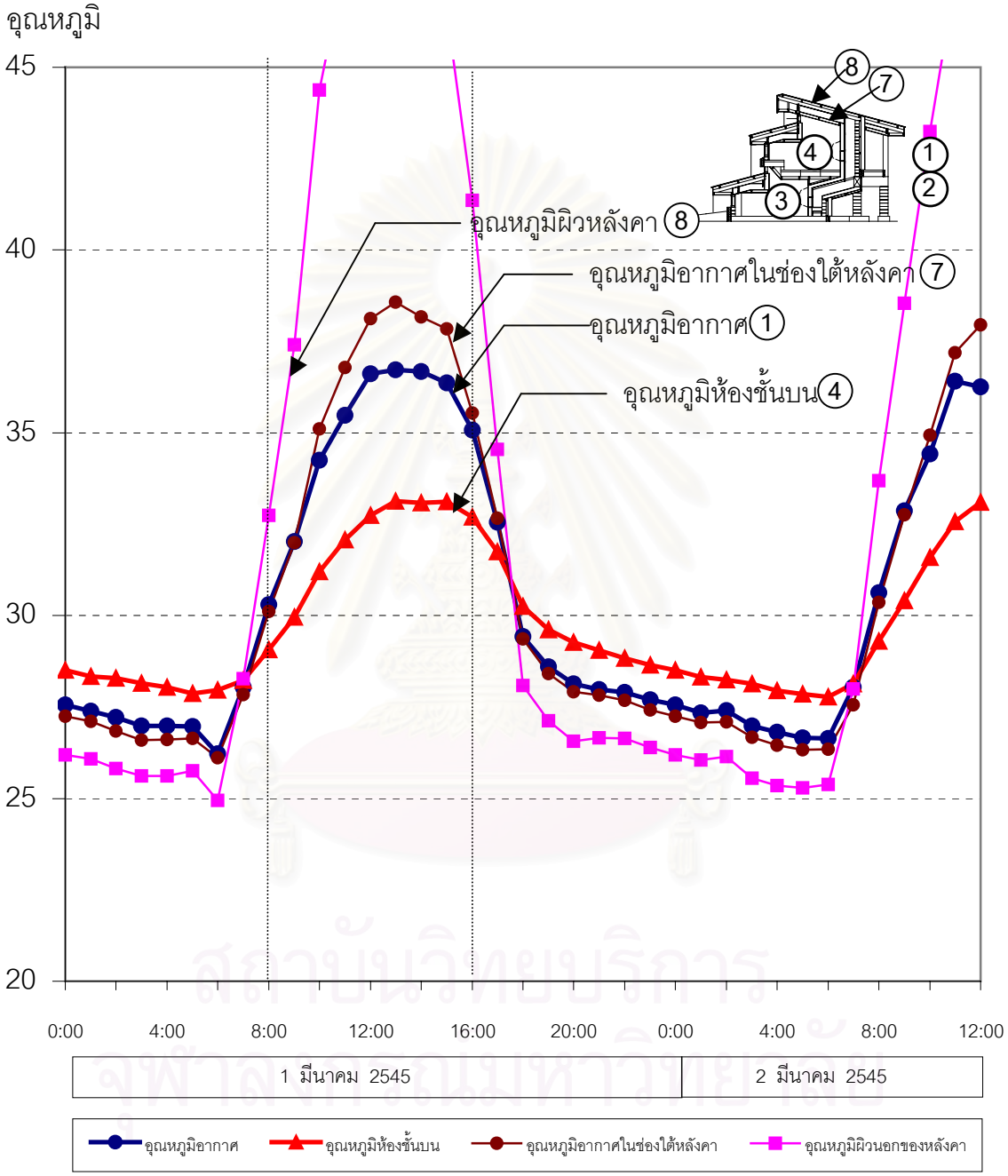
การวิเคราะห์ผลการทดลองห้องชั้นล่าง การทดลองที่ 2.3

จากแผนภูมิที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 0.00 – 6.00 น. อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่าง มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำ เนื่องจากเปิดประตู หน้าต่าง โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 27°C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นล่างเท่ากับ 28.6°C ส่วนอุณหภูมิของผิววัสดุปูพื้นที่มีการระเหยน้ำ มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.2°C

ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาใช้งาน เท่ากับ 31.8°C ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 34.8°C เพียง 3.0°C เมื่อพิจารณาผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยห้องชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.) ในการทดลองที่ 2.2 ซึ่งไม่มีพื้นผิววัสดุที่มีการระเหยของน้ำ แม้ว่าในการทดลองนี้อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมากกว่า (การทดลองที่ 2.2 เท่ากับ 2.4°C และการทดลองนี้ เท่ากับ 3.0°C) แต่อุณหภูมิของผิววัสดุปูพื้นที่มีการระเหยของน้ำ ซึ่งอยู่บริเวณทิศใต้ของห้องชั้นล่าง ใต้พื้นระเบียงของห้องชั้นบน มีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00 - 16.00 น. เท่ากับ 31.5°C ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกเฉลี่ยถึง 3.1°C ทั้งที่ควรจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน สาเหตุอาจจะเกิดจากลมที่นำเอาความร้อนจากสภาพแวดล้อมโดยรอบที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ พัดผ่านผิววัสดุ และเมื่อถึงช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงแดด อุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นก็จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกอีกครั้ง

ส่วนในเวลา 18.00 – 6.00 น. นั้น อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างก็มีแนวโน้มที่ต่ำลงตามอุณหภูมิอากาศ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.1°C ส่วนอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 27.6°C ในขณะที่อุณหภูมิของผิววัสดุปูพื้นที่มีการระเหยของน้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.6°C แต่อุณหภูมิอากาศเหนือผิววัสดุปูพื้นระยะ 2 ซม. กลับมีค่าเฉลี่ยที่สูงมากถึง 29.1°C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิผิววัสดุ แสดงว่าอากาศเหนือผิววัสดุที่พัดผ่านเข้าไปในห้องชั้นล่างก็คือ อากาศที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องชั้นล่างนั่นเอง ดังนั้นการจะใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ จึงต้องหาวิธีที่จะทำให้มวลอากาศเหนือผิววัสดุมีอุณหภูมิที่ต่ำ เหมาะสมกับการนำไปใช้ภายในอาคาร

การใช้ความเย็นจากผิวสัมผัสหลังคาโลหะของห้องชั้นบน



แผนภูมิที่ 5-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองห้องชั้นบนกับอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวหลังคา และอุณหภูมิอากาศในช่องใต้หลังคา ในการทดลองที่ 2.3

การวิเคราะห์ผลการทดลองห้องชั้นบน การทดลองที่ 2.3

อาคารทดลองชั้นบนมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่เป็นไปตามอุณหภูมิอากาศ เนื่องจาการที่เปิดประตูและช่องแสงด้านข้างตลอดเวลา ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในกับภายนอกอาคารทดลองตลอดเวลา

ในช่วงเวลา 0.00 – 6.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบนเท่ากับ 28.1°C อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 27.0°C อุณหภูมิอากาศในช่องใต้หลังคาเฉลี่ยเท่ากับ 26.7°C และอุณหภูมิผิวหลังคาเฉลี่ยเท่ากับ 25.7°C จะเห็นว่าอุณหภูมิของอากาศในช่องใต้หลังคาที่จะนำมาใช้ในห้องชั้นบนนั้นมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกมากกว่า แสดงว่าอากาศในช่องใต้หลังคาได้รับอิทธิพลจากอากาศภายนอกมากกว่าผิวสัมผัสกับหลังคาสังกะสี เนื่องจากการที่เปิดช่องระบายอากาศใต้หลังคาไว้ตลอดเวลา ทำให้อากาศจากภายนอกถ่ายเทเข้าไปในช่องว่างอากาศใต้หลังคา

ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบนเท่ากับ 31.8°C ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 34.8°C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองชั้นบนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 3.0°C เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการทดลองที่ 2.1 (ไม่มีแหล่งความร้อนภายในอาคารเหมือนกัน) แล้ว ผลต่างของอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่าเพราะว่าในการทดลองนี้ได้เปิดประตู หน้าต่างไว้ตลอดเวลา จึงทำให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของอากาศภายนอก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างห้องชั้นล่างกับห้องชั้นบน อุณหภูมินั้นมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน โดยในเวลากลางวันนั้นห้องชั้นล่างจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าชั้นบน เนื่องจากชั้นบนได้รับอิทธิพลความร้อนจากหลังคา ในขณะที่ชั้นล่าง ส่วนในเวลากลางคืนนั้นอุณหภูมิในห้องชั้นบนก็จะต่ำกว่าชั้นล่างเล็กน้อย เนื่องจากอิทธิพลการคายความร้อนของหลังคา แต่ว่าอุณหภูมิของอาคารทดลองทั้ง 2 ชั้น ก็ยังคงสูงกว่าเขตสบายค่อนข้างมาก ในช่วงเวลาการใช้งานอาคาร 8.00 – 16.00 น.

สรุปว่าการใช้ประโยชน์จากความเย็นของอากาศในช่องใต้หลังคา สำหรับอาคารทดลองชั้นบน และการใช้ประโยชน์ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิวของวัสดุปูพื้น สำหรับอาคารทดลองชั้นล่างนั้นยังไม่สามารถทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในการทดลองนี้

การทดลองที่ 2.4

การนำความเย็นจากผิวหลังคาโลหะมาใช้ในอาคารชั้นบน

การนำความเย็นจากอากาศในเวลากลางคืนมากักเก็บไว้ใช้ในอาคารชั้นล่าง โดยใช้การระเหยน้ำที่พื้นผิววัสดุเป็นส่วนช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร

(เมื่อไม่มี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

จากการทดลองที่ 2.3 การนำเอาความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นเข้าไปใช้ในอาคารทดลองชั้นล่างนั้นไม่ได้ผลที่ชัดเจน จากการทดลองย่อยในการนำเอาความเย็นการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นมาใช้โดยเปิดประตู หน้าต่างของห้องชั้นล่างไว้ตลอดเวลา (ทดลองบังคับทิศทางลมให้พัดเข้าไปในห้อง และใช้ต้นไม้ในการลดอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ) ก็ไม่สามารถทำให้อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างในช่วงเวลาใช้งาน 8.00 – 16.00 น. ต่ำลงกว่าในการทดลองที่ 2.3 ได้อย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากพื้นที่วัสดุปูพื้นมีขนาดที่เล็กเมื่อเทียบกับอิทธิพลจากพื้นที่โยรอบที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นในการทดลองนี้ ห้องชั้นล่างจึงเป็นการใช้ความเย็นจากอากาศในช่วงเวลากลางคืน โดยเปิดช่องประตูหน้าต่าง ส่วนในเวลากลางวันปิดประตู หน้าต่างเพื่อป้องกันความร้อน และใช้การระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นช่วยลดอุณหภูมิภายนอกโดยรอบอาคาร

ห้องชั้นบนเปิดประตู และหน้าต่างในเวลากลางคืน เพื่อกักเก็บอากาศเย็นในเวลากลางคืนมาไว้ในอาคาร และปิดไว้ในเวลากลางวันเพื่อป้องกันความร้อน ใช้การนำความเย็นผิวหลังคาจากอากาศในช่องใต้หลังคา โดยปิดช่องระบายอากาศใต้ชายคาทั้งสองด้านในเวลากลางคืน ให้อากาศในช่องใต้หลังคาได้รับอิทธิพลความเย็นจากผิวหลังคาอย่างเต็มที่ แล้วถ่ายเทผ่านท่อไหลเวียนอากาศแนวตั้งที่เปิดไว้เข้าไปกักเก็บไว้ในห้อง เวลากลางวันเปิดช่องระบายอากาศใต้ชายคาเพื่อระบายอากาศร้อนออกสู่ภายนอก และปิดท่อไหลเวียนอากาศแนวตั้งที่เชื่อมกับห้องเพื่อป้องกันอากาศร้อนจากใต้หลังคา

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารทดลอง

วัสดุอาคารทดลอง

วัสดุอาคารเหมือนกับการทดลองที่ 2.3 โดยระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย

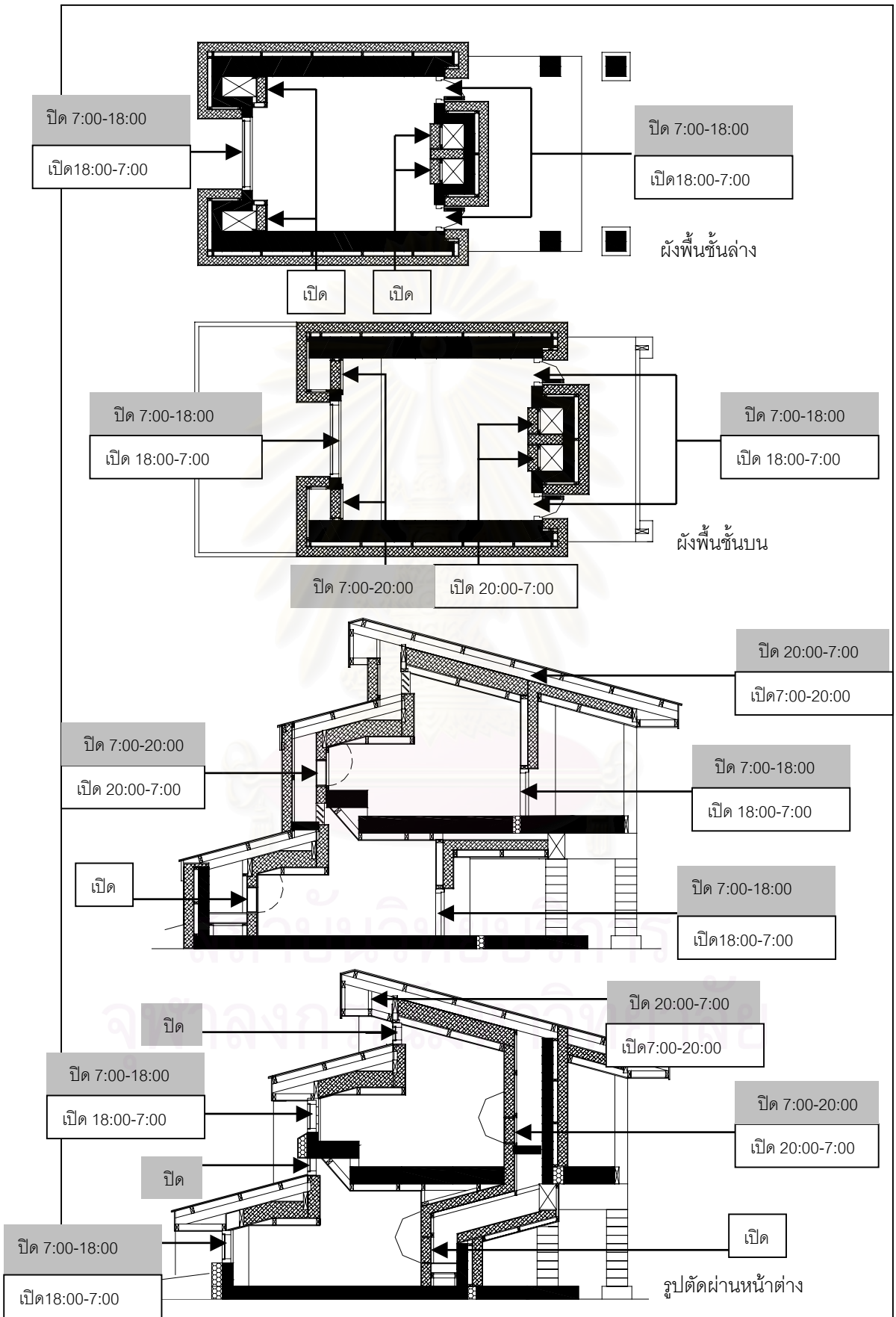
- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F

- หลังคา โลหะเคลือบสังกะสี เคลือบสี หนา 0.5 มม.+ ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว หนา 8 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.0274 Btu/h-ft^2-F

สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

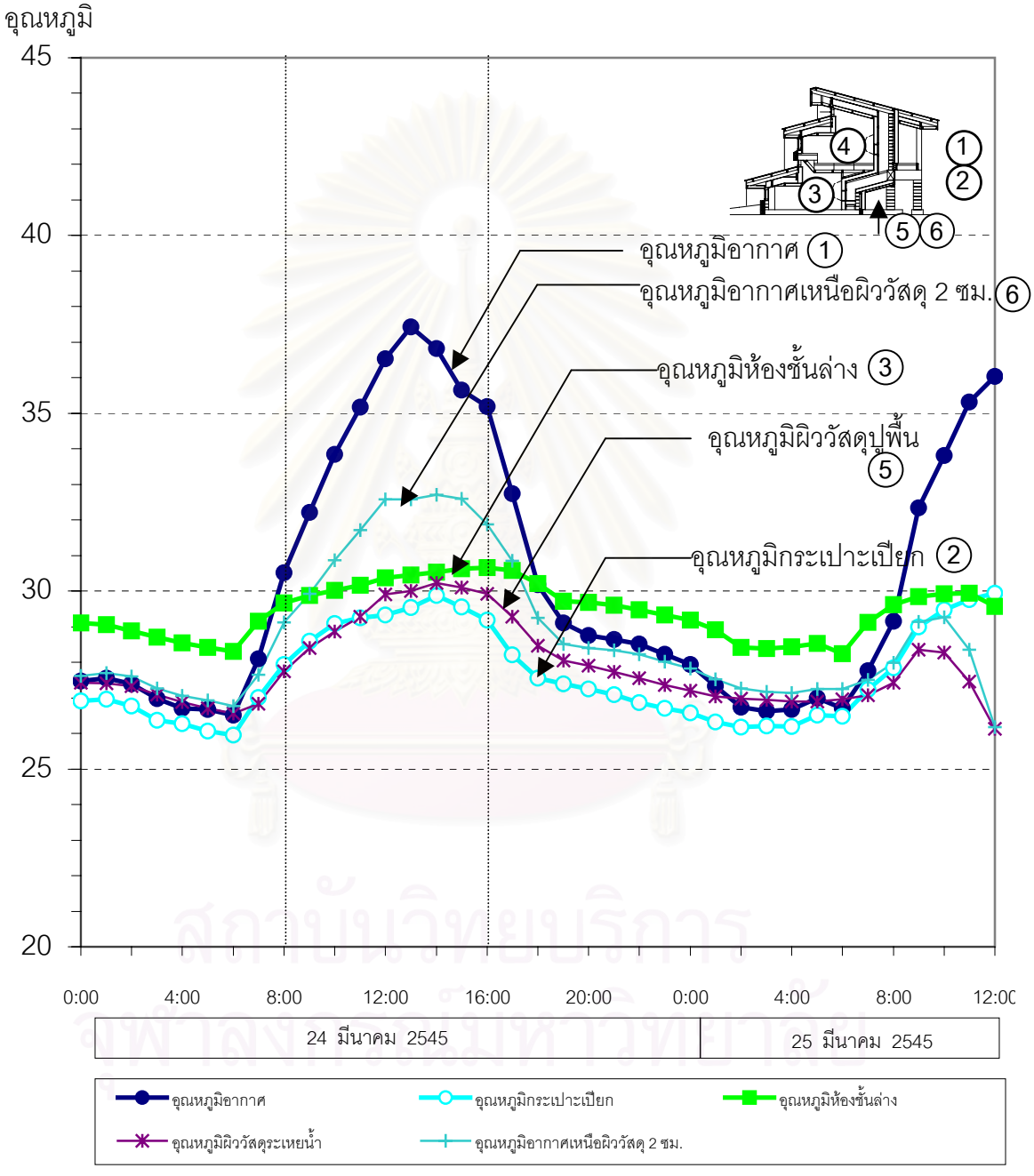
การเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา เป็นดังภาพที่ 5-10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5-10 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.4

การใช้ความเย็นจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน และใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร ห้องชั้นล่าง



แผนภูมิที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองห้องชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้น ในการทดลองที่ 2.4

การวิเคราะห์ผลการทดลองห้องชั้นล่าง การทดลองที่ 2.4

จากแผนภูมิที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 0.00 – 6.00 น. อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่าง มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำ เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 2.3 เนื่องจากเปิดประตู หน้าต่าง อุณหภูมิของผิววัสดุปูพื้นที่มีการระเหยน้ำ มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.2°C

ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. เมื่อปิดประตู หน้าต่าง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างมีแนวโน้มสูงขึ้น

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยเท่ากับ 30.2°C

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 34.8°C

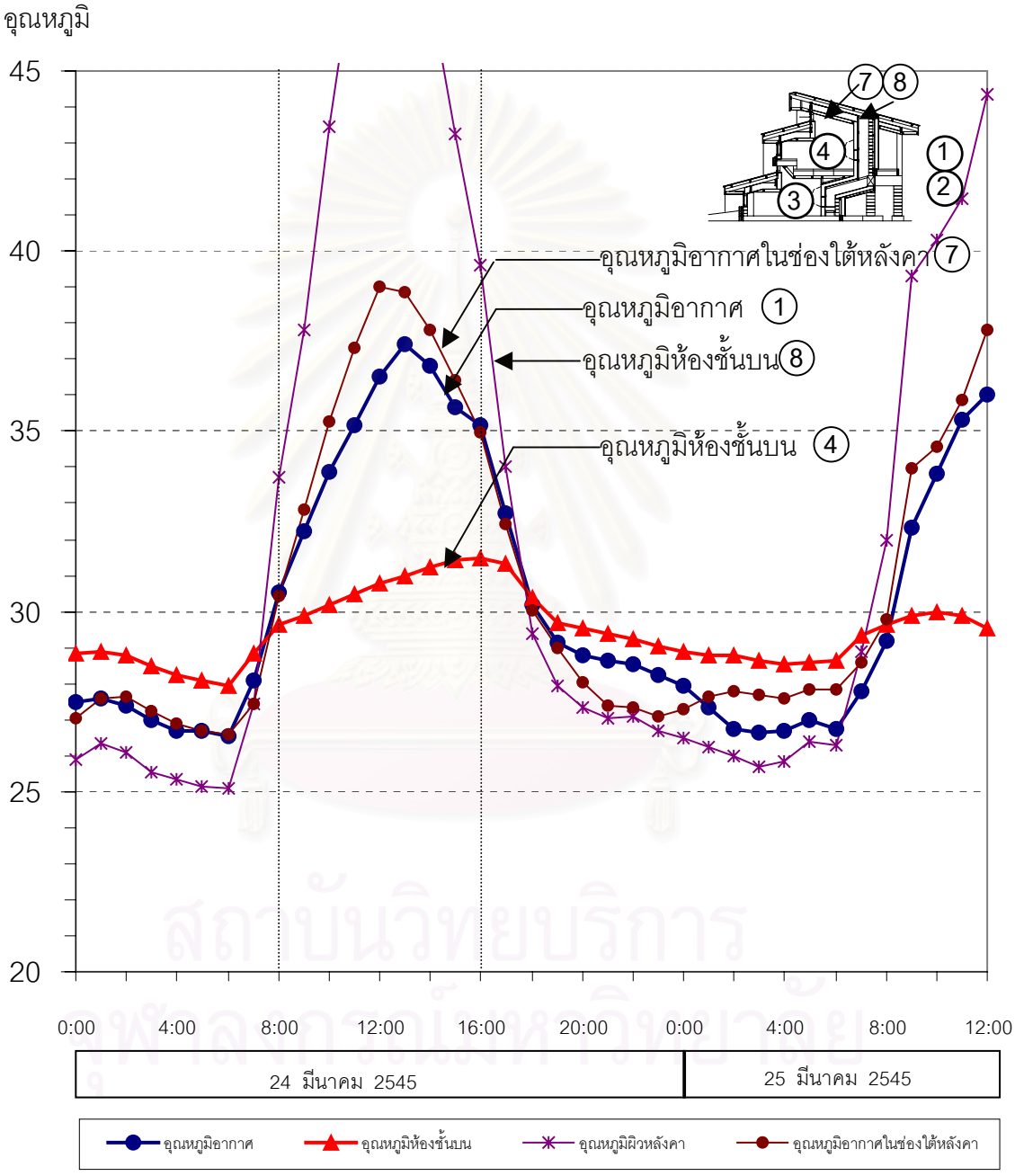
อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 4.6°C

เมื่อพิจารณาผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยห้องชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.) ของการทดลองนี้กับการทดลองที่ 2.3 แล้วพบว่า ในการทดลองนี้อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมากกว่า (ผลต่างในการทดลองที่ 2.3 เท่ากับ 3.2°C การทดลองนี้ เท่ากับ 4.6°C)

แสดงว่าในการทดลองนี้ วิธีการใช้อาคารห้องชั้นล่าง โดยการใช้ประโยชน์จากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน เวลากลางวันปิดช่องประตู หน้าต่างป้องกันความร้อน และใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นช่วยลดอุณหภูมิรอบอาคาร สามารถทำให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นล่างลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยได้มากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้ความเย็นจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน และความเย็นจากผิวสัมผัสหลังคาโลหะของห้องชั้นบน



แผนภูมิที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองห้องชั้นบนกับอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวหลังคา และอุณหภูมิอากาศในช่องใต้หลังคา ในการทดลองที่ 2.4

การวิเคราะห์ผลการทดลองห้องชั้นบน การทดลองที่ 2.4

จากแผนภูมิที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นบนกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 0.00 – 6.00 น. ของวันที่ 24 มีนาคมนั้น อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นบน มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำ เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 2.3 เนื่องจากเปิดประตู หน้าต่าง เพื่อนำเอาอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำมากักเก็บไว้ในอาคาร แต่อุณหภูมิอากาศในช่องว่างใต้หลังคายังมีค่าที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงกว่าอุณหภูมิของผิวหลังคาประมาณ 1.5°C

ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. เมื่อปิดประตู หน้าต่าง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นบนมีแนวโน้มสูงขึ้น

อุณหภูมิภายในห้องชั้นบนเฉลี่ยเท่ากับ 30.6°C

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 34.8°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 4.2°C

เมื่อพิจารณาผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยห้องชั้นบนกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.) ของการทดลองนี้กับการทดลองที่ 2.3 แล้วพบว่า ในการทดลองนี้อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องชั้นบนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมากกว่า (ผลต่างในการทดลองที่ 2.3 เท่ากับ 3.0°C การทดลองนี้ เท่ากับ 4.2°C)

แสดงว่าในการทดลองนี้ วิธีการใช้อาคารห้องชั้นบน โดยการใช้ประโยชน์จากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน เวลากลางวันปิดช่องประตู หน้าต่างป้องกันความร้อน และใช้ความเย็นจากอากาศในช่องใต้หลังคา สามารถทำให้อุณหภูมิภายในอาคารทดลองชั้นบนลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยได้มากขึ้น

พิจารณาที่ช่วงเวลา 18.00 – 0.00 น. อุณหภูมิอากาศในช่องว่างใต้หลังคามีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิผิวหลังคามาก สูงกว่าเพียง 0.5°C เท่านั้น เป็นผลการทดลองที่ดีขึ้นจากการทดลองที่ 2.3 ซึ่งเป็นผลมาจากการปิดช่องระบายอากาศใต้ชายคาไว้ในเวลากลางคืนเพื่อป้องกันอากาศภายนอกที่จะมีอิทธิพลกับอากาศในช่องว่างใต้หลังคา

อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้งห้องชั้นบนและชั้นล่าง ในการทดลองนี้มีผลของความแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลาใช้งานที่ดีขึ้น มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 4.6°C และ 4.2°C ในห้องชั้นล่างและชั้นบนตามลำดับ

การทดลองที่ 2.5

<u>การนำความเย็นจากผิวหลังคาโลหะมาใช้ในอาคารชั้นบน</u>

<u>การนำความเย็นจากอากาศในเวลากลางคืนมากักเก็บไว้ใช้ในอาคารชั้นล่าง โดยใช้การระเหยน้ำที่พื้นผิววัสดุเป็นส่วนช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร</u>

(เมื่อไม่มี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองที่ใช้เงื่อนไขต่างๆ เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 2.4 ทั้งแหล่งความเย็นที่นำมาใช้ประโยชน์กับอาคารทดลองชั้นล่างและชั้นบน สภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลอง เพื่อที่จะหาผลการทดลองที่ดีที่สุดของวิธีการใช้งานอาคารที่ใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติ

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารทดลอง

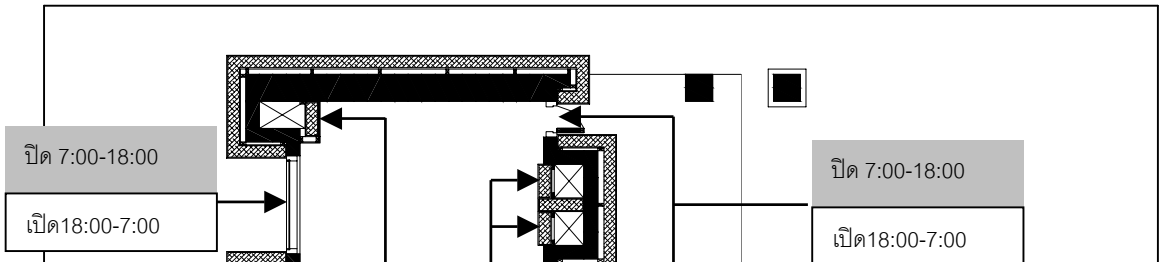
วัสดุอาคารทดลอง

วัสดุอาคารเหมือนกับการทดลองที่ 2.4 โดยระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย

- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F
- หลังคา โลหะเคลือบสังกะสี เคลือบสี หนา 0.5 มม.+ ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว หนา 8 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.0274 Btu/h-ft^2-F

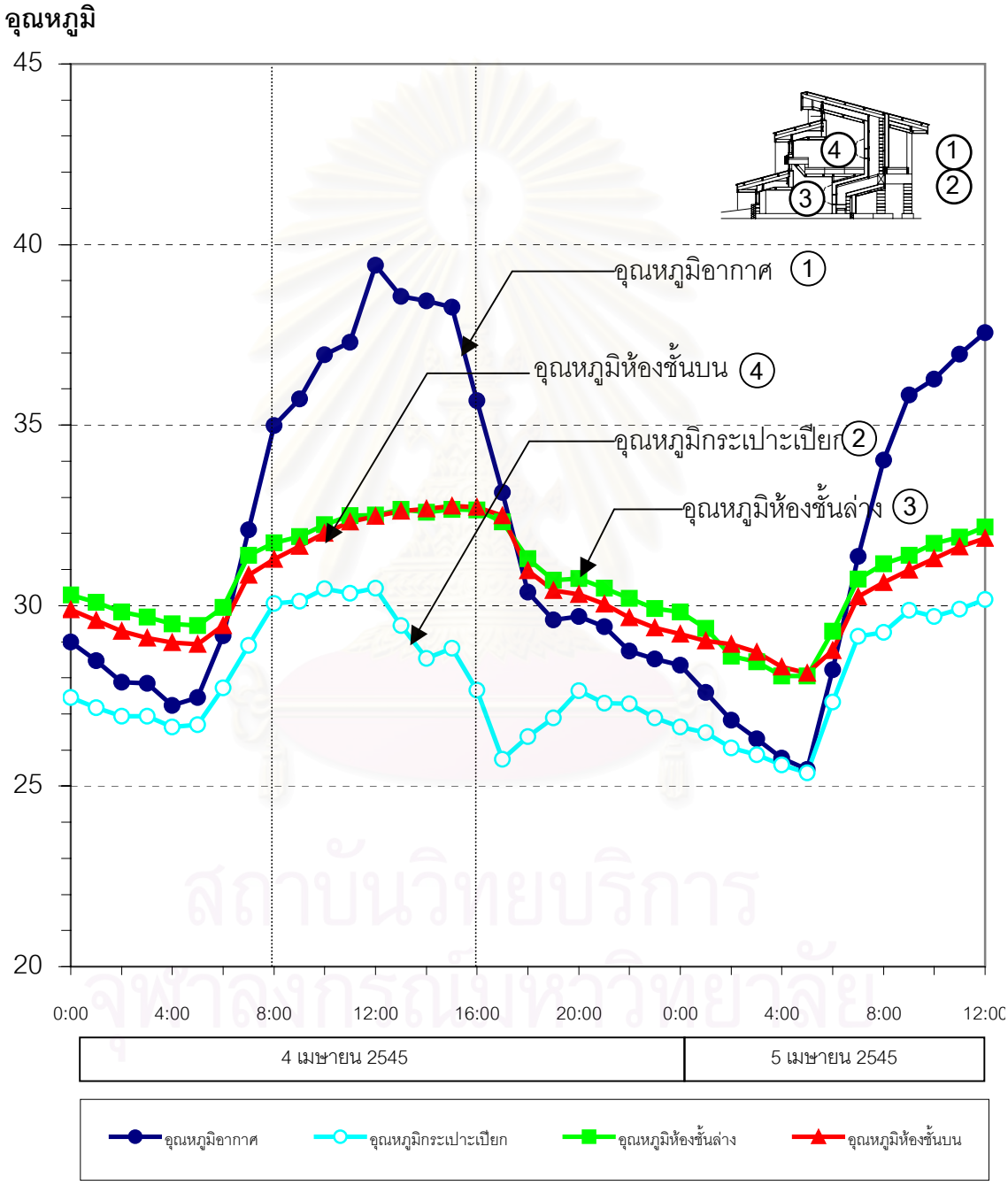
สภาพการจัดการ (Operation) อาคารทดลอง

การเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา เป็นดังภาพที่ 5-11



การใช้ความเย็นจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน และใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร ห้องชั้นล่าง

การใช้ความเย็นจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน และความเย็นจากผิวสัมผัสหลังคาโลหะของห้องชั้นบน



แผนภูมิที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในการทดลองที่ 2.5

การวิเคราะห์ผลการทดลองห้องชั้นล่าง การทดลองที่ 2.5

จากแผนภูมิที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 0.00 – 6.00 น. อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้งสองชั้น มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำ อุณหภูมิห้องชั้นบนมีค่าต่ำกว่าห้องชั้นล่าง เนื่องจากอิทธิพลของความเย็นจากหลังคา

ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. เมื่อปิดประตู หน้าต่าง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้งสองชั้นมีแนวโน้มที่สูงขึ้น แต่เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และค่อนข้างคงที่ มีค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าสูงสุดประมาณ 39.5°C โดยมีค่าอุณหภูมิ ดังนี้

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยเท่ากับ 32.1°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นบนเฉลี่ย เท่ากับ 32.2°C

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 37.2°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 5.1°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นบนเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 5.0°C

เมื่อพิจารณาผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยห้องชั้นล่างและชั้นบนกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.) ของการทดลองนี้กับการทดลองที่ 2.4 แล้วพบว่า ในการทดลองนี้อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องทั้ง 2 ชั้น ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมากกว่า ในการทดลองที่ผ่านมา แต่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองก็ยังคงสูงกว่าเขตสบายอยู่ถึง 5°C และเป็นกรณีที่ไม่มีแหล่งความร้อนภายในอาคารอีกด้วย ดังนั้นหากมีการจำลองแหล่งความร้อนภายในอาคารเข้าไป อุณหภูมิภายในอาคารจะต้องมีค่าสูงขึ้นกว่านี้ การนำไปใช้งานกับอาคารจริงจะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขนี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2.6

การนำความเย็นจากผิวหลังคาโลหะมาใช้ในอาคารชั้นบน

การนำความเย็นจากอากาศในเวลากลางคืนมากักเก็บไว้ใช้ในอาคารชั้นล่าง โดยใช้การระเหยน้ำที่พื้นผิววัสดุเป็นส่วนช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร

(เมื่อมี Internal Heat Gain)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองที่ใช้เงื่อนไขหลักต่างๆ เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 2.5 ทั้งสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลอง แหล่งความเย็นที่นำมาใช้ประโยชน์กับอาคารทดลองชั้นบน โดยมีการเปลี่ยนแปลงในอาคารทดลองชั้นล่าง ซึ่งนอกจากจะนำความเย็นจากอากาศในเวลากลางคืนมากักเก็บไว้ใช้ในอาคาร และใช้การระเหยน้ำที่พื้นผิววัสดุเป็นส่วนช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคารแล้ว ได้ทำการดัดแปลงผนังด้านทิศตะวันออก และตะวันตกเป็นผิวผนังสัมผัสดิน สูงจากพื้นห้อง 0.60 เมตร เพื่อที่จะให้เป็นส่วนของอาคารที่จะถ่ายเทความร้อนลงสู่พื้นดินเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีเพียงพื้นอาคารทดลองเพียงส่วนเดียว พร้อมทั้งมีการจำลองแหล่งความร้อนภายในอาคารด้วย เพื่อให้เป็นเงื่อนไขที่เหมือนการใช้งานอาคารโรงเรียนจริง

การจำลองความร้อนภายในอาคารทดลอง

ใช้หลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 60 วัตต์ จำนวน 4 หลอด / ห้อง แทนความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร เปิดไฟช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยมีการใช้โฟม EPS กั้น Radiation จากหลอดไฟให้กับ sensor วัดอุณหภูมิ

วัสดุอาคารทดลอง

วัสดุอาคารเหมือนกับการทดลองที่ 2.5 โดยระบบเปลือกอาคารประกอบด้วย

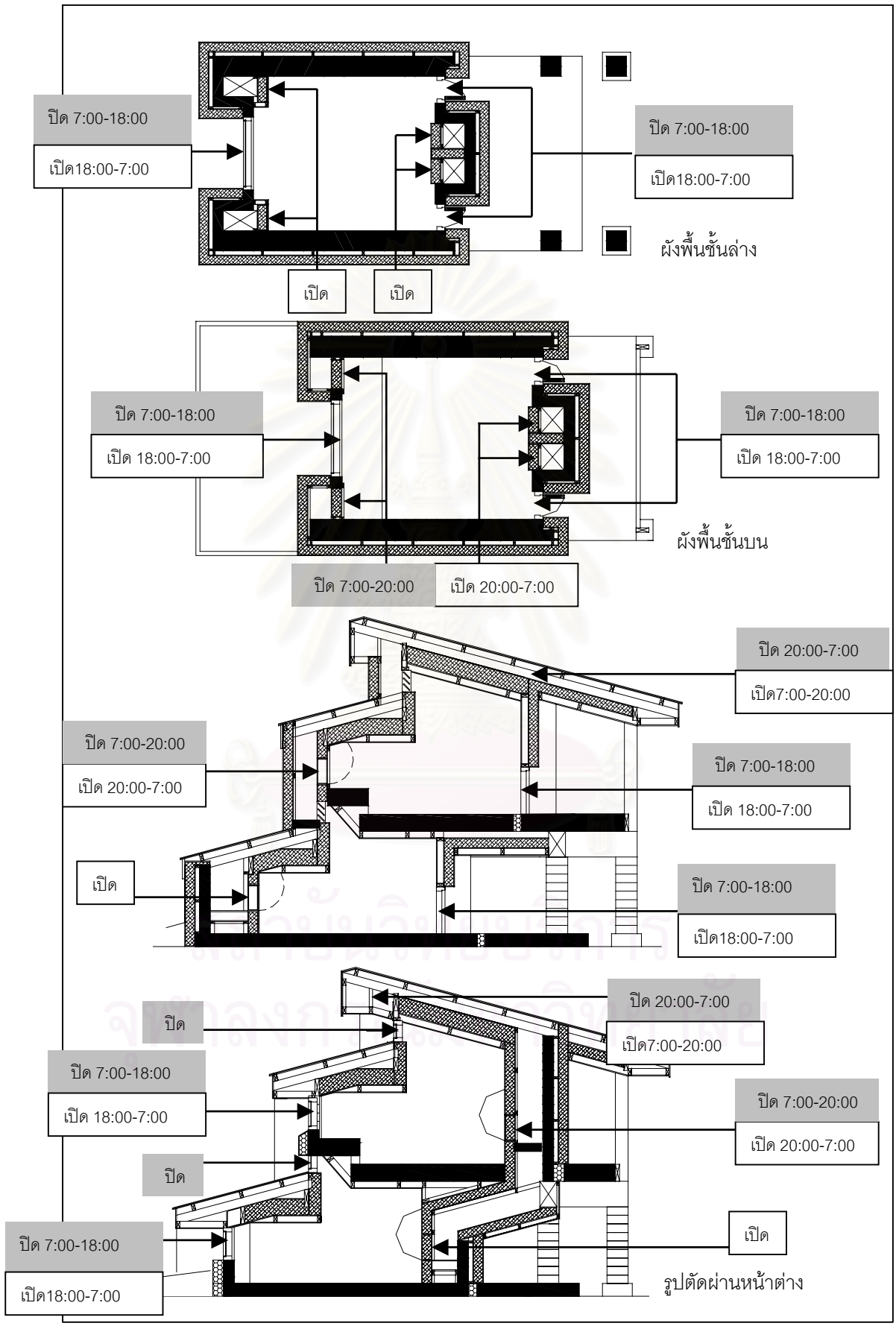
- ผนังภายนอก ฉนวนแกลบ ประกอบกับ มวลสารอิฐดินซีเมนต์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U – Value) = 0.04 Btu/h-ft^2-F
- หลังคา โลหะเคลือบสังกะสี เคลือบสี หนา 0.5 มม.+ ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว หนา 8 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U – Value)= 0.0274 Btu/h-ft^2-F

สภาพการจัดการ (Operation) **อาคารทดลอง**

การเปิด – ปิด ประตู ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบน ช่องไหลเวียนอากาศแนวตั้ง และช่องระบายอากาศใต้หลังคา เป็นดังภาพที่ 5-14

ภาพที่ 5-12 แสดงการเตรียมผนังโดยเอาฉนวนผนังออกเพื่อการใช้ประโยชน์จากผิวสัมผัสดิน

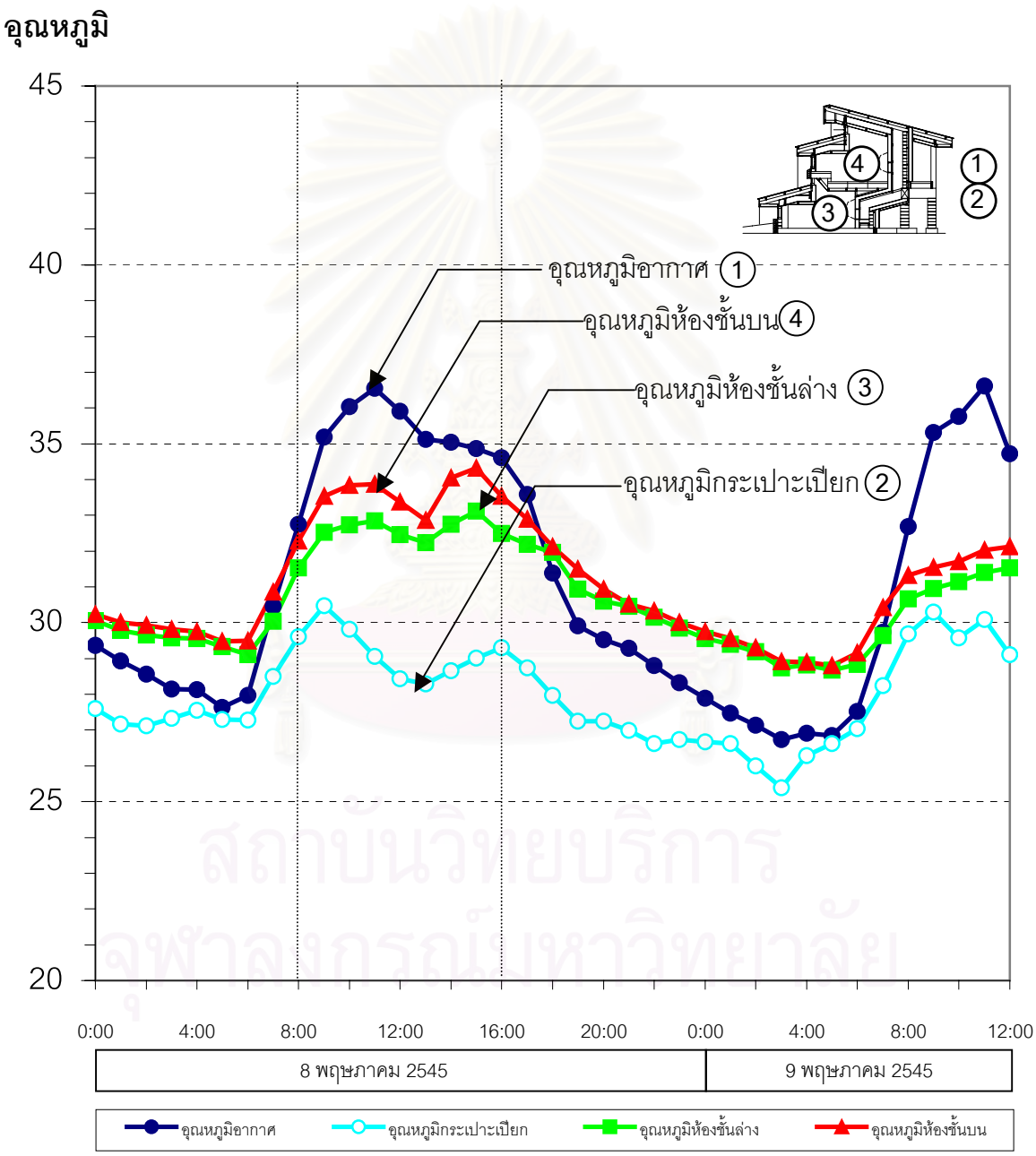
ภาพที่ 5-13 แสดงการถมดินให้สัมผัสผนังของอาคารทดลองชั้นล่างสูงจากพื้นอาคาร 0.60 เมตร และใช้หญ้าเป็นพืชคลุมดินเพื่อลดความร้อนที่ผิวดิน และใช้ต้นไม้ขนาดเล็กให้ร่มเงากับผิวดิน



ภาพที่ 5-14 แสดงสภาพการเปิด – ปิดอาคารทดลองในการทดลองที่ 2.6

การใช้ความเย็นจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน และใช้ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุช่วยลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร ห้องชั้นล่าง

การใช้ความเย็นจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืน และความเย็นจากผิวสัมผัสหลังคาโลหะของห้องชั้นบน



แผนภูมิที่ 5-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ภายนอก ในการทดลองที่ 2.6

การวิเคราะห์ผลการทดลองห้องชั้นล่าง การทดลองที่ 2.6

จากแผนภูมิที่ 5-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารทดลองกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลา 0.00 – 6.00 น. ผลของอุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้ง 2 ชั้นมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.4 และ 2.5 เนื่องจากยังไม่มีแหล่งความร้อนทั้งภายใน (หลอดไฟ) และภายนอกอาคาร (รังสีดวงอาทิตย์)

ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. มีการเปิดหลอดไฟขนาด 240 วัตต์/ห้อง แทนความร้อนจากนักเรียนผู้ใช้อาคาร ปิดประตู หน้าต่างของอาคารทดลอง อุณหภูมิภายในอาคารทดลองทั้งสองชั้นมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยเท่ากับ 32.5°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นบนเฉลี่ย เท่ากับ 33.5°C

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 35.1°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่างเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.6°C

อุณหภูมิภายในห้องชั้นบนเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.6°C

เมื่อพิจารณาผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยห้องชั้นล่างและชั้นบน (ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.) ของการทดลองนี้ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.6°C และ 1.6°C ของห้องชั้นล่างและชั้นบนตามลำดับ ในขณะที่การทดลองที่ 2.2 ซึ่งเป็นเงื่อนไขการทดลองที่มีการจำลองแหล่งความร้อนภายในอาคารเหมือนกัน อุณหภูมิเฉลี่ยห้องชั้นล่างและชั้นบน (ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.) ของการทดลองที่ 2.2 มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.4°C และ 1.3°C ของห้องชั้นล่างและชั้นบนตามลำดับพบว่า แต่ว่าไม่สามารถจะนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง เนื่องจากในการทดลองที่ 2.2 นั้นการจำลองความร้อนภายในอาคารเป็นกรณีที่รวมทั้งความร้อนจากผู้ใช้อาคารและอุปกรณ์สื่อการสอนด้วย ส่วนการทดลองที่ 2.6 นี้ จำลองความร้อนจากผู้ใช้อาคารเพียงอย่างเดียว อีกทั้งสภาพภูมิอากาศก็เป็นคนละช่วงเวลา ซึ่งในการทดลองที่ 2.6 นั้น อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยค่อนข้างจะต่ำกว่าในการทดลองที่ 2.2

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองสูงกว่าเขตสบายอยู่ถึง 5.5°C และ 6.5°C ในห้องชั้นล่างและห้องชั้นบนตามลำดับ เป็นกรณีที่มีการจำลองความร้อนภายในอาคาร

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัย การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ เป็นการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง เพื่อให้ได้รูปแบบของอาคารโรงเรียนที่สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมในสภาพแวดล้อมท้องถิ่นที่มีความรุนแรงอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยมุ่งใช้ธรรมชาติให้เกิดประโยชน์มากที่สุด การออกแบบนี้ได้นำเอาแนวความคิดต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงของอาคารในท้องถิ่น นำเอาผลของการศึกษาด้านเทคนิคการออกแบบส่วนประกอบของอาคาร เทคนิคการใช้ปัจจัยธรรมชาติ เทคนิคการใช้สภาพแวดล้อม ที่ได้ศึกษาวิจัยร่วมกันในกลุ่ม มาทำการวิเคราะห์ผสมผสาน ได้เป็นแบบอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่เหมาะสมต่อความต้องการใช้งานในปัจจุบัน

ประเมินผลการออกแบบอาคาร โดยจัดสร้างอาคารทดลองย่อขนาดมาตราส่วน 1 : 4 ที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง เป็นสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จำลองการใช้งานอาคารตามฤดูกาลของสภาพภูมิอากาศ ได้ผลสรุปจากการทดลองดังนี้

วิธีการใช้งานอาคารให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ศึกษาหารูปแบบของอาคารโรงเรียนที่สามารถป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอกที่รุนแรง และมีสภาวะภายในห้องเรียนที่ใกล้เคียงภาวะน่าสบายมากที่สุดสำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศนั้น สามารถสรุปเป็นวิธีการใช้งานอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศได้ดังนี้

- **การใช้งานอาคารในฤดูหนาว**

วิธีการใช้งานอาคารโรงเรียนที่เหมาะสมมากที่สุดจากการทดลองก็คือ

1) การใช้ระบบเปลือกอาคารที่ออกแบบให้มีฉนวนประสิทธิภาพดีโดยรอบอาคาร ทั้งส่วนของผนังอาคาร(ฉนวนภายนอกอาคาร) และส่วนของหลังคา(ฉนวนฝ้าเพดาน) ป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร
2) ปิดช่องประตู หน้าต่างทั้งหมด ตลอดระยะเวลาการใช้งานอาคารในเวลากลางวัน ป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในกับภายนอกอาคารโดยการพา

3) เปิดช่องประตู หน้าต่างในเวลากลางคืน ให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำถ่ายเทเข้ามากักเก็บไว้ภายในอาคาร เพื่อใช้ประโยชน์ในเวลากลางวัน

- **การใช้งานอาคารในฤดูร้อน**

วิธีการใช้งานอาคารโรงเรียนห้องชั้นล่าง ที่เหมาะสมมากที่สุดจากการทดลอง ก็คือ

1) ใช้แหล่งความเย็นที่สามารถนำมาใช้งานได้ง่ายที่สุด ลงทุนน้อยที่สุด โดยการเปิดช่องประตูหน้าต่างของอาคารในเวลากลางคืน(18.00 – 7.00 น.)เพื่อนำเอาอากาศที่เย็นมากักเก็บไว้ในอาคารโดยมวลสารของผนัง และปิดอาคารในเวลากลางวัน(7.00 – 18.00 น.) เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่อาคาร
2) ใช้ประโยชน์ความเย็นจากการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุปูพื้นโดยรอบอาคารนั้น ในการช่วยลดอุณหภูมิของพื้นที่โดยรอบอาคาร
3) ใช้ประโยชน์จากพื้นอาคารที่สัมผัสดินในการถ่ายเทความร้อนสู่ดิน

วิธีการใช้งานอาคารโรงเรียนห้องชั้นบน ที่เหมาะสมมากที่สุดจากการทดลอง ก็คือ

1) เปิดช่องประตู หน้าต่างของอาคารในเวลากลางคืน(18.00 – 7.00 น.)เพื่อนำเอาอากาศที่เย็นมากักเก็บไว้ในอาคารโดยมวลสารของผนัง และปิดอาคารในเวลากลางวัน (7.00 – 18.00 น.)เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่อาคาร
2) ใช้ประโยชน์จากอากาศในช่องใต้หลังคา โดยปิดช่องระบายอากาศใต้ชายคาในเวลากลางคืน(20.00 – 7.00 น.)เพื่อกักเก็บความเย็นจากผิวสัมผัสหลังคาโลหะไว้ในช่องว่างอากาศใต้หลังคาอย่างเต็มที่และเปิดช่องเชื่อมต่อระหว่างช่องใต้หลังคากับภายในห้องชั้นบน ให้อากาศเย็นถ่ายเทไปกักเก็บไว้ในห้อง
3) เปิดช่องระบายอากาศใต้ชายคาในเวลากลางวัน(7.00 – 20.00 น.) เพื่อระบายความร้อนในช่องว่างใต้หลังคา และปิดช่องเชื่อมต่อระหว่างช่องใต้หลังคากับภายในห้องชั้นบน ป้องกันความร้อนจากช่องว่างใต้หลังคา

จากวิธีการใช้งานอาคารดังกล่าวสามารถสรุปผลการทดลอง ได้ดังนี้

6.1.1 การป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอกที่รุนแรง

การใช้งานอาคารในสภาพภูมิอากาศของฤดูหนาวที่อุณหภูมิต่ำกว่าเขตสบาย และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ วัตถุประสงค์หลักของอาคารก็คือ การป้องกันสภาพอากาศภายนอกที่รุนแรง ที่อยู่นอกขอบเขตของภาวะน่าสบาย เพื่อทำให้สภาวะภายในอาคารเหมาะกับการอยู่อาศัยและทำกิจกรรมต่างๆ เมื่อพิจารณาช่วงเวลาที่ใช้งานอาคารเรียน 8.00 – 16.00 น. อากาศภายในอาคารทดลองห้องชั้นล่าง

และห้องชั้นบนมีอุณหภูมิเท่ากับ 25.9°C และ 26.2°C ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยในช่วงเวลาเดียวกันเท่ากับ 32.3°C และอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลารอบวัน 24 ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำสุดที่ 19°C และสูงสุดที่ 36°C พบว่าช่วงเวลาใช้งานอาคารเรียน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 6.4°C และ 6.1°C ในห้องชั้นล่างและชั้นบนตามลำดับ สรุปได้ว่าอาคารทดลองสามารถป้องกันสภาพอากาศที่รุนแรงจากภายนอกอาคารในฤดูหนาวได้ดี

6.1.2 สภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนที่ใช้ระบบธรรมชาติ

การใช้งานอาคารในฤดูหนาว ในช่วงเวลาใช้งานอาคารเรียน 8.00 – 16.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองเท่ากับ 25.9°C และ 26.2°C ในห้องชั้นล่างและชั้นบนตามลำดับ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในเขตภาวะน่าสบาย (อุณหภูมิเขตสบายมาตรฐานเท่ากับ 22 - 27°C) เหมาะสมต่อการใช้งาน ส่วนการใช้งานอาคารในฤดูร้อนช่วงเวลาใช้งานอาคารเรียน 8.00 – 16.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทดลองที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยในเวลาเดียวกัน เท่ากับ 32.2°C และ 37.2°Cในห้องชั้นล่างและชั้นบนตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเขตสบาย แต่ก็สามารถที่จะทำการปรับขยายช่วงอุณหภูมิเขตสบายสำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศได้ และใช้ความเร็วลมและอุณหภูมิพื้นที่ผิวเฉลี่ยโดยรอบช่วย (รุจิยา มุสิกะลักษณ์, 2544) เพื่อให้สภาวะภายในห้องเรียนใกล้เคียงเขตสบายมากขึ้น

6.1.3 แนวทางการออกแบบที่จะใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ

รูปแบบของอาคารที่ได้จากการทดลองนี้ ใช้ผนังที่มีฉนวนอยู่ภายนอกผสมกับมวลสารภายในและใช้ระบบหลังคามวลสารน้อยเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิผิวที่ต่ำในเวลากลางคืน และการออกแบบช่องเปิดของอาคารให้สามารถเปิด-ปิดได้สะดวก การใช้ช่องแสงด้านข้างร่วมกับช่องแสงด้านบน การปรับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยรอบอาคาร เป็นเทคนิคพื้นฐานในการนำเอาปัจจัยธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ ที่สามารถนำไปใช้กับการออกแบบอาคารประเภทอื่นๆ ได้

6.1.4 การลดพลังงานในการปรับปรุงสภาวะภายในอาคาร

จากการประเมินการใช้พลังงานภายในอาคารทดลอง เพื่อคาดการณ์การใช้พลังงานในอาคารโรงเรียนท้องถิ่น เปรียบเทียบกับอาคารโรงเรียนทั่วไป (สุธีวัน โลห์สุวรรณ, 2544) ได้ผลสรุปว่า จากดัชนีการประเมินการใช้พลังงาน 100 คะแนนสำหรับอาคารที่ไม่ใช้พลังงาน อาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่ได้

จากการวิจัย ได้ผลคะแนน 75 คะแนน ในขณะที่อาคารโรงเรียนทั่วไปได้ 18 คะแนน ดังนั้นสรุปได้ว่าอาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่ออกแบบโดยระบบธรรมชาติสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารได้ดีกว่าอาคารเรียนทั่วไป และเมื่อพิจารณาการประเมินพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้าง (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2544) อาคารโรงเรียนท้องถิ่นที่ออกแบบโดยระบบธรรมชาติ มีค่าพลังงานสะสมรวม 26.38 E+14sej/sq.m. ส่วนอาคารโรงเรียนทั่วไปมีค่าสูงถึง 84.52 E+14sej/sq.m.

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 แนวทางงานวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการออกแบบอาคารที่ใช้ระบบธรรมชาตินั้น มีแนวความคิดในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติที่หลากหลาย ซึ่งในการวิจัยนี้ยังไม่ได้ทำการทดลอง เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆ ด้าน ดังนั้นจึงควรจะมีการวิจัยการออกแบบอาคารที่มีการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ โดยแนวความคิด และเทคนิคอื่นๆ ที่ยังไม่ได้ใช้ในการวิจัยนี้

6.2.2 ข้อควรคำนึงในการวิจัย

การทดลองโดยการใช้อาคารจำลอง ทดลองในสภาพภูมิอากาศจริงนั้น มีข้อจำกัดค่อนข้างมาก โดยเฉพาะด้านงบประมาณ ทำให้สามารถสร้างอาคารทดลองได้เพียงหน่วยเดียว ดังนั้นการเปรียบเทียบผลการทดลองในแต่ละกรณี จะต้องใช้การเปรียบเทียบกับข้อมูลของภูมิอากาศแทน เนื่องจากไม่มีอาคารทดลองที่จะทำการทดลองสองกรณีในสภาพภูมิอากาศเดียวกันได้ ด้านระยะเวลาที่จำกัดทำให้บางกรณีที่สภาพภูมิอากาศแปรปรวน เช่น ฝนตก ได้ผลการทดลองที่ผิดพลาด ไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้ ดังนั้นควรจะมีการสำรองระยะเวลาในการทดลองไว้ด้วยจะเป็นการดี ด้านเทคนิคการก่อสร้างอาคารทดลอง ควรจะมีการออกแบบสำหรับการปรับเปลี่ยน แก้ไขไว้ล่วงหน้า เพื่อที่จะให้สามารถดำเนินการทดลองได้อย่างสะดวก และประหยัดเวลาในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกวรรณ อุสันโน. รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน : การให้แสงสว่างธรรมชาติ และลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้ฉนวน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้กระจก. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. เอกสารเผยแพร่ : หลอดไฟและบัลลาสต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : โรงพิมพ์ C & S printing, 2541.

จญาดา บุณยเกียรติ. การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารทางหลังคา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

จุไรพร ตุมพสุวรรณ. พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ธนิต จินดาวณิค. สถาปัตยกรรมกับเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ปุระชัย เปี่ยมสมบูรณ์, สุนทร บุญญาธิการ และ แสงสันต์ พานิช . มหาวิทยาลัยชินวัตร : ปรัชญาและแนวคิดสู่มิติใหม่ทางการศึกษา . 3,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: รักษ์การพิมพ์, 2544

สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น.1,000เล่ม.พิมพ์ครั้งที่ 1 . : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งมงคล. “การใช้ฉนวน”, เอกสารเผยแพร่การอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม .กรุงเทพฯ, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านเพื่อการประหยัดพลังงาน. 3,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ . การใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน ในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. อาษา (กรกฎาคม 2539) : 102 – 109.

สุนทร บุญญาธิการ . อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (เอกสารเผยแพร่ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพมหานคร : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2539.

อเนก ธีระวิวัฒน์ชัย. การทำความเย็นอาคารโดยการใช้ผิวสัมผัสดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating, Refrigirating and Air-Conditioning Engineering. Ashrae handbook 1997. SI Edition. (n.p.), 1997

Donald Watson . Climatic Design . New York : McGraw Hill, 1983.

Givoni ,B . Passive and Low Energy Cooling Building . New York : Van Nostrand Reinhold, 1994.

Narenda, K.B. Passive Building Design A Handbook of Natural Climate Control . Amsterdam: Elisevier Science B.V.,1994.

Santamouris, M. and Asimakopoulos, D. Passive Cooling of Building . London : James & James (Science Publishers) Ltd.,1996.

Victor Olgyay . Design with Climate . New Jersey : Princeton University Press , 1962.

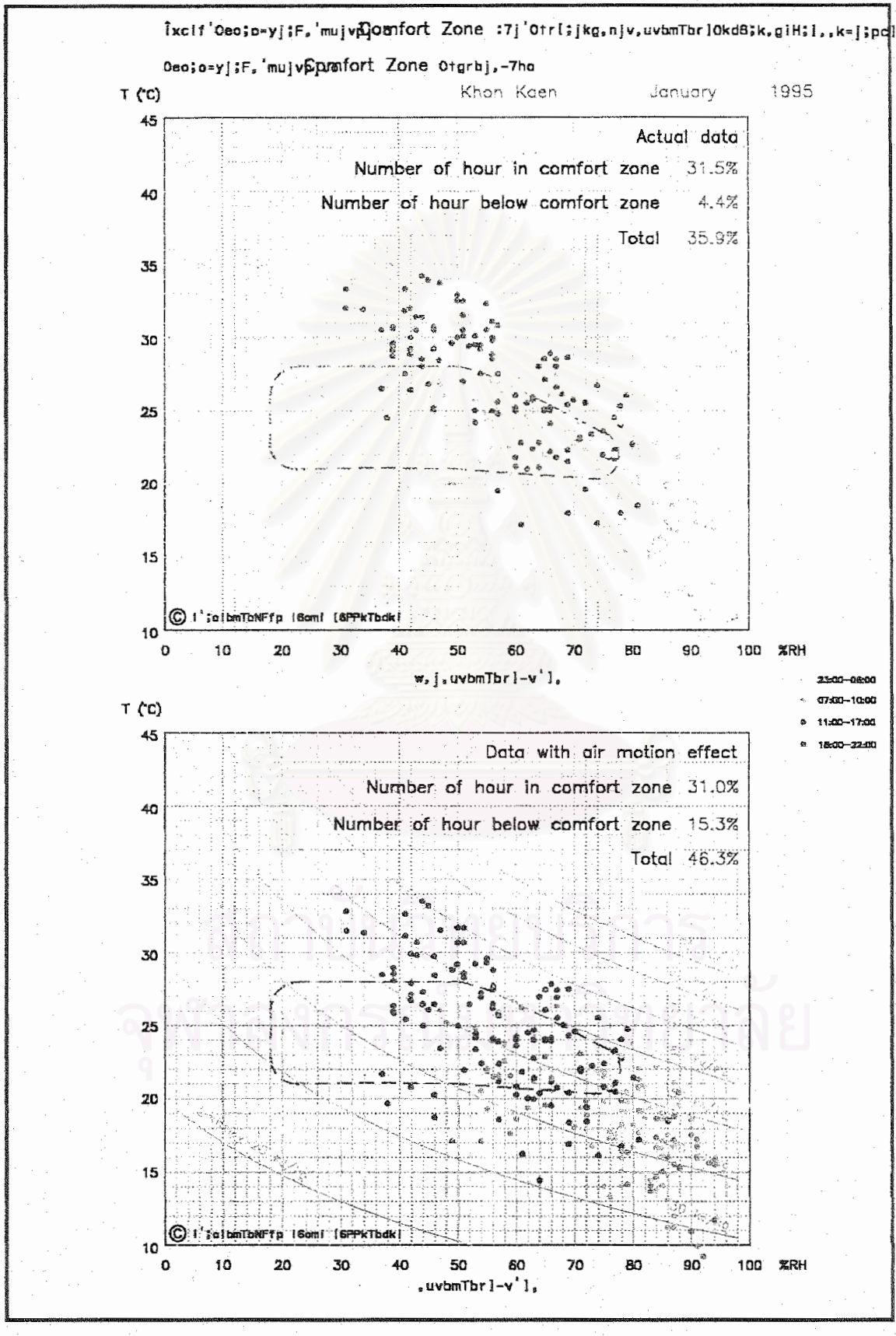
Stein, B. and Reynold, J.S. Mechanical and Electrical Equipment for Building, 8th Edition. New York: John Willy & Sons, 1992.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

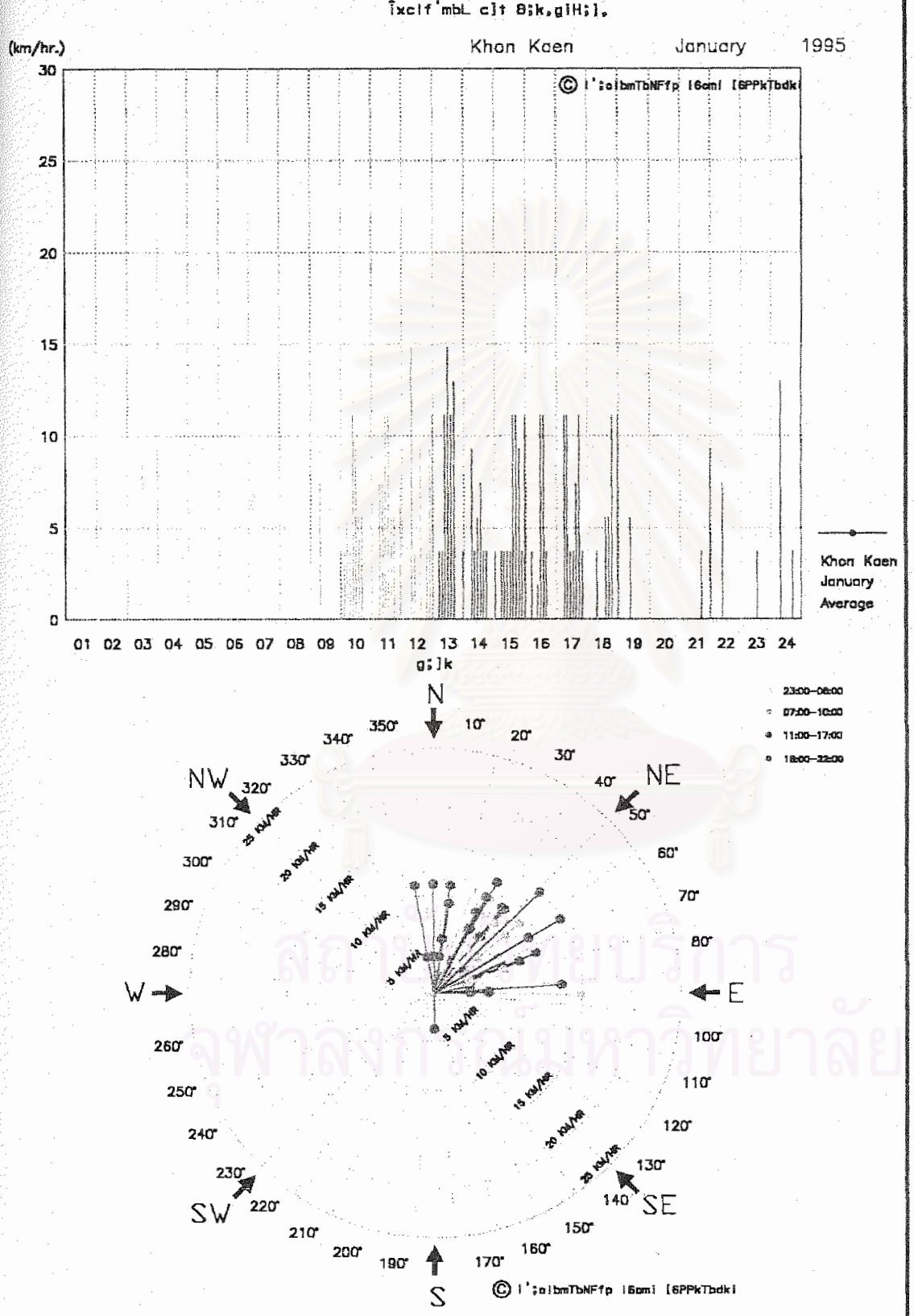
ภาคผนวก

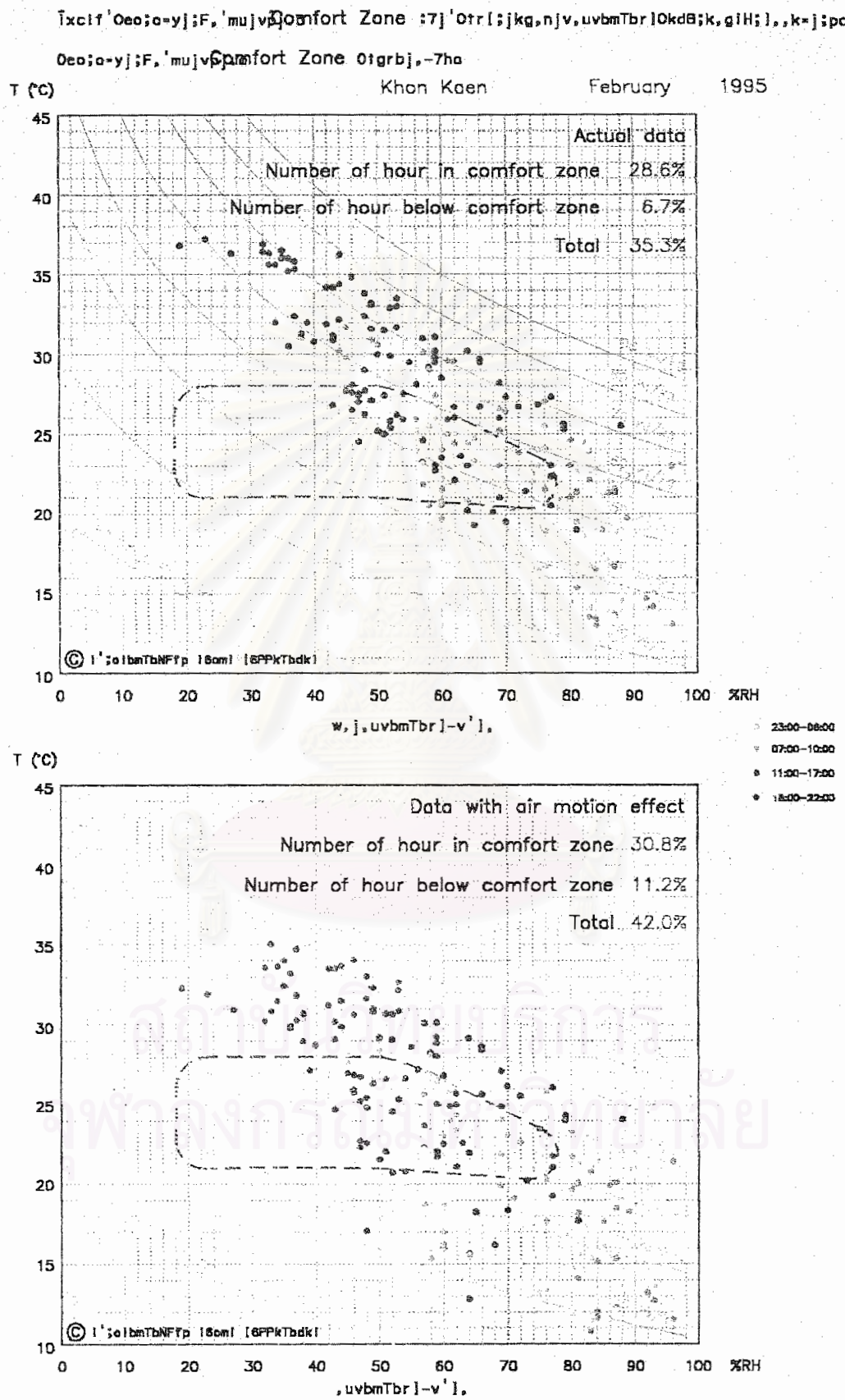
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

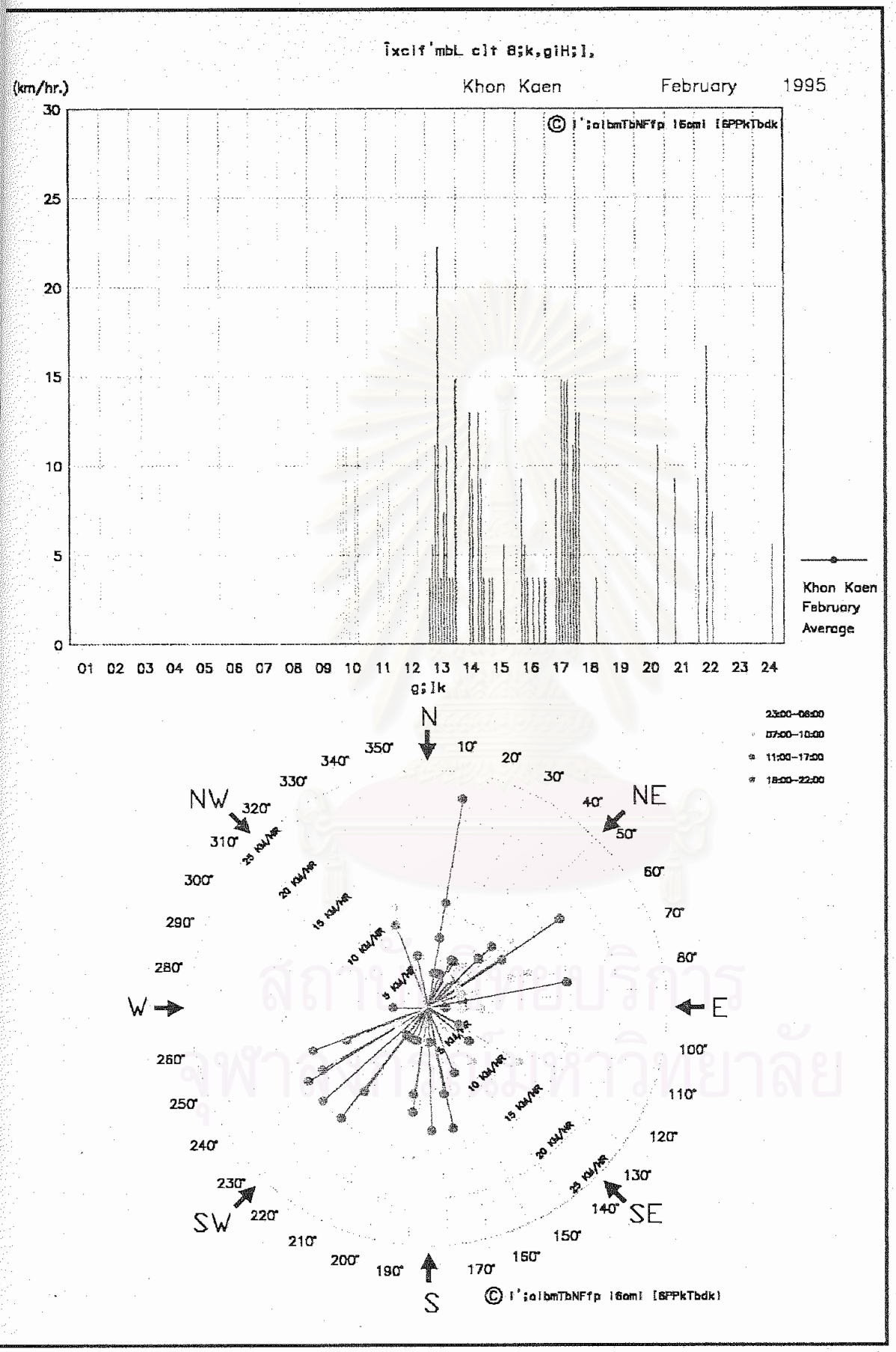
ภาคผนวก ก
ข้อมูลภูมิอากาศจังวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2538



ที่มา: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

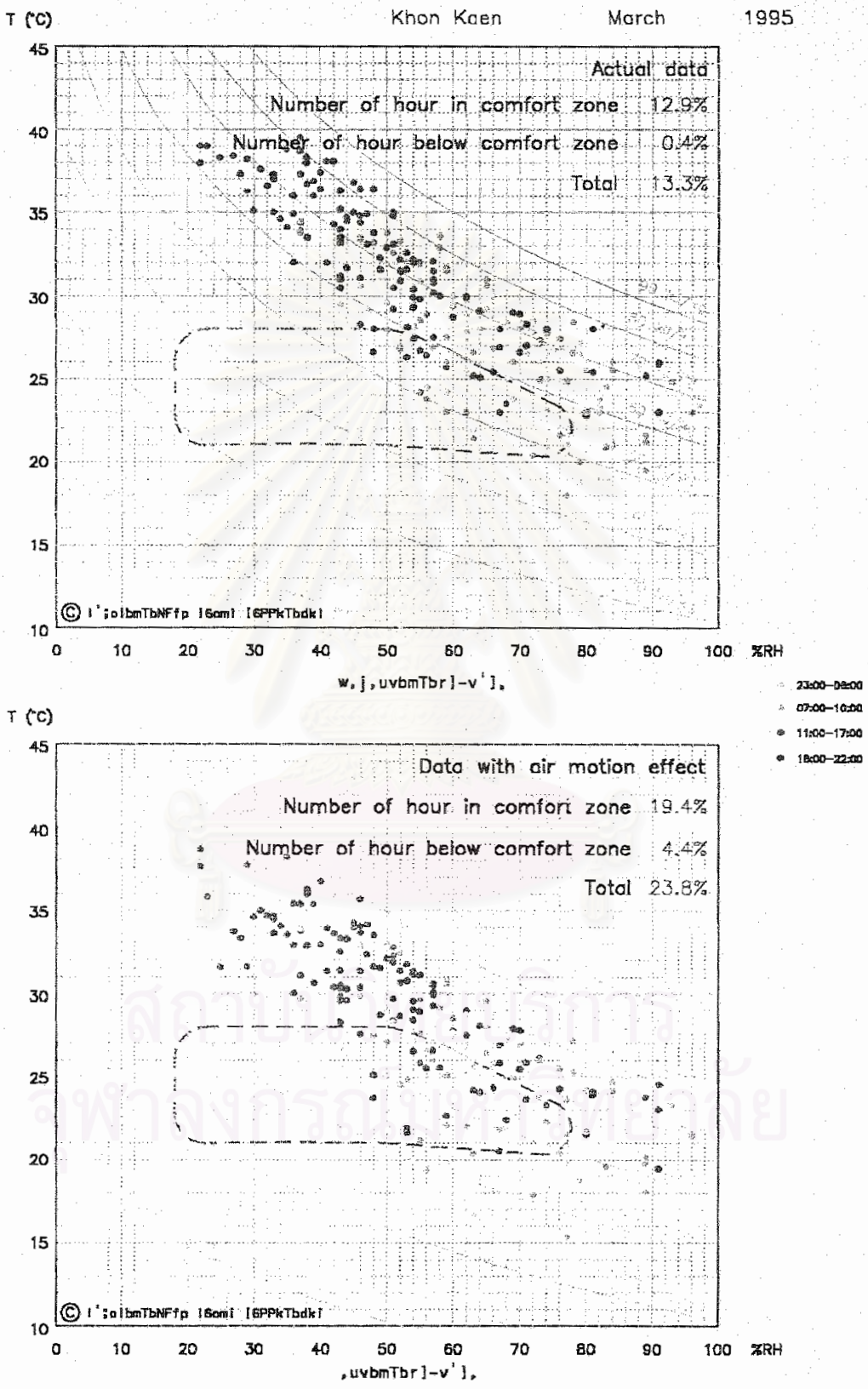

(km/hr.)
Khon Kaen
January
1995
Khon Kaen
January
Average
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

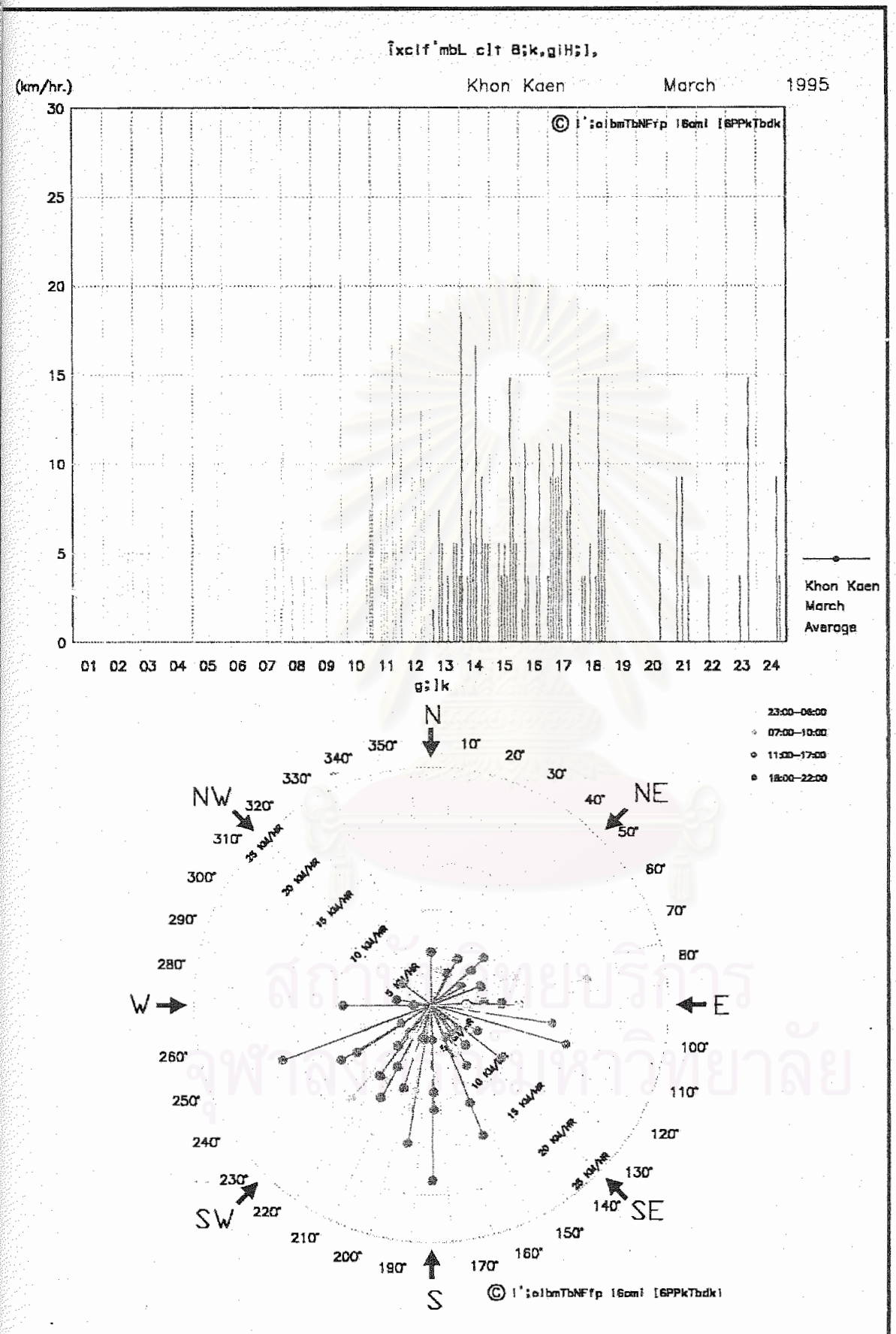

Comfort Zone
Khon Kaen
February
1995
T (°C)
Actual data
Number of hour in comfort zone 28.6%
Number of hour below comfort zone 6.7%
Total 35.3%
%RH
Data with air motion effect
Number of hour in comfort zone 30.8%
Number of hour below comfort zone 11.2%
Total 42.0%
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00


Khon Kaen February 1995
(km/hr.)
Khon Kaen
February
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

îxclf'Oeo;o-yj;F,'mujvp[,Comfort Zone :7j'Otrl;jkg,njv,uvbmTbr]Okd8;k,glH;],,k=j;pc]h;

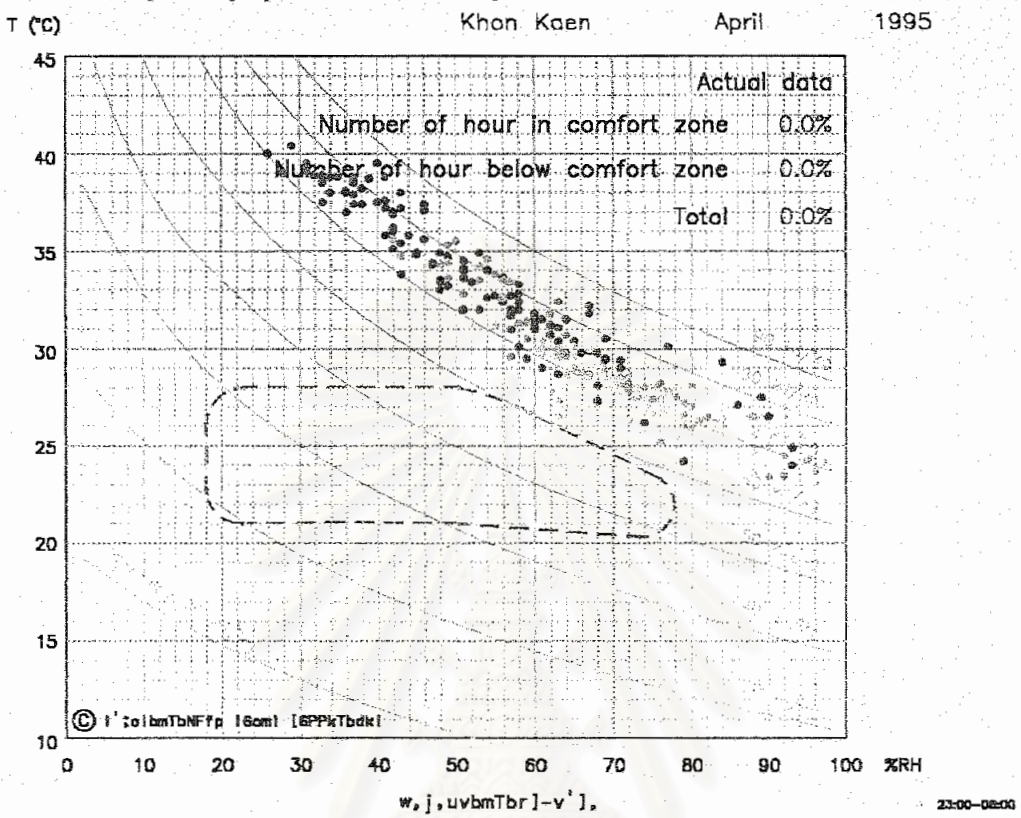
Oeo;o-yj;F,'mujvp[,Comfort Zone Otgrbj,-7ho

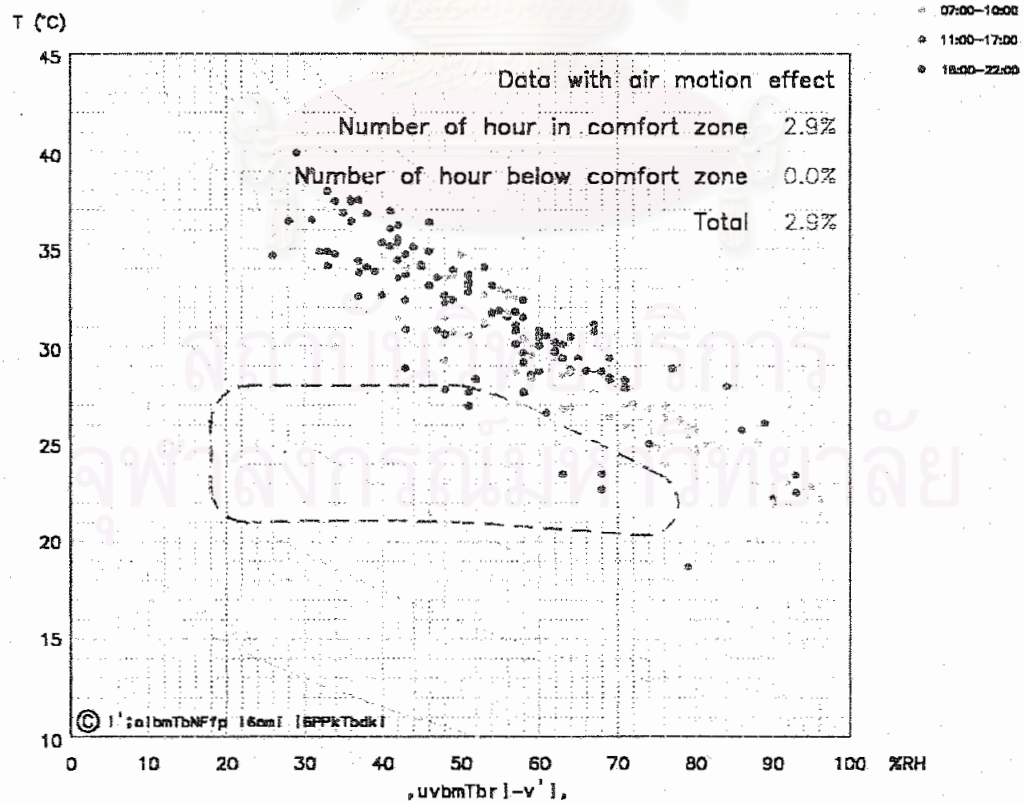


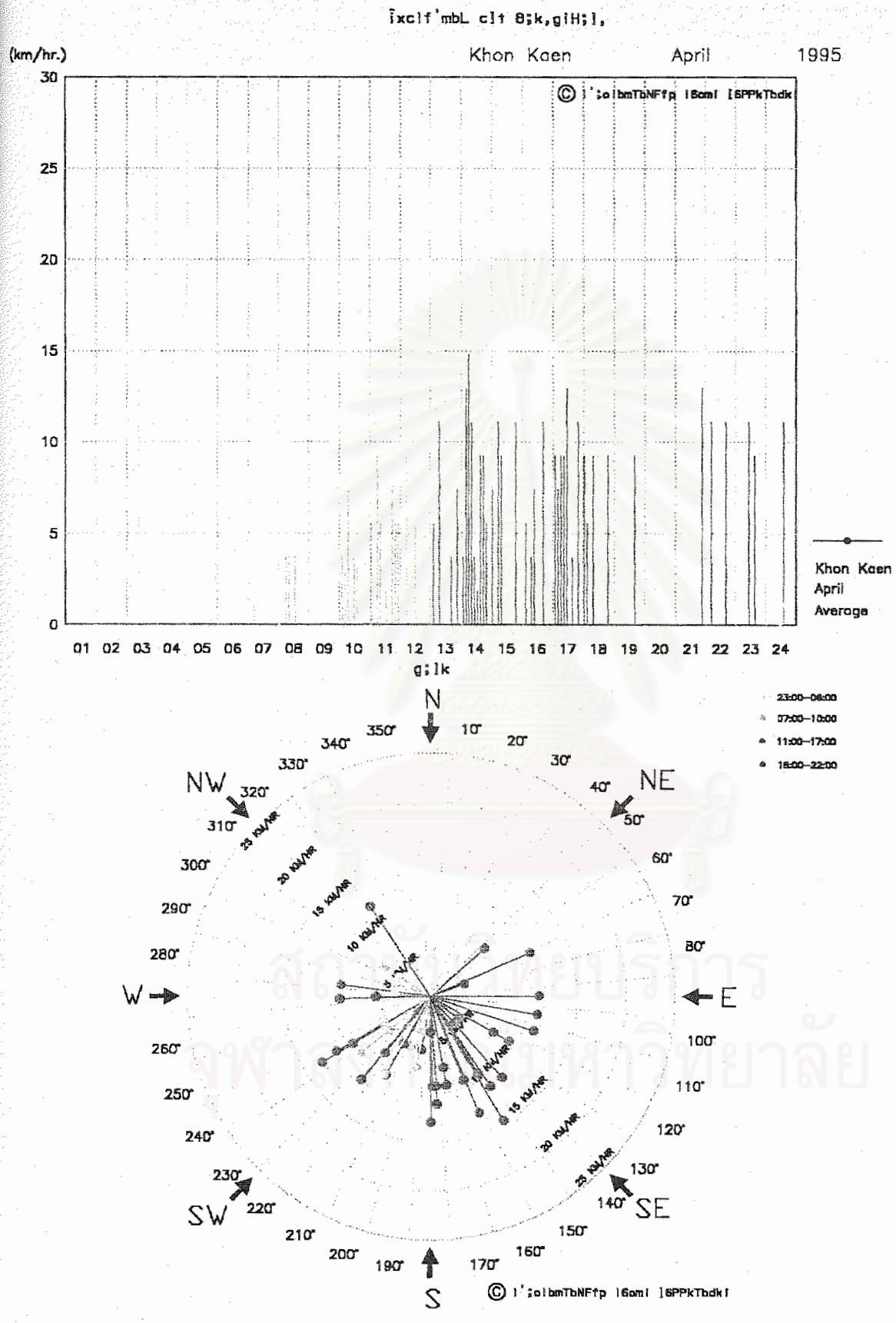

(km/hr.)
Khon Kaen
March
1995
Khon Kaen
March
Average
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

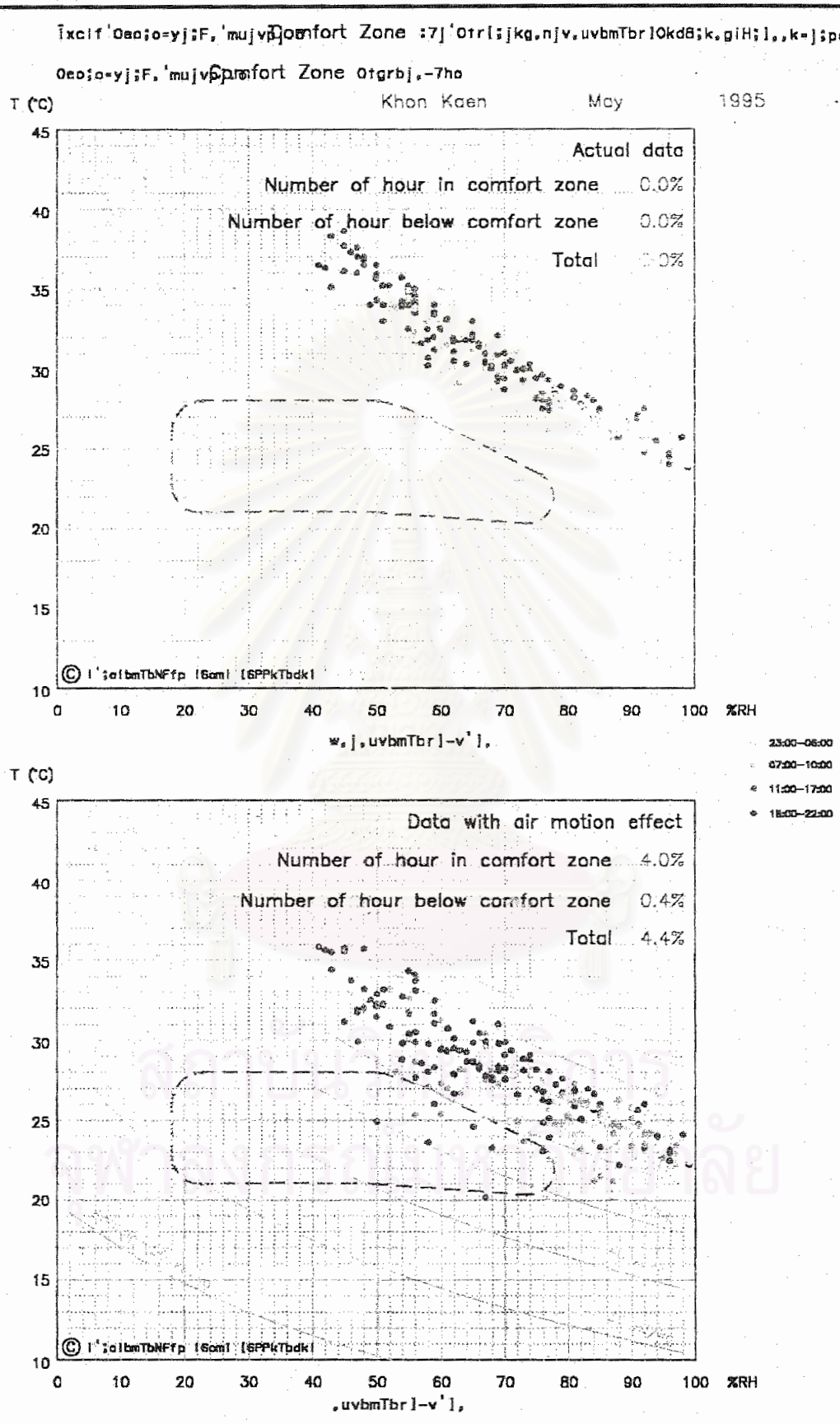
Ïxcïf'Oeo;o-yj;F,'mujvpjomfort Zone :7j'Otr[;jkg,njv,uvbmTbr]Okd8;k,giH;],,k=j;pc]h;

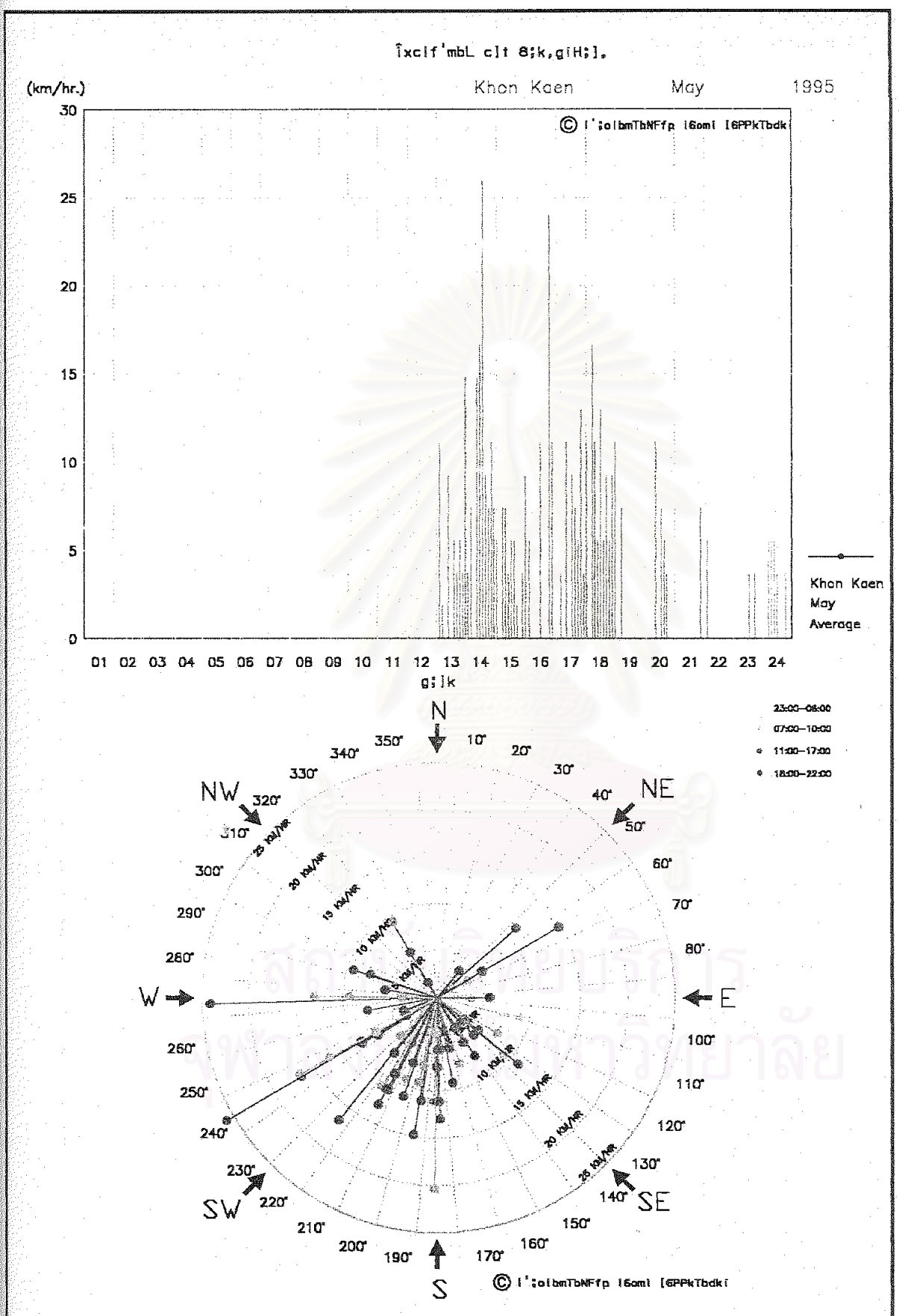
Oeo;o-yj;F,'mujvpjomfort Zone Otgrbj,-7ho





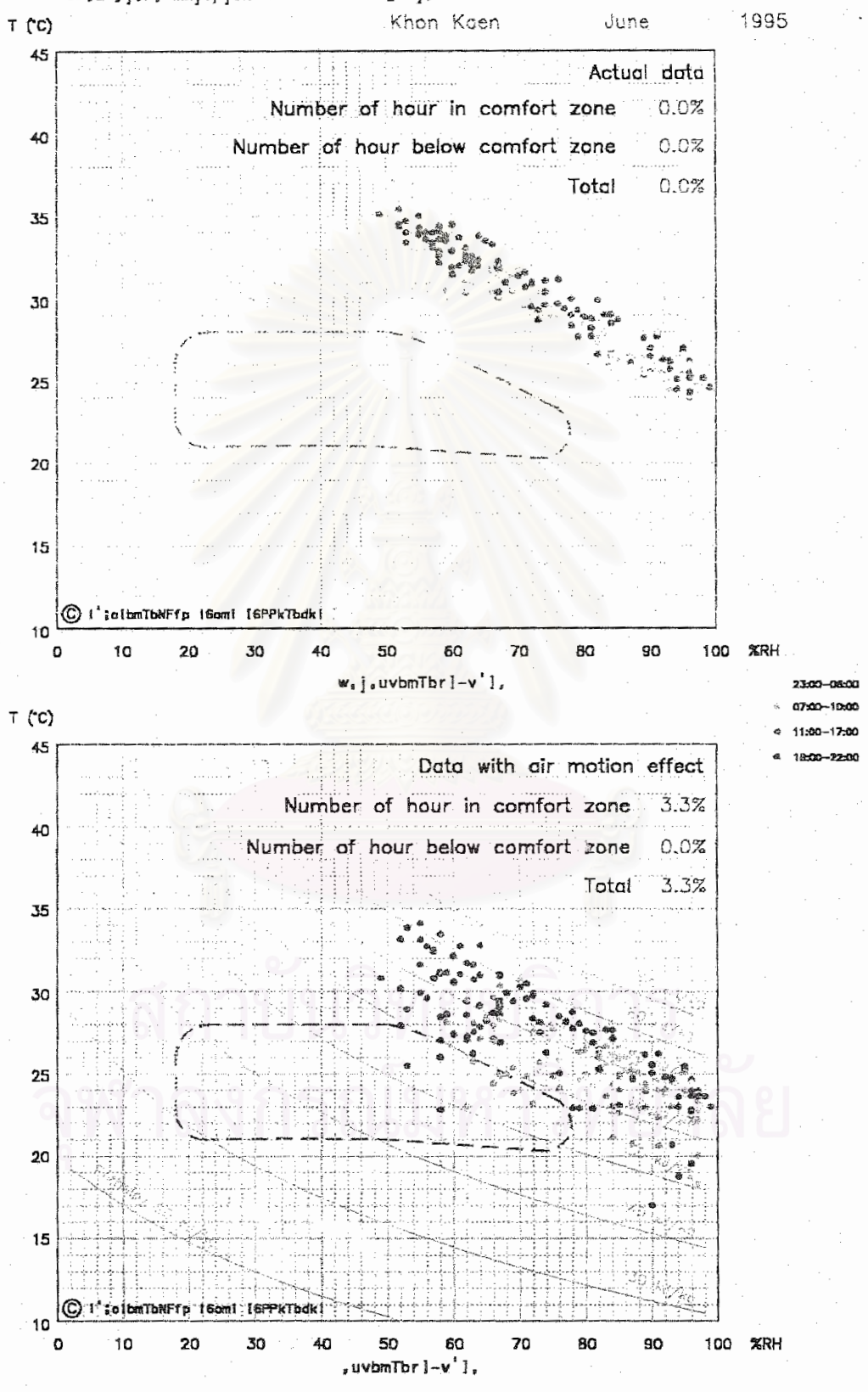

(km/hr.)
Khon Kaen
April
1995
Khon Kaen
April
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

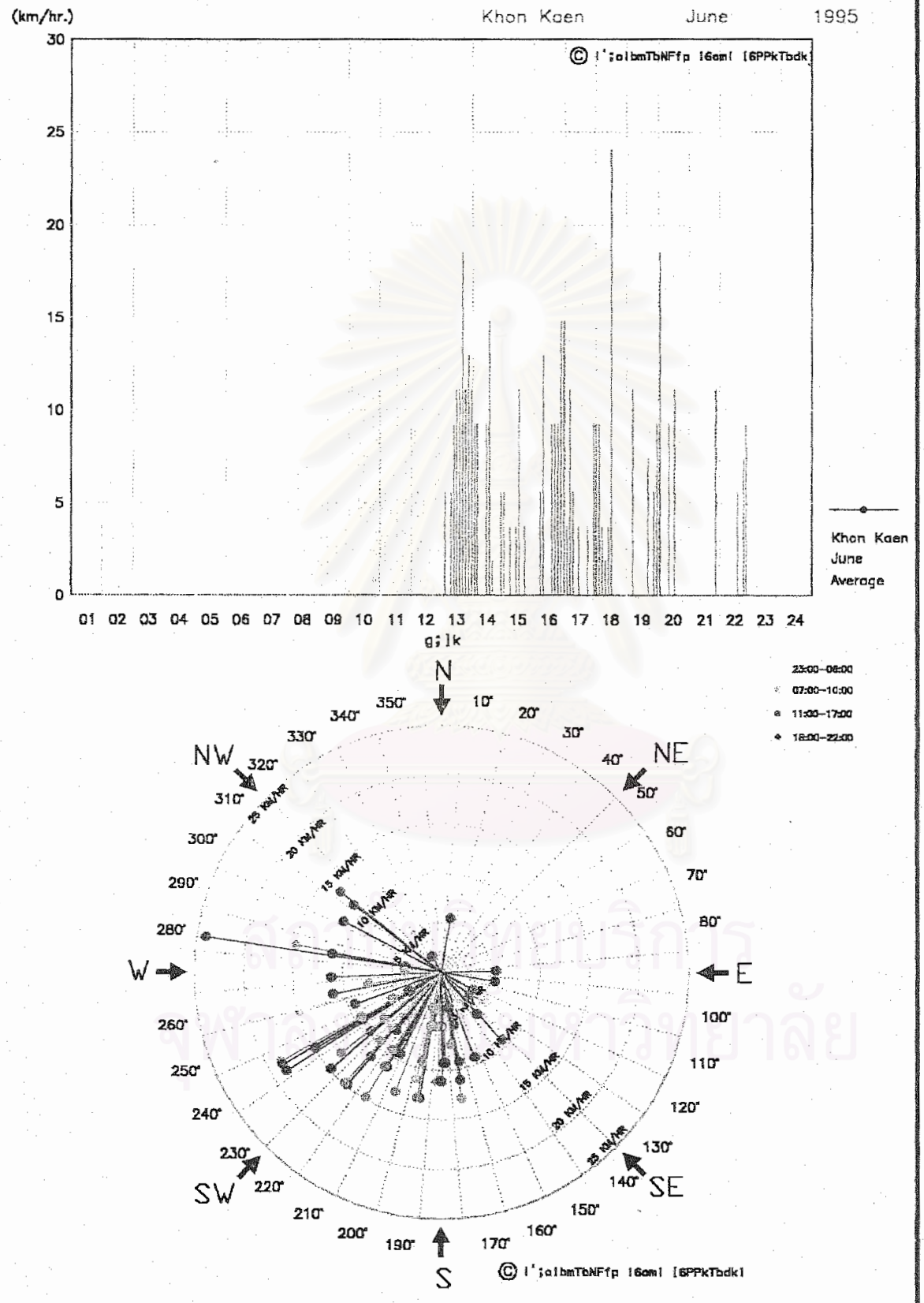

Comfort Zone
Comfort Zone
T (°C)
Khon Kaen
May
1995
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.0%
Number of hour below comfort zone 0.0%
Total 0.0%
%RH
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00
T (°C)
Data with air motion effect
Number of hour in comfort zone 4.0%
Number of hour below comfort zone 0.4%
Total 4.4%
%RH

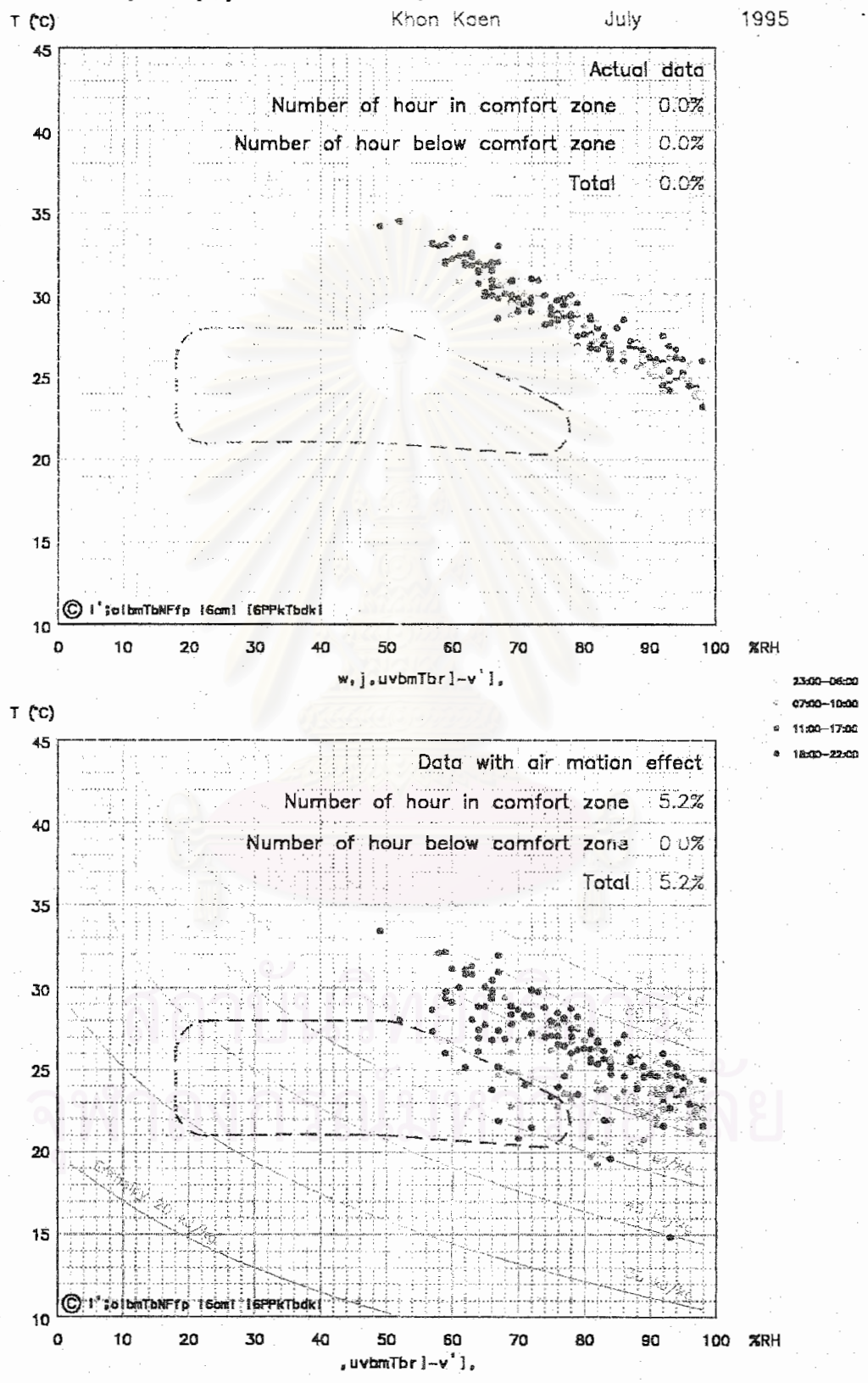

(km/hr.)
Khon Kaen
May
1995
Khon Kaen
May
Average
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–08:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

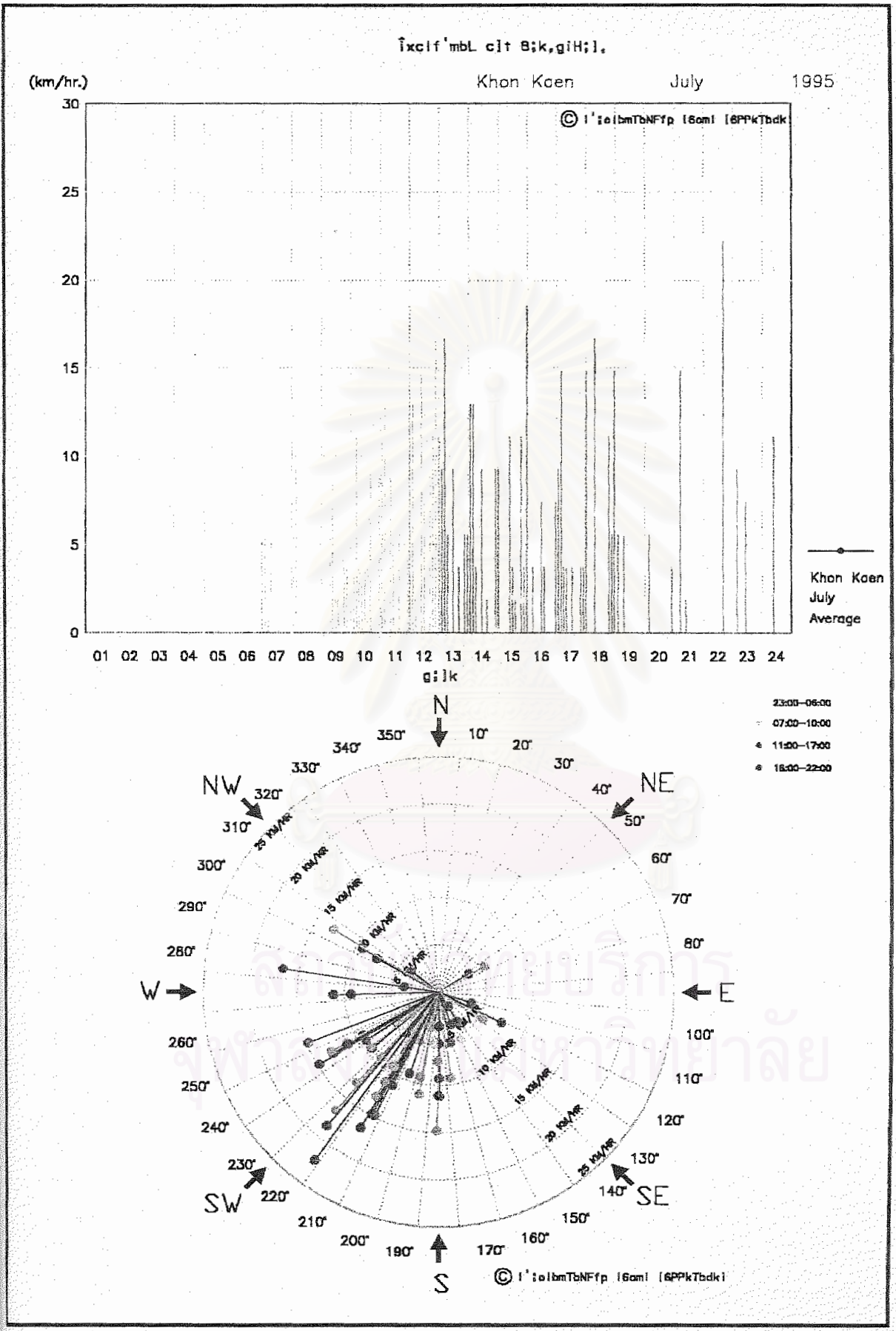
ixclf'Oeo;o=yj;F,'mujvp Comfort Zone :7j'Otr[;jkg,njv,uvbmTbr]Okd8;k,giH;l,,k=j;pc]h;

Oeo;o=yj;F,'mujvp Comfort Zone Otgrbj,-7ho



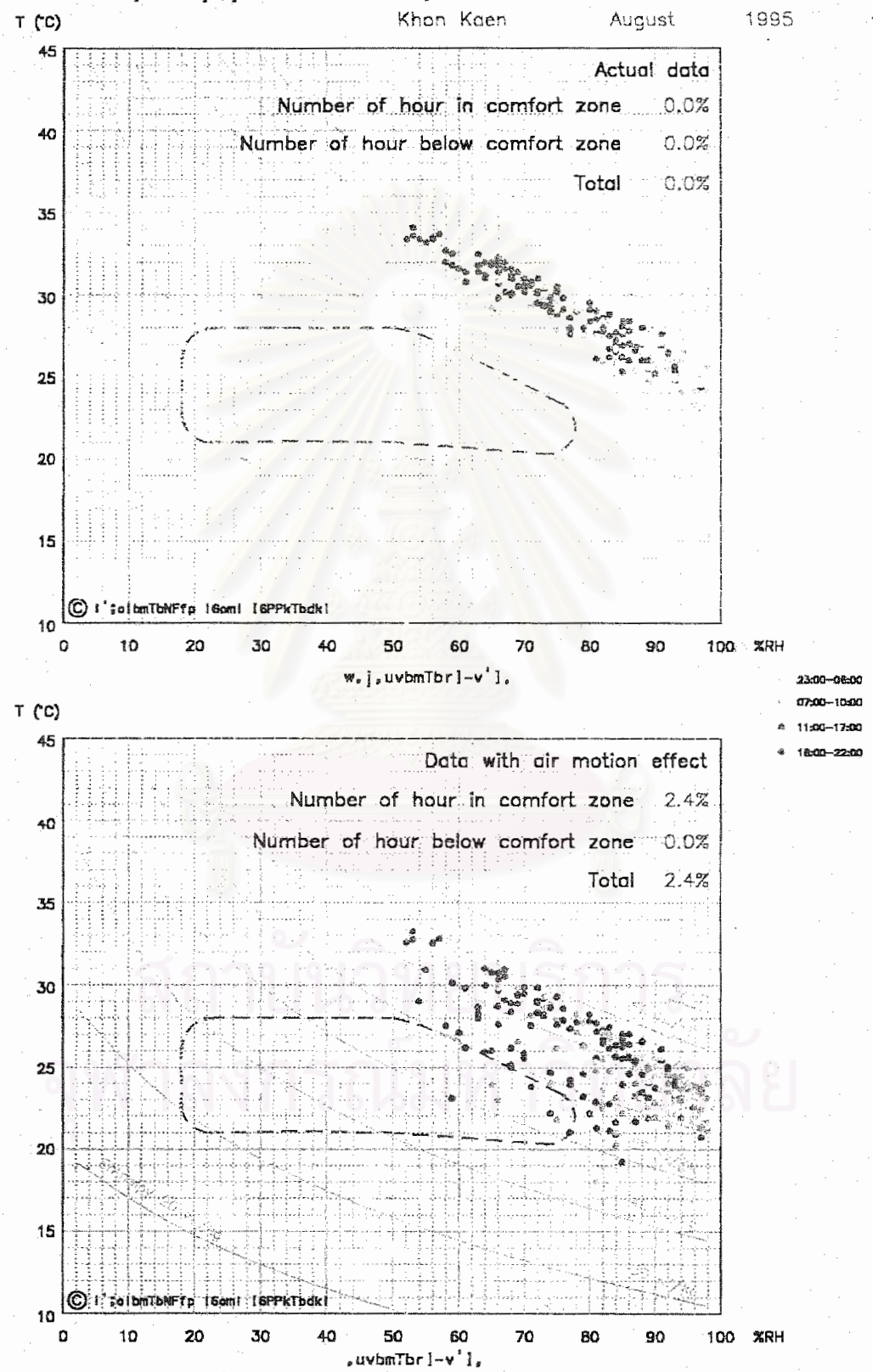

(km/hr.)
Khon Kaen
June
1995
Khon Kaen
June
Average
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00-06:00
07:00-10:00
11:00-17:00
18:00-22:00

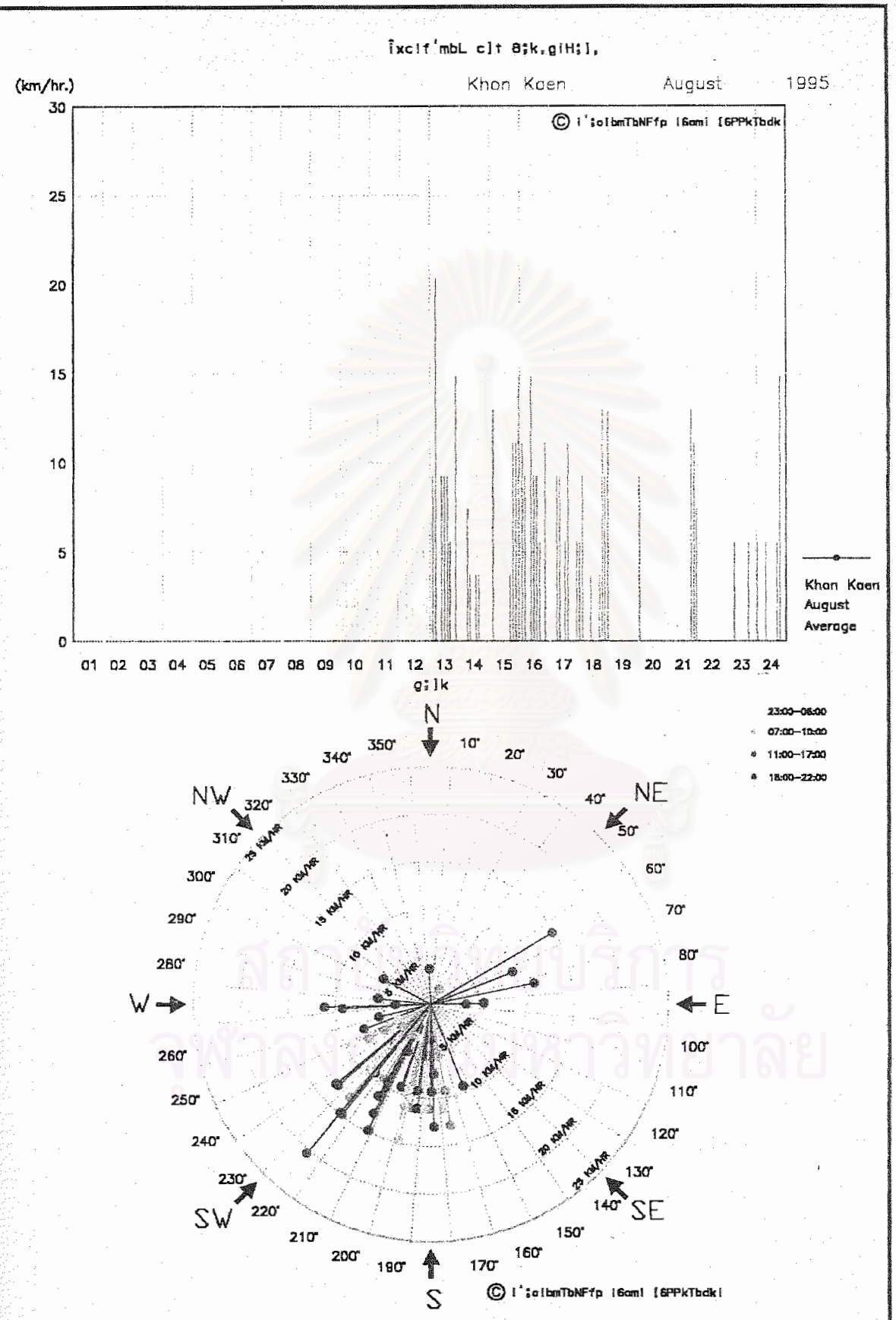

Comfort Zone
Khon Kaen
July
1995
T (°C)
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.0%
Number of hour below comfort zone 0.0%
Total 0.0%
%RH
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00
Data with air motion effect
Number of hour in comfort zone 5.2%
Number of hour below comfort zone 0.0%
Total 5.2%


(km/hr.)
Khon Kaen
July
1995
Khon Kaen
July
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

îxcIf'Oeo;o-yj;F,'mujvpuComfort Zone :7j'Otr[;jkg.njv,uvbmTbr]Okd8;k.giH;],,k=j;pc]h;

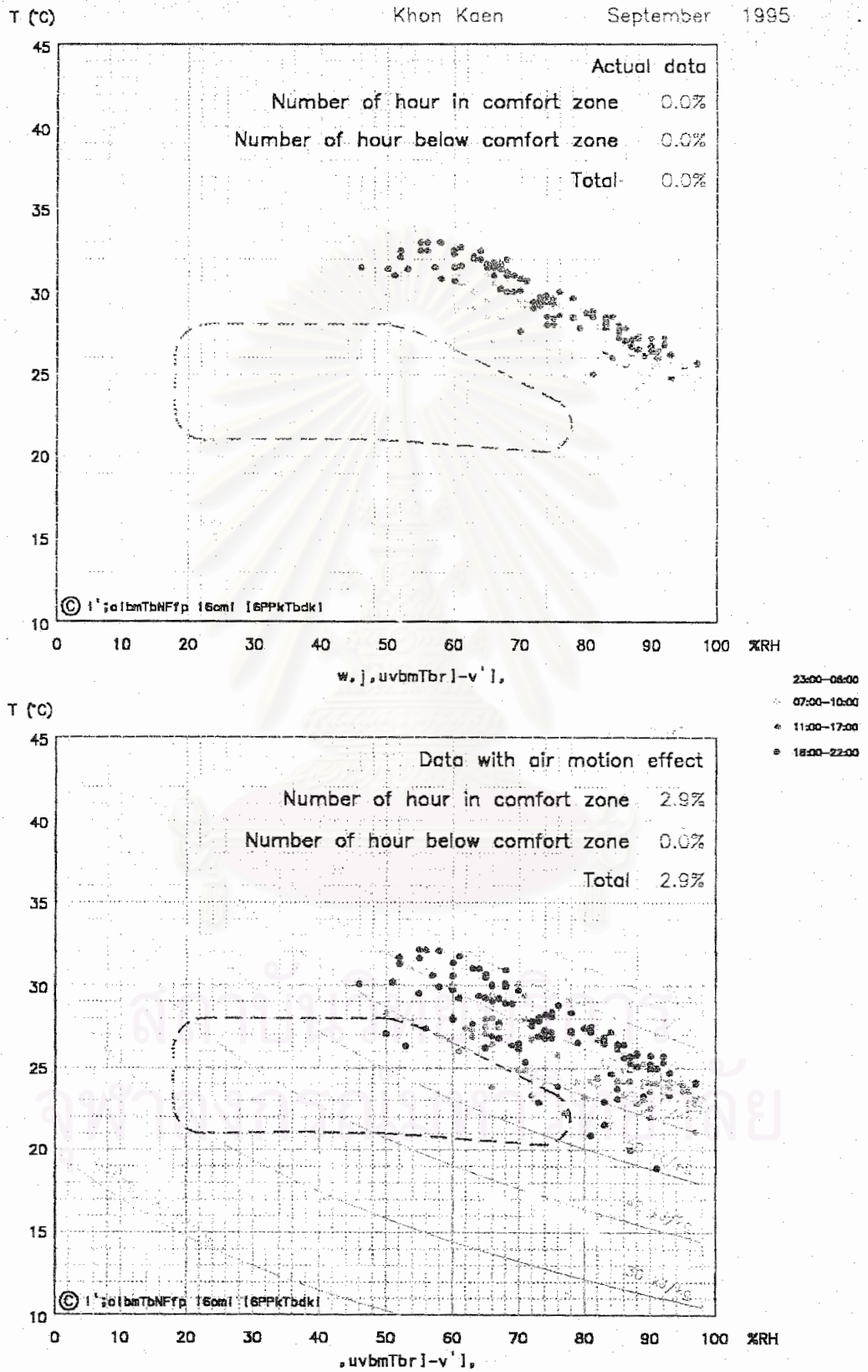
Oeo;o-yj;F,'mujvpuComfort Zone Otgrbj.-7ho

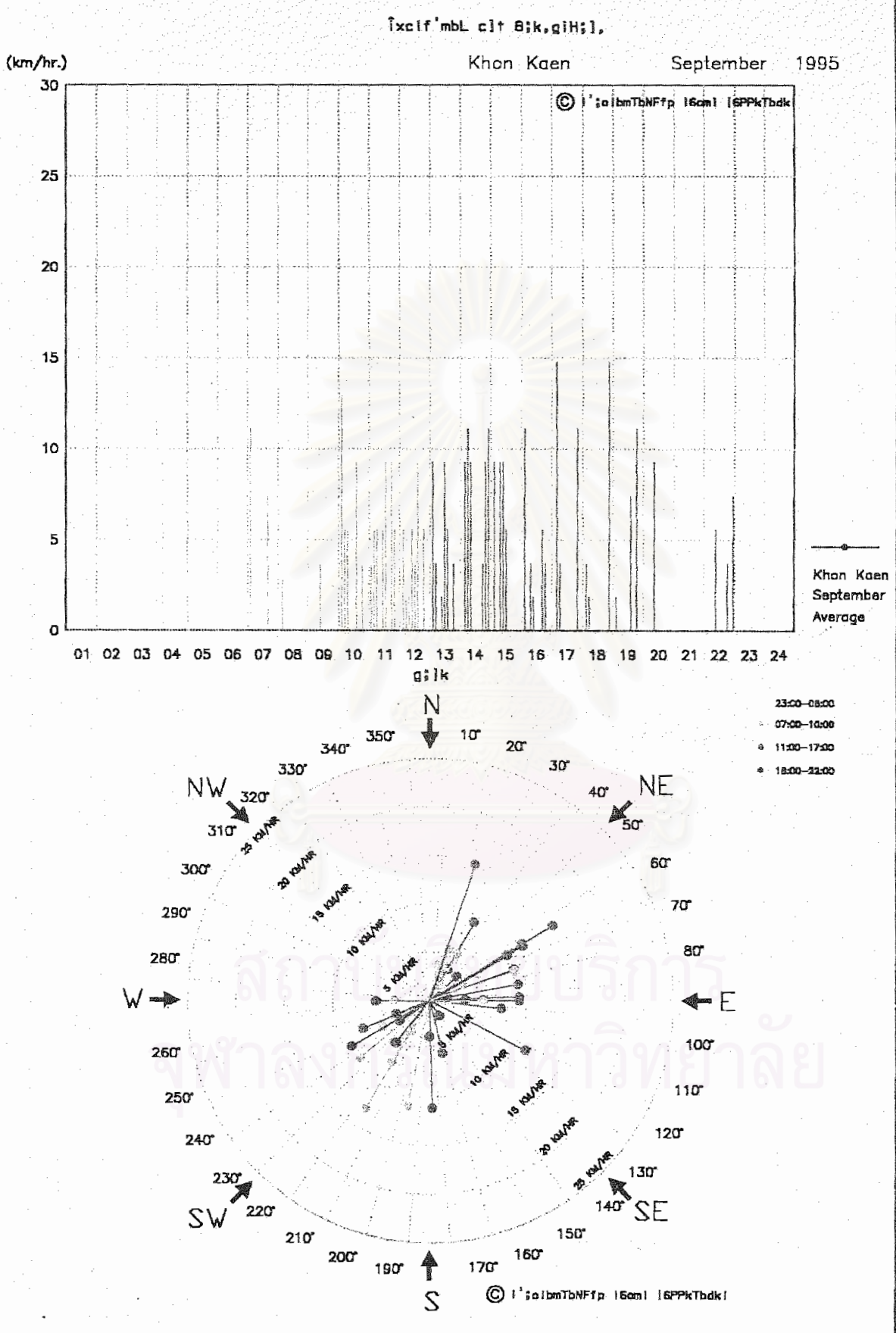


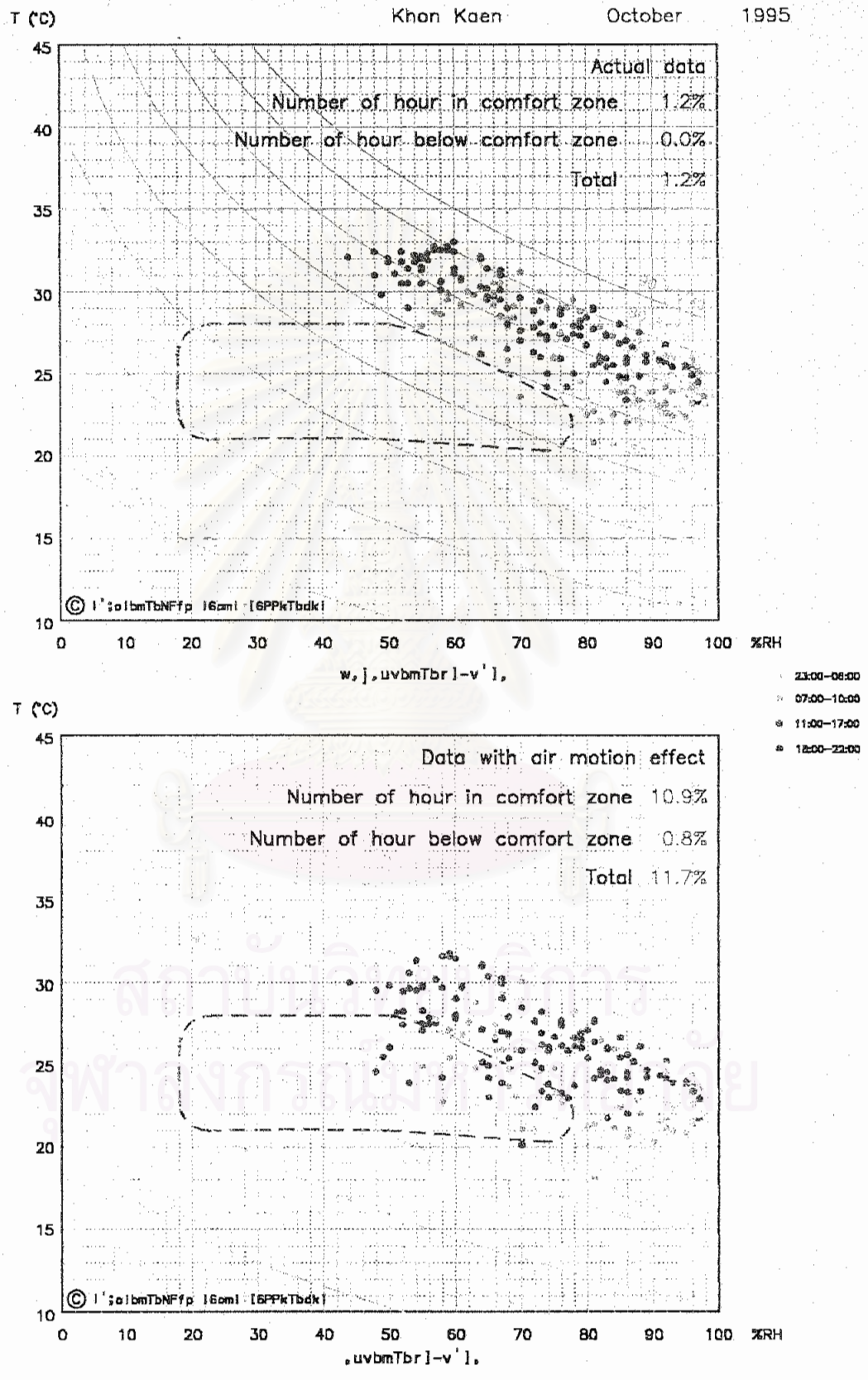

(km/hr.)
Khon Kaen
August
1995
Khon Kaen
August
Average
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

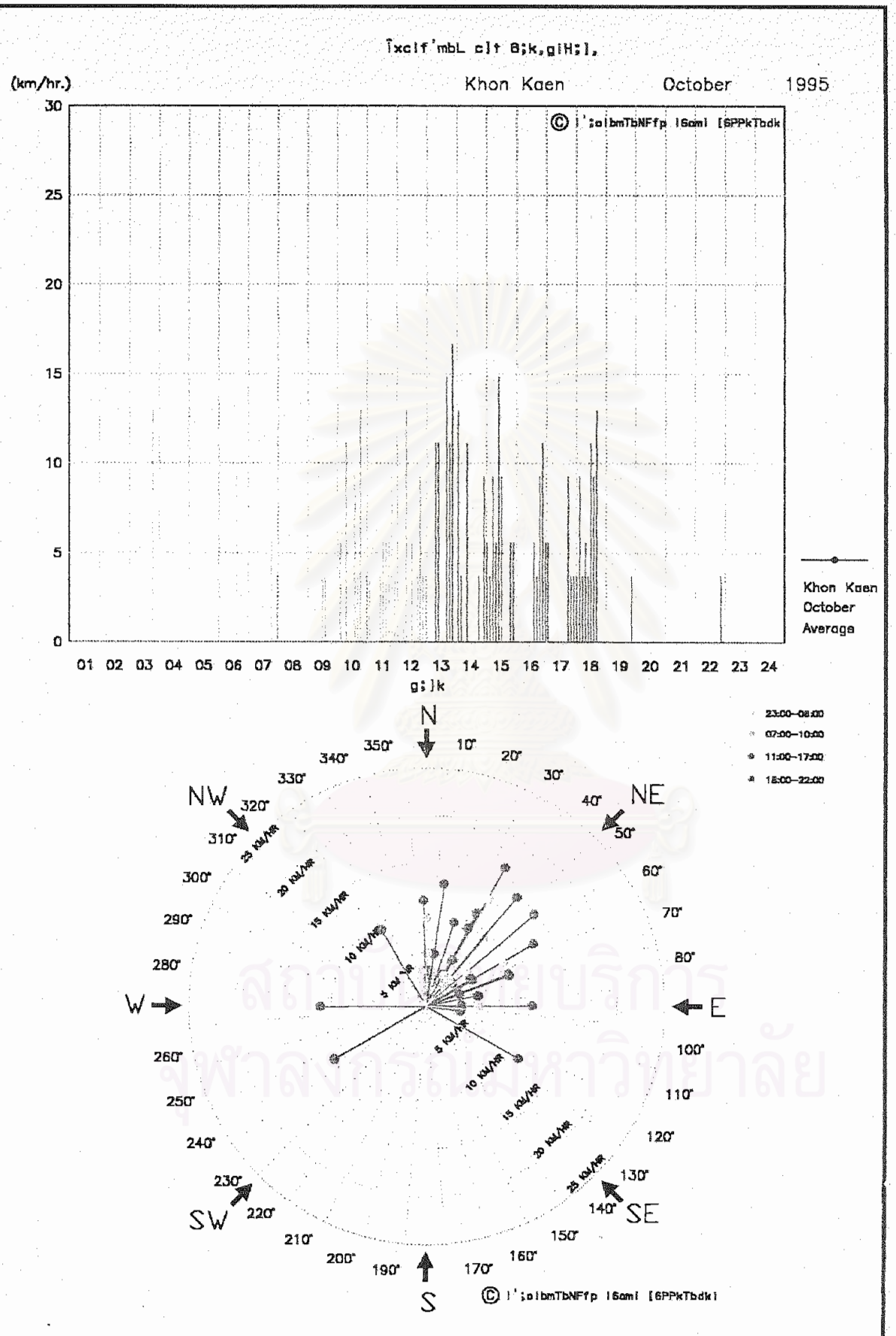
îxclf'Oeo;o=yj;F,'mujvßComfort Zone :7j'Otr[;jkg,njv,uvbmTbr]Okd8;k,giH;],,k=j;pclh;

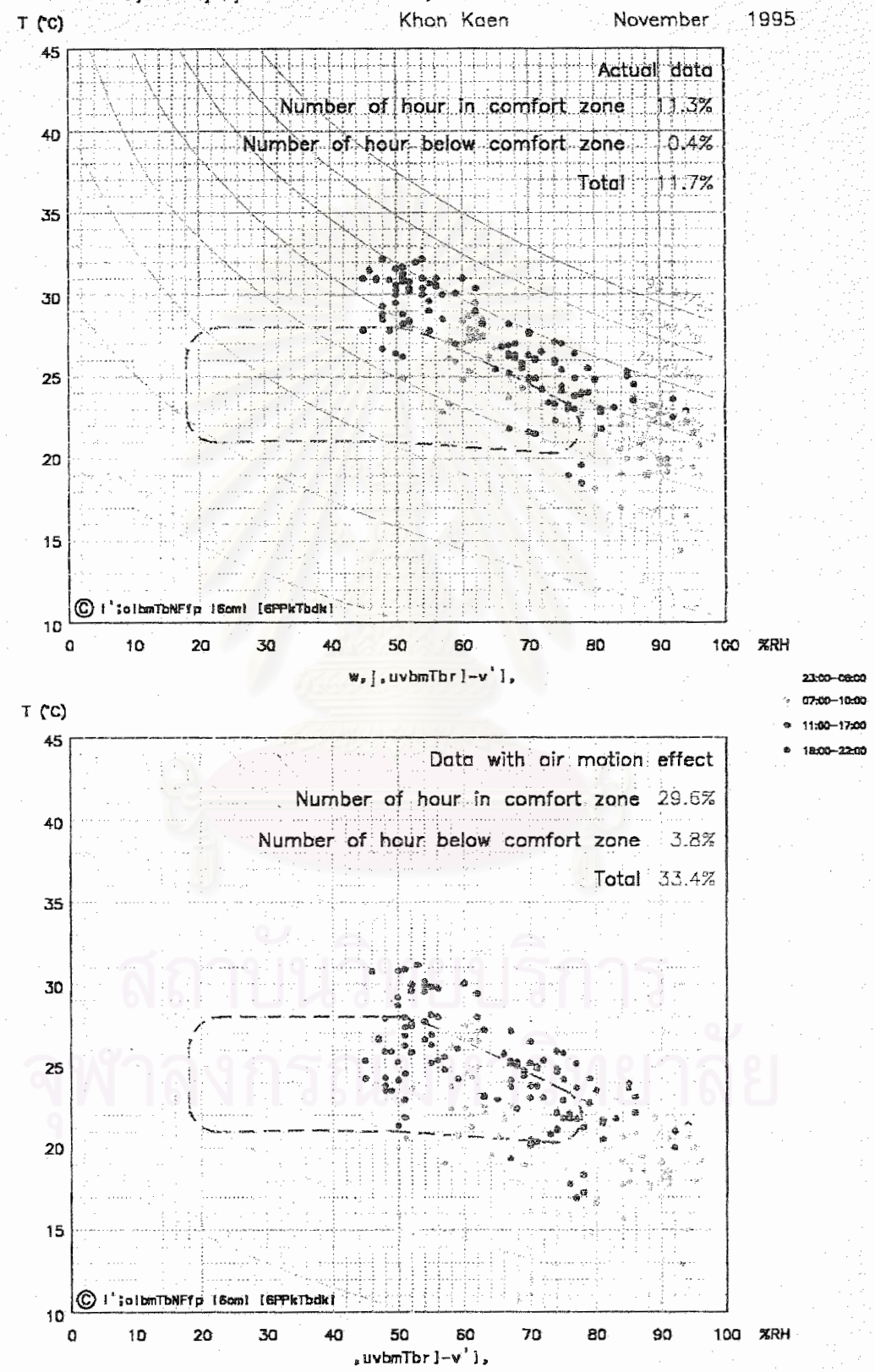
Oeo;o=yj;F,'mujvßComfort Zone Otgrbj,-7ho

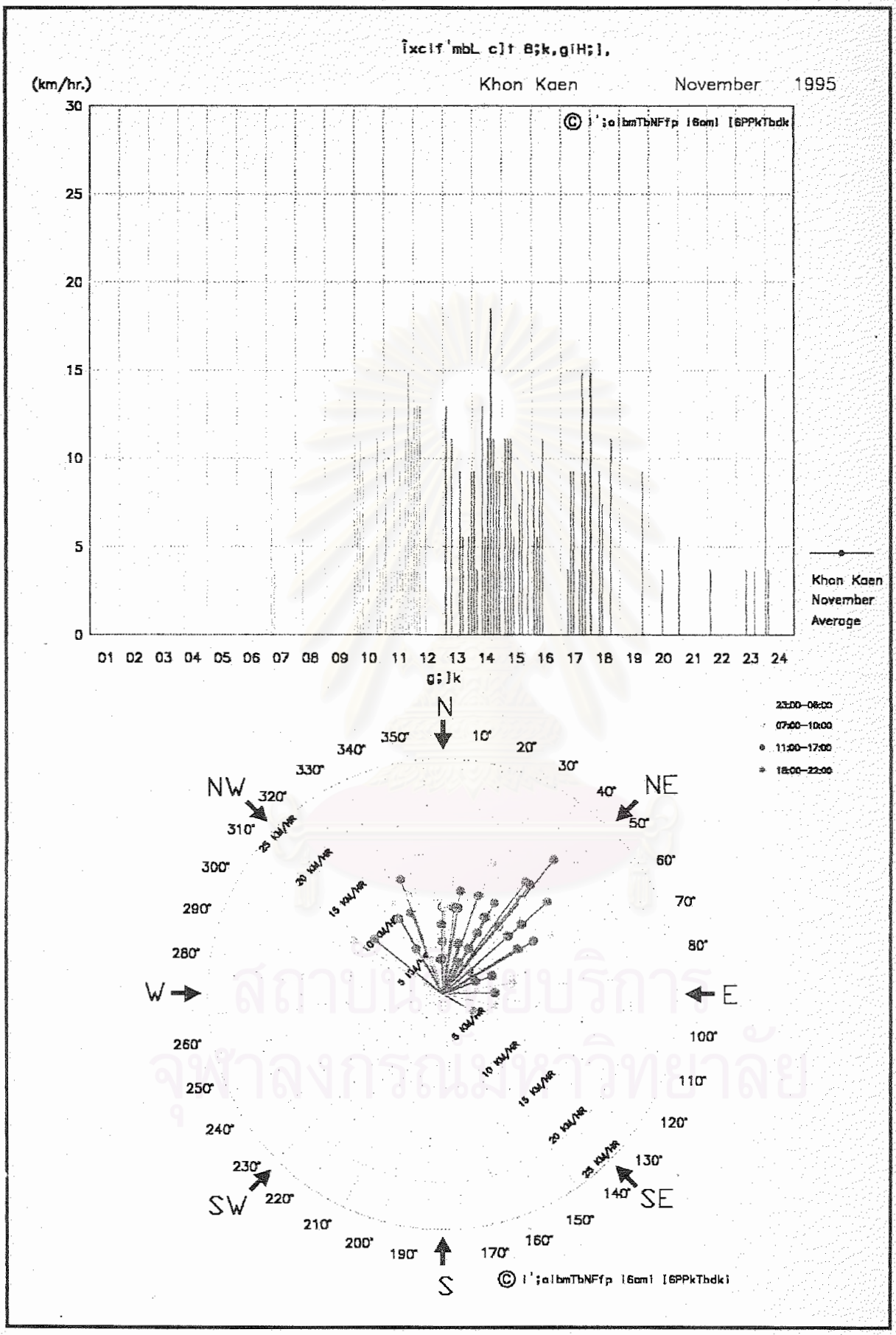



Khon Kaen
September 1995
(km/hr.)
30
25
20
15
10
5
0
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Khon Kaen
September
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–08:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00
5 KM/HR
10 KM/HR
15 KM/HR
20 KM/HR
25 KM/HR


Comfort Zone
Khon Kaen
October
1995
T (°C)
Actual data
Number of hour in comfort zone 1.2%
Number of hour below comfort zone 0.0%
Total 1.2%
%RH
23:00-06:00
07:00-10:00
11:00-17:00
18:00-22:00
Data with air motion effect
Number of hour in comfort zone 10.9%
Number of hour below comfort zone 0.8%
Total 11.7%

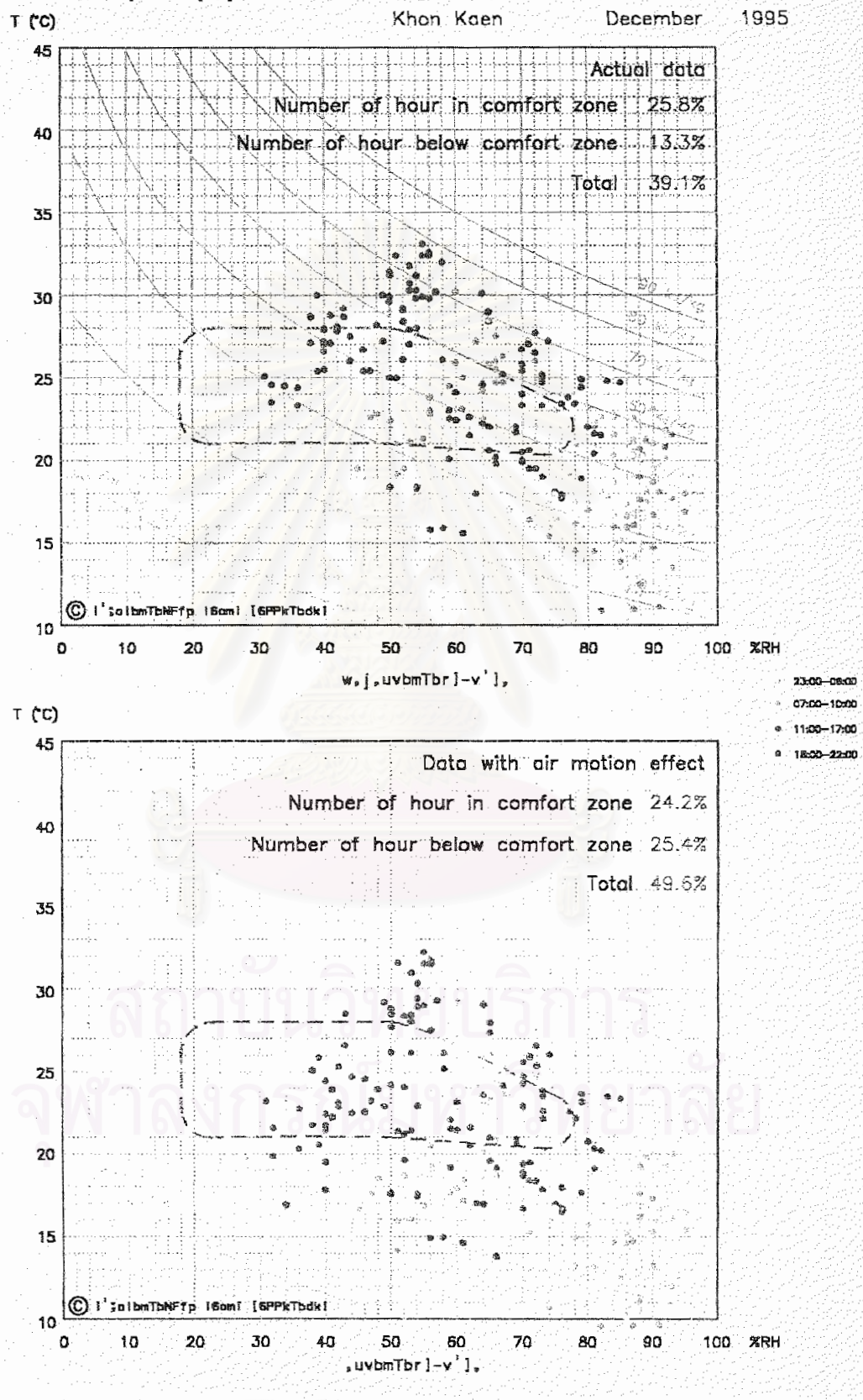

(km/hr.)
Khon Kaen
October
1995
Khon Kaen
October
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–08:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

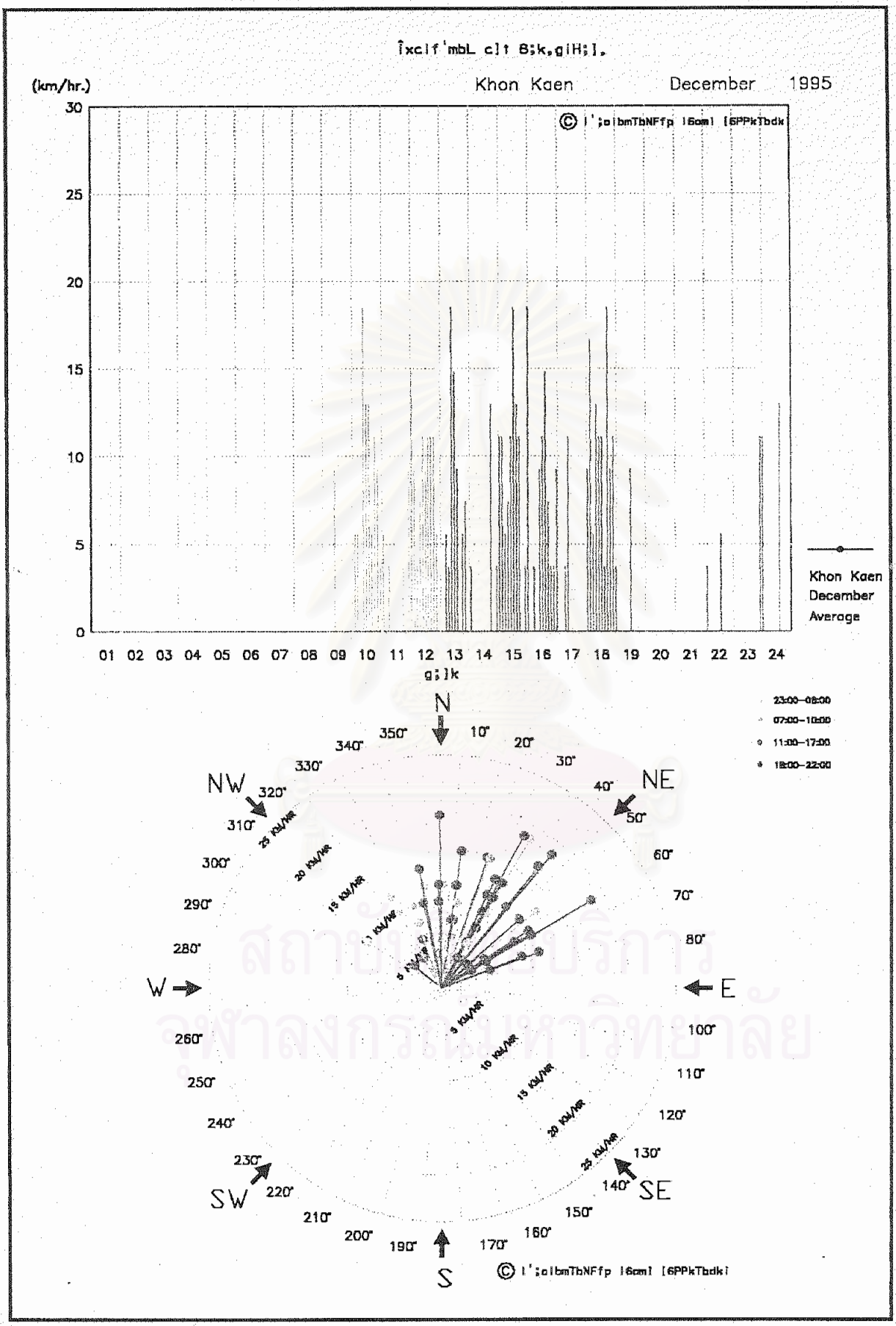

Comfort Zone
Khon Kaen
November
1995
T (°C)
Actual data
Number of hour in comfort zone 11.3%
Number of hour below comfort zone 0.4%
Total 11.7%
%RH
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00
Data with air motion effect
Number of hour in comfort zone 29.6%
Number of hour below comfort zone 3.8%
Total 33.4%


(km/hr.)
Khon Kaen
November
1995
Khon Kaen
November
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–06:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

îxclf'Oeo;o=yj;F,'mujvp,Comfort Zone :7j'Otr[;jkg,njv,uvbmTbr]Okd8;k,giH;],,k=j;pclh;

Oeo;o=yj;F,'mujvp,Comfort Zone Otgrbj,-7ho



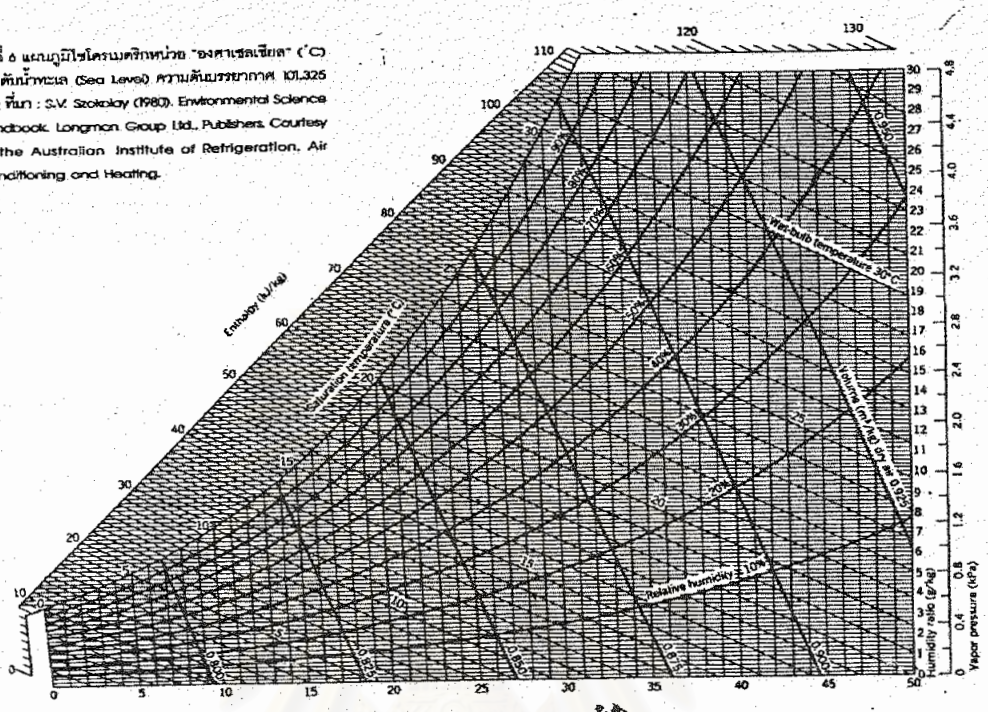

(km/hr.)
Khon Kaen
December
1995
Khon Kaen
December
Average
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
23:00–08:00
07:00–10:00
11:00–17:00
18:00–22:00

ตารางแสดงค่าสรุปข้อมูลภูมิอากาศ รายเดือน ประจำปี พ.ศ. 2538 จังหวัดขอนแก่น

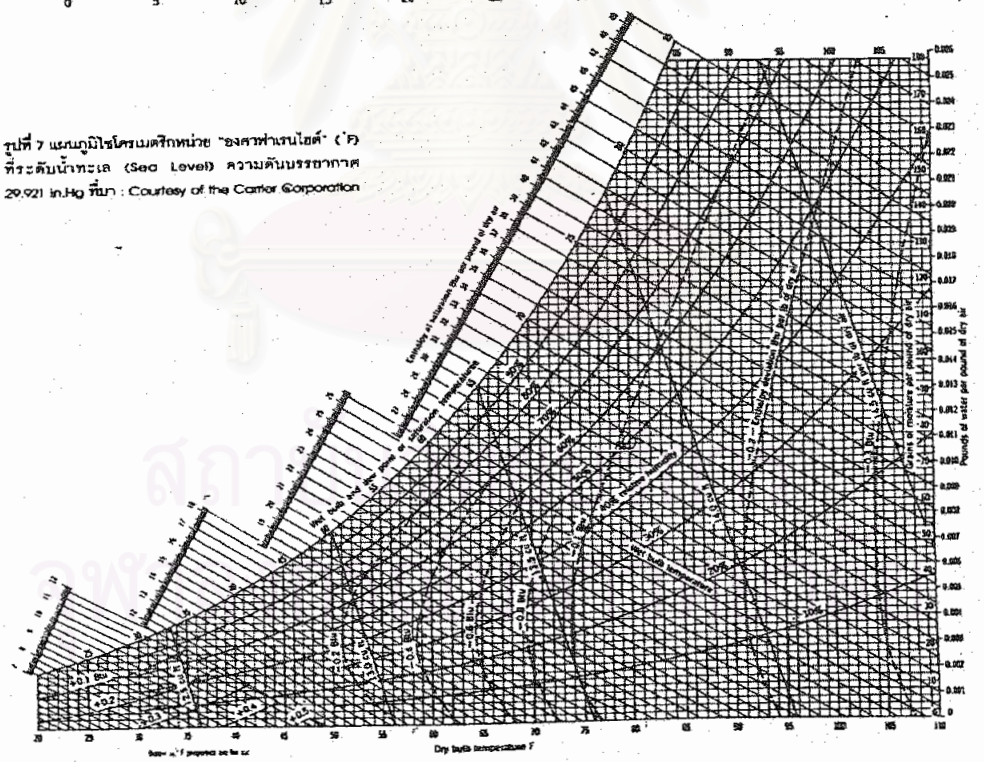
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
อุณหภูมิเฉลี่ย	23.5	25.3	29.3	31	29.4	28.8	27.5	27.5	27.7	26.8	24.6	22.2	26.9
อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด	27.4	29.1	33.3	34.5	32.6	30.8	29.9	29.7	28.9	28.7	26.9	26.8	34.5
วันที่	23	22	13	23	25	7	12	3	6	3	13	17	
อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด	18.2	19.5	23	27.2	26.3	26	25.1	24.7	25.9	24.7	20.4	17.2	17.2
วันที่	10	5	5	4	28	12	8	4	11	16	25	30	
ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%)													
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย	66.9	62.9	59	62	73.3	78.3	82.3	82.3	80.5	78.5	72.7	68.1	72.2
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด	72.5	78.8	77.2	83	88.6	90.3	92	92.5	91.8	94.6	81.5	76.5	94.6
วันที่	27	25	29	20	28	12	8	14	9	16	10	16	
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด	60.5	47.5	40.6	46.8	61	66	70	71.3	71.6	67.7	67.6	57.7	40.6
วันที่	11	22	17	23	3	7	12	2	23	26	1	30	
ลม													
ความเร็วลมเฉลี่ย (กม./ชม.)	2.1	2.3	2.3	1.9	3.2	3.5	2.8	2.6	1.6	1.8	2.5	2.7	1.99
ทิศทางของกระแสลมทั่วไป	NE	NE	S/SW	SW	S/SW	S/SW	S/SW	S/SW	E/NE	NE	NE	N/NE	
ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด (กม./ชม.)	14.8	16.6	16.6	14.8	25.9	24	22.2	20.3	14.8	16.5	18.5	18.5	25.9
ทิศทาง	NE	NE	SW	SE	SW	W	SW	SW	S	NE	NE	NE	
วันที่	5	4	16	13	16	26	7	2	30	9	17	4	
ปริมาณน้ำฝน													
ปริมาณน้ำฝนรวมของเดือน (มม.)	0	24.7	31.5	57.7	138	202	340	315	164	192	7.1	0	1471.7
จำนวนวันที่ฝนตก	0	2	2	5	16	16	22	17	13	10	4	0	107
ปริมาณน้ำฝนสูงสุดประจำวัน(มม.)	0	24.3	21.4	49.1	62.2	39.9	93.9	102	33.9	74.4	2.9	0	102
วันที่		25	29	20	28	14	19	5	14	2	3		

ภาคผนวก ข
แผนภูมิไซโครเมตริก

รูปที่ 6 แผนภูมิไซโครเมตริกหน่วย "องศาเซลเซียส" (°C) ที่ระดับน้ำทะเล (Sea Level) ความดันบรรยากาศ 101.325 kPa ที่มา : S.V. Szokolay (1980). Environmental Science Handbook. Longman Group Ltd., Publishers. Courtesy of the Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating.



รูปที่ 7 แผนภูมิไซโครเมตริกหน่วย "องศาฟาเรนไฮต์" (°F) ที่ระดับน้ำทะเล (Sea Level) ความดันบรรยากาศ 29.921 in.Hg ที่มา : Courtesy of the Carrier Corporation



ที่มา: S.V. Szokolay และ Courtesy of the Carrier Corporation, อ้างถึงใน สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ภาคผนวก ค
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์

ประเภทผิววัสดุที่ใช้ทำผนังด้านนอก	วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก
1. วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง [$\alpha < 0.2$]	- ผิววัสดุที่ฉาบด้วยดีบุก - แผ่นอลูมิเนียม - แผ่นฟิล์มไมลาร์เคลือบอลูมิเนียม - แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอลูมิเนียมขัดมัน	- สีสะท้อนแสง
2. วัสดุที่มีผิวอ่อน [$0.2 < \alpha < 0.4$]	- อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว - เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว	- แลคเกอร์สีขาว - สีเงิน - สีขาวเป็นเงา
3. วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง [$0.4 < \alpha < 0.6$]	- วัสดุที่ทาสีอลูมิเนียม - หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว - อิฐสีเหลืองอ่อน - หินอ่อนสีขาว - กรวดล้างสีขาว	- สีเขียวอ่อน - สีน้ำเงินปานกลาง - สีเหลืองปานกลาง - สีส้มปานกลาง - สีเขียวปานกลาง
4. วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม [$0.6 < \alpha < 0.8$]	- คอนกรีตไม่ทาสี - ไม้ผิวเรียบ - แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส - หินล้างสีเทา	- สีแดง - สีน้ำเงิน - สีเทาอ่อน - สีสนิมแก่ปานกลาง
5. วัสดุที่มีผิวสีเข้ม [$0.8 < \alpha < 1.0$]	- วัสดุที่ลาดผิวด้วยยางมะตอย - คอนกรีตสีน้ำตาล - วัสดุมุงหลังคาสีเขียว - หินชนวนสีเทาแกมสีน้ำเงิน - อิฐสีแดง - อิฐแลดฟฟอร์ดสีน้ำเงิน - คอนกรีตสีดำ	- สีน้ำเงินแก่หรือสีเขียวแก่ - สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม - สีน้ำตาลแก่ - สีโอลีฟเข้ม - สีดำ - แลคเกอร์สีน้ำเงินแก่ - สีเทาแก่ - แลคเกอร์สีดำ - สีดำธรรมดา - สีดำเรียบมาก
α หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์		

ตารางที่ 2.3 แสดงรายการวัสดุและสีผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนรากร พุทธโฆษ์ เกิดเมื่อวันเสาร์ที่ 19 ธันวาคม พ.ศ.2513 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอนุบาลขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนขอนแก่นวิทยายน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2536 และได้เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาสถาปัตยกรรม เมื่อปีการศึกษา 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย