การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย

นางสาวเลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-xx-xxxx-x

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TEMPERATURE REDUCTION OF PAVING MATERIALS USING EVAPOLATION PROCESS

Miss Lertlux Vuttisuwan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2001
ISBN 974-XXX-XXX-XXX

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย
โดย	นางสาวเลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

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

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ : การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย (TEMPERATURE REDUCTION OF PAVING MATERIALS USING EVAPOLATION PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ จำนวนหน้า xxx หน้า. ISBN xxxxxxx.

ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบอาคาร เกิดจากรังสีของดวงอาทิตย์สะสมที่วัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ส่งผลทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น การใช้น้ำมาระเหยผ่านวัสดุ เพื่อให้น้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลางดึงความร้อนจากผิววัสดุมาระเหยกลายเป็นไอ จะเป็นผลทำให้ผิววัสดุที่สัมผัสกับโมเลกุลของน้ำมีอุณหภูมิต่ำลง และเมื่อพิจารณาจากแผนภูมิไซโครเมตริก (Phychromatric Chart) ซึ่งเป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเกิดการระเหยน้ำ อุณหภูมิที่น้ำระเหยจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ดังนั้นอุณหภูมิผิววัสดุที่มีการระเหยของน้ำ จะมีอุณหภูมิลดลง

วัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ ศึกษาหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อการลดความร้อนวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร และนำเสนอวิธีการลดการสะสมความร้อนของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร สำหรับประยุกต์ใช้กับงานจริง วิธีการวิจัย โดยศึกษาทดสอบอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ อิทธิพลของลม และอิทธิพลของชนิดวัสดุปูพื้นในเรื่องของมวลสาร(Mass) การนำความร้อน(Conductivity) การดูดซึมน้ำ(Water Absorption) การดูดซับรังสีความร้อน(Thermal Absorption) การคายรังสีความร้อน (Emissivity) การทดสอบทั้งหมดประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่1 เพื่อหาสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่ผิววัสดุปูพื้น ทดสอบอิทธิพลของดวงอาทิตย์ อิทธิพลของลม และชนิดของวัสดุ การเลือกวัสดุทดสอบ พิจารณาที่ค่าการนำความร้อน และค่าการดูดซึมน้ำซึ่งแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ มาก ปานกลาง น้อย ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ หิน อิฐ และคอนกรีตมวลเบา เพื่อทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ ผลจากขั้นตอนที่1 พบว่า กลางแจ้ง รังสีดวงอาทิตย์เป็นตัวแปรที่เพิ่มอุณหภูมิ ส่วนลมเป็นตัวแปรที่ช่วยลดอุณหภูมิ จากนั้นจึงทดสอบในขั้นตอนที่2 การทดสอบในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่1 เพื่อลดสาเหตุของความร้อน ทดสอบลดอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์และเพิ่มอิทธิพลของลม วางวัสดุในร่ม ซึ่งมีลมพัดผ่าน และศึกษาการนำความร้อน โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหินทรายและคอนกรีตมวลเบา ศึกษาการคายรังสีความร้อนในเรื่องลักษณะพื้นผิว โดยเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกปูพื้นผิวเรียบกับคอนกรีตบล็อกผิวกรวด และศึกษาการดูดซับรังสีความร้อนในเรื่องสีผิว โดยเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาวกับคอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ ส่วนที่2 เพื่อเพิ่มอิทธิพลความเย็นให้กับผิววัสดุปูพื้น ทดลองใช้วิธีการระเหยของน้ำผิววัสดุด้านบนและศึกษาเปรียบเทียบวัสดุต่างๆเหมือนกับการทดสอบส่วนที่1 การทดสอบส่วนที่3 เพื่อเพิ่มอิทธิพลความเย็นเหมือนกับการทดสอบส่วนที่2 แต่ทดลองใช้ทั้งวิธีการระเหยและใช้ลมพัดผ่าน ศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลกระแสลม จากนั้นจึงทำการทดสอบขั้นตอนที่3 เป็นการประยุกต์นำมาใช้งาน ทำการทดลองใช้งานกับงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย เพื่อนำความเย็นที่ได้ มาใช้ลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมนอกอาคาร

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อวางวัสดุกลางแจ้ง และใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ วัสดุที่มีการดูดซึมน้ำขึ้นมาที่ผิวด้านบนมาก จะมีอุณหภูมิผิวที่ต่ำว่าวัสดุที่มีการดูดซึมน้ำขึ้นมาที่ผิวบนน้อย วัสดุทั้งหมดมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่อยู่ในร่ม และใช้วิธีการระเหยน้ำ วัสดุกลุ่มนี้จะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อวางวัสดุในร่ม และไม่ใช้วิธีการระเหยน้ำ คุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุจะมีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุมากกว่าคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ส่วนในกรณีที่วางวัสดุในร่ม และใช้วิธีการระเหยน้ำ คุณสมบัติการดูดซึมน้ำของวัสดุจะมีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุมากกว่าคุณสมบัติการนำความร้อน จึงสามารถสรุปได้ว่า วัสดุที่อยู่ในร่ม และใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ อุณหภูมิผิววัสดุจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ย 5 องศาเซลเซียส ในช่วง8.00-17.00น. วัสดุที่เหมาะสมต่อการใช้งานปูพื้นภายนอกอาคาร ในที่ร่ม และใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ ควรมีความหนาแน่นน้อย มีคุณสมบัติการดูดซับน้ำที่ดี และมีค่าการคายความร้อนสูงซึ่งหมายถึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศมาก ส่วนลักษณะสีผิวของวัสดุที่มีการระเหยน้ำ ในที่ร่ม พบว่า วัสดุที่มีสีเข้มจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับวัสดุสีอ่อน สีผิวจึงเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลน้อยมากต่ออุณหภูมิผิววัสดุสำหรับการทดลองครั้งนี้

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544

4374186725:MAJOR BUILDING TECHNOLOGY
KEY WORD: TEMPERATURE/ PAVING/ DRAINAGE /
LERTLUX VUTTISUWAN: TEMPERATURE REDUCTION OF PAVING MATERIALS USING SUBSURFACE DRAINAGE. THESIS ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D, xxx pp. ISBN xxx-xxx-xxx.

Thailand is hot-humid country. Having a strong sunlight shining though the paving material makes surface temperature higher than air-temperature cause surrounding temperature in that area has high level.

The objective of this research is to reduce surface temperature of paving material and explore technique to reduce surface temperature by the way of using subsurface drainage. This will save as a guideline for architectural designing works.

The experiments were done under the real climatic condition and have 3 parts. The first part coving many variables such as sunlight, wind, mass, conduction, water absorption, thermal absorption and thermal emission in the different experiment conditions was to study and find variable which good to reduce surface temperature of paving material. The second part coving watering point and watering rate was the watering process to reduce surface temperature. The last part was the advance experiment, which use the water to reduce surface temperature of materials. The temperature at each point were record every hour for comparison's sake.

The experiment proved that the surface temperature of paving material which have no sunlight, ventilation, low mass but high water absorption and rough-tint color surface were lower temperature than other materials at average 4 degrees during 8.00 AM. – 3.00 PM. The maximum depth under the ground of drainage was 15 cm, 2 liters per hour of the volume during 11.00AM. – 4.00 PM. made temperature stable at average 29 degree Celsius.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Architecture Student's signature.....
Field of study Building Technology Advisor's signature.....
Academic year 2001

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ตลอดช่วงเวลาการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือมาโดยตลอด

เนื่องจากการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ เป็นการทำวิทยานิพนธ์ที่มีความแตกต่างไปจากจากทำวิทยานิพนธ์โดยทั่วไป เพราะเป็นการริเริ่มการวิจัยก่อสร้างโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีการแบ่งส่วนการทำ แต่ละส่วนจะมีความแตกต่างกัน ตามแต่หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จัดอยู่ในส่วนของงานภายนอกอาคารของโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งตลอดช่วงเวลาทำการทดลองที่ต้องใช้แรงและพละกำลังอย่างมากนั้น ข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจอย่างดียิ่งจากบิดา และมารดาผู้คอยดูแลอำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่ทดลอง และบุคคลผู้ซึ่งร่วมทุกข์ร่วมสุขกันมาโดยตลอด ดังต่อไปนี้

คุณนรากร พุทธโฆษ์ และคุณอภิรัช พรหมศิริแสง ที่คอยช่วยดูแลดำเนินงานก่อสร้างอาคารทดลอง และคุณสุธีวรรณ โล่ห์สุวรรณ ช่วยดูแลและช่วยเหลือเรื่องเครื่องมือวัดผลการทดลองโดยตลอด

คุณรุจิยา มุสิกะลักษณ์ และคุณไพบูลย์ วังรุ่งเรืองกิจ ที่คอยดูแลในเรื่องโภชนาการเป็นอย่างดีตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

ท้ายสุดขอขอบคุณเพื่อนปริญญาโท เทคโนโลยีอาคาร ทุกท่าน พี่นี พี่โอ๊ค เจน ก้อง เก่ง พี่โอ๋ พี่ทิพ ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

จึงขอขอบคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตารางประกอบ ..... ฌ
สารบัญรูปภาพประกอบ ..... ญ
สารบัญแผนภูมิประกอบ ..... ฏ

บทที่1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 รังสีดวงอาทิตย์และความร้อน 8
2.2 ลักษณะต่างๆของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารต่อการลดความร้อน 17
2.3 การทำความเย็นให้กับผิววัสดุปูพื้นโดยการระเหย 33
2.4 การเพิ่มความชื้นให้ผิววัสดุด้านบนโดยการใช้น้ำค้าง 38
2.5 สภาวะแวดล้อมกับการลดความร้อน 40
2.6 ขบวนการลดความร้อนให้กับวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร 44
2.7 การศึกษาประเภทของวัสดุปูพื้นและหลักการเลือกวัสดุปู 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่3 วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย 61
3.1 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย 61
3.2 วัสดุทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 63
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 33

บทที่4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 91
4.1 การวิเคราะห์และสรุปผลสำหรับการทดลองขั้นตอนที่1 92
4.1.1 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ 104
4.1.2 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของกระแสลม 104
4.1.3 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของดวงอาทิตย์และ
อิทธิพลของน้ำกับวัสดุต่างชนิดกัน 111
4.2 การวิเคราะห์และสรุปผลสำหรับการทดลองขั้นตอนที่2 116
4.2.1 การกำจัดสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้น 116
4.2.2 การเพิ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้น 125
4.3 การวิเคราะห์และสรุปผลสำหรับขั้นตอนที่3 143

บทที่5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 154
5.1 บทสรุปจากการวิเคราะห์ผลการทดลอง 154
5.2 บทสรุปลักษณะวัสดุที่ควรเลือกใช้ 158
5.3 บทสรุปการนำไปใช้ 159
5.4 ข้อเสนอแนะ 160

รายการอ้างอิง 162
ภาคผนวก 166
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 173

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

แผนภูมิ 2.1 แสดงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ 21
แผนภูมิ 2.2 แสดงคุณลักษณะสีผิววัสดุต่อรังสีดวงอาทิตย์ที่มาตกกระทบ 23
แผนภูมิ 2.3 แสดงคุณสมบัติการดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์กับการคาย
รังสีคลื่นยาวจากผิววัสดุ 26
แผนภูมิ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบประเภทของมวลสาร 30
แผนภูมิ 2.5 แสดงค่าความจุความร้อนของน้ำ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ 31
แผนภูมิ 2.6 แสดงค่าความร้อนแฝงจำเพาะ 25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ 11
รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติด้านการกระทำความร้อนของวัสดุ 15
รูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทพลังงานของโมเลกุลบริเวณพื้นผิวของของเหลว 33
รูปที่ 2.4 แสดงการนำต้นไม้ใหญ่มาปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิ 40
รูปที่ 2.5 แสดงเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีความแตกต่างกันของช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว 41
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะร่มเงาของต้นไม้ที่มีทิศทางร่มเงาที่แตกต่างกันตามการโคจร ของดวงอาทิตย์ 41
รูปที่ 2.7 แสดงการลดอุณหภูมิของลมโดยการปรับแต่งสภาพแวดล้อม 43
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะกำแพงกันลมตามธรรมชาติ 48
รูปที่ 2.9 ลักษณะของศิลาแลง 51
รูปที่ 2.10 ลักษณะของหินทราย 52
รูปที่ 2.11 ลักษณะของอิฐดินซีเมนต์ 53
รูปที่ 2.12 ลักษณะของอิฐดินเผา 55
รูปที่ 2.13 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้น 56
รูปที่ 2.14 ลักษณะของคอนกรีตมวลเบา 57
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของระบบลานซึม 60
รูปที่ 3.1 แสดงขนาดพื้นที่ทดสอบ 66
รูปที่ 3.2 การเตรียมพื้นที่ทดสอบใต้ร่มเงาไม้ 67
รูปที่ 3.3 การเตรียมพื้นที่ทดสอบกลางแจ้ง 67
รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของกรอบโฟม 68
รูปที่ 3.5 การทดสอบกลางแจ้งแสดงแผ่นกั้นลมรอบพื้นที่ทดสอบ 69
รูปที่ 3.6 พื้นที่ทดสอบและวัสดุทดสอบ 69
รูปที่ 3.7 แสดงวิธีติดตั้งหัวเทอร์มิสเตอร์ที่ผิววัสดุ 70
รูปที่ 3.8 การต่อสายหัววัดอุณหภูมิกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์และคอมพิวเตอร์ 71
รูปที่ 3.9 แสดงจุดวัดอุณหภูมิผิวของวัสดุทดสอบและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศ 71
รูปที่ 3.10 พื้นที่ก่อสร้างอาคารทดสอบ 72
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารชั้นล่าง 72

รูปที่ 3.12 การก่อสร้างอาคาร ส่วนผนังฉนวนกรุไม้อัด กรอกแกลบ 73
รูปที่ 3.13 อาคารทางทิศใต้ ขณะทำผนังแกลบเสร็จ ก่อนมุงหลังคา 73
รูปที่ 3.14 อาคารทางทิศใต้ ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว 73
รูปที่ 3.15 แสดงเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ 74
รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและบันทึกข้อมูล 74
รูปที่ 3.17 เครื่องมือวัดความชื้นอากาศ 75
รูปที่ 3.18 เครื่องมือวัดความชื้นที่ผิววัสดุ 75
รูปที่ 3.19 การทดลองเปรียบเทียบกลางแจ้งและใต้ร่มไม้ 78
รูปที่ 3.20 การทดลองเปรียบเทียบแบบมีกระแสลมและไม่มีกระแสลม
กรณีไม่มีน้ำระบายผ่าน 79
รูปที่ 3.21 การทดลองในที่ร่มแบบมีน้ำระบายผ่าน 82
รูปที่ 3.22 แสดงพื้นที่การทดสอบวัสดุปูพื้น 85
รูปที่ 3.23 แสดงการปูพลาสติกกันซึม 85
รูปที่ 3.24 แสดงการเรียงวัสดุปูพื้น 85
รูปที่ 3.25 แสดงการระบายน้ำผ่านผิววัสดุ 85
รูปที่ 3.26 แสดงการทดสอบกับอาคารทดลองโดยไม่ใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น 86
รูปที่ 3.27 แสดงการทดสอบกับอาคารทดลองโดยใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น 86
รูปที่ 3.28 แสดงรอบนอกอาคารทดสอบโดยใช้การระเหยและการบังเงา 89
รูปที่ 3.29 แสดงพื้นที่ผิววัสดุ ทดสอบการลดอุณหภูมิโดยใช้การระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ 87
รูปที่ 3.30 มุมมองทางเข้าห้องเรียนธรรมชาติ 88
รูปที่ 3.31 แสดงพื้นที่การทำความเย็นในห้องเรียนธรรมชาติ 89
รูปที่ 3.32 แสดงเส้นทางเดินในห้องเรียนธรรมชาติ 89
รูปที่ 3.33 เสนอแนะระบบท่อระบายน้ำภาใต้ผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร 159

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ 2.1 แสดงองค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ 10

แผนภูมิ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ 13

แผนภูมิ 2.3 แสดงการกระจายของการดูดซับรังสีความร้อนของผิววัสดุในทุกความยาวคลื่น 18

แผนภูมิ 2.4 แสดงการกระจายของการคายรังสีของผิววัสดุในทุกความยาวคลื่น 19

แผนภูมิ 2.5 แสดงอัตราส่วนของการดูดซับรังสีความร้อนและการคายรังสีของพื้นผิวแต่ละชนิด 20

แผนภูมิ 2.6 แสดงพฤติกรรมของพื้นผิววัสดุที่เคลือบสีเทากับสีขาว 25

แผนภูมิ 2.7 แสดงอุณหภูมิผิวคอนกรีตเปรียบเทียบระหว่างสีดำกับสีขาว กรณีวางบนดิน 27

แผนภูมิ 2.8 แสดงอุณหภูมิผิววัสดุเปรียบเทียบระหว่างคอนกรีตผิวเรียบและคอนกรีตผิวขรุขระ กรณีวางบนดิน 28

แผนภูมิ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวโฟม ไม้ คอนกรีตสีขาว กรณีวางบนดิน 29

แผนภูมิ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม อุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิอากาศ 36

แผนภูมิ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.1 หินทราย แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม 95

แผนภูมิ 4.2 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.2 อิฐดินเผา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม 97

แผนภูมิ 4.3 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.3 คอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้งและในร่ม 99

แผนภูมิ 4.4 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.4 คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำและคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว 101

แผนภูมิ 4.5 แสดงอุณหภูมิผิวช่วงวิกฤตของวัสดุแห้งที่มีสีผิวต่างกันเปรียบเทียบกลางแจ้งและในร่ม 102

แผนภูมิ 4.6 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของวัสดุกลางแจ้งและในร่ม 103
แผนภูมิ 4.7 แสดงผลการทดลองที่ 1.2.1 ทดสอบหินทราย แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม 105
แผนภูมิ 4.8 แสดงผลการทดลองที่ 1.2.2 ทดสอบอิฐมอญมาตราฐาน แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม 107
แผนภูมิ 4.9 แสดงผลการทดลองที่ 1.2.3 ทดสอบคอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม 109
แผนภูมิ 4.10 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างมีลมพัดผ่าน และไม่มีลมพัดผ่าน 110
แผนภูมิ 4.11 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว ของหินทรายในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน 112
แผนภูมิ 4.12 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว ของอิฐมอญมาตรฐานในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน 113
แผนภูมิ 4.13 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบาในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน 114
แผนภูมิ 4.14 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.1-1.3.3 เปรียบเทียบวัสดุแห้ง และวัสดุเปียกใต้ร่มไม้ 115
แผนภูมิ 4.15 แสดงผลการทดลองที่ 2.1.1 หินทรายและคอนกรีตมวลเบา 117
แผนภูมิ 4.16 เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤตและความสามารถในการนำความร้อนของหินทรายกับคอนกรีตมวลเบา 118
แผนภูมิ 4.17 แสดงผลการทดลองที่ 2.1.2 อิฐมอญมาตรฐานและคอนกรีตมวลเบา 119
แผนภูมิ 4.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤตและความสามารถ ในการนำความร้อนของอิฐมอญมาตรฐานกับคอนกรีตมวลเบา 120
แผนภูมิ 4.19 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบและคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง 121
แผนภูมิ 4.20 แสดงผลการทดลองที่ 2.3 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว 123
แผนภูมิ 4.21 แสดงผลการทดลองที่ 2.4.1 หินทรายและคอนกรีตมวลเบาเปียก ในร่ม 126
แผนภูมิ 4.22 แสดงผลการทดลองที่ 2.4.2 อิฐมอญมาตรฐานและคอนกรีตมวลเบาเปียก ในร่ม 128

แผนภูมิ 4.23 แสดงผลการทดสอบที่ 2.5 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบและ
คอนกรีตบล็อกกรวดล้างเปียก ในร่ม 130
แผนภูมิ 4.24 แสดงผลการทดลองที่ 2.6 วัสดุผิวสีเข้มและวัสดุผิวสีอ่อน เปียก ในร่ม 132
แผนภูมิ 4.25 แสดงผลการทดลองที่ 2.7.1 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม
โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ 135
แผนภูมิ 4.26 แสดงผลการทดสอบที่ 2.7.2 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม
โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ 137
แผนภูมิ 4.27 แสดงผลการทดสอบที่ 2.7.3 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม
โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา 139
แผนภูมิ 4.28 แสดงผลการทดสอบที่ 2.7.4 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม
โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ 141
แผนภูมิ 4.29 แสดงผลการทดลองที่ 3.1.1 อุณหภูมิห้องเรียนในวันที่ไม่มี
การใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำ 144
แผนภูมิ 4.30 แสดงผลการทดลองที่ 3.1.2 อุณหภูมิห้องเรียนในวันที่มี
การใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำ 145
แผนภูมิ 4.31 ผลต่างของอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ 146
แผนภูมิ 4.32 แสดงค่าความชื้นที่ผิวด้านบนของวัสดุ ขณะมีน้ำระเหยผ่าน 147
แผนภูมิ 4.33 แสดงผลการทดลองที่ 3.2 อุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์ที่มีน้ำระบายผ่าน
สำหรับการใช้งานจริงในห้องเรียนธรรมชาติ 148
แผนภูมิ 4.34 แสดงผลการทดลองการระเหยน้ำที่ผิวของอิฐมอญและวัสดุที่นิยมใช้ทั่วไป 150
แผนภูมิ 4.35 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ วันที่ 21-22 เมษายน 2545 152

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 รวมถึงความสบายทางการมองเห็น เพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

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

เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

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

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นราการ พุทธโฆษ์, 2544) เป็นการออกแบบโรงเรียน ที่นำเอาเทคนิคต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ มาวิเคราะห์ ผสมผสาน เป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

This thesis, being the one part of group research about non-air conditioned elementary school of northern Thailand, 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 EVAPORATION 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.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนชื้น มีอุณหภูมิอากาศสูงตลอดเกือบทั้งปี ความร้อนที่เกิดขึ้นจากดวงอาทิตย์เกิดทั้งแบบโดยตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากการคายรังสีความร้อนที่วัสดุเก็บความร้อนไว้ ปัจจัยต่างๆเหล่านี้เองที่เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะไม่น่าสบายจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น จากทั้งภายในอาคารและสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และมิใช่เพียงแต่ภายในอาคารเท่านั้นที่เป็นสถานที่ที่ผู้ใช้อาคารมีการใช้งาน แต่บ่อยครั้งที่ผู้ใช้อาคารนั้นมีความต้องการที่จะใช้พื้นที่ภายนอกอาคารเช่นกัน ทั้งสวนหย่อม ทางเดิน ระเบียง หรือลานอาคาร เป็นต้น แต่ด้วยภาวะไม่น่าสบายอันเกิดจากความร้อนดังกล่าวข้างต้นทำให้พื้นที่รอบบริเวณอาคารเหล่านั้นไม่ไม่เป็นที่ได้รับความนิยมในการใช้งาน นอกจากนี้บริเวณพื้นที่นี้มิได้ถูกใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่แล้วกลับกลายเป็นตัวสะท้อนความร้อน และสะสมความร้อนที่แผ่กลับคืน ทำให้อุณหภูมิโดยรอบบริเวณนั้นๆสูงขึ้น และส่งผลให้อาคารกลับมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย

และเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารโดยเบื้องต้นแล้ว ก็จะพบได้ว่า วัสดุพื้นผิวที่นำมาใช้งานนั้นเป็นปัจจัยหลักในการรับ และคายรังสีความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุที่เกิดอุณหภูมิสูงขึ้นนั่นเอง และกระบวนการหนึ่งที่จะลดอุณหภูมิของวัสดุลงได้คือ การใช้การระเหยของน้ำผ่านวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางดึงความร้อนจากบริเวณโดยรอบเพื่อระเหยกลายเป็นไอ และทำให้อุณหภูมิวัสดุนั้นเย็นลง อันเป็นกระบวนการเดียวกันกับการดูดและการคายความร้อนของต้นไม้ซึ่งทำให้อุณหภูมิโดยรอบเย็นลง การที่พยายามปรับแต่งสภาพแวดล้อมที่อยู่บริเวณโดยรอบอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลือกใช้วัสดุพื้นผิว เพื่อลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศลงจึงมีความสำคัญมาก นอกเหนือจากการพยายามที่จะลดความร้อนภายในอาคารที่มักได้รับการปกป้องจากเปลือกอาคารซึ่งมีการวิจัยที่ค่อนข้างหลากหลายอยู่แล้ว

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษา การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยการระบายน้ำผ่านผิววัสดุ ซึ่งจะช่วยในการลดอุณหภูมิผิววัสดุภายนอกอันเป็นสาเหตุให้อุณหภมิบริเวณนั้นสูงขึ้น และก่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้สอยพื้นที่ดังกล่าวตามมา อีกทั้งยังเป็นการชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่ก่อให้เกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้น พร้อมทั้งการแก้ไขปัญหา

นอกเหนือจากการพิจารณาเพียงเฉพาะการกันความร้อนที่เปลือกอาคารที่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาหาตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร
2. ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อการลดความร้อนจากวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร
3. เสนอวิธีการลดการสะสมความร้อนของวัสดุปูพื้นภายนอก สำหรับประยุกต์ใช้กับงานจริง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษาครอบคลุมเฉพาะการลดอุณหภูมิผิวของวัสดุที่ทำการทดสอบ
2. การทดสอบไม่คำนึงถึงความคงทนของวัสดุในทางวิศวกรรม
3. ทดสอบเฉพาะวันท้องฟ้าไม่มีเมฆ และเป็นวันไม่มีฝนตก
4. การทำการทดสอบในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายน

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การระบายน้ำผ่านผิว หมายถึง การใช้น้ำระบายผ่านผิววัสดุเฉพาะด้านล่าง วัสดุจะมีการดูดซึมน้ำจากผิวด้านล่างขึ้นสู่ผิวด้านบน
2. การระเหย หมายถึง การระเหยของน้ำที่ผิวหน้า ด้านบนของวัสดุทดสอบ
3. ค่าการดูดซึมน้ำ หมายถึง เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่มากที่สุดของเนื้อวัสดุโดยคำนวณจาก (น้ำหนักวัสดุเปียก - น้ำหนักวัสดุแห้ง/น้ำหนักแห้ง) X 100
4. ช่วงเวลาใช้งาน หมายถึง ช่วงเวลา 8.00 น.- 17.00 น. ของวันทดสอบ
5. ช่วงเวลาร้อนวิกฤต หมายถึง ช่วงเวลา 12.00 น. – 15.00 น. ของวันทดสอบ
6. อุณหภูมิวิกฤติ หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดของวัน
7. อุณหภูมิผิว หมายถึง อุณหภูมิผิวหน้าด้านบน ตรงส่วนที่มีการใช้งานของวัสดุปูพื้นนอกอาคาร

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยใช้วิธีการระเหย มีวิธีการศึกษาวิจัย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนศึกษาค้นคว้าทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการยืนยันและสนับสนุนการวิจัยเพื่อสามารถนำมาสรุปหาปัจจัยที่มีผลในการควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2. ขั้นตอนศึกษาเชิงทดลองและปฏิบัติการ

กำหนดรูปแบบการทดลองกับสภาพแวดล้อมและพื้นที่จริง ประกอบด้วยพื้นที่ทดสอบกลางแจ้ง และใต้ร่มไม้ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติการทดสอบดังนี้

- <u>การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดผล</u>

การทำให้หัวเทอร์มิสเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ วัดค่าได้ในมาตราฐานเดียวกันทั้งหมด ด้วยวิธีการ Calibrate โดยการทดสอบความสามารถในการวัดค่าอุณภูมิสูงสุดและต่ำสุดรวมทั้งอุณหภูมิอากาศกับเทอร์มิเตอร์ทุกตัวให้สามารถอ่านค่าได้เท่าเทียมกัน จึงจะสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือ

- <u>การทดสอบตัวแปร</u>

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การวิเคราะห์หาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความร้อนที่ผิววัสดุปูพื้น เพื่อการหาสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นนอกอาคาร การทดสอบ ทำการทดสอบตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม ชนิดของวัสดุ ซึ่งการทดลองประกอบด้วย

- การทดลองที่ 1.1 การทดสอบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุต่างชนิดกัน
- การทดลองที่ 1.2 การทดสอบอิทธิพลของกระแสลมกับวัสดุต่างชนิดกัน
- การทดลองที่ 1.3 การทดสอบเปรียบเทียบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลของน้ำ

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปร ซึ่งประกอบด้วย 2 จุดมุ่งหมาย คือเพื่อการกำจัดสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นนอกอาคาร และเพื่อเพิ่มอิทธิพลความเย็นให้กับวัสดุปูพื้น การทดลองประกอบด้วย

- การทดลองที่ 2.1 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.2 การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.3 การทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อนที่ผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.4 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.5 การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.6 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว
- การทดลองที่ 2.7.1 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ
- การทดสอบที่ 2.7.2 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ
- การทดสอบที่ 2.7.3 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา
- การทดสอบที่ 2.7.4 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์การนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริง เพื่อหาตัวแปรสอดแทรกเมื่อนำไปใช้งานจริง การทดลองประกอบด้วย

- การทดลองที่ 3.1 การนำไปใช้กับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- การทดลองที่ 3.2 การนำไปใช้กับห้องเรียนธรรมชาติ

- การเก็บรวบรวมและบันทึกผลการทดลอง

การรวบรวบข้อมูล กระทำโดยการใช้เครื่อง DATA LOGGER รุ่น Sciemetric Instrument System 200 และโปรแกรมการคำนวน Excel นอกจากนี้การวัดความชื้นที่ผิววัสดุ ใช้เครื่อง Humitest รุ่น MC-100S Wood-/Buildingmaterial

3. ขั้นตอนสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา

รวบรวมผลการทดลอง นำมาเรียบเรียง วิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผลการทดลองในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาวิเคราะห์หาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศกับอุณหภูมิผิววัสดุแต่ละชนิดในสภาพการทดสอบ วัสดุแห้ง กลางแจ้ง กรณีรับรังสีดวงอาทิตย์และไม่รับรังสีดวงอาทิตย์
- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุแต่ละชนิดในสภาพการทดสอบแบบวัสดุแห้ง กลางแจ้ง ในกรณีที่มีลมพัดผ่าน และไม่มีลมพัดผ่าน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของการลดปริมาณความร้อน และเพิ่มความเย็นให้กับวัสดุ

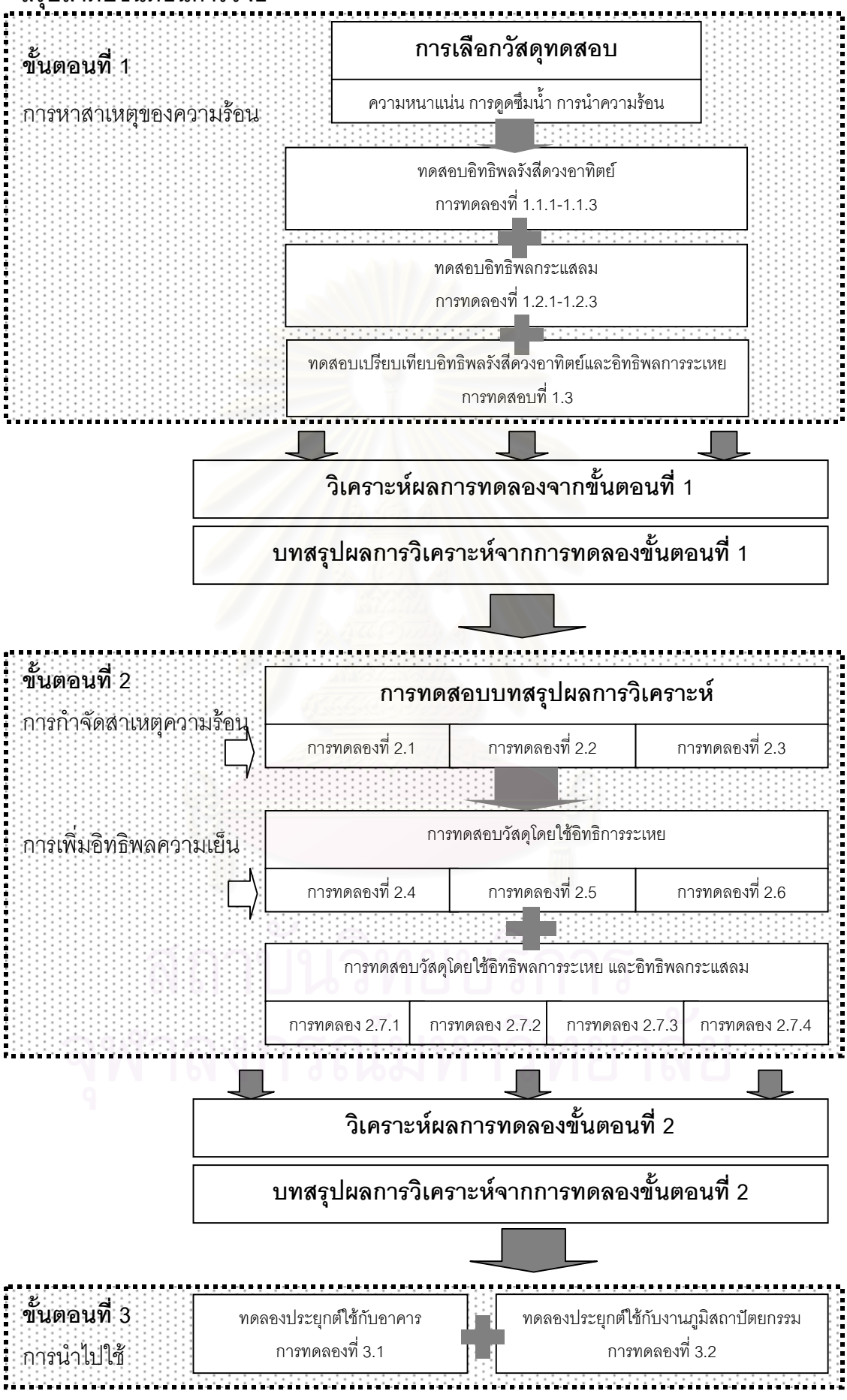
- สรุปเปรียบเทียบอุณหภูมิวัสดุชนิดเดียวกัน ในร่ม ทดสอบแบบมีน้ำระเหยผ่านผิววัสดุและแบบมีมีน้ำระเหยผ่านผิววัสดุ
- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุที่มีค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซับน้ำต่างกัน ในร่ม มีน้ำระเหยผ่าน
- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุที่มีลักษณะพื้นผิวการคายความร้อนต่างกัน ในร่ม มีน้ำระเหยผ่าน
- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุที่มีสีผิวการดูดซับความร้อนต่างกัน ในร่ม มีน้ำระเหยผ่าน
- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุชนิดต่างๆในร่ม ทดสอบอิทธิพลของลมต่ออิทธิพลการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาวิเคราะห์การประยุกต์นำไปใช้กับอาคารจริง

- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุที่มีน้ำระบายผ่าน กับการนำวัสดุไปใช้งานจริงกับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุที่มีน้ำระบายผ่าน กับการนำวัสดุไปใช้งานจริงกับห้องเรียนธรรมชาติ

จากการศึกษาทดสอบในกรณีต่างๆ สามารถแสดงเป็นภาพสรุปลำดับขั้นตอนการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

สรุปลำดับขั้นตอนการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อพฤติกรรมการสะสมความร้อนของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร เมื่อมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ ในสภาพอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย
2. เป็นแนวทางในการออกแบบพื้นภายนอกอาคาร เพื่อลดความร้อนจากวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร
3. สามารถเลือกใช้วัสดุปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดความร้อนได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถนำผลที่วิเคราะห์ได้มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบงานภูมิสถาปัตย์ในอาคารจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ภายนอกอาคาร ในภูมิประเทศที่มีอากาศแบบร้อนชื้นเช่นในประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน พื้นผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศมาก ทำให้พื้นที่ใช้งานนอกอาคารในบริเวณนั้นไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ และยังทำให้อาคารที่อยู่ติดกับบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากการแผ่รังสี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร โดยใช้วิธีการระเหยเพื่อลดการสะสมความร้อนในช่วงกลางวันลง โดยทำการศึกษาตามหลักทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆเพื่อสะดวกในการค้นคว้าและทำความเข้าใจได้ดังนี้

- รังสีดวงอาทิตย์ และความร้อน
- ลักษณะต่างๆของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารต่อการลดความร้อน
- การทำความเย็นให้กับผิววัสดุปูพื้นโดยการระเหย
- การเพิ่มความชื้นให้ผิววัสดุด้านบนโดยการใช้น้ำค้าง
- สภาวะแวดล้อมกับการลดความร้อน
- ขบวนการลดความร้อนให้กับวัสดุปูพื้นนอกอาคาร
- การศึกษาประเภทของวัสดุปูพื้น และหลักการเลือกวัสดุปู
- ลักษณะการระบายน้ำจากพื้นผิวด้านล่าง

2.1 **รังสีดวงอาทิตย์และความร้อน**

พลังงานที่ได้พบหรือได้ยินในชีวิตประจำวันต่างๆทั้งหมดจะอยู่ในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีรูปแบบต่างๆกัน และมีชื่อเรียกตามรูปแบบของพลังงานโดยเรียงตามลำดับความถี่ของพลังงานจากความถี่ต่ำไปถึงความถี่สูงได้ดังต่อไปนี้ คือ ไฟฟ้า เสียง คลื่นวิทยุโทรทัศน์ รังสีอินฟราเรด แสงที่มองเห็นได้ รังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสียูวี รังสีเอ็กซ์ และ รังสีแกมมาและรังสีคอสมิก (การใช้กระจก, 2543: 10)

และเป็นที่รู้กันโดยทั่วไปว่า แหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญของโลกและมนุษย์ ก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้น ซึ่งก็เป็นพลังงานในรูปสนามแม่เหล็กเช่นกัน และจะได้อธิบายในรายละเอียดต่อไปในเรื่องประเภทของรังสี

2.1.1 ประเภทของรังสีความร้อน

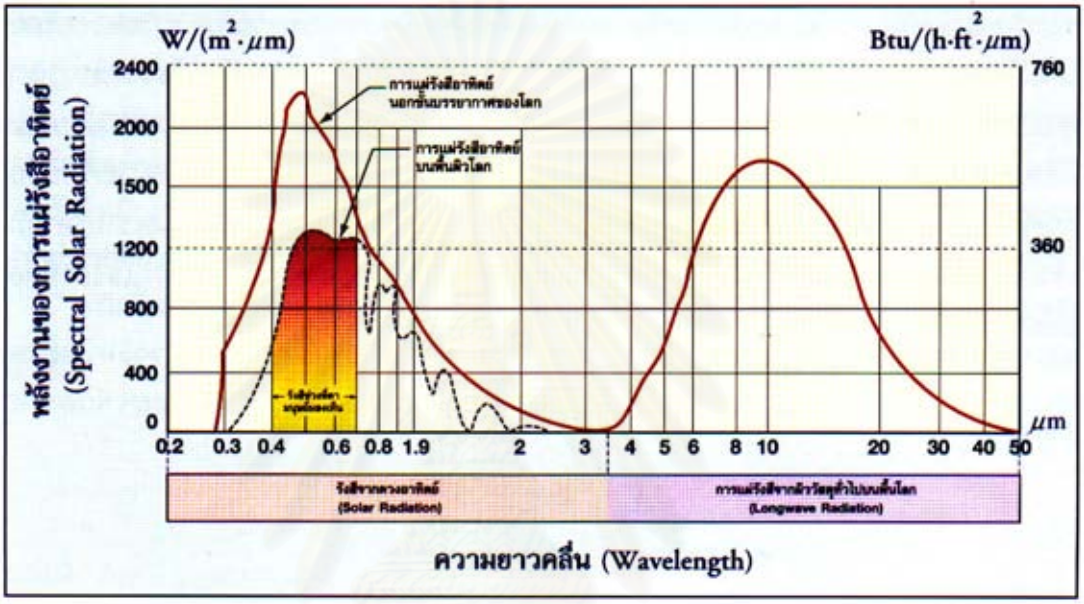
ประเภทของรังสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือรังสีคลื่นสั้น และรังสีคลื่นยาว (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 133)

1) **รังสีคลื่นสั้น** (Short Wave) คือ รังสีความร้อนที่อยู่ในแสงสว่าง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ รังสีชนิดนี้มีคุณสมบัติคือ มีอุณหภูมิสูง สามารถทะลุผ่านกระจก และสามารถสะท้อนได้ดีสำหรับวัสดุที่มีผิวมันและสีอ่อน ส่วนวัสดุสีดำสามารถดูดซับรังสีประเภทนี้ได้ดี

รังสีคลื่นสั้นหรือแสงจากดวงอาทิตย์ สามารถแยกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ (การใช้กระจก, 2543: 11)

- รังสีอุลตร้าไวโอเล็ต (Ultra Violet) หรือรังสี UV
  - เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.29 – 0.4 ไมโครเมตร (μm) หรือไมครอน
  - เป็นรังสีที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวหนัง และทำให้สีของเครื่องใช้ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป
  - มีสัดส่วนเป็น 9% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด
- รังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light)
  - เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 – 0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่สายตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้
  - เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของแสง ได้แก่ สีม่วง สีคราม สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีแสด และสีแดง ซึ่งทำให้มนุษย์เรามองเห็นวัตถุต่างๆได้
  - มีสัดส่วนเป็น 38% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด
- รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near Infrared Ray; NIR)
  - เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7 – 3.5 ไมโครเมตร
  - เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเรารู้จักกันดี และเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์กล่าวคือมีสัดส่วนถึง 53% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อเราสัมผัสกับแสงอาทิตย์เราจึงรู้สึกร้อน

2) **รังสีคลื่นยาว** (Long Wave) คือรังสีที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีคลื่นสั้นกระทบกับวัสดุทึบแสง หรือส่งผ่านวัสดุไป รังสีคลื่นสั้นจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 3000 นาโนเมตรขึ้นไป เป็นผลทำให้วัสดุนั้นๆมีอุณหภูมิสูงขึ้นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น จะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (Conductivity) รังสีนี้มีคุณสมบัติคือ เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็น แต่สามารถสะท้อนได้ดีกับวัสดุที่มีผิวมัน



แผนภูมิ 2.1 แสดงองค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ
ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. การใช้กระจก. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2542), หน้า 10.

2.1.2 ต้นกำเนิดและการถ่ายเทรังสีความร้อน

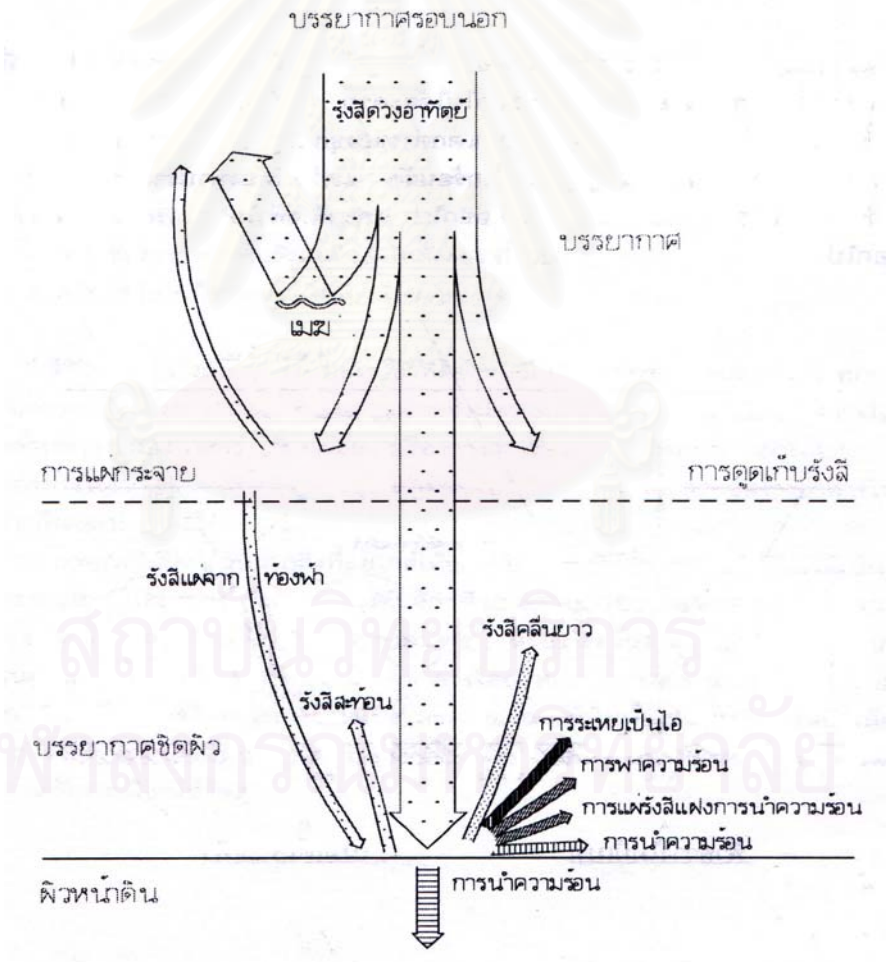
การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่ออาคาร มีอยู่หลายลักษณะ ตามชนิดของต้นกำเนิดและลักษณะการถ่ายเท (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 35) คือ

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

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

ส่วนการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง โดยปกติพื้นที่แนวนอนจะได้รับรังสีเป็น 2 เท่าของทางแนวตั้ง (นิสรา อารุณี, 2538: 10) ในช่วงเวลาที่เกิดความร้อนวิกฤติ (Overheat Period) เช่นจาก 14.00 น. ถึง 16.00 น. ฉะนั้นอาคารข้างเคียง ส่วนของอาคาร หรือแนวพื้นระดับนอน จะสะท้อนความร้อนจำนวนมหาศาลเข้ามาในอาคารโดยง่าย

ดังนั้นพื้นผิวในแนวนอนจึงเป็นแหล่งสะท้อนความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวที่ได้รับรังสีและความสามารถในการสะท้อนรังสีของสภาพแวดล้อมเหล่านั้น ในการออกแบบอาคารที่ต้องการลดปริมาณความร้อนที่จะสะท้อนเข้าสู่อาคารจึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีต่ำทำพื้นผิวบริเวณรอบอาคาร



รูปที่ 2.1 แสดงการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ (ภาพปรับปรุง)
ที่มา: สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541), หน้า 33.

2.1.3 การแลกเปลี่ยนความร้อน

การแลกเปลี่ยนความร้อนมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีคือ

1. **การนำความร้อน** (Conduction) เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากแหล่งที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าระหว่างโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงกัน หรือสสารที่สัมผัสกัน โดยการคสั่นสะเทือนของโมเลกุลเมื่อโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเกิดการสั่นสะเทือน และถ่ายเท พลังงานไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเกิดขึ้นทุกทิศทุกทางไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก และจะเกิดขึ้นจนกว่าทุกจุดจะมีอุณหภูมิเท่ากัน

การนำความร้อนจะแปรผันตามความหนาแน่นของวัสดุ[1] วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีค่าการนำความร้อนสูงตามไปด้วย คือ เป็นวัสดุที่นำความร้อนดีด้วย เช่นคอนกรีต อิฐหินที่มีการนำความร้อนสูง แต่ยังต่ำกว่าวัสดุจำพวกโลหะ วัสดุเช่นไม้ วัสดุที่มีรูพรุน (Porous Material) อากาศ จะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ

$$\text{Thermal Conductance} = K * D$$

เมื่อ Thermal Conductance = ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (Btu/hr.ft^2)

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

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

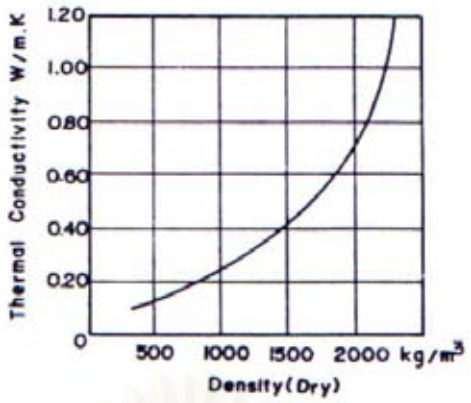
ค่า **Thermal Conductance** คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุชนิดหนึ่งหรือที่ประกอบกันมีความกนาแน่นค่าหนึ่ง ในหนึ่งหน่วยเวลาในที่นี้คือ จำนวน บีทียูต่อชั่วโมง คือที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่หนึ่งตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลงหนึ่งอาศาฟาเรนต์ไฮต์

ค่า **Thermal Conductivity** คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน ผ่านวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นหนึ่งในหน่วยเวลาหนึ่ง ในที่นี้คือจำนวนบีทียูต่อชั่วโมงที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่ 1 ตารางฟุต หนาแน่นหนึ่งนิ้ว เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนต์ไฮต์[2]

---

[1] Fuller Moore, Environmental control systems: heating cooling lighting (Singapore: Mcgraw-Hill Book, 1993), p. 8.

[2] Stein, B. and Reynolds, McGuinness J. W., Mechanical and Electrical Equipment for Building, 7th Edition (USA: John Willy & Sons, 1986), p.100.



แผนภูมิ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ ที่มา: Bensal.N. K., Hauser G. and Minke G. Passive Building Design A handbook of natural climatic. Netherlands: Elsevier Science B. V., 1994, p38.

จากภาพแสดงให้เห็นว่า ค่าการนำความร้อนของวัสดุมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะมีความสามารถในการนำความร้อนหรือความเย็นได้ดี และ วัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยก็จะมีความสามารถในการนำความร้อนที่ไม่ดี

2. **การพาความร้อน** (Convection) คือการที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านตัวการกลาง เช่น อากาศ น้ำ ซึ่งจะเป็นตัวกลางทำหน้าที่พาเอาความร้อนมากระทบที่ผิวของวัสดุ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อน คือชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ ในกระบวนการนำความร้อนโมเลกุล ไม่มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆโดยการสั่นสะเทือนหรือการชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆโดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural Convection) ได้แก่การไหลเวียนของอากาศภายในห้อง เมื่ออากาศได้รับความร้อนโมเลกุลของมันจะเกิดการเคลื่อนที่ห่างออกจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นบนเสมอ

ดังนั้นจะพบว่า ลมเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการพาความร้อนไปสู่ที่ต่างๆจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และอาจตั้งสมมติฐานได้ว่า ลมเป็นตัวกลางที่ทำให้อุณหภูมิผิววัสดุต่ำลง

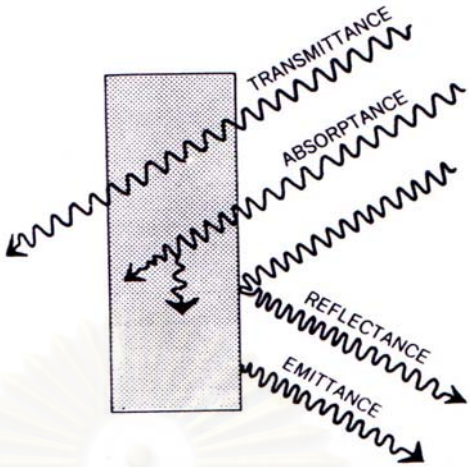
3. **การแผ่รังสีความร้อน** (Radiation) คือการที่ความร้อนจากแหล่งกำเนิดเช่น ดวงอาทิตย์ แผ่คลื่นความร้อนออกมากระทบผิวของวัสดุ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด การแผ่รังสีความร้อน คือการถ่ายเทรังสีความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลาง รังสีความร้อนสามารถถูกสกัดกั้นโดยการใช้วัสดุที่มีผิวมันเงา วัสดุต่างชนิดกันจะมีค่าการดูดซับและการสะท้อนรังสีแตกต่างกัน เมื่อวัสดุหนึ่งมีค่าการดูดซับมากจะมีค่าการสะท้อนรังสีต่ำ

2.1.4 **การกระทำความร้อนของผิววัสดุ**

เมื่อรังสีความร้อน ตกกระทบที่พื้นผิววัสดุ วัสดุจะมีพฤติกรรมตอบต่อรังสีความร้อน ซึ่งโดยปกติวัสดุจะมีคุณสมบัติด้านการกระทำความร้อน ดังนี้ (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 134)

- ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อน α (Absorptivity) คือคุณสมบัติผิวและเนื้อของวัสดุที่กักเก็บความร้อนไว้
- ความสามารถในการสะท้องรังสีความร้อน ρ (Reflectivity) คือคุณสมบัติที่ผิวของวัสดุที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนกลับออกไปได้เมื่อรังสีมากระทบกับวัสดุ
- ความสามารถในการแผ่รังสีความร้อน ε (Emissivity) คือคุณสมบัติที่วัสดุสามารกักเก็บความร้อนไว้แล้วแผ่รังสีกลับออกมากระทบกับวัสดุ หรือเรียกว่า Re-Radiation
- ความสามารถในการส่งผ่านรังสีความร้อน τ (Transmitivity) คือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถถ่ายเทความร้อนผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติด้านการกระทำกับความร้อนของวัสดุ

ที่มา: Lecher N., Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects, (New York: John Wiley & sons,1991), p. 15.

และโดยปกติแล้ว วัสดุเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Body) เมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะมีการดูดซับ (α) การสะท้อนกลับ (ρ) และการส่งผ่าน (τ) รังสีพลังงานที่มีความยาวคลื่น ผลรวมของรังสีเท่ากับ 1 ดังสมการ

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

ρ = การสะท้อนรังสีจากพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)

α = การดูดซับรังสีโดยพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)

τ = การส่งผ่านรังสีผ่านวัสดุ (ไม่มีหน่วย)

ตัวอย่างเช่น เมื่อวัตถุทึบแสง (Opaque Body) ได้รับรังสีความร้อนจนมีอุณหภูมิถึงจุดหนึ่งโดยรังสีที่ถูกดูดซับ (Solar Absorptance) ส่วนหนึ่งจะแปลงเป็นพลังงานความร้นและมีการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น ความร้อนที่เติมเข้าไปจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นบางส่วนจะ

คายรังสีคลื่นยาว (Long-wave Emittance) ออกผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นผลจากการเปล่งรังสีที่ระดับความลึกใกล้ผิวเท่านั้น เรียกว่า “Surface Phenomenon” เช่นความลึกจากผิว 1 μm. ได้แก่ โลหะ ไม้ และหิน (มนตรี อึ่งเจริญ, 2540 อ้างใน ณัฐิยา ทองมี, 2543 15) ฉะนั้นผลรวมรังสีความร้อนของวัตถุทึบแสงดังสมการ

$$\rho + \alpha = 1$$

เมื่อโลกไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์แล้ว ความร้อนบนผิววัสดุจะส่งพลังงานกลับสู่ท้องฟ้า หรือเรียกว่า การคายรังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า (ε) ตามสมดุลของอุณหภูมิของโลกและบรรยากาศ ดังนั้นคุณสมบัติอีกประการหนึ่งของวัสดุได้แก่การคายรังสีความร้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ผิววัสดุ ซึ่งได้กักเก็บความร้อนไว้ในช่วงเวลากลางวัน การคายรังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Re-radiation ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีรังสีดวงอาทิตย์

เมื่อการสูญเสียรังสีคลื่นยาวหรือความร้อนออกจากวัสดุบนพื้นโลกเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน มีผลทำให้วัสดุมีอุณหภูมิลดลงได้มากที่สุด ดังนั้นค่าการคายรังสีคลื่นยาวจึงมีอิทธิพลมากที่สุดต่อพื้นผิววัสดุ ค่าการคายความร้อนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิววัสดุซึ่งมีค่าต่างกันไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ลักษณะต่าง ๆ ของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารต่อการลดความร้อน

การลดความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นภายนอกอาคารนั้น ส่วนหนึ่งสามารถจะพิจารณาเลือกคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิดได้ เนื่องมาจากวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่กระทำต่อรังสีความร้อนต่างกัน และนอกจากนี้ ขนาดของวัสดุหรือมวลสารที่ต่างกันก็ยังมีผลต่ออุณหภูมิเช่นกัน

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

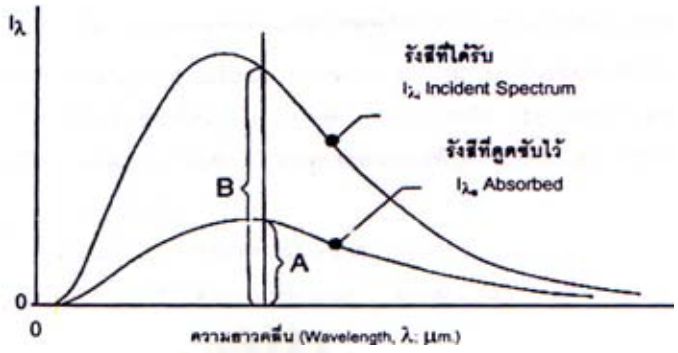
วัสดุต่างๆที่นำมาทำวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร จะมีคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆกันไป การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยใช้การระบายน้ำผ่านผิวด้านล่างจะทำได้มากหรือน้อย ปัจจัยหนึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่

1. ค่าการดูดซับรังสีความร้อน
2. ค่าการคายรังสีความร้อน
3. ลักษณะพื้นผิวของวัสดุปูพื้น

1. ค่าการดูดซับรังสีความร้อน

การดูดซับรังสีความร้อน (Solar Absorbtance: α) เป็นความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ของวัสดุ ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.3 – 3 ไมครอน การพิจารณาถึงค่าการดูดซับรังสีของผิววัสดุจะหาได้จาก สัดส่วนของรังสีที่ดูดซับเทียบกับรังสีความร้อนที่ได้รับในทุกความยาวคลื่น ดังสมการ (ณฐิยา ทองมี, 2543: 28.)

$$\alpha = \frac{\text{รังสีที่ดูดซับไว้ (Absorbed Radiation)}}{\text{รังสีที่ได้รับ (Incident Radiation)}} = \frac{A}{B}$$

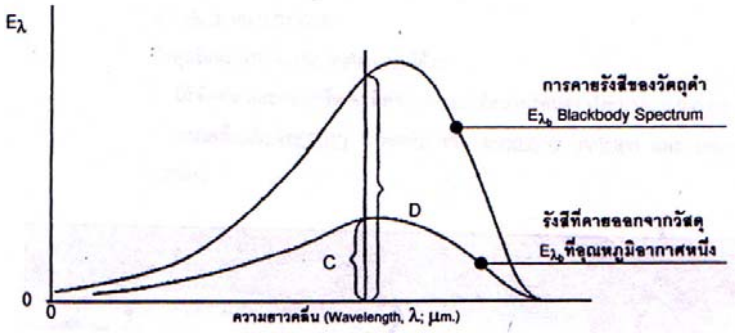


แผนภูมิ 2.3 แสดงการกระจายของการดูดซับรังสีความร้อนของผิววัสดุ ในทุกความยาวคลื่น
ที่มา: ณฐิยา ทองมี. “เทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุมุงหลังคา เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย, 2543), หน้า 28.

2. ค่าการคายรังสีความร้อน

การคายรังสีความร้อน (Long-Wave Emittance: ε) เป็นความสามารถในการคายรังสีในช่วงคลื่นยาวของวัสดุ ตั้งแต่ 3 ไมครอนขึ้นไป ความสามารถในการปล่อยพลังงานนี้จะหาได้จากสัดส่วนของการคายรังสีความร้อนของพื้นผิวใดๆ เทียบกับการคายรังสีของวัตถุดำ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังสมการ ตามกฎของ Planck ซึ่งผิววัสดุจะปล่อยรังสีความร้อนออก ทุกๆ ความยาวคลื่น (Total Emissivity) หรือช่วงความยาวคลื่น (Spectral Emissivity) ซึ่งมีค่าการคายรังสีตั้งแต่ 0.0 (No Emissivity Possible) ถึง 1.0 (Ideal Maximum-a ”Blackbody”)

$$\varepsilon = \frac{\text{รังสีที่คายออกจากพื้นผิวใดๆ (Radiation from Surface)}}{\text{รังสีที่คายออกมาของวัตถุดำ (Radiation from Blackbody)}} = \frac{C}{D}$$



แผนภูมิ 2.4 แสดงการกระจายของการคายรังสีของผิววัสดุ ในทุกความยาวคลื่น
ที่มา: ณฐิยา ทองมี. “เทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุมุงหลังคา เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย, 2543), หน้า 29.

จากแผนภูมิที่ 2.4 ค่าการคายรังสีความร้อนมีการกระจายตามความยาวคลื่นของเส้นโค้ง 2 เส้นที่มีอุณหภูมิเดียวกัน โดยทั่วไปสัดส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่นและอุณหภูมิ นอกจากนี้ค่าคายรังสีของพื้นผิววัสดุสามารถประมาณค่าได้จากกฎของเคอซอฟฟ์ (Kirchoff’s Law) ดังสมการ

$$\varepsilon_1 = 1 - \rho_1$$

โดยที่ ε_1 = ค่าการคายรังสี ณ อุณหภูมิหนึ่ง

ρ_1 = ค่าการสะท้อนแสง ณ อุณหภูมิหนึ่ง

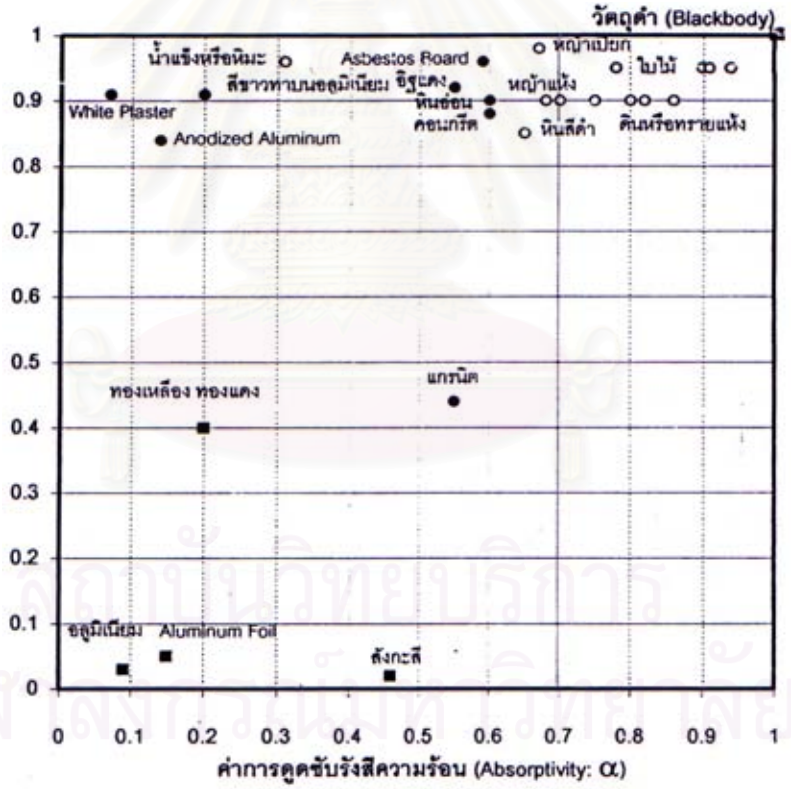
และวัสดุที่มีคุณสมบัติทั้ง 2 อย่างข้างต้นนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามแต่ละพื้นผิวที่มีค่าการดูดซับและการคายรังสีความร้อนที่ต่างกันออกไปดังนี้ (ณฐิยา ทองมี, 2543: 30.)

1. <u>วัสดุธรรมชาติ</u> (Natural Materials) แบ่งออกเป็น
   - น้ำ น้ำแข็ง และหิมะ โดยทั่วไปมีค่าการคายรังสีความร้อนสูง ประมาณ 0.94 - 0.99
   - ดินและแร่ธาตุต่างๆ
   - พืชพันธุ์ โดยทั่วๆไปมีค่าการคายรังสีความร้อนสูง ประมาณ 0.90 – 0.95

2. <u>วัสดุที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น</u> (Man-made Materials) แบ่งออกเป็น

- วัสดุโลหะ (Electric Materials) เช่น Polished Metal จะมีค่าการคายรังสีความร้อนต่ำ ประมาณ 0.01 – 0.04
- วัสดุอโลหะ (Dielectric Materials) ซึ่งยังแบ่งย่อยได้เป็น
    - ไม้ อิฐและคอนกรีต จะมีค่าการคายรังสีความร้อนสูง ประมาณ 0.90 – 0.98
    - การเคลือบผิววัสดุต่างๆ (Coating) เช่น Anodizing, Painting และ Powder Coating

จะเห็นได้ว่า วัสดุที่เป็นอโลหะทั้งจากวัสดุธรรมชาติและที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นนั้น จะมีค่าการคายรังสีความร้อน ε มากกว่า 0.9 ในขณะที่วัสดุโลหะจะมีค่าการคายรังสีความร้อนต่ำ ε น้อยกว่า 0.1 ซึ่งสามารถพิจารณาค่าการดูดซับและคายรังสีความร้อนของวัสดุประเภทอื่นได้จากแผนภูมิที่ 2.5



แผนภูมิ 2.5 แสดงอัตราส่วนการดูดซับความร้อนและการคายรังสีของพื้นผิวแต่ละชนิด
ที่มา: ณฐิยา ทองมี. “เทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุมุงหลังคา เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย, 2543), หน้า 31.

และเมื่อแบ่งประเภทตามการกระทำต่อรังสีความร้อนของผิววัสดุ ก็จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทเช่นกัน คือ โลหะ(Metal) และอโลหะ (Non-metal)

Types	Items	Solar Reflectance(%)	Thermal Reflectance (%)	Thermal Emittance
Metal	Aluminum sheet, polished	85	92	0.08
	Chromium plate	72	80	0.20
	Polished copper	75	85	0.15
	Aluminum foil, bright	95	-	0.5
	Aluminum foil, oxidized	85	-	0.12
Non-metal	White painted aluminum	80	-	0.91
	White paint	70-75	5-10	0.9-0.95
	Light gray paint	60	5	0.9-095
	Dark gray paint	30	5	0.95
	White powdered sand	55	-	0.90
	Aluminum paint	45-50	45	0.33-0.73
	Granite	45	-	0.44
	Indiana limestone	43	5	0.95
	Concrete	40	-	0.88
	Brick (light-dark)	23-48	5	0.95
	Fresh snow	87	-	0.82

ตาราง 2.1 แสดงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุต่างๆ

ที่มา: ปรับปรุงตารางจาก Watson D., Climate Design (New York: McGraw-Hell Book, 1992), p. 163.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางจะเห็นได้ว่า ผิวของโลหะที่มีสภาพต่างกัน และการเคลือบผิวที่ต่างกัน จะมีผลต่อการกระทำต่อรังสีต่างกัน โดยสามารถแบ่งอธิบายได้ดังนี้ (ณฐิยา ทองมี, 2543: 33-34)

1. <u>โลหะขัดมันหรือโลหะแต่งผิวสำเร็จ</u> จะมีความสามารถในการสะท้อนรังสีสูง ทำให้มีพลังงานบางส่วนผ่านเข้ายังพื้นผิวได้น้อย การดูดกลืนรังสีในระดับความลึกจากผิวไม่มากนัก ทำให้การคายรังสีความร้อนน้อยด้วย

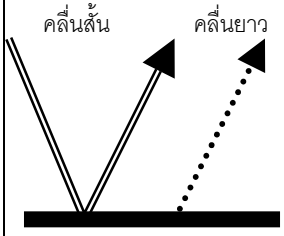
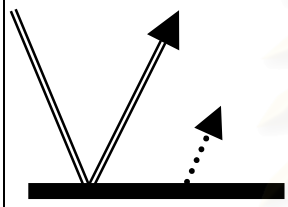
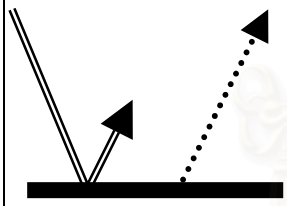
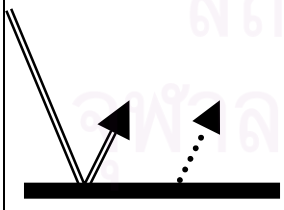
2. <u>โลหะผิวไม่เรียบ หรือแบบมีลวดลาย</u> ได้แก่ การใช้ลูกรีดที่มีลวดลายรีดให้เกิดลวดลายหรือผิวขรุขระตามต้องการ มีความสามารถในการสะท้อนกลับต่ำ บวกกับความสามารถในการดูดกลืนพลังงานได้มาก จึงทำให้โลหะผิวไม่เรียบเป็นตัวดูดกลืนที่ดีการคายรังสีจึงสูงขึ้นด้วย

3. <u>โลหะเคลือบผิว</u> ด้วยสารประกอบของ O_2 กับธาตุอื่นๆ (Oxide Layer) และการเคลือบผิวทางเคมี ทำให้มีพฤติกรรมการคายรังสีของผิวโลหะเสมือนผิวอโลหะ

การศึกษาพฤติกรรมการคายรังสีความยาวของสารเคลือบผิวที่ต่างกัน โดยการศึกษาการเคลือบผิวโลหะอลูมิเนียมด้วยสารเคลือบผิวที่เป็นโลหะและอโลหะ โดยทดลองเปรียบเทียบจากผิวโลหะ Polish Aluminium และอโลหะAnodized พบว่าการเคลือบผิวบนวัสดุที่แตกต่างกันส่งผลให้พฤติกรรมการคายรังสีความร้อนแตกต่างกัน (Dunkle and et al, 1953 อ้างใน ณัฐิยา ทองมี, 2543: 35) การคายรังสีความร้อนของอลูมิเนียมขัดมัน Polish Aluminium จะมีค่าการรังสีลดลง แต่อลูมิเนียมเคลือบ Anodized จะมีค่าการคายรังสีเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ Anodized เป็นกระบวนการผลิตจากการเคลือบออกไซด์บนผิววัสดุทำให้มีพฤติกรรมเสมือนอโลหะ ซึ่งโดยปกติโลหะจะมีการคายรังสีค่อนข้างต่ำ อโลหะจะมีการคายรังสีสูง

ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่า คุณสมบัติการคายรังสีความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของพื้นผิวที่มีค่า ε ต่างกัน
  - พื้นผิวอโลหะส่วนใหญ่ จะมีค่าการคายรังสีตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไป
  - ผิวโลหะจะมีค่าการคายรังสีน้อยกว่า 0.70
- สภาพผิว เช่นความขรุขระ ความเรียบ ความมันวาว

	การดูดกลืนรังสี คลื่นสั้น (แสงจากดวงอาทิตย์)	การคายรังสี คลื่นยาว (ความร้อน)	การสมดุลของ อุณหภูมิ
 White surface	ต่ำ	สูง	เย็น
 Shiny metal	ต่ำ	ต่ำ	อุ่น
 Black	สูง	สูง	ร้อน
 Selective surface	สูง	ต่ำ	ร้อนมาก

ตาราง 2.2 แสดงคุณลักษณะสีผิววัสดุต่อรังสีดวงอาทิตย์ที่มาตกกระทบ

ที่มา : Lechner N., Heating cooling lighting: design methods for architects (New York: John Wiley&Sons, 1991), p.16.

จากการศึกษา ลักษณะทางกายภาพของวัสดุปูพื้น ทั้งค่าการดูดซับความร้อน และค่าการคายความร้อน สามารถเทียบอัตราส่วนระหว่างคุณสมบัติทั้งสองประการของวัสดุดังนี้

1. ถ้า α / ε สูง = พื้นผิวนั้นจะมีการดูดซับมาก และคายรังสีความร้อนได้น้อย (ซึ่งผิววัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวเหมาะสมกับการเป็นวัสดุสะสมรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์)
2. ถ้า α / ε ต่ำ = พื้นผิวมีการดูดซับความร้อนน้อยและจะคายรังสีความร้อนได้มาก (วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าว จะมีอุณหภูมิผิวที่เย็นอย่างรวดเร็วในเวลากลางคืน)

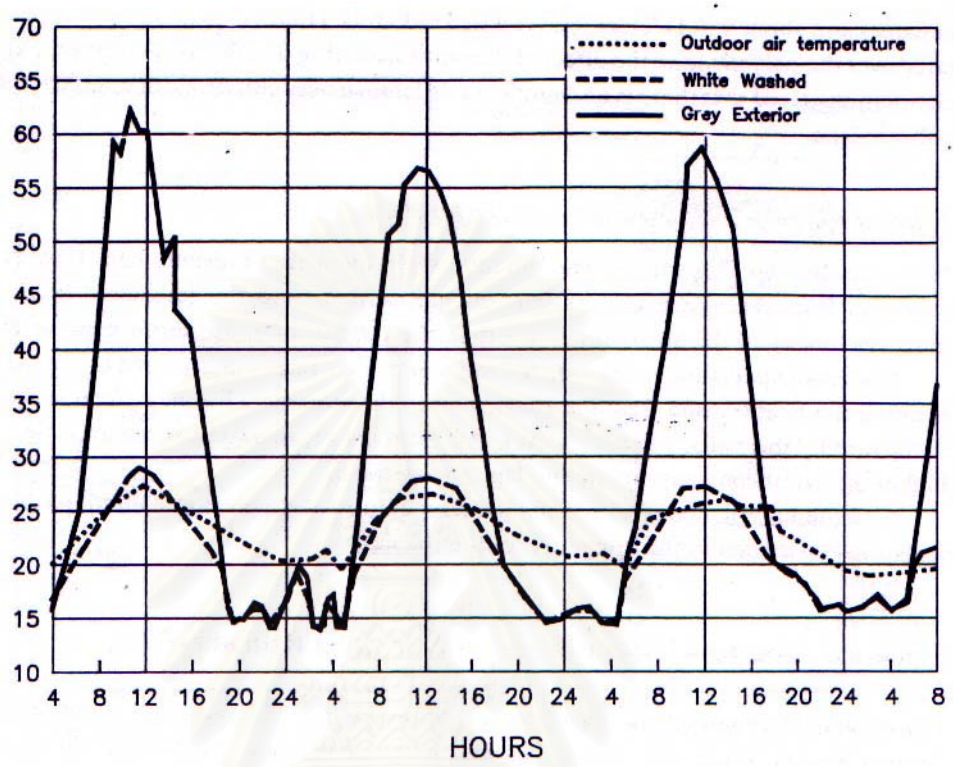
การศึกษางานวิจัยในประเทศไทย เรื่องการทำความเย็นโดยการคายรังสีความร้อนกับท้องฟ้าในประเทศไทย ได้ทดลองสร้างอุปกรณ์ทำน้ำเย็นตามหลักการแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุกับท้องฟ้า มีน้ำเย็นในระบบอยู่ 55 ลิตร และสีทาบนแผ่นทดลอง 2 แผ่นที่ขนาด 1.977 ตารางเมตร ทาสีขาวและสีดำอย่างละ 1 แผ่น ทำการศึกษาทดลองในช่วงปลายฤดูร้อนถึงฤดูฝน (23เม.ย.- 19 มิย.2533) ผลการทดลองพบว่า (พงศ์ธร มนูพิพัฒน์พงศ์ อ้างใน ณัฐยา ทองมี, 2543: 42)

- แผ่นทดลองสามารถทำน้ำเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำสุด 23^{0}c ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.4–3.4^{0}c
- สีที่ทาบนแผ่นทดลองไม่มีความแตกต่างกันต่อความเย็นในช่วงดังกล่าว
- ประสิทธิภาพการคายรังสีความร้อนของระบบ (Radiative Efficiency) มีค่า 54-58%
- มีค่า สูงสุดที่มุมเอียงของแผงคายรังสีน้อยทีสุด และค่าการสูญเสียความร้อนมีค่ามากที่สุดที่มุมเอียงน้อยที่สุด

จะเห็นได้ว่าการทำความเย็นด้วยการคายรังสีความร้อน จะมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมากนักในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น แต่เป็นวิธีการทางธรรมชาติที่ประหยัดพลังงาน ราคาถูก และไม่เกิดมลภาวะ

งานวิจัยอีกงานหนึ่งได้ทำการทดลองศึกษาอิทธิพลของสีที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุหลังคา โดยการทดลองจาก หลังคาที่ทำจาก Asbestos Cement ทาด้วยสีดำและขาว ที่เมือง Hafia ในประเทศซึ่งมีสภาพอากาศชื้น (Humid Climate) ในฤดูร้อนของปี ค.ศ. 1964 พบว่าสีของหลังคาที่แตกต่างกันจะมีผลต่ออุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน แต่จะไม่มีผลต่ออุณหภูมิผิวของหลังคาในช่วงเวลากลางคืน โดยทั้งสองสีจะมีอุณหภูมิผิวลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศใกล้เคียง

(ประมาณ 5-6 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ในทุกๆคืน จะมีน้ำค้างจำนวนมากเกาะอยู่บนหลังคา (Givoni, 1994: 111)



แผนภูมิ 2.6 แสดงพฤติกรรมของอุณหภูมิผิววัสดุที่เคลือบสีเทากับสีขาว

ที่มา: Givoni B., Passive and Low Energy Cooling of Buildings (New York: Van Nostrand Reinhold, 1994), p. 111.

พบว่าสารเคลือบผิวที่เป็นชนิดเดียวกัน แต่ต่างสีกัน คือเป็นสีเทาและสีขาว เมื่อนำมาเคลือบผิววัสดุชนิดเดียวกัน จะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวในช่วงเวลากลางวัน แต่จะไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิในเวลากลางคืน

เมื่อศึกษาคุณสมบัติของสารเคลือบผิวในเรื่องการดูดซับความร้อนและการคายรังสีความร้อน สารเคลือบผิวที่มีสีต่างกัน จะมีค่าการดูดซับความร้อนต่างกัน แต่ทั้งสองสีเป็นสารชนิดเดียวกัน จะเห็นได้ว่าสารเคลือบผิวทั้งสองมีค่าการคายรังสีความร้อนใกล้เคียงกัน จึงสามารถสรุปได้ว่า สีของสารเคลือบผิวหรือการดูดซับรังสีที่ผิววัสดุไม่มีผลในเวลากลางคืน ดังนั้นการคายรังสีความร้อนจึงเป็นอิทธิพลที่สำคัญของวัสดุในช่วงเวลากลางคืน

พื้นผิว	สีดำ	สีขาว
Short-wave Absorptance	0.94 – 0.98	0.20
Long-wave Emittance	0.88	0.91

ตาราง 2.3 แสดงคุณสมบัติการดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์กับการคายรังสีคลื่นยาวจากผิววัสดุ

ที่มา: Anderson, B.N., Solar Energy: Fundamentals in Building Design (New York: McGraw-Hill, 1977), p.354-355.

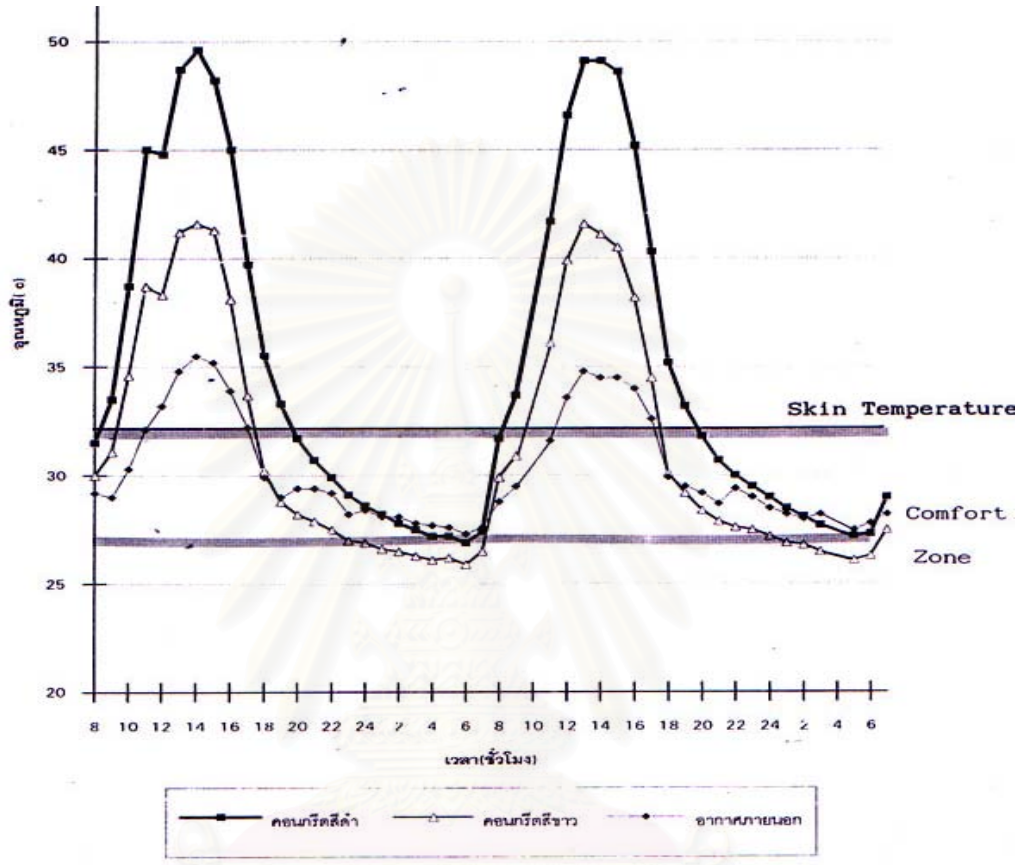
3. ลักษณะพื้นผิวของวัสดุปูพื้น

จากการศึกษางานวิจัยของ นิสรา อารุณี เรื่อง การศึกษาอุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารในเชิงความสัมพันธ์ มวลสาร สี และพื้นที่ผิว โดยงานวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้วัสดุปูพื้นภายนอกที่เหมาะสม ในการใช้งานโดยอาศัยผลของมวลสาร ความเข้มของสี และลักษณะพื้นผิว ที่มีต่ออุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารที่ไม่มีความลาดเอียงและได้รับแสงแดดตลอดวัน

วิธีการวิจัย เป็นการวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุทดสอบ 3 ชนิด ได้แก่ คอนกรีต โฟมโพรีสไตรีน และไม้ที่มีพื้นผิวสีดำ สีขาว และผิวขรุขระ ซึ่งวางกลางแจ้งในสภาพที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมเหมือนการใช้งานจริง วัดและบันทึกผลอุณหภูมิที่ผิววัสดุด้วยเครื่อง DATA LOGGER หลังจากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกันกับบล็อกซีแพ็ค บล็อกหญ้า และสนามหญ้า

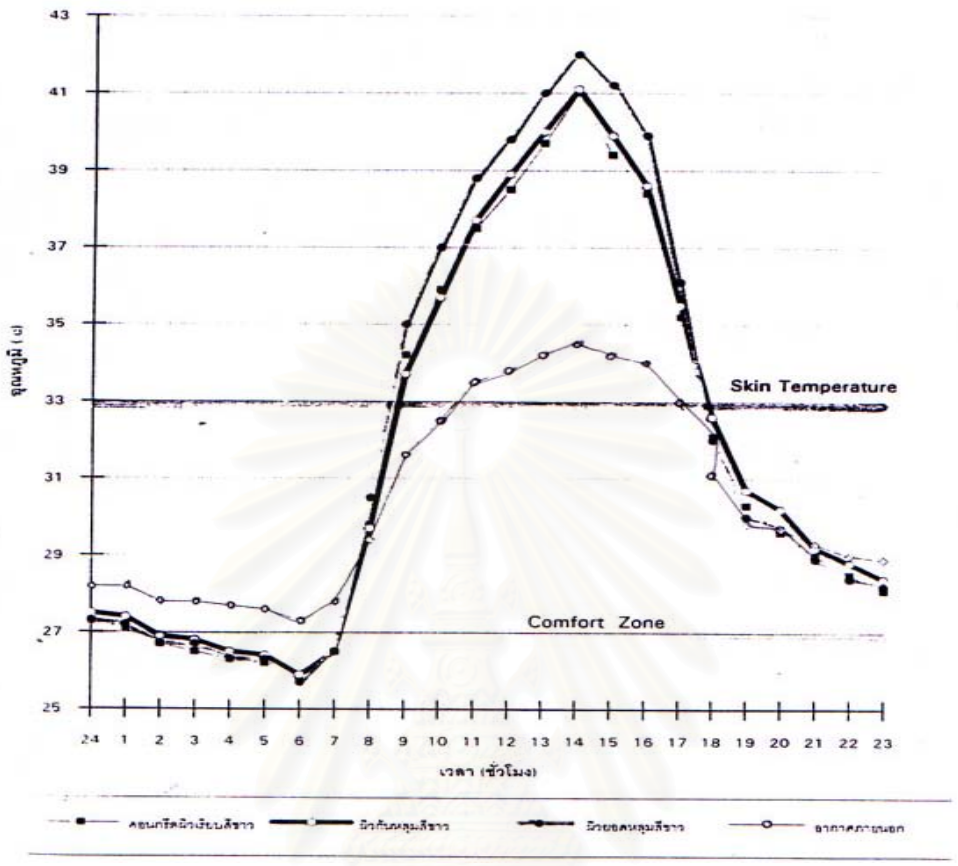
ผลการวิจัยพบว่า ความแตกต่างของมวลสารมีผลต่ออุณหภูมิที่ผิววัสดุ โดยวัสดุที่มีมวลมากจะมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ผิววัสดุช้ากว่าวัสดุที่มีมวลน้อย ทำให้วัสดุที่มีมวลมากมีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุมวลน้อยในช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 16.00 น. หลังเวลา 16.00 น. จนถึงเวลา 07.00 น. ของวันใหม่วัสดุที่มีมวลน้อยมีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุมวลมาก สำหรับความเข้มของสีมีผลต่ออุณหภูมิที่ผิววัสดุแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างวัสดุสีเข้มและสีอ่อนในเวลากลางวันที่มีรังสีดวงอาทิตย์ โดยวัสดุที่มีสีเข้มจะมีอุณหภูมิที่ผิววัสดุสูงกว่าวัสดุสีอ่อน ส่วนในเวลากลางคืนไม่มีรังสีของดวงอาทิตย์อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุทั้งสองประเภทใกล้เคียงกัน สำหรับวัสดุที่มีพื้นผิวขรุขระจะมีอุณหภูมิที่ผิววัสดุส่วนนูนสูงขึ้นกว่าวัสดุที่มีผิวเรียบ แต่สำหรับพื้นผิวขรุขระในส่วนที่เว้าลงจะมีอุณหภูมิที่ผิววัสดุใกล้เคียงกับวัสดุผิวเรียบ

การวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุปูพื้นภายนอกอาคารให้มีอุณหภูมิที่ผิวต่ำเพื่อลดความร้อนจากพื้นขณะใช้งานในช่วงเวลาต่างๆโดยพิจารณาจากคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ มวลสาร ความเข้มของสี และพื้นผิววัสดุ



แผนภูมิ 2.7 แสดงอุณหภูมิผิวคอนกรีตเปรียบเทียบระหว่างสีดำกับสีขาว กรณีวางบนดิน
ที่มา: แผนภูมิที่ 7 นิสรา อารุณี,"การศึกษาอุณหภูมิที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารในเชิงความสัมพันธ์กับมวลสาร สี และพื้นผิววัสดุ," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย, 2538), หน้า 66

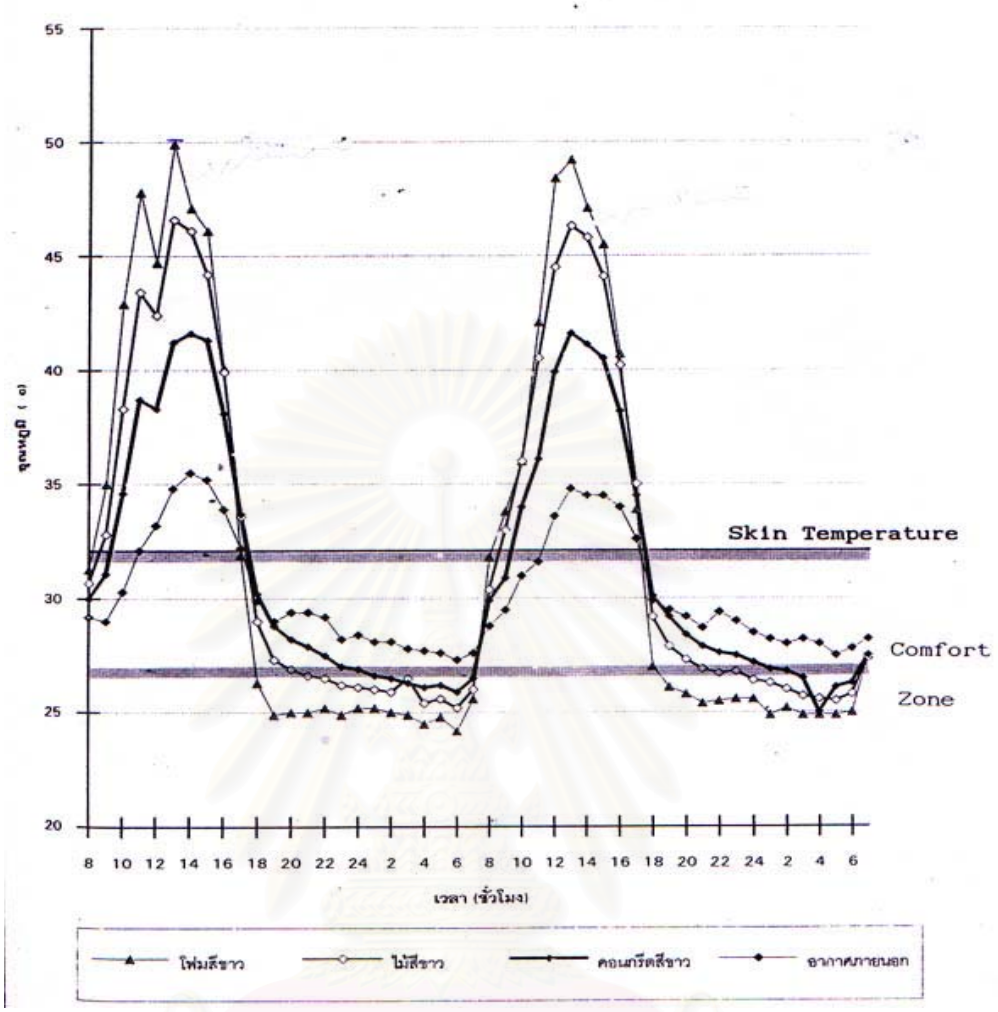
จะพบว่า สีผิวหรือค่า Absorption มีผลมากต่ออุณหภูมิวัสดุในช่วงเวลากลางวัน แต่ในช่วงเวลากลางคืน การคายความร้อนของวัสดุมีค่าใกล้เคียงกับวัสดุ จึงมีอุณหภูมิที่ผิวไม่แตกต่างกันในช่วงเวลาดังกล่าว



แผนภูมิ 2.8 แสดงอุณหภูมิผิววัสดุเปรียบเทียบระหว่างคอนกรีตผิวเรียบและคอนกรีตผิวขรุขระ กรณีวางบนดิน

ที่มา: แผนภูมิที่ 13 นิสรา อารุณี,"การศึกษาอุณหภูมิที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารในเชิงความสัมพันธ์กับมวลสาร สี และพื้นผิววัสดุ," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538), หน้า 79.

จากแผนภูมิที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า วัสดุที่มีลักษณะพื้นผิวขรุขระ จะมีพื้นที่รวมในการแผ่รังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้ามากกว่าพื้นที่ผิวเรียบ ในขนาดพื้นที่เท่ากัน จึงทำให้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน



แผนภูมิ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวโฟม ไม้ คอนกรีตสีขาว กรณีวางบนดิน
ที่มา: แผนภูมิที่ 4 นิสรา อารุณี,"การศึกษาอุณหภูมิที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารในเชิงความสัมพันธ์กับมวลสาร สี และพื้นผิววัสดุ," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย, 2538), หน้า 56.

จากแผนภูมิ แสดงให้เห็นว่า วัสดุมีมวลสารต่างกัน 3 ขนาด คือ โฟม ไม้และคอนกรีต (เรียงจากน้อยไปมาก) นำไปรับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ พบว่า วัสดุที่มีมวลมากจะมีช่วงสูงสุด และต่ำสุดน้อยกว่าวัสดุที่มีมวลน้อย นั่นหมายถึง วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีการสะสมความร้อนมากกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงเป็นไปอย่างช้าๆ

2.2.2 มวลสารกับการลดอุณหภูมิของวัสดุ

มวลสารมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิวัสดุปูพื้น ในเรื่องของการสะสมความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

1) การสะสมความร้อน

เมื่อมวลสารได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เท่ากันในช่วงเวลากลางวัน วัสดุจะกักเก็บความร้อนไว้จนเต็มมวลสาร ทั้งนี้ปริมาณความร้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุ เช่น เม็ดทราย 1 เม็ด เทียบกับ ก้อนหินใหญ่ 1 ก้อน เม็ดทรายและก้อนหินมีมวลสารต่างกัน ดังนั้นวัตถุจะมีความสามรถกักเก็บความร้อนได้ต่างกัน เมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เท่าๆกัน เม็ดทรายมีค่าความจุความร้อนน้อย ดังนั้น เม็ดทรายจะเปล่งรังสีความร้อนออกมาเร็วกว่าก้อนหินใหญ่ ส่วนก้อนหินใหญ่จะร้อนช้ากว่า เนื่องจากมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ จนกว่าจะให้ความร้อนไปจนเกินความสามารถกักเก็บความร้อนได้ วัสดุก็จะเปล่งความร้อนส่วนเกินออกมา

ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity)	=	ความหนาแน่น (Density)	*	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)

ความสามารถกักเก็บความร้อน (Thermal Storage Capacity)	=	ความหนาแน่น (Density)	*	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)	*	ค่าการนำความร้อน (Conductivity)

Material		Specific Heat หน่วย Btu / lb. ^{0}F	Density หน่วย lb. / ft^3
Low Mass	เหล็ก	0.12	450
	อลูมิเนียม	0.21	171
	ไม้	0.39	35.6 - 41.2
Medium Mass	อิฐ	0.19	120
High Mass	คอนกรีต	0.19 - 0.24	144
	หิน	0.19	180

ตาราง 2.4 แสดงการเปรียบเทียบมวลสารประเภท Low, Medium และ High Mass

ที่มา : ตารางที่2-6 (ณัฐิยา ทองมี, 2543: 45.)

จากสมการ ความหนาแน่นของวัสดุ คือ อัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักของวัสดุ และปริมาตรของวัสดุ (น้ำหนัก/ปริมาตร) วัสดุมีน้ำหนักน้อยหรือมวลสารน้อยในขณะที่ปริมาตรเท่ากันจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนน้อยกว่า นั่นหมายความว่า วัสดุที่มีมวลน้อยจะสามารถร้อนขึ้นหรือเย็นลงได้อย่างรวดเร็วกว่าวัสดุที่มีมวลมาก หรืออธิบายได้อีกอย่างว่า วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง ก็จะมีความสามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก

การเปลี่ยนอุณหภูมิโดยไม่เปลี่ยนสถานะ[1]

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

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

สาร	ค่าความจุความร้อนของน้ำ	
	ระบบ S.I.เป็น J/kg$^{\circ}$K	ระบบ c.g.s.เป็นCal/g$^{\circ}$C
น้ำ (15°C)	4.18 x 10^3	1.000
น้ำ (0°C)	4.22 x 10^3	1.007
ไอน้ำ (150°C,1 บรรยากาศ)	1.98 x 10^3	0.472

ตาราง 2.5 แสดงค่าความจุความร้อนของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ

ที่มา: อภิชัย ธีระรังสีกุล, คู่มือฟิสิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพ: โรงพิมพ์PSP, 2540), หน้า 170.

[1] อภิชัย ธีระรังสีกุล, คู่มือฟิสิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพ: โรงพิมพ์PSP, 2540), หน้า 170.

จากสูตร จะพบว่าวัสดุที่มีมวลสารเท่ากัน เมื่อให้พลังงานกับวัสดุเท่ากัน วัสดุที่มีมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากกว่าวัสดุที่มีมวลสารมาก ดังนั้นสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า มวลสารของวัสดุปูพื้นที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุต่างกัน

2) การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag)

โดยทั่วไปวัสดุที่มีมวลสารมากจะสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้ในระยะเวลาที่นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ความร้อนที่ผ่านวัสดุนั้นจะถูกสะสมอยู่ในมวลสารภายในก่อน เมื่อมวลสารภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยรอบหรือสะสมจนถึงขีดความสามารถในการกักเก็บความร้อนแล้วปริมาณความร้อนที่เหลือจึงถ่ายเทมายังด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าของวัสดุต่อไป

การกักเก็บความร้อนเป็นส่วนหนึ่งในคุณลักษณะพื้นฐานของวัสดุมากมายหลายชนิด ซึ่งความสามารถกักเก็บความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับค่าความร้อนจำเพาะ (Spcific Heat) กับความหนาแน่นของวัสดุ (Density) (Bansal, N.K, 1994: 52)

เมื่อเริ่มให้ความร้อนแก่วัสดุ วัสดุจะสะสมความร้อนนั้นไว้จนเต็มความสามารถ ที่วัสดุจะสามารถเก็บไว้ได้อีกต่อไป วัสดุจึงเปล่งรังสีความร้อนส่วนที่เกินออกมา ช่วงเวลานี้เรียกว่าระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน นอกจากนี้ ระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนยังขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนอีกด้วย โดยระยะเวลาต่อชั่วโมง สามารถคำนวณได้จากสูตร (Watson, Donald, 1983: 152)

$$\text{Time Lag (Hour)} = 1.38 \times \text{Thickness} \times \sqrt{\text{Heat Capacity (Btu / cu.ft.}^{\circ}\text{F)} \,/\, \text{Conductivity (Btu.ft./hr.ft}^{2}.^{\circ}\text{F)}}$$

2.3 การทำความเย็นให้กับผิววัสดุปูพื้นโดยการระเหย

การทำความเย็นกับผิววัสดุปูพื้นโดยการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุนั้น เป็นการลดความร้อนที่สะสมที่ผิววัสดุโดยการทำให้ความร้อนนั้นสูญเสียไปโดยการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของสารใดๆ จะต้องอาศัยพลังงานจำนวนหนึ่งในการสลายพันธะของโมเลกุล ดังนั้นสามารถอธิบายถึงการระเหยของน้ำได้ดังนี้

2.3.1 ทฤษฎีการระเหย

จากการสังเกตบนถนนหรือทางเดินที่แฉะจะแห้งอย่างรวดเร็วหลังจากฝนตกได้ไม่นานในฤดูร้อน หรือส่วนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่หกเรี่ยราดจากการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงจะหายไปอย่างรวดเร็ว การที่ถนนหรือน้ำฝนหรือน้ำมันเชื้อเพลิงหายไปอย่างรวดเร็วนั้น เกิดจากการเปลี่ยนสถานะของสาร จากสถานะของเหลวไปเป็นสถานะก๊าซ กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดขึ้นอย่างช้าๆจากของเหลวไปเป็นก๊าซ เรียกว่า การระเหย ทฤษฎีจลน์เชิงโมเลกุล[1] สามารถอธิบายการระเหยได้เช่นเดียวกับการแพร่ดังนี้

เนื่องจากโมเลกุลของของเหลวมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โมเลกุลจึงมีพลังงานจำเพาะส่วนหนึ่ง เมื่อโมเลกุลชนกันพลังงานจะสามารถถ่ายโอนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งได้ ถ้าโมเลกุลที่อยู่ในบริเวณพื้นผิวของของเหลวถูกชนด้วยโมเลกุลที่เคลื่อนที่ขึ้นสู่บนพื้นผิว โมเลกุลที่อยู่ในบริเวณพื้นผิวอาจได้รับพลังงานจากการชนเพียงพอที่จะหนีออกจากของเหลวได้ (จากรูปที่ 2.3) ลักษณะการถ่ายโอนพลังงานจากโมเลกุลหนึ่งไปอีกโมเลกุลหนึ่งมีความคล้ายคลึงกันกับการแทงบิลเลียด เมื่อลูกบิลเลียดลูกหนึ่งไปกระทบอีกลูกหนึ่งจะมีการถ่ายโอนพลังงานให้ทำให้ลูกบิลเลียดที่ถูกกระทบเคลื่อนที่ได้

รูปที่2.3 แสดงการถ่ายเทพลังงานของโมเลกุลบริเวณพื้นผิวของของเหลว

ที่มา: สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี, เคมี ม.4. (กรุงเทพฯ: ธีรพงศ์การพิมพ์, 2541), หน้า118.

---

[1] สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี, เคมีม.4 (กรุงเทพฯ: ธีรพงศ์การพิมพ์), 2541, หน้า117.

ดังนั้นเมื่อโมเลกุลได้รับพลังงานจำนวนหนึ่ง ซึ่งมากเพียงพอในการผลักให้โมเลกุลหลุดออกจากผิวของของเหลว ก็จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การระเหย เกิดขึ้น พลังงานที่ใช้ในการผลักโมเลกุลนี้เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent Heat)

การเปลี่ยนรูปของน้ำในอากาศในลักษณะต่างๆจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนในอากาศ พลังงานในการที่ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิ เรียกว่า ความร้อนจำเพาะ (Sensible Heat) และเมื่อน้ำเกิดการระเหยจะใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะในขณะที่อุณหภูมิของเหลวไม่เพิ่มขึ้น

2.3.2 ค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ

การเปลี่ยนสถานะของวัตถุโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน[2] ปริมาณความร้อนที่ให้กับวัตถุในช่วงนี้เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร มิใช่เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

$$Q = m * L$$

Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (J หรือ cal)

m = มวลร้อนของวัตถุ (kg หรือ gm)

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

สาร	ความร้อนแฝงจำเพาะ	
	ระบบ S.I.เป็น J/kg	ระบบ c.g.s.เป็นCal/g
น้ำ	2256×10^3	536 หรือ 540
น้ำแข็ง	333×10^3	80

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความร้อนแฝงจำเพาะ

ที่มา: ปรับปรุงจาก อภิชัย ธีระรังสีกุล, คู่มือฟิสิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพ: โรงพิมพ์PSP, 2540), หน้า 172.

[2] อภิชัย ธีระรังสีกุล, คู่มือฟิสิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพ: โรงพิมพ์PSP, 2540), หน้า 171-172.

จากตารางแสดงค่าความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ จะพบว่า ถ้าน้ำสามารถเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ หรือระเหยที่ผิวของวัสดุได้มากเท่าไร ก็จะใช้ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างไปเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นถ้ามีน้ำบนผิวด้านบนของวัสดุปูพื้นมาก และน้ำสามารถระเหยที่ผิวบนของวัสดุได้มาก ผิววัสดุตรงส่วนนั้นก็จะมีอุณหภูมิลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้น ในกรณีที่ได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น

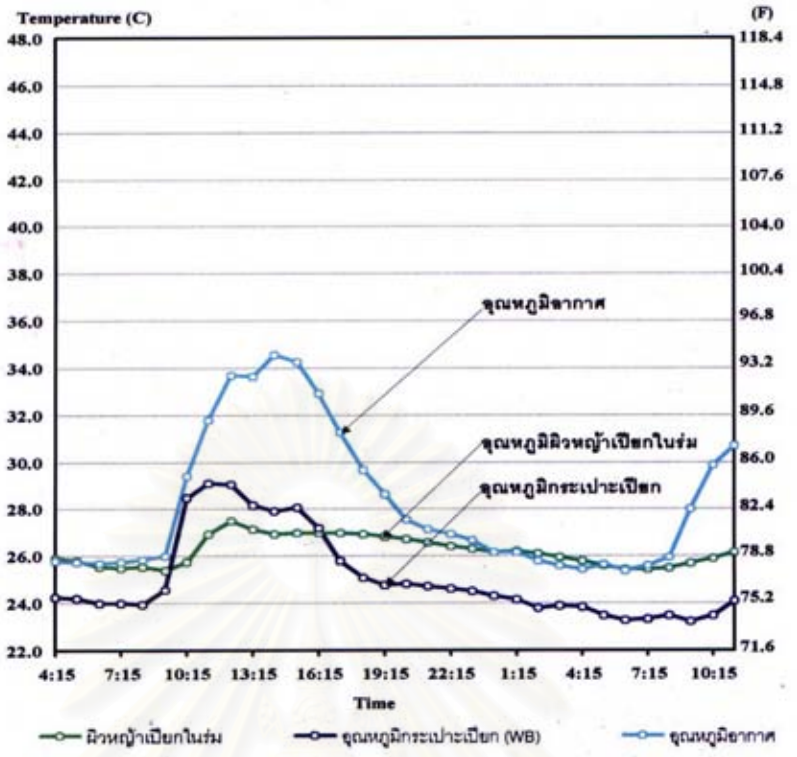
2.3.3 **ค่าอุณหภูมิน้ำระเหย**

ค่าอุณหภูมิน้ำระเหย หรือเรียกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) หมายถึง ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถบันทึกได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์หรือเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดอื่นๆซึ่งตัวรับรู้ (Sensor) ถูกห่อหุ้มด้วยผ้าหรือสำลีชุบน้ำและมีความเร็วลมหรืออากาศพัดผ่านจนทำให้เกิดการระเหยของน้ำในบริเวณนั้น อันเป็นผลทำให้อุณหภูมิจากกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์หรือตัวรับรู้นั้นเย็นลงจนถึง จุดคงที่ และและอ่านค่าอุณหภูมิที่อ่านนั้นได้คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก

จากการศึกษาการออกแบบการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน (สุนทร บุญญาธิการและบัณฑิต เอื้ออาภรณ์,2539 อ้างในเทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน, 2542: 74) พบว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียก จะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) โดยในช่วงที่มีอากาศร้อนจัด อุณหภูมิผิวหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก เพราะดินที่เย็นมีการกักเก็บความเย็นไว้ได้มากกว่าอุณหภูมิจึงไม่มีความแปรปรวนตามสภาพอากาศภายนอก (อุณหภูมิกระเปาะแห้ง)

นั่นสามารถอธิบายได้ว่า ถ้ามีปริมาณน้ำที่เพียงพอ และมีการระเหยของน้ำในอัตราที่สูงเพียงพอต่อการดึงเอาความร้อนที่เพิ่มเข้ามา ออกไปได้ อุณหภูมิผิวของวัสดุก็จะไม่มีการแปรปรวนมากนักจากสภาพอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม อุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิอากาศ

ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านเพื่อการประหยัดพลังงาน (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542), หน้า 75.

2.3.4 วัสดุและการดูดซับความชื้น

งานวิจัยนี้ อาศัยหลักการเลือกวัสดุที่พิจารณาที่ค่าการดูดซับน้ำ หรือการเลือกวัสดุเพื่อให้เกิดการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าการดูดซับความชื้นแตกต่างกัน เมื่อมีโมเลกุลของไอน้ำที่ผิวบนของวัสดุมากเท่าไร โอกาสที่ไอน้ำจะเกิดการระเหยออกจากผิววัสดุด้านบน และดึงความร้อนออกจากผิววัสดุก็จะมากขึ้น ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาจากลักษณะของวัสดุดูดความชื้นหรือรู้จักกันโดยทั่วไปว่า สารดูดความชื้น (Adsorbents) ซึ่งมีทั้งในรูปแบบของของเหลว และของแข็ง ตัวอย่างสารดูดความชื้นที่เป็นของแข็งมีหลายชนิด เช่น ซิลิก้าเจล (Silica Gel) ซีโอไลท์ (Zeolites) ซีโอไลท์สังเคราะห์ (Synthetic Zeolite) คาร์บอน (Cabon)โพลีเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymers) เป็นต้น

- **ความหมายของสารดูดความชื้น**

สารดูดความชื้นคือสารที่มีพื้นผิวต่อหน่วยของมวลสารมาก โดยสารดูดความชื้น 1 กรัมจะมีพื้นผิวมากกว่า 4,600 ตารางเมตร (Ashrae, 2001: 22.4) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบให้เห็นภาพได้กับ พื้นผิวของเม็ดทรายบนหาดทราย ของเหลวหรือไอน้ำสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างระหว่างเม็ดทราย ซึ่งช่องว่างนี้คือ ช่องคาปิลารี่ ของสารดูดความชื้นนั่นเอง ความชื้นจำนวนมากมายจะถูกบรรจุอยู่ในช่องว่างคาปิลารี่โดยการกลั่นตัว (Condensation)

- **พฤติกรรมของการดูดซับ** (Ashrae, 2001: 22.4)

ลักษณะการดูดซับความชื้นของสารดูดความชื้นที่เป็นของแข็ง การดูดซับความชื้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1) พื้นที่ผิวทั้งหมดของสารดูดความชื้น
2) ปริมาตรของช่องว่างคาปิลารี่ในเนื้อวัสดุ
3) เส้นผ่าศูนย์กลางของช่องคาปิลารี่

พื้นที่ผิวที่มีจำนวนมาก จะให้ความสามารถการดูดซึมน้ำต่ำในช่วงเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ แต่ปริมาตรของช่องว่างคาปิลารี่ที่มาก จะสามารถเกิดการกลั่นตัวของน้ำในวัสดุได้มาก ซึ่งจะทำให้มีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้สูงกว่า ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดคาปิลารี่ จะเป็นตัวกำหนดขนาดโมเลกุล ของสารที่ถูกดูดซับซึ่งจะเป็นส่วนที่บอกได้ว่า โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะสามารถคงอยู่ในเนื้อวัสดุดูดซับได้หรือไม่

สรุปได้ว่า วัสดุที่มีขนาดเท่ากัน ถ้าวัสดุมีความหนาแน่นมากจะมีความสามารถดูดซับความชื้นได้น้อย เพราะวัสดุจะมีรูพรุนในเนื้อวัสดุน้อยลง ส่วนวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย ก็จะมีรูพรุนในเนื้อวัสดุมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การเพิ่มความชื้นให้ผิววัสดุด้านบนโดยการใช้น้ำค้าง

การเกิดน้ำค้างตามธรรมชาติจะเกิดขึ้นเมื่อผิววัสดุมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point) ดังนั้น เมื่อเวลากลางคืน วัสดุไม่ได้รับความร้อนและมีการคายความร้อนสู่ท้องฟ้าจะเป็นผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุลดลง เมื่อเป็นเช่นนี้จะทำให้ผิววัสดุมีความเปียกชื้นอยู่เสมอ ในช่วงเวลากลางคืนจนกระทั่งช่วงเวลาที่มีอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ ไอน้ำที่เกาะอยู่ที่ผิววัสดุก็จะเกิดการระเหย เป็นผลทำให้ผิววัสดุเย็นลง

จากการศึกษางานวิจัยเทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุมุงหลังคา เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง[3] พบว่าน้ำค้างจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ ไอน้ำในอากาศกระทบกับพื้นผิววัสดุที่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวที่ต่ำนี้เป็นผลจากการคายรังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้าซึ่งเป็นแหล่งความเย็นขนาดใหญ่ในช่วงเวลากลางคืน ปรากฏการณ์การเกิดน้ำค้างนี้แสดงให้เห็นว่าทรัพยากรน้ำมีอยู่รอบตัวเรา ปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นในแต่ละคืนจะมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับภูมิภาคที่ขาดแคลนน้ำของประเทศไทย ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดบทบาทใหม่ในการออกแบบหลังคาเพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำค้าง สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้นของประเทศไทย

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 1) การทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดน้ำค้าง 2) การทดลองหาแนวทางการออกแบบและเลือกวัสดุเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำค้างให้แก่หลังคา โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ วัสดุหลังคา มุมเอียงหลังคาที่เหมาะสมกับการเกิด การไหลของปริมาณน้ำค้าง ทิศทางการวางหลังคา และรูปแบบการติดตั้งหลังคา 3) การวิเคราะห์หาเทคนิคแนวทางเพื่อประยุกต์ใช้น้ำค้าง สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้นของประเทศไทย

ในช่วงเวลากลางคืน ผิวหลังคาจะมีการคายรังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า จนมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิจุดน้ำค้างตามลำดับ การลดลงของอุณหภูมิผิวนี้จะมีความแตกต่างวัสดุหลังคาที่ต่างกัน วัสดุหลังคาที่ทำจากอลูมิเนียมอะโนไดซ์มีปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นมากที่สุดเนื่องจากมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างมากที่สุด การเอียงหลังคาทำมุม 15 องศากับแนวราบของวัสดุอลูมิเนียมอะโนไดซ์จะมีความสมดุลระหว่างการเกิดการไหลของปริมาณน้ำค้าง การวางหลังคาในทิศทางตรงข้ามกับลมที่พัดผ่านผิวหลังคาในช่วงเวลากลางคืนจะมีปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นมากกว่าการวางในทิศทางที่รับลมโดยตรง เนื่องจากได้รับอิทธิพลความร้อนจากลมที่พัดผ่านผิวน้อยกว่าการวางในทิศทางที่รับลมโดยตรง รูปแบบหลังคาที่มีการติดตั้ง

---

[3] ณัฐิยา ทองมี, เทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุหลังคาเพื่อประโยชน์จากน้ำค้าง (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.)

ฉนวนกันความร้อนใต้แผ่นหลังคาสามารถเพิ่มปริมาณน้ำค้างได้ เนื่องจากสามารถลดอิทธิพลการนำความร้อนใต้แผ่นหลังคา ผลจากการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณน้ำค้างในเบื้องต้นได้แก่ สภาพท้องฟ้า ค่าการคายรังสีของหลังคา ค่ามุมที่เปิดสู่ท้องฟ้าของหลังคา ความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิอากาศ

จากการวิจัยสามารถสรุป หลักการเลือกวัสดุเพื่อให้เกิดน้ำค้างได้ว่า อาศัยหลักการของการทำให้วัสดุมีอุณหภูมิต่ำที่สุด โดยเลือกใช้วัสดุ ดังนี้

1. เลือกใช้วัสดุเคลือบผิวที่มีค่าการคายรังสีมากกว่า 0.9 โดยค่าการคายรังสีพิจารณาจากช่วงความยาวคลื่น ช่วง 8 – 13 ไมครอน เนื่องจากวัสดุสามารถคายความร้อนกลับสู่ท้องฟ้าได้ดีที่สุด
2. เลือกใช้วัสดุเคลือบผิวที่เหมาะสม โดยลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระจะมีความสามารถในการคายความร้อนมากกว่าลักษณะพื้นผิวเรียบ
3. เลือกใช้วัดสุที่มีมวลสารน้อย เพื่อความเร็วในการคายความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง[4] (Dew Point Temperature)

คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงเท่าเดิม และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100 เปอร์เซนต์ แสดงว่า ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือ ไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีก หากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ สภาวะดังกล่าวจึงเรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่พื้นผิวของวัสดุใดๆ มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างจะทำให้เกิดหยดน้ำบนพื้นผิววัสดุนั้น

การกลั่นตัวที่พื้นผิว (Surface Condensation)

เมื่ออากาศที่ไม่ถึงจุดอิ่มตัวมากระทบพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อากาศส่วนที่สัมผัสกับผิววัสดุที่มีอุณหภุมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างของมันจะอิ่มตัวและไอน้ำที่อากาศไม่สามารถรับได้อีกต่อไปจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่ผิววัสดุนั้น

การกลั่นตัวไม่จำเป็นต้องเกิดในบริเวณที่ไอน้ำถูกสร้างขึ้น แต่จะเกิดในที่ที่มีพื้นผิวอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด และจะเกิดในบริเวณที่มีพื้นผิวอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

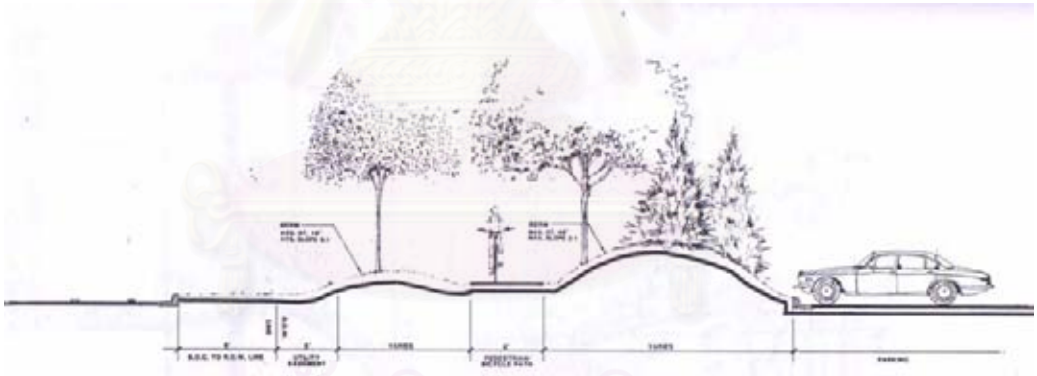
---

[4] Lstiburek and Carmody, Moisture Control Handbook:Principles and Practices for Residentials and Small Comercial Buildings, (New York: Van Nostrand Reinhold, 1993) P. 6.

2.5 สภาวะแวดล้อมกับการลดความร้อน

อิทธิพลของสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ช่วยลดความร้อนในอากาศ เนื่องจากต้นไม้จะใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิต ต้นไม้ใช้การดูดน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำโดยการคายน้ำออกมาทางปากใบ กระบวนการดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200BTU) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตร เปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจประมาณการได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน (12ชั่วโมง) ถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่ง สามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้วแปลงสภาพน้ำให้เป็นไอ ในอัตราประมาณ 65 ลิตร/วัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือประมาณ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 72)

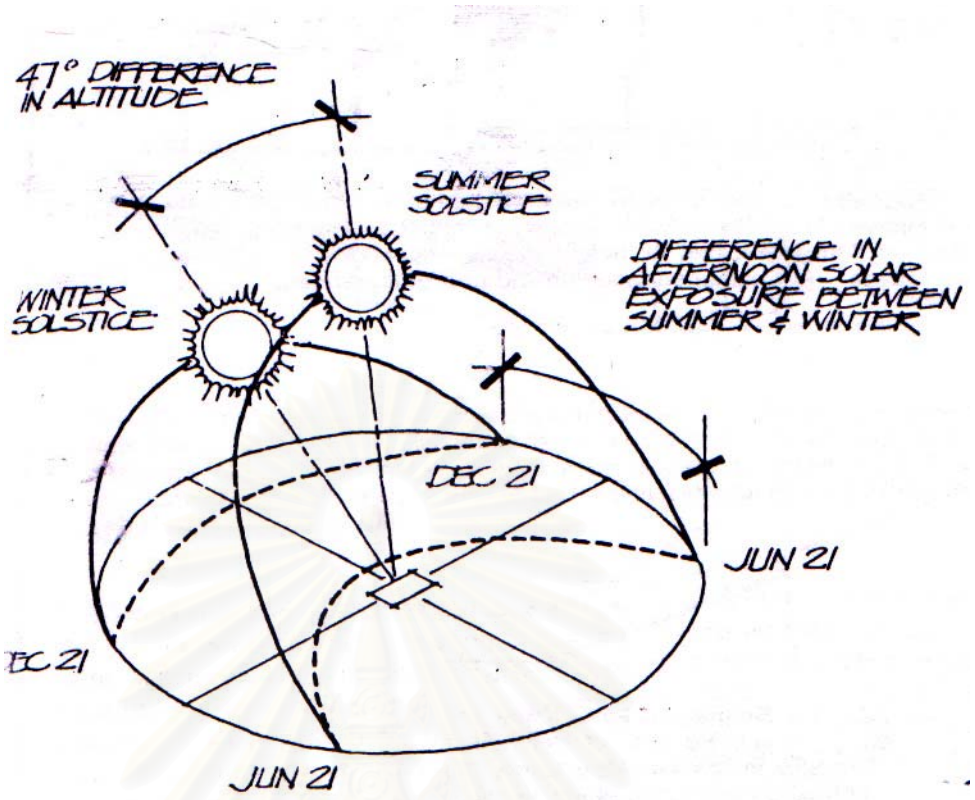
เมื่อต้นไม้ใหญ่แต่ละต้น สามารถช่วยลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้มากแล้ว ดังนั้นการปรับสภาพแวดล้อมโดยการใช้ต้นไม้ในการแปลงสภาพรังสีดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำจะช่วยให้อากาศในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง การพาความร้อนมากับโมเลกุลของอากาศลดลงทำให้วัสดุปูพื้นสะสมความร้อนลดน้อยลงด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงการนำต้นไม้ใหญ่มาปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิ

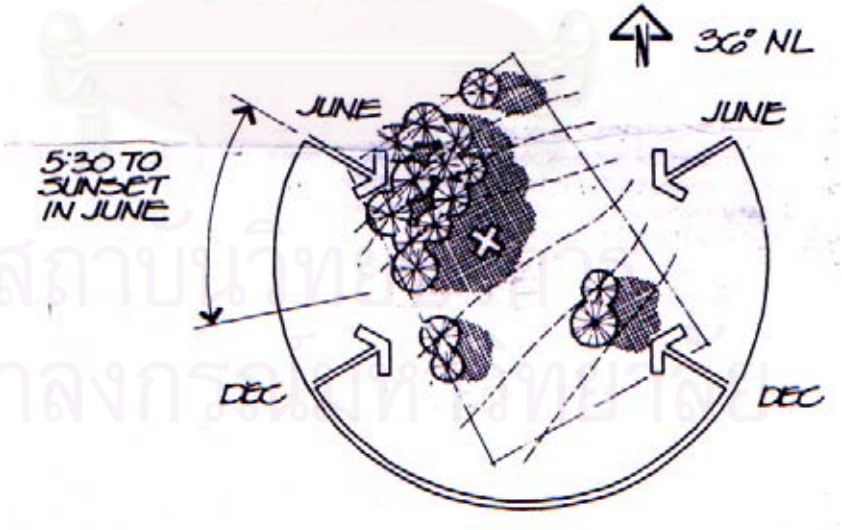
ที่มา: Walker, Theodore D., Planing design, 2nd ed. (New York: Van Nostrand Reinhold,1991), p. 151.

นอกจากนี้การใช้ต้นไม้เพื่อปรับสภาพแวดล้อมแล้ว ใบของต้นไม้ยังช่วยในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากแสงแดดโดยตรง และช่วยในการบังแสงแดดที่จะส่องลงมายังวัสดุปูพื้นโดยตรงในช่วงเวลากลางวันได้เป็นอย่างดีอีกด้วยหากมีการจัดวางตำแหน่งที่ให้ร่มเงาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งพิจารณาได้จากเส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.5 แสดงเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีความแตกต่างกัน ของช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว

ที่มา: Watson D., Climate Design (New York: McGraw-Hell Book, 1983), p.101.



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะร่มเงาของต้นไม้ที่มีทิศทางร่มเงาที่แตกต่างกัน ตามการโคจรของดวงอาทิตย์

ที่มา: Watson D., Climate Design (New York: McGraw-Hell Book, 1983), p. 89.

การปลูกต้นไม้ที่เป็นลักษณะกำแพงทรงสูงมีใบหนาทึบตั้งแต่โคนต้นไปจนถึงปลายยอด ทางตำแหน่งทิศใต้ของวัสดุปูพื้นจะทำให้เกิดร่มเงาตกทอดสู่วัสดุปูพื้นได้มาก เพราะจากทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ โดยส่วนใหญ่ของเวลาทั้งปี จะมีการโคจรอ้อมไปทางใต้นั่นหมายถึงช่วง[5] สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน ถึง 11 พฤษภาคม ส่วนช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรอ้อมทางทิศเหนือเล็กน้อย คือช่วงตั้งแต่ 21 พฤษภาคม ถึง 31 กรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนในระยะเวลาเพียง 2 เดือนเศษ ดวงอาทิตย์จะมีตำแหน่งที่โคจรตรงศีรษะเราในวันที่ 11 พฤษภาคม เวลา 12.00 น. และดวงอาทิตย์จะมีมุมโคจรที่ต่ำที่สุดกับระนาบพื้นโลกคือวันที่ 21 ธันวาคม เช่นช่วงเวลา 8.00 น. ดวงอาทิตย์จะทำมุมกับพื้นโลกเพียง 19องศา

เมื่อพิจารณาการคำนวณ ค่าอุณหภูมิผิวของวัสดุ Sol-air Temperature ซึ่งเป็นอุณหภูมิอากาศภายนอกที่อยู่ติดกับผิววัสดุเมื่อไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อน ที่มีผลทำให้เกิดการเทความร้อน โดยจำลองขึ้นมาให้มีค่าเทียบเท่ากับสภาวะที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้าที่มีผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า Sol-Air Temperature คือ (Ashrae, 1989: 26.4)

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

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

[5] ศึกษาเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์จาก Sun Chart ภาคผนวก ข หน้า 171

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

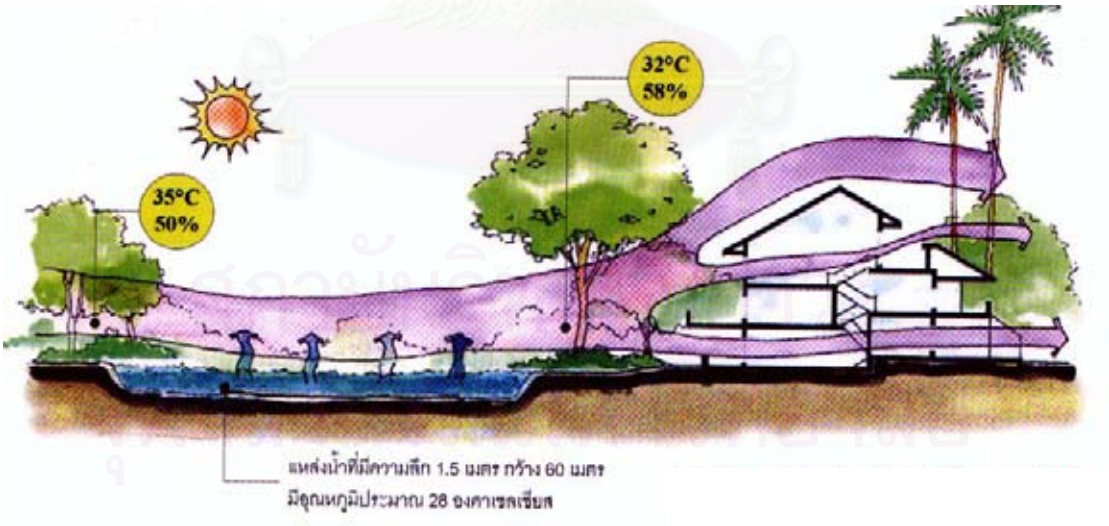
ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า มีหน่วยเป็น Btu/h*ft^2

ε = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว(ไม่มีหน่วย)

จะพบว่าอุณหภูมิผิววัสดุมีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีความร้อนที่ตกกระทบบนผิววัสดุ และการดูดซับความร้อนของวัสดุเป็นปัจจัยหลักสำหรับช่วงเวลากลางวัน ซึ่งในช่วงนี้ ΔR หรืออัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับท้องฟ้า จะมีค่าน้อยมากหรือเท่ากับศูนย์ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิผิวสูงขึ้น

ดังนั้นการลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นนอกอาคาร จึงควรมีการสกัดกั้นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่จะมาตกที่ผิววัสดุ และการเลือกวัสดุที่มีค่าการดูดซับรังสีต่ำจะช่วยทำให้อุณหภูมิผิววัสดุต่ำลง และนอกจากนี้การเพิ่มอัตราการคายรังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าซึ่งจะเกิดเฉพาะช่วงเวลากลางคืน จะช่วยทำให้ผิววัสดุมีอุณหภูมิที่ต่ำลงมากขึ้น

การบังเงาให้กับวัสดุปูพื้น โดยการใช้ร่มเงาของต้นไม้ และการจัดสภาพแวดล้อมให้อุณหภูมิอากาศเย็นลง ซึ่งก็จะทำให้อุณหภูมิที่ผิววัสดุลดลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.7 แสดงการลดอุณหภูมิของลมโดยการปรับแต่งสภาพแวดล้อม

ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ, <u>เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน</u> (กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542), หน้า 88.

2.6 ขบวนการลดความร้อนให้กับวัสดุปูพื้นนอกอาคาร

เนื้อหาดังต่อไปนี้จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ ความเป็นไปได้ ในการลดอุณหภูมิอากาศให้ลดลง และลดการแผ่รังสีความร้อนในส่วนพื้นที่ใช้สอยรอบนอกอาคาร เช่น ส่วนของเฉลียง ระเบียง ทางเดิน เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร องค์ประกอบต่างๆของพื้นที่ใช้สอยเหล่านี้เองที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างความเย็นให้กับอุณหภูมิของพื้นที่นอกอาคารได้ ซึ่ง Givoni (1994 :239-244) ได้เขียนไว้อย่างละเอียด โดยอาจกล่าวสรุปเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

2.6.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบกับภาวะความน่าสบายภายนอกอาคาร (Environmental Factors Affecting Comfort in Outdoor Space)

บ่อยครั้งที่ผู้ใช้อาคารมีความต้องการที่จะใช้พื้นที่ภายนอกอาคารที่อยู่บริเวณรอบตัวอาคาร เช่น สวนหย่อม เฉลียง หรือระเบียง เป็นต้น และปริมาณการใช้งานของพื้นที่ภายนอกอาคารนี้เอง ส่วนใหญ่มักขึ้นอยู่กับสภาพความน่าสบาย หรือไม่น่าสบายของบริเวณนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เขตร้อน บริเวณพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีการเปิดโล่งรับแสงแดด จะกลายเป็นส่วนที่มีอุณหภูมิสูงจนเกิดภาวะความไม่น่าสบายขึ้นจนไม่เป็นที่นิยมใช้พื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นหากมีการจำกัดหรือลดภาวะความไม่น่าสบายลงได้ ก็จะทำให้พื้นที่ว่างนอกอาคารถูกนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากขึ้น

โดยปกติ ผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารจะถูกปกป้องจากรังสีจากดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคารอยู่แล้ว ดังนั้นอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของพื้นที่ว่างในอาคารซึ่งจะไม่แตกต่างกับอุณหภูมิในห้องมากนัก ภายในอาคารปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจึงไม่ใช่ตัวแปรสำคัญ ที่จะส่งผลกระทบกับสภาวะน่าสบาย แต่การใช้พื้นที่ภายนอกอาคารนั้น จะต้องพบกับรังสีทั้งทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมซึ่งกระจายอยู่ในท้องฟ้า รวมถึงรังสีความร้อนที่ถูกสะท้อนจากพื้น และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนของพื้น และสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นๆ ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับพื้นที่นั้น

ในระหว่างช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิที่พื้นผิวโดยเฉพาะในบริเวณที่แห้งจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ และพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงนี้ก็จะแผ่รังสีคลื่นยาวซึ่งเป็นรังสีความร้อนมาสู่ผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น นอกจากนี้ในช่วงเวลาระหว่างวันที่ไม่มีลมพัด ความร้อนจากพื้นผิวยังจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่อยู่เหนือบริเวณนั้นๆประมาณ 1.00 เมตร มีอุณหภูมิสูงขึ้น

การลดความร้อนให้กับบริเวณพื้นที่ใช้งานนอกอาคาร จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบังแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ในการบังแสงแดดจากดวงอาทิตย์ควรจะ

ต้องมีลักษณะบางและน้ำหนักเบา โดยปกติอุณหภูมิที่ผิวบนของอุปกรณ์เหล่านี้จะมีอุณภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับสีของวัสดุนั้น นอกจากนั้นการทดสอบในหลายๆกรณีก็ชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวด้านใต้ของวัสดุบังแดดก็สูงกว่าอุณหภูมิอากาศด้วย นั่นก็หมายถึงว่าจะส่งผลกระทบต่อผู้ที่อยู่ใต้วัสดุบังแดดได้ด้วยเช่นกัน และบางครั้งการใช้ต้นไม้บังแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์อาจจะทำได้อย่างไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากแสงจะสามารถเล็ดลอดผ่านช่องว่างระหว่างพุ่มใบลงมายังพื้นได้ ด้วยเหตุนี้ประสิทธิภาพการบังแดดของต้นไม้จึงขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ อายุ และลักษณะการผลัดใบ ในช่วงฤดูต่างๆ

ดังนั้นหลักในการทำความเย็นให้กับพื้นผิวภายนอกอาคาร จึงควรเริ่มจากการลดรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นรังสีคลื่นสั้น และลดปริมาณการแผ่รังสีความร้อนซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว

- **ความแตกต่างระหว่างกระบวนการทำความเย็นภายในอาคารและภายนอกอาคาร** (Difference Between Cooling Methods Applicable to Building and to Outdoor Spaces)

ความแตกต่างระหว่างการทำความเย็นภายในอาคาร และภายนอกอาคาร เกิดจากความแตกต่างหลายตัวแปรของสภาพอากาศ ความแตกต่างจะเกิดขึ้นจาก ส่วนที่ปิดและส่วนที่เปิด หากเป็นอาคารจะเป็นสภาพที่มีลักษณะปิด และมีการลดอัตราการไหลเข้ามาของอากาศซึ่งมีอุณหภูมิสูงจากภายนอกอาคารแล้ว การลดปริมาณความร้อนก็สามารถทำได้โดยใช้ค่าการต้านทานความร้อนของเปลือกอาคาร และโดยปกติแล้วการลดอุณหภูมิในช่วงสูงสุดของวันภายในอาคาร ก็สามารถทำได้โดยการออกแบบอาคารที่เหมาะสม ส่วนพื้นที่ภายนอกอาคาร จะมีลักษณะที่เปิด อากาศมีการไหลเวียน ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิของอากาศจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิผิวของสิ่งแวดล้อม ดังนั้น แม้ว่าจะมีการทำความเย็นภายนอกอาคาร โดยการบังแดดด้วยวัสดุที่เหมาะสมแล้ว แต่ก็ยังมี ปริมาณความร้อนเข้ามาอยู่ นั่นเป็นสาเหตุมาจากลม ซึ่งพัดพาเอาความร้อนจากพื้นผิวของสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเข้ามานั่นเอง

ส่วนข้อแตกต่างอีกข้อหนึ่ง ของสภาพอากาศภายนอก กับภายในอาคารก็คือ ปริมาณของรังสีที่แผ่อยู่ในอากาศ ซึ่งในอาคารรังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์จะถูกสกัดกั้นจึงทำให้อุณหภูมิอากาศของวัน มีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายในห้อง แต่การคายรังสีความร้อนหรือรังสีคลื่นยาว จากพื้นโดยรอบอาคารที่มีอุณหภูมิสูงจะเป็นตัวการสำคัญในการเพิ่มปริมาณรังสีความร้อนให้กับห้อง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ควรมีการปรับปรุงพื้นที่ภายนอกอาคารเพื่อที่จะลดปริมาณรังสีความร้อนให้น้อยลง

การปรับลดอุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ส่วนมากแล้วไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงาน โดยอาจใช้ ต้นไม้ยืนต้น และไม้พุ่มที่ขึ้นอยู่โดยรอบพื้นที่ใช้สอยภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถช่วยลดการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ และลดรังสีคลื่นยาวที่ถูกแผ่ออกมาจากพื้นโดยรอบบริเวณได้ นอกจากนี้ยังอาจใช้การทำความเย็นอื่นๆเข้ามาช่วยในการลดอุณภูมิได้เช่น การระเหยของน้ำเป็นต้น

2.6.2 **ข้อควรพิจารณาโดยทั่วไปในการทำความเย็นให้พื้นที่ว่างนอกอาคาร** (General Considerations in Cooling Outdoor Spaces)

เมื่อพิจารณาถึงการออกแบบพื้นที่ว่างนอกอาคารให้เกิดความน่าสบาย สิ่งแรกที่ควรคำนึงถึงคือ การกำหนดการปรับปรุงพื้นที่เพื่อที่จะลดอุณหภูมิภายนอกอาคารให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อข้างต้น เช่นการให้ร่มเงา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำน้ำเข้ามาช่วยก็ถือว่าเป็นวิธีที่สำคัญวิธีหนึ่ง

แต่สิ่งที่จะต้องทำก่อนการลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร คือการลดอัตราการไหลของลมที่จะผ่านพื้นที่ภายนอกอาคารบริเวณนั้น เนื่องจากความร้อนส่วนใหญ่ที่ส่งผ่านเข้ามายังส่วนพื้นที่ทำความเย็นนอกอาคาร คือการพาความร้อนมากับโมเลกุลของอากาศซึ่งก็สามารถลดลงได้โดยการใช้องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนกั้นขอบเขตให้กับพื้นที่ใช้สอยนอกอาคารนั้นๆเช่น รั้ว กำแพง พุ่มไม้ แน่นอนการสกัดกั้นลมจะมีส่วนช่วยในการทำความเย็นมากขึ้น

การทำให้อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวลดลง อาจแยกพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1) **การให้ร่มเงา**

การให้ร่มเงาเป็นสิ่งแรกที่ควรกระทำในการทำความเย็นให้กับพื้นที่ภายนอกอาคาร ก็เนื่องมาจาก 2 เหตุผลใหญ่ๆคือ

- เพื่อป้องกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งส่งผลกระทบมากต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้น
- การใช้ร่มเงาในการลดอุณหภูมิ ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานในการทำ

อุปกรณ์ทั่วไปที่ถูกใช้ในการบังเงาให้กับพื้นที่ภายนอกอาคาร สามารถส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนได้ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิพื้นที่ผิวใต้อุปกรณ์บังเงามีอุณหภูมิสูง โดยรังสีดวงอาทิตย์จะสามารถส่งผ่านอุปกรณ์บังเงาได้ประมาณ 20% นอกจากนี้รูปทรงและขนาดของพื้นที่ก็มีผลต่อประสิทธิภาพการบังเงาด้วยยิ่งพื้นที่การบังเงามีขนาดเล็กเท่าไร ส่วนพื้นที่จะมีแสงส่องลงมาก็จะยิ่งมากขึ้น ซึ่งก็มีผลกระทบต่อการส่งผ่านแสงอาทิตย์เช่นกัน

2) อุณหภูมิที่อยู่ภายใต้การบังเงา

อุณหภูมิซึ่งวัดในส่วนใต้พื้นที่การบังเงาในช่วงเวลากลางวัน โดยปกติจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเสมอ ยกเว้นการบังเงาโดยใช้ต้นไม้ เนื่องจากอุปกรณ์บังเงาจะดูดซับรังสีของดวงอาทิตย์ไว้ และการแผ่รังสีคลื่นยาวจากอุปกรณ์ดังกล่าวมาสู่คนที่ใช้พื้นที่นั้นๆ และกระทบต่อภาวะน่าสบายของมนุษย์นั่นเอง อุณหภูมิภายใต้อุปกรณ์บังเงายังขึ้นอยู่กับสี และค่าการนำความร้อนของอุปกรณ์ด้วย สีที่อ่อนกว่าและมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ ก็จะทำให้อุณหภูมิภายใต้อุปกรณ์ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากขึ้น แต่การบังเงาโดยการใช้ใบไม้ซึ่งมีความหนา เช่นต้นไม้ที่มีพุ่มใบหนาแน่น ระดับพุ่มใบในส่วนที่ต่ำกว่าจะถูกป้องกันจากรังสีดวงอาทิตย์จากระดับพุ่มไม้ส่วนบนที่ปกคลุม และจะถูกทำให้เย็นโดยการระเหยของน้ำ ดังนั้นอุณหภูมิของมันจะเข้าใกล้กับอุณหภูมิอากาศ หรือต่ำกว่าก็ได้

- <u>ปัจจัยที่ไม่สามารถปรับให้เกิดความสมดุลระหว่างการทำความเย็นด้วยลมและการทำให้อากาศภายนอกเย็นลง</u>

แนวความคิดเรื่องสภาวะน่าสบาย มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ

1. การทำให้เกิดภาวะน่าสบาย ด้วยประสิทธิภาพการทำความเย็นด้วยลม
2. การลดอุณหภูมิอากาศภายนอก

การลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารวิธีใดก็ตาม จะต้องการให้ลมร้อนทะลุทะลวงผ่านให้น้อยที่สุด ความขัดแย้งระหว่าง 2 ประการข้างต้นปรากฏอยู่เนื่องจาก การลดปริมาณการไหลผ่านของลมในส่วนพื้นที่เปิดโล่ง โดยปกติมักประสบความสำเร็จโดยเครื่องมือที่ถูกกำหนด การสกัดกั้นลมไม่สามารถจะปิดหรือเปิดให้ลมผ่านได้เหมือนกับในอาคารเนื่องจากพื้นที่ภายนอกไม่มีหน้าต่างเพื่อการเปิดปิด สกัดกั้นลม ดังนั้น พื้นที่ที่มีการปิดล้อมโดยรั้วธรรมชาติ เช่น พุ่มไม้ เนินดิน การทำความเย็นด้วยลม จะถูกลดปริมาณลง

ในเขตที่แห้งแล้ง ทางเลือกระหว่าง 2 แนวข้างต้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสูงสุดของพื้นที่ละแวกนั้น ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูงสุดไม่ถึง 30 องศาเซลเซียส ลมจะมีผลอย่างมากต่อองค์ประกอบภาวะน่าสบาย ในส่วนที่มีการบังเงาและขณะที่เปิดให้มีลมพัดผ่าน จะกลายเป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่จะลดความร้อน ส่วนในที่ที่มีอุณหภูมิช่วงกลางวันสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส แต่มีความชื้นต่ำ (ในที่นี้หมายถึง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50 %) การใช้น้ำในการลดอุณหภูมิและการกำบังลม ควรที่จะถูกนำมาใช้

2.6.3 **การลดอุณหภูมิผิวในส่วนที่มีการบังเงา** (Lowering the Surface Temperature in Shaded Outdoor Spaces)

การปรับปรุงพื้นที่ใช้งานนอกอาคาร ในการลดอุณหภูมิผิวลงในส่วนพื้นที่ในร่ม เพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณนั้น มีพื้นฐานมาจากการทำความเย็นโดยการระเหยของน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

1. การลดอุณหภูมิขององค์ประกอบซึ่งล้อมรอบพื้นที่นั้น
2. การทำความเย็นให้กับวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

1. **การลดอุณหภูมิขององค์ประกอบต่างๆในสิ่งแวดล้อมรอบพื้นที่นั้น** (Lowering the Temperature of Elements Surrounding the Space)

เพื่อที่จะลดการแผ่รังสีความร้อนจากการสะท้อนรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์และลดการคายรังสีจากพื้นที่โดยรอบบริเวณแล้ว พื้นที่ที่จะทำความเย็นควรจะถูกล้อมรอบด้วยองค์ประกอบที่จะสามารถกักเก็บความเย็นให้ต่ำลงกว่า ซึ่งอาจเป็นลักษณะของกำแพง ไม้พุ่มสูง เนินดิน หรือพื้นที่นั้นอาจถูกกดให้ต่ำกว่าระดับของดินเดิม

รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะกำแพงกันลมตามธรรมชาติ

และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อองค์ประกอบโดยรอบบริเวณพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น ถูกปกคลุมโดยพืชคลุมดินแล้ว อุณหภูมิของพื้นที่นั้นก็จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศ เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนลดน้อยลง และยิ่งไปกว่านั้น หากพื้นที่ผิวของสิ่งต่างๆโดยรอบมีความเปียกชื้น ในขณะที่อยู่ร่มเงาอุณหภูมิของพื้นที่ส่วนนั้นจะลดลงเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ซึ่งในเขตร้อนอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเสมอ และถ้าองค์ประกอบของสิ่งที่อยู่รอบพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น นั้นเป็นกำแพง คอนกรีต หรือหิน ก็อาจจะทำ

ให้มันเปียก หรือการทำให้น้ำไหลผ่าน ผิวของมัน โดยอาจออกแบบในรูปทรงแบบน้ำตกก็จะทำให้มีความเปียกชื้นโดยตลอดได้เช่นกัน

2. การทำความเย็นให้กับวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร (Cooling the Pavement)

ถึงแม้ว่าพื้นผิวภายนอกที่แห้งจะมีร่มเงาปกคลุมอย่างมีประสิทธิภาพตามที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นก็ตาม แต่อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุภายนอกอาคารส่วนใหญ่ก็ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่เช่นเดิม การทำความเย็นให้กับพื้นผิว โดยการให้ร่มเงาเป็นบริเวณกว้างกับพื้นที่นั้น จะสามารถลดความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสี จากพื้นผิวมาสู่พื้นที่ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม การทำความเย็นให้กับวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศในส่วนพื้นที่ที่มีการใช้งาน หากว่าพื้นที่ผิวนอกอาคารที่ถูกทำความเย็น ตรงส่วนนั้นมีขนาดเล็ก

จุดมุ่งหมายของการทำความเย็นให้กับพื้นผิว ก็คือการทำให้พื้นที่การทำความเย็นมีขนาดเพียงพอต่อการที่จะทำให้อุณหภมิอากาศโดยรวมมีการเปลี่ยนแปลง โดยความกว้างที่น้อยที่สุดจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 3 – 4 เมตร ด้วยเหตุนี้จะไม่มีความหมายเลยในการที่ลดอุณหภูมิผิวภายนอกอาคาร ในพื้นที่แคบๆ ซึ่งจะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศโดยรวมเพียงเล็กน้อย แต่มีข้อยกเว้นว่า หากพื้นที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารจะสามารถทำให้เย็นได้ โดยการทำให้เปียกชื้นอยู่ตลอดเวลาในระหว่างกลางวัน ซึ่งอาจเป็นการใช้สปริงเกอร์ทำให้สวนเปียกชุ่ม แต่วิธีการทำให้เปียกเหล่านี้จะไม่เป็นประโยชน์กับพื้นที่ด้านนอกอาคารที่ไม่มีส่วนปิดล้อม และ ขบวนการวิธีการทำความเย็นให้กับพื้นผิว ถูกพัฒนาโดย Prof. Asiain และ Dominguez ซึ่งได้รับการยอมรับที่งานแสดง ปี 92 ที่ Seville (Asiain1988, Dominguez1989) โดยการหมุนเวียนน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ผ่านใต้ผิววัสดุที่ร้อน แหล่งที่เป็นน้ำนี้อาจเป็น บ่อน้ำ ที่ถูกทำให้เย็นโดยการสเปรย์น้ำต่อเนื่องตลอดทั้งวันและคืนเป็นต้น หรืออาจเป็นอ่างน้ำขนาดเล็กที่อยู่ในร่ม และน้ำที่ไหลผ่านผนังรอบพื้นที่พักผ่อนซึ่งจะสามารถไหลต่อเนื่องไปใต้พื้นผิวและเข้าไปยังวัสดุปูพื้น

หลักการโดยส่วนใหญ่ดังที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นการอธิบายถึงลักษณะการลดความร้อน และกักเก็บความเย็นในส่วนของภูมิประเทศที่มีอากาศร้อนแห้ง ซึ่งสรุปได้ว่า ปัจจัยในการลดความร้อนให้กับพื้นที่ภายนอกรอบอาคารคือ การลดรังสีดวงอาทิตย์โดยการบังเงา ต่อจากนั้นเป็นการใช้ต้นไม้หรือองค์ประกอบต่างๆของดินที่เป็นเนินดิน หรือกำแพงต้นไม้ เป็นต้น เข้ามาใช้ในการป้องกันการทะลุทะลวงผ่านของลมร้อนให้มากที่สุดเพราะลมนั้นจะเป็นสาเหตุของความร้อนในส่วนพื้นที่แบบอากาศร้อนแห้ง และประการสุดท้ายคือ การทำความเย็นให้กับพื้นภายนอกโดยตรง เช่นการใช้น้ำในการพาความร้อนออกจากวัสดุเป็นต้น

2.7 การศึกษาประเภทของวัสดุปูพื้น และหลักการเลือกวัสดุปู

2.7.1 วัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

โดยปกติแล้ววัสดุปูพื้นที่อยู่ภายนอกอาคารนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียต่างๆกัน ทั้งในแง่ของความสวยงาม ความเหมาะสมกับลักษณะอาคาร รวมไปถึงความพึงพอใจส่วนบุคคลของเจ้าของอาคารและผู้ออกแบบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกทำการศึกษาถึงวัสดุปูพื้นที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไป และจะทำการแนะนำถึงที่มาพร้อมภาพประกอบการบรรยายถึงวัสดุที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย ดังต่อไปนี้

1. ศิลาแลง
2. หินทราย
3. อิฐดินซีเมนต์
4. อิฐดินเผา
5. คอนกรีตบล็อกปูพื้น
6. คอนกรีตมวลเบา

1. ศิลาแลง

การใช้ศิลาแลงเป็นวัสดุก่อสร้าง[6]

ศิลาแลงเป็นที่รู้จักกันในประเทศไทยเนื่องจากได้มีการนำมาใช้ในการก่อสร้างปราสาท ปรางค์ และศาสนสถาน โบราณสถานที่รู้จักกันดีก็คือ ปราสาทหินพิมาย ที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ต่อมาสมัยสุโขทัยนิยมใช้ศิลาแลงสร้างเจดีย์ ปรางค์ พระพุทธรูป จากรายงานการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาเบื้องต้นเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวจังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชรและตาก ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าเมืองโบราณที่กำแพงเพชรเป็นเมืองโบราณที่มีสิ่งก่อสร้างด้วยศิลาแลงที่ใหญ่ที่สุดในโลก

ศิลาแลงตามพจนากรมฉบับราชบัณฑิตยสถานอธิบายไว้ว่า “ศิลาแลงเป็นหินชนิดหนึ่งเมื่ออยู่ใต้ดินมีลักษณะอ่อนแต่เมื่อถูกลมแล้วแข็ง มีสีแดงอย่างอิฐเผา และเป็นรูพรุนเหมือนไม้เพรียงหิน”

---

[6]ธีระพันธุ์ ทองประวัติ, วีระพันธ์ อุปถัมภากุล, “การใช้ศิลาแลงเป็นวัสดุก่อสร้าง”, นิตยสารท้องถิ่น 27ฉบับ4(เมษายน 2530): 58-68.

การเกิดและคุณสมบัติของศิลาแลง

ศิลาแลงเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพของหินที่ผุกร่อนซึ่งอาจเป็นหินอัคนี หินแปร หรือหินตะกอน แล้วปนกับดินที่มีวัตถุธาตุที่เหมาะสม และมีการถ่ายเทของน้ำได้สะดวก โดยปกติแล้วถ้าดินที่ปกคลุมศิลาแลงอยู่ถูกชะล้างออกไปโดยขบวนการทางธรรมชาติ จะทำให้ศิลาแลงโผล่ขึ้นมาที่ผิวดินแล้วเปื่อยยุ่ยกระจายกลายเป็นดินลูกรัง

ศิลาแลงมีลักษณะคุณสมบัติทางเคมีและทางแร่ คือ ต้องมีองค์ประกอบจำพวกออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของเหล็กหรือของพวกอลูมินั่มอยู่สูง โดยสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งจะผสมกันในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไป

รูปที่2.9 ลักษณะของศิลาแลง

ประโยชน์ของศิลาแลง

ประโยชน์ของศิลาแลงมีมากมายหลายด้าน ใช้ในการก่อสร้างผนังของอาคารปูทางเดินและจัดสวนในท้องที่หลายแห่ง มีการนำมาสร้างเป็นถนนลูกรังหรือใช้รองพื้นถนนและรองพื้นสนามบิน นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้แก่อุตสาหกรรมเซรามิกเคลือบ และเป็นสารผสมทำกระเบื้องปูพื้น

ศิลาแลงที่มีอลูมินั่มมากพอประมาณร้อยละ 35-36 ใช้ทำสารส้มเพื่อขจัดสารแขวนลอยในน้ำประปาน้ำเสียและน้ำทิ้งให้ตกตะกอนรวมทั้งใช้เป็นวัสดุเจือปนในอุตสาหกรรมซีเมนต์

การใช้ศิลาแลงยังไม่กว้างขวางเท่าที่ควร อาจจะเป็นเพราะคุณสมบัติสู้คอนกรีตบล็อก หรืออิฐดินเผาไม่ได้ และศิลาแลงก็มีขนาดไม่ได้เท่ากัน เพราะใช้ขวานตกแต่ง ไม่ได้ใช้แบบ

พิมพ์ นอกจากนี้คุณสมบัติของศิลาแลงก็แตกต่างกันออกไปตามส่วนประกอบของแต่ละท้องถิ่น ศิลาแลงไม่ทนต่อดินฟ้าอากาศเท่าที่ควรถ้ามีความเปียกชื้นมากจะเปื่อยยุ่ยแต่ถ้าแห้งจัดจะแตกร้าว ศิลาแลงจึงเหมาะกับพื้นที่ที่มีความเปียกชื้นพอเหมาะจึงจะคงทน ศิลาแลงมีเหล็กประกอบอยู่มาก ถ้าถูกเสื้อผ้าจะเปื้อนติดแน่น จึงนิยมใช้เซลแล็กเคลือบผิวเสียก่อน และการที่ศิลาแลงมีความพรุนมาก อาจทำความสะอาดได้ยากแต่มีส่วนดีคือ สะสมความชื้นได้สูง สามารถใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

2. **หินทราย**

หินทรายที่นำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างนั้น ส่วนมากมักจะถูกนำมาใช้ในงานภูมิสถาปัตย์ ซึ่งจะใช้หินทรายเป็นวัสดุปูทางเดินภายนอกอาคาร เป็นส่วนประกอบในการจัดสวนภายนอกอาคาร หินทรายที่นำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างนี้เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ จากส่วนประกอบของทรายซึ่งอัดตัวกันแน่น โดยมีความหนาแน่นประมาณ 2900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หินทรายที่พบตามท้องตลาดโดยทั่วไป มีผิวหน้าด้านหนึ่งค่อนข้างเรียบกว่าอีกด้านหนึ่ง และมักถูกตัดให้มีขนาด 30 X 30 , 30 X 60 และ 40 X 40 เซนติเมตร

รูปที่ 2.10 ลักษณะของหินทราย

3. อิฐดินซีเมนต์

อิฐดินซีเมนต์ เป็นวัสดุที่ถูกสร้างขึ้นมาจากท้องถิ่น ก็เนื่องมาจากชาวบ้านในท้องถิ่นนั้นๆไม่สามารถแบกรับค่าใช้จ่ายในขณะนั้นจากวัสดุก่อสร้างที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น คอนกรีต อิฐ หรือไม้ และเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาวัสดุก่อสร้างราคาถูกจากท้องถิ่นโดยใช้แรงงานคนเป็นหลัก และใช้เทคโนโลยีอย่างง่ายๆ เพื่อให้ชาวบ้านสามารถทำขึ้นมาใช้เองด้วยการนำดินลูกรังซึ่งเป็นดินปนทรายชนิดหนึ่งที่มีอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

อิฐดินซีเมนต์ที่นำมาทดสอบ ได้มาจาก สหกรณ์การเกษตร เพื่อพัฒนาชนบทจักราช จำกัดซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา ขนาด 12.5 x 25 x 10 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 5.5 กิโลกรัม และขนาด 12.5 x12.5 x 10 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 2.75 กิโลกรัมต่อก้อน [7]

รูปที่ 2.11 ลักษณะของอิฐดินซีเมนต์

วัสดุใช้ทำอิฐดินซีเมนต์ [8]

วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินซีเมนต์ ประกอบด้วย ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ และน้ำ

- ดินลูกรัง ดินที่เหมาะสมในการทำอิฐนี้ เป็นวัสดุท้องถิ่นที่หาได้ง่ายในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ ซึ่งมีปรากฏเป็นหย่อมๆสลับกับดินประเภทอื่น ส่วนภาคกลางมีอยู่ทั่วไป ยกเว้นในรัศมี 100 กม. จากกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นดินที่เกิดจาก

---

[7] “เอกสารประกอบการออกแบบก่อสร้างอาคารอิฐดินซีเมนต์” โดยสหกรณ์การเกษตร เพื่อพัฒนาชนบทจักราช จำกัด.

[8] จิรพัฒน์ โชติไกร และวิชาญ ภู่พัฒน์. “อิฐดินซีเมนต์ผสมเหลว,” ใน วารสารเทคโนโลยีสุรนารี ปีที่ 11 ฉบับที่ 4 (นครราชศรีมา: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2533),

การทับถมของตะกอนดินเหนียวแถบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง การตรวจสอบคุณสมบัติของดินใช้วิธีการอย่างง่ายๆ โดยเลือกดินก้อนใหญ่ออก แล้วตวงด้วยภาชนะ เช่น ขัน ผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดิน = 1:6 หรือ1:7 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินในแต่ละแหล่ง เมื่อคลุกเคล้าผสมกันทั่วแล้ว ผสมน้ำลงไปจนสามารถที่จะเทเกลี่ยลงในแบบไม้สี่เหลี่ยมขนาด เท่าก้อนอิฐเล็กๆ หรือปั้นเป็นก้อนกลมๆ ขนาดเท่ากำปั้น วางทิ้งไว้ในที่ชื้น 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำ ถ้าหากก้อนดินตัวอย่างนั้นไม่ละลายน้ำ ก็แสดงว่าคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอิฐได้

- ปูนซีเมนต์ การทำอิฐดินซีเมนต์ทุกประเภทที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยทั่วไปมี 2 ประเภทคือ
  - ปูนซีเมนต์ประเภทซีลิก้าซีเมนต์ เช่น ตรางูเห่า ตราเสือ ตรานกอินทรีย์
  - ปูนซีเมนต์ประเภทปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เช่น ตราช้าง ตราพญานาค ตราเพชร
- น้ำ ควรเป็นน้ำที่เหมาะสำหรับผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างทั่วไป ส่วนใหญ่แล้ว น้ำบ่อ หนอง คลอง สระในชนบทที่ใสสะอาดไม่มีตะกอน และไม่มีความกระด้างมากเกินไป ก็สามารถนำมาใช้ผสมได้

การเตรียมดิน

ผึ่งดินที่คัดเลือกแล้วให้แห้งในร่ม หรือในหน้าร้อนก็ใช้วิธีตากให้แห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1.0 x 1.0 ซม. ซึ่งตียึดด้วยไม้เป็นกรอบสี่เหลี่ยม ผูกแขวน ใช้ร่อนดินเช่นเดียวกับการร่อนทรายที่ใช้ในการก่อสร้างโดยทั่วๆไป นำดินที่ผ่านตะแกรงมาใช้ผสมทำอิฐต่อไป

วิธีการทำก้อนอิฐ

1. ใช้ถังพลาสติกตวงดินที่ผ่านการร่อนแล้วมากองไว้
2. ตวงปูนซีเมนต์ ด้วยถังขนาดเดียวกัน ให้มีอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ 1 ถัง ต่อดิน 6-7 ถัง (ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินแต่ละแหล่ง) คลุกเคล้าส่วนผสมด้วยพลั่วหรือจอบ ให้เข้ากันอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ
3. ตวงน้ำใส่ในส่วนผสมให้เหลวพอเหมาะ ประมาณ 20 % ที่จะใช้เกรียงตักดินใส่ลงในแบบ ซึ่งทาด้วยน้ำมันเครื่องหรือน้ำมันโซล่า ที่เตรียมไว้

การหล่อดินในแบบควรพยายามอัดดินให้แน่น โดยใช้เกรียงกดแล้วปาดหน้าให้เรียบเสมอแบบ ผิวล่างของแบบควรเป็นพื้นราบเรียบ ซึ่งอาจปูด้วยแผ่นผ้าพลาสติก เมื่อถอดแบบแล้วจะได้ก้อนอิฐที่มีผิวหน้าเรียบสวยงาม หลังจากหล่อในแบบแล้วทิ้งไว้ 24 ชม. ก็แกะแบบออก บ่มก้อนอิฐที่ได้ด้วยกระสอบเปียกคลุมไว้ 7 วัน จึงนำไปใช้งาน อายุของก้อนอิฐถ้าทิ้งไว้นานวันก็จะมีความแข็งแกร่ง ความเสียหายที่เกิดจากการบิ่นแตกจะมีน้อยลงมาก

4. อิฐดินเผา

อิฐดินเผา เกิดจากการนำดิน มาทำให้เป็นก้อน จากนั้นนำมาเข้าเตาเผา สามารถหาได้ง่าย อิฐดินเผามีหลายชนิด เช่น อิฐมอญ ได้จากการทำก้อน ด้วยมือ, อิฐมอญมาตราฐาน ได้จากการกดอัดดินด้วยเครื่องจักร

อิฐดินเผาที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ อิฐ บปก ซึ่งมีขนาด ขนาด 9 x 4 x 3 นิ้ว มีน้ำหนัก 2.8 กิโลกรัมต่อก้อน[9] ผลิตจากโรงงาน อิฐ บปก. เฮ้งมุ่ยหลี

รูปที่ 2.12 ลักษณะของอิฐดินเผา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[9]"ทำเนียบวัสดุก่อสร้าง, "วารสารรวบรวมข้อมูล สเปก และราคาวัสดุก่อสร้างทุกประเภท โดย บริษัท เอทีม แอดเวอไทซิ่ง จำกัด." กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์, 2535.

5. คอนกรีตบล็อกปูพื้น

คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุปูทางเท้าสำเร็จรูป ได้รับการผลิตตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม มอก. 827-2531 บล็อกปูถนนที่นำมาศึกษามาจาก บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด มีเครื่องหมายการค้าคือ CPAC มีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่า 350 กก./ตร.ซม. บล็อกปูถนน ซีแพ็ค จึงสามารถใช้เป็นพื้นถนน ลานจอกรถยนต์ ทางเดิน ทางเท้า เฉลียงสำหรับพักผ่อนบริเวณโดยรอบ สระว่ายน้ำ สนามเทนนิส เป็นต้น

บล็อกปูถนนซีแพ็ค มีหลายขนาด หลายสี สีที่ใช้เป็นสีที่ผสมเข้าไปในเนื้อคอนกรีต ไม่ใช่ฉาบหน้าไว้ ส่วนที่เลือกนำมาทดสอบ เป็นบล็อกปูถนนซีแพ็ค รุ่น ศิลาเหลี่ยม ขนาด 20 X 20 X 8 ซม. มีน้ำหนัก 0.70 กิโลกรัม ต่อก้อน

รูปที่2.13 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใกล้เคียงวัสดุธรรมชาติ เนื่องจากส่วนประกอบของการผลิตใช้วัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ทราย ซีเมนต์ และปูนขาว จึงไม่มีส่วนที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในกระบวนการผลิตและการใช้งาน[10]

คอนกรีตมวลเบาสามารถใช้ปูเป็นพื้นอาคารหรือติดตั้งเป็นผนังภายนอกและภายในอาคารได้อีกด้วย คอนกรีตมวลเบาที่นำมาทดสอบ เป็นคอนกรีตมวลเบา Q-CON หนา 10 เซนติเมตร มีความหนาแน่น 600 กก/ลบ.ม. มีค่าความสามารถในการต้านความร้อน (ค่า R ที่ความหนา 15 เซนติเมตร) คือ 1.15 ซึ่งสูงกว่า อิฐมอญ และคอนกรีตบล็อกที่ความหนาเท่ากัน

Q-CON BLOCK ขนาดมาตราฐานตามท้องตลาด สูง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10, 15 และ 20 เซนติเมตร

รูปที่2.14 ลักษณะของคอนกรีตมวลเบา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[10] ทำเนียบวัสดุก่อสร้าง, “วารสารรวบรวมข้อมูล สเปก และราคาวัสดุก่อสร้างทุกประเภท โดย บริษัท เอทีม แอดเวอไทซิ่ง จำกัด.” กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์, 2535.

2.7.2 หลักการเลือกวัสดุปูพื้น

หลักในการเลือกวัสดุปูพื้นในงานวิจัยครั้งนี้มุ่งถึง การเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร เพื่อมิให้เกิดเป็นแหล่งความร้อนที่จะส่งผลต่อผนังอาคารและสภาพแวดล้อมรอบอาคารนั้น ควรเลือกดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ,2542: 76)

- วัสดุควรมีค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)สูง คือ สามารถดูดซับน้ำจากดินได้มาก
- วัสดุควรมีค่าการดูดกลืนความร้อน (Thermal Absorption)ต่ำ คือ สะสมความร้อนน้อย
- วัสดุควรมีค่าการนำ (Conductivity)สูง คือ เป็นตัวนำความเย็นจากพื้นดินขึ้นมาได้ดี
- วัสดุควรมีค่าการคายรังสีความร้อน (Emissivity)สูง คือ สามารถกระจายรังสีความร้อนออกไปได้ดี

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

การทดสอบ วัสดุที่นำมาทดสอบทุกชนิดจะต้องผ่านการทดสอบ ความสามารถในการดูดซึมน้ำ เพื่อให้สามารถทราบความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ที่แท้จริงของวัสดุแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบ โดยการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ ตามมาตราฐานอุตสาหกรรม มอก. 378[11]

1. นำวัสดุตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 23 +/- 2 องศาเซลเซียส วิธีการแช่น้ำต้องให้ผิวส่วนใหญ่ขนานกับผิวน้ำ ผิวบนของวัสดุตัวอย่างอยู่ใต้ผิวน้ำระหว่าง 25 – 50 มิลลิเมตร เมื่อครบ 24 +/- ½ ชั่วโมง แล้วนำวัสดุตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ใช้ผ้าเช็ดให้ผิวภายนอกแห้ง โดยที่ภายในอิ่มน้ำ แล้วนำไปชั่ง บันทึกน้ำหนักเป็น W2 จากนั้นนำวัสดุตัวอย่างเข้าเตาอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง W1 ดังนี้

[11] สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น มอก. 378-2524” 21 กรกฎาคม 2524.

- วางกระเบื้องตัวอย่างในเตาอบ โดยที่กระเบื้องคอนกรีตตัวอย่างจะต้องห่างจากผิวที่ให้ความร้อน หรือวัสดุตัวอย่างชิ้นอื่นอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ ทั้งนี้ถือว่าน้ำหนักวัสดุตัวอย่างคงที่ต่อเมื่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักวัสดุตัวอย่างต่อแผ่นไม่เกิน 0.003 นิวตัน (0.33 กรัม) ต่อช่วงเวลา 4 ชั่งโมง
- ปล่อยให้กระเบื้องคอนกรีตตัวอย่าง ที่อบจนน้ำหนักคงที่แล้วเย็นลงในอากาศที่อุณหภูมิ 27 +/- 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือปล่อยให้เย็นในห้องที่ไม่มีลมและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่รวดเร็ว แล้วชั่งน้ำหนักวัสดุตัวอย่างแห้งเป็น W1

2. คำนวณค่าการดูดซึมน้ำเป็นร้อยละโดยมีค่าละเอียดถึง 0.1 จากสูตรดังนี้

$$\text{การดูดซึมน้ำ ร้อยละ} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

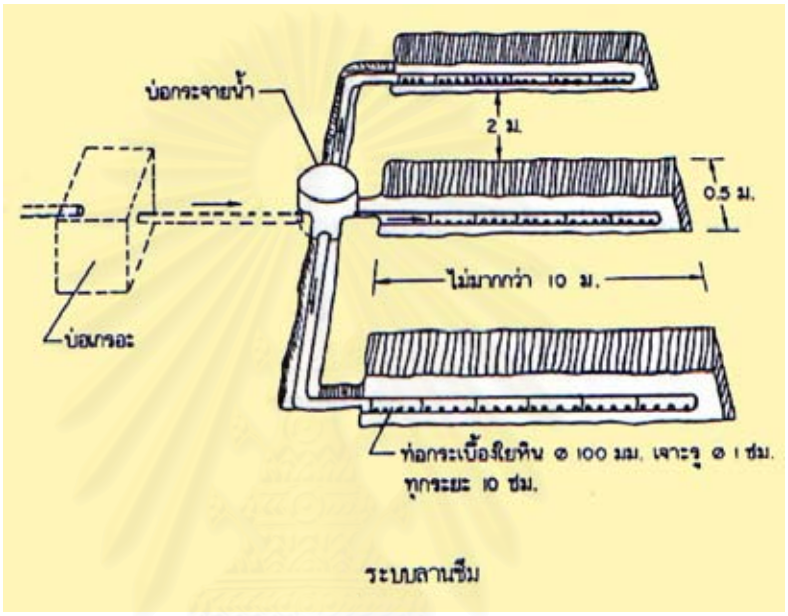
เมื่อ W2 คือ น้ำหนักวัสดุตัวอย่าง เมื่ออิ่มน้ำ เป็นนิวตัน

W1 คือ น้ำหนักวัสดุตัวอย่างหลักจากอบแห้ง เป็นนิวตัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8 ลักษณะการระบายน้ำจากพื้นผิวด้านล่าง

การระบายน้ำจากผิวด้านล่างอาศัยระบบการระบายน้ำทิ้งจากอาคารคล้ายกับระบบลานซึมซึ่งระบบนี้อาศัยพื้นที่ที่ต้องมีความกว้างขวางเพียงพอต่อการระบายน้ำทั้งหมดจากอาคารได้



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของระบบลานซึม

ที่มา: อุดร จารุรัตน์, คู่มือเจ้าของอาคาร/ภัตตาคาร และ ผู้รับจ้างติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (กรุงเทพ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 46.

ระบบลานซึมนำมาใช้ในกรณีที่มีพื้นที่กว้างเพียงพอ ซึ่งประกอบด้วยระบบท่อเจาะรูฝังใต้ดิน เพื่อกระจายน้ำทิ้งให้ซึมลงดิน ในการออกแบบควรมีการทดสอบคุณสมบัติการซึมของดินเสียก่อนโดย[12]

จากการศึกษาระบบลานซึมจึงได้นำมาประยุกต์กับการทดลองการนำไปใช้ในการลดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นนอกอาคารโดใช้วิธีการระเหย ทำการทดลองระบบระบายน้ำ โดยให้น้ำไหลผ่านช่องว่างระหว่างหินรองพื้น แล้วดูดซึมขึ้นมาเกิดการระเหยที่ผิววัสดุด้านบน วิธีการทดลองมีรายละเอียดที่ศึกษาได้ในบทต่อไป

---

[12] ศึกษารายละเอียดจาก ภาคผนวก ก การทดสอบคุณสมบัติการซึมของดิน หน้า 168

บทที่ 3

วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ได้ทำการกำหนดแนวทางและวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดชนิดของวัสดุที่เลือกมาดำเนินการทดสอบ การกำหนดการค่าการนำความร้อนของวัสดุ การกำหนดความสามารถในการดูดซึมน้ำของวัสดุ ตลอดจนการกำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในวัดและเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังได้อธิบายรายละเอียดของการเตรียมเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดสอบอีกด้วย

3.1 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้ข้างต้น พบว่า อุณหภูมิ MRT และการระเหยน้ำที่ผิววัสดุมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับอุณหภูมิผิวของวัสดุ ดังนั้นจึงสามารถสรุปตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิผิววัสดุและการระเหยน้ำที่ผิววัสดุดังนี้

3.1.1 ตัวแปรทั้งหมดที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิผิววัสดุ

ตัวแปรที่ ที่กำลังจะกล่าวถึงต่อไปนี้ เป็นปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารที่ต้องการศึกษาโดยทั้งสิ้น แต่ตัวแปรต่างๆจะมีผลต่ออุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารแตกต่างกันไปตามความมากน้อย ตัวแปรทั้งหมดดังกล่าวได้แก่

- รังสีดวงอาทิตย์ (Radiation)
- ความชื้นสัมพัทธ์(RH)
- กระแสลม (Wind)
- ชนิดของวัสดุ ซึ่งขึ้นกับ
    - มวลสาร (Mass)
    - ค่าการนำความร้อน (Conductivity)
    - ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
    - ค่าการดูดรับรังสีความร้อน (Thermal Absorptivity)

- ค่าการคายรังสีความร้อน (Emissivity)

- ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity)

จากตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด จึงทำการกำหนดตัวแปรตาม ตัวแปรต้นและตัวแปรคงที่สำหรับงานวิจัย การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยใช้วิธีการระเหย ดังนี้

3.1.2 **ตัวแปรตาม**

หมายถึง ตัวแปรที่มุ่งทำการศึกษาและต้องการดูการแปรเปลี่ยน การศึกษาการลดอุณหภูมิของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร จึงมีตัวแปรตาม อันได้แก่ อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทดสอบทั้ง 3 อย่าง[1] ดังนี้

- อุณหภูมิผิวภายนอกหินทราย
- อุณหภูมิผิวภายนอกอิฐมอญมาตราฐาน
- อุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตมวลเบา

3.1.3 **ตัวแปรต้น**

หมายถึง ตัวแปรที่กำหนดเพื่อทำการศึกษา สังเกตผลการแปรเปลี่ยนของตัวแปรตามตัวแปรที่ถูกกำหนดดังกล่าว ได้แก่

- รังสีดวงอาทิตย์ (Radiation)
- การระบายน้ำใต้ผิววัสดุ (Subsurface Drainage)
- กระแสลม (Wind)
- ชนิดของวัสดุ ได้แก่

  การนำความร้อน (Conductivity)

  การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

  มวลสาร (Mass)

  ค่าการคายรังสีความร้อน (Emissivity) ในเรื่องลักษณะพื้นผิว

  ค่าการดูดรับรังสีความร้อน (Thermal Absorptivity)ในเรื่องสีผิว

[1] รายละเอียดการเลือกวัสดุที่นำมาทำการทดสอบ อธิบายใน 3.2.1 วัสดุทดสอบ

3.1.4 ตัวแปรคงที่

หมายถึง ตัวแปรที่ถูกกำหนดให้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือกล่าวได้ว่าถูกกำหนดให้มีความคงที่ ได้แก่

- ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)
- ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity) ได้แก่

  สีของเนื้อวัสดุ (Color) เป็นสีส้ม

  ลักษณะสีผิว (Texture) เป็นผิวหยาบด้าน

3.2 วัสดุทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการทดสอบจะต้องมีการกำหนดวัสดุซึ่งจะนำมาทำการทดสอบและต้องกำหนดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าและบันทึกข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ

3.2.1 วัสดุทดสอบ

จากการศึกษาข้อมูลการสำรวจและงานวิจัยต่างๆพบว่า อุณหภูมิผิววัสดุและความชื้นในเนื้อวัสดุ ขึ้นกับ มวลสาร ค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำ ดังนั้น วัสดุที่เลือกนำมาทดสอบจึงอาศัยหลักเกณฑ์ดังนี้

ก. <u>เกณฑ์การเลือกวัสดุทดสอบ</u>

การเลือกวัสดุทดสอบมีความแตกต่างกันในแต่ละขั้นตอนการทดสอบ สามารถอธิบายได้ดังนี้

การกำหนดวัสดุทดสอบในขั้นตอนในขั้นตอนที่ 1

การทดสอบในขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความร้อนที่วัสดุปูพื้นประกอบด้วย 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1.1	การศึกษาอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์
การทดลองที่ 1.2	การศึกษาอิทธิพลกระแสลม
การทดลองที่ 1.3	การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลการระเหย

การทดลองที่ 1.1-1.3 ใช้วัสดุทดสอบแบบเดียวกัน โดยเลือกวัสดุทดสอบจากการใช้ ค่ามวลสาร ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการนำความร้อน ที่ต่างกันมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

มวลสาร กำหนดมวลสารเป็นตัวแปรต้นที่ทำการศึกษาให้มีความต่างกัน 3 ขนาด คือ

มวลสารน้อย	ตัวแทนวัสดุทดสอบได้แก่	คอนกรีตมวลเบา* 600 กก./ลบ.ม.
มวลสารปานกลาง	ตัวแทนวัสดุทดสอบได้แก่	อิฐมอญมาตรฐาน*** 1650-1709 กก./ลบ.ม.
มวลสารมาก	ตัวแทนวัสดุทดสอบได้แก่	หินทราย*** 2200-2240 กก./ลบ.ม.

ค่าการนำความร้อน กำหนดค่าการนำความร้อนของวัสดุเป็นตัวแปรต้นที่ทำการศึกษาให้มีค่าต่างกัน 3 ระดับ คือ

การนำความร้อนมาก	วัสดุทดสอบได้แก่	หินทราย** 2.0-4.0 W/m*k
การนำความร้อนปานกลาง	วัสดุทดสอบได้แก่	อิฐมอญมาตรฐาน** 0.81-0.98 W/m*k
การนำความร้อนน้อย	วัสดุทดสอบได้แก่	คอนกรีตมวลเบา** 0.10-0.20 W/m*k

ค่าการดูดซึมน้ำ กำหนดค่าการดูดซึมน้ำเป็นตัวแปรต้นที่ทำการศึกษาให้มีค่าต่างกัน 3 ระดับ คือ

การดูดซึมน้ำมาก	วัสดุทดสอบได้แก่	คอนกรีตมวลเบา* 30 %
การดูดซึมน้ำปานกลาง	วัสดุทดสอบได้แก่	อิฐมอญมาตราฐาน*** 13.50-14.35 %
การดูดซึมน้ำน้อย	วัสดุทดสอบได้แก่	หินทราย*** 1.0-1.2 %

* ข้อมูลการทดสอบวัสดุจาก บริษัทคลอลิตี้คอนสตรัคชั่นโปรดัคส์ จำกัด

** American Society of Heating Refrigirating and Air-Conditioning Engineering, 1993: p. 22.7-22.8.

*** ข้อมูลจากการทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน มอก. 378-2524 ณ ห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2544 เวลา 10.00 น.

การกำหนดวัสดุทดสอบในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรและอิทธิพลชนิดของวัสดุที่มีลักษณะแตกต่างกัน ว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างไร โดยในขั้นตอนนี้ เป็นผลจากการศึกษาวิเคราะห์ต่อจากการทดสอบในขั้นตอนแรก โดยเลือกตัวแปรที่ทำให้วัสดุทดสอบมีอุณหภูมิต่ำมาทดสอบต่อในขั้นตอนที่ 2 ประกอบด้วย 10 การทดลอง มีหลักการกำหนดวัสดุทดสอบดังต่อไปนี้

<u>การทดลองที่ 2.1-2.3</u> ทดสอบกรณีที่วัสดุอยู่ในร่ม วางวัสดุบนพื้นแห้ง มีกระแสลมพัดผ่าน

การทดลองที่ 2.1 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ได้กำหนดค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำออกเป็น 3 ระดับ คือ
วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำมาก ค่าการนำความร้อนต่ำ วัสดุทดสอบได้แก่ คอนกรีตมวลเบา
วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ แต่ค่าการนำความร้อนสูง วัสดุทดสอบได้แก่ หินทราย
วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำปานกลาง และค่าการนำความร้อนปานกลางได้แก่ อิฐมอญมาตรฐาน

การทดลองที่ 2.2 การทดสอบอิทธิพลลักษณะพื้นผิววัสดุ การทดสอบนี้มีความเกี่ยวข้องกับอัตราการคายรังสีความร้อนและพื้นที่ผิวการรับความร้อนของวัสดุ โดยกำหนดเปรียบเทียบวัสดุที่มีพื้นผิวต่างกัน 2 แบบคือ ผิวเรียบและ ผิวหยาบ
วัสดุผิวเรียบได้แก่ คอนกรีตบล็อกปูพื้น ผิวเรียบ(บล็อกปูพื้นสำเร็จรูปซีแพ็ค)
วัสดุผิวหยาบได้แก่ คอนกรีตบล็อกปูพื้น ผิวกรวดล้าง(บล็อกปูพื้นสำเร็จรูปซีแพ็คกรวดล้าง)

การทดลองที่ 2.3 การทดสอบอิทธิพลสีผิว โดยกำหนดเปรียบเทียบวัสดุที่มีผิวสีเข้มและวัสดุที่มีผิวสีอ่อน
วัสดุผิวสีเข้ม ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา พ่นสีอะคริลิค สีดำ
วัสดุผิวสีอ่อน ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา พ่นสีอะคริลิค สีขาว

<u>การทดสอบที่ 2.4-2.6</u> ทดสอบกรณีที่วัสดุอยู่ในร่ม วางวัสดุบนพื้นที่มีการใช้น้ำระบายผ่าน มีกระแสลมพัดผ่าน

การทดสอบที่ 2.4 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ กำหนดค่าการดูดซับความร้อนและค่าการคายความร้อนของวัสดุเป็นเกณฑ์ในการทดสอบ 3 ระดับ ทดสอบเปรียบเทียบวัสดุเหมือนกับการทดลองที่ 2.1

การทดลองที่ 2.5 การทดสอบอิทธิพลลักษณะพื้นผิววัสดุ การทดสอบนี้มีความเกี่ยวข้องกับอัตราการคายรังสีความร้อนและพื้นที่ผิวการรับความร้อนของวัสดุ โดยกำหนดเปรียบเทียบวัสดุเหมือนกับการทดลองที่ 2.2

การทดลองที่ 2.3 การทดสอบอิทธิพลสีผิว โดยกำหนดเปรียบเทียบวัสดุที่มีผิวสีเข้ม และวัสดุที่มีผิวสีอ่อน ทดสอบวัสดุเหมือนการทดลองที่ 2.3

<u>การทดสอบที่ 2.7.1- 2.7.4</u> ทดสอบอิทธิพลกระแสลม ต่อการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ โดยวางวัสดุอยู่ในร่ม บนพื้นที่มีการใช้น้ำระบายผ่าน

การทดสอบที่ 2.7.1 ทดสอบอิทธิพลกระแสลม โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ ที่มีลมพัดผ่านและไม่มีลมพัดผ่าน

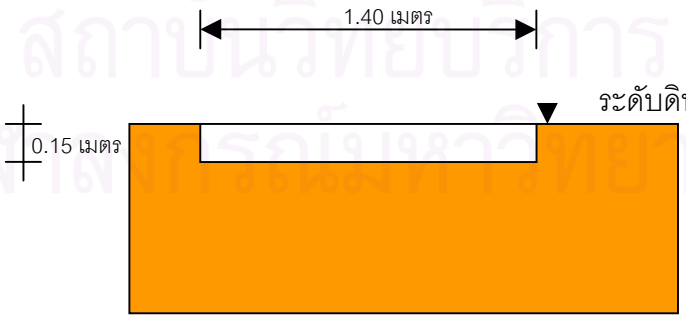
การทดสอบที่ 2.7.2 ทดสอบอิทธิพลกระแสลม โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ ที่มีลมพัดผ่านและไม่มีลมพัดผ่าน

การทดสอบที่ 2.7.3 ทดสอบอิทธิพลกระแสลม โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ที่มีลมพัดผ่านและไม่มีลมพัดผ่าน

การทดสอบที่ 2.7.4 ทดสอบอิทธิพลกระแสลม โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ ที่มีลมพัดผ่านและไม่มีลมพัดผ่าน

ข. <u>การเตรียมการทดสอบเพื่อหาอิทธิพลของตัวแปร</u>

1) เตรียมพื้นที่ทดสอบ โดยการเปิดหน้าดิน เป็นพื้นที่ขนาด 1.00 x 1.40 x 0.15 เมตร จำนวน 2 พื้นที่ ซึ่งตั้งอยู่กลางแจ้งไม่มีสิ่งก่อสร้างหรือร่มเงาใดตกทอดลงมาบนพื้นที่ทดสอบ
2) เตรียมพื้นที่ทดสอบ โดยการเปิดหน้าดิน เป็นพื้นที่ขนาด 1.00 x 1.40 x 0.15 เมตร จำนวน 2 พื้นที่ ซึ่งตั้งอยู่ในที่ใต้ร่มไม้ และมีร่มเงาของใบไม้ทอดลงมาปกคลุมตลอดวัน



รูปที่ 3.1 แสดงขนาดพื้นที่ทดสอบ

3) เตรียมแผ่นพลาสติก 1.20 x 1.70 เมตร จำนวน 4 แผ่น นำมาปูรองพื้นที่ทดสอบทั้ง 4 แปลง ที่ได้ทำเตรียมไว้ในข้อ 1)
4) จากนั้น ใส่หินเบอร์ 1 ทับลงบนพื้นที่ทดสอบที่ได้ปูแผ่นพลาสติกเตรียมไว้ ทั้งหมด 4 พื้นที่ ให้ได้ความหนา 10 เซนติเมตร ที่ระดับเดียวกันทั่วทั้งพื้นที่ทดสอบเตรียมแผ่นพลาสติก 1.20 x 1.70 เมตร จำนวน 4 แผ่น นำมาปูรองพื้นที่ทดสอบทั้ง 4 แปลง ที่ได้ทำเตรียมไว้ในข้อ 1)
5) จากนั้น ใส่หินเบอร์ 1 ทับลงบนพื้นที่ทดสอบที่ได้ปูแผ่นพลาสติกเตรียมไว้ ทั้งหมด 4 พื้นที่ ให้ได้ความหนา 10 เซนติเมตร ที่ระดับเดียวกันทั่วทั้งพื้นที่ทดสอบ

รูปที่ 3.2 การเตรียมพื้นที่ทดสอบใต้ร่มเงาไม้

รูปที่ 3.3 การเตรียมพื้นที่ทดสอบกลางแจ้ง

6) เตรียมวัสดุทดสอบชนิดต่างๆดังนี้

<u>สำหรับการทดสอบขั้นตอนที่ 1</u>

อิฐมอญมาตราฐาน พื้นที่ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร หนา 8 ซม. จำนวน 2 ชุด

คอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร หนา 8 ซม. จำนวน 2 ชุด

หินทราย ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร หนา 8 ซม.จำนวน 2 ชุด

<u>สำหรับการทดลองในขั้นตอนที่ 2</u>

หินทราย ขนาด 0.40x 0.40 เมตร จำนวน 1 ก้อน

คอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร หนา 7.5 ซม. จำนวน 1 ชุด

คอนกรีตมวลเบา ขนาด 2,300 กรัม ความหนา 7.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ชุด

อิฐมอญมาตราฐาน ขนาด 2,300 กรัม ความหนา 7.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ชุด

คอนกรีตบล็อกปูพื้น ขนาด 0.30x 0.30 เมตร หนา 6 ซม.จำนวน 1 ก้อน สีส้ม

บล็อกหินล้างสำเร็จรูป ขนาด 0.30 x 0.30 เมตร หนา 6 ซม. จำนวน 1 ก้อน

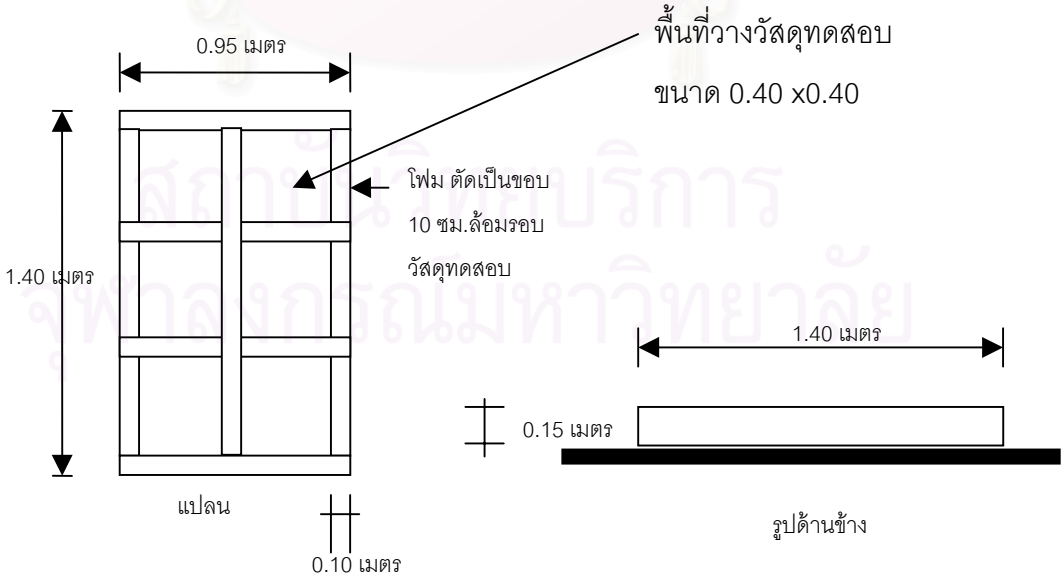
คอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.20 x 0.20 เมตร หนา 7.5 ซม.พ่นสีอะคริลิค สีขาว จำนวน 1 ก้อน

คอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.20 x 0.20 เมตร หนา 7.5 ซม. พ่นสีอะคริลิค สีดำ จำนวน 1 ก้อน

คอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.20 x 0.20 เมตร หนา 7.5 ซม. จำนวน 1 ก้อน

คอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.20 x 0.20 เมตร หนา 7.5 ซม. ฉาบทรายหยาบ ที่ผิวหน้าโดยการยึดอนุภาคของเม็ดทรายกับผิวคอนกรีตมวลเบาด้วยกาวสเปรย์ เตรียมวัสดุ จำนวน 1 ชิ้น

7) เตรียมโฟม ตัดเป็นกรอบ ดังภาพ



รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของกรอบโฟม

รูปที่3.5 การทดลองกลางแจ้งแสดงแผ่นกั้นลมรอบพื้นที่ทดสอบ(ขวาบน)

รูปที่3.6 พื้นที่ทดสอบและวัสดุทดสอบ(ล่างซ้าย)

8) นำวัสดุแต่ละชนิดมาวางลงบนพื้นที่ทดสอบแต่ละพื้นที่ โดยวัสดุแต่ละชนิดต้องตากแดดจนแห้งมาเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำมาเก็บในที่ร่ม 1 วัน

9) การจัดวางเพื่อเตรียมทำการทดสอบโดย

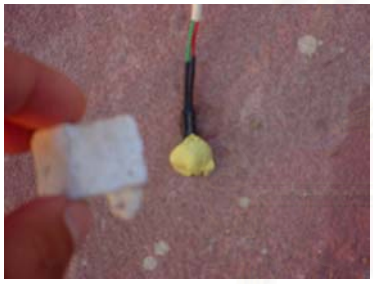
ชุดที่ 1 กลางแจ้ง	รับแสงอาทิตย์ตลอดวัน ไม่ใส่น้ำ
ชุดที่ 2 กลางแจ้ง	รับแสงอาทิตย์ตลอดวัน ใส่น้ำให้สูง 3 ซม.ลงในพื้นที่ทดสอบที่ได้ปูรองแผ่นพลาสติกและหิน โดยรักษาระดับน้ำให้สูงที่ระดับนี้ตลอดทั้งวัน ขณะที่วัสดุได้รับแสงอาทิตย์
ชุดที่ 3 ใต้เงาร่มไม้	พื้นที่ต้องได้ร่มเงาบนพื้นที่ทดสอบตลอดทั้งวัน ไม่ใส่น้ำ
ชุดที่ 4 ใต้เงาร่มไม้	แบบเดียวกับชุดที่ 3 ให้ได้ร่มเงาบนพื้นที่ทดสอบตลอดทั้งวัน ใส่น้ำในถาดให้สูง 3 ซม.(โดยรักษาระดับน้ำให้สูงที่ระดับนี้ตลอดทั้งวัน) ขณะที่วัสดุได้รับแสงอาทิตย์

10) ทำการติดตั้งหัวเทอร์มิสเตอร์ที่ผิววัสดุทุกชุด โดยให้หัวเทอร์มิสเตอร์สัมผัสกับผิววัสดุแล้วปิดทับหัว เทอร์มิสเตอร์ ด้วยโฟม ดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.7 แสดงวิธีการติดตั้งหัวเทอร์มิสเตอร์ที่ผิวนอกของวัสดุ

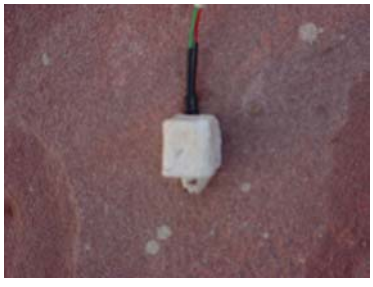
9.1) นำหัวเทอร์มิสเตอร์วาง สัมผัสกับผิววัสดุที่ต้องการวัด

9.2) ปิดทับหัวเทอร์มิสเตอร์ด้วยกาว เพื่อป้องกันหัวเทอร์มิสเตอร์มิให้สัมผัสกับกาวซิลิโคน และเป็นการทำให้หัวเทอร์มิสเตอร์ยึดติดกับผิววัสดุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ



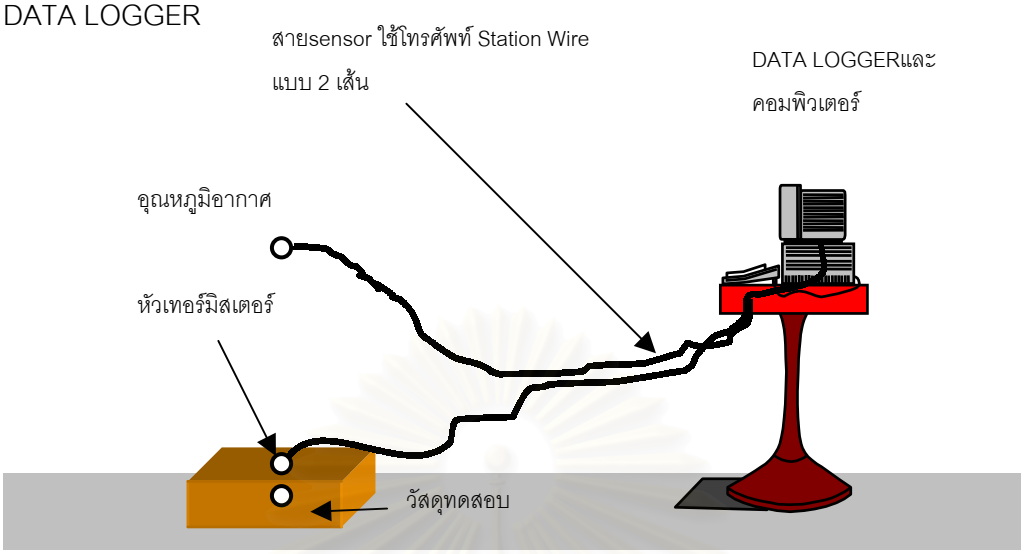
9.3) เตรียมโฟม ขนาด 1.0 x 1.0 x 2.5 เซนติเมตร สกัดโฟมให้เกิดเป็นร่องเพื่อครบหัวเทอร์มิสเตอร์ ให้มีขนาดเท่ากับหัวเทอร์มิสเตอร์ จากนั้นนำโฟมที่ได้ มาทาสีขาวโดยรอบทิ้งไว้จนสีแห้ง เพื่อให้โฟมมีความทึบแสง

9.4) ทากาวซิลิโคนเฉพาะบริเวณที่โฟมสัมผัสกับผิววัสดุ (เว้นกาวซิลิโคนตรงส่วนที่สกัดโฟมเป็นร่อง)



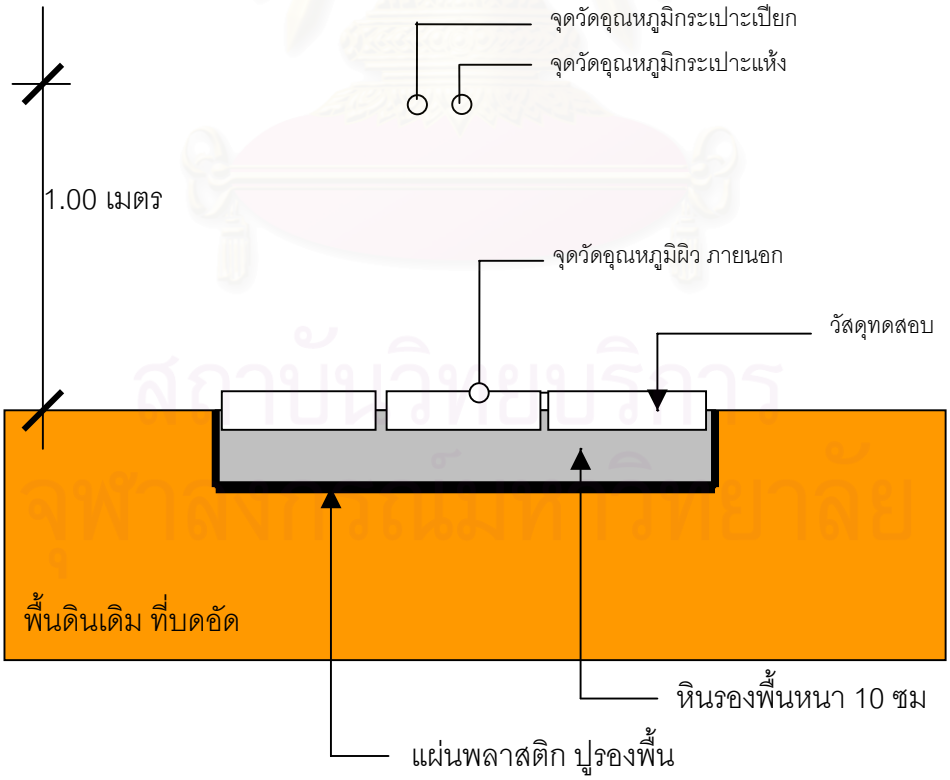
9.5) ติดโฟมที่ทากาวซิลิโคนเรียบร้อยแล้วครอบลงบนหัวเทอร์มิสเตอร์

11) หลังจากการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกับผิววัสดุแล้ว จึงทำการต่อสายมายังเครื่องบันทึกข้อมูล DATA LOGGER



รูปที่ 3.8 การต่อสายหัววัดอุณหภูมิกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์และคอมพิวเตอร์

11) ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิวัสดุทดสอบทั้งผิวนอกและผิวในของวัสดุทดสอบ และติดตั้งหัววัดอุณหภูมิอากาศ โดยวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียก ที่ตำแหน่งความสูงจากพื้น 1.00 เมตร และรอบข้างเป็นที่โล่งแจ้ง

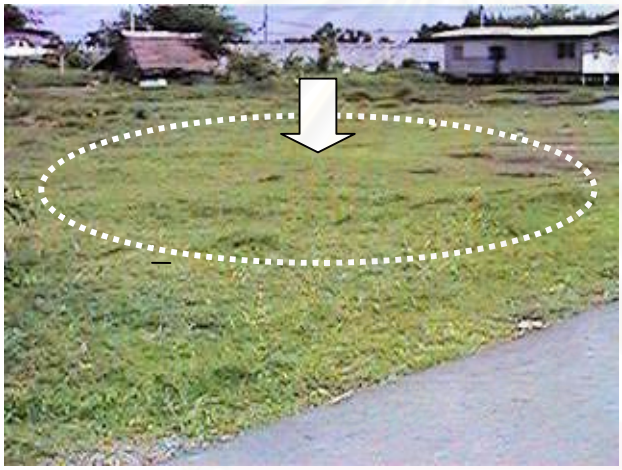


รูปที่ 3.9 แสดงจุดวัดอุณหภูมิผิววัสดุทดสอบและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศ

ค. การเตรียมการทดสอบเพื่อการนำไปใช้จริง

อาคารจำลองโรงเรียนภาคตะวันออกเฉียง ซึ่งเป็นอาคารที่จะต้องทำการทดลองเรื่องความร้อนและการลดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยการระบายน้ำผ่านผิวด้านล่าง การเลือกพื้นที่ตั้งอาคาร ต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีเงาตกทอดของสิ่งแวดล้อมรอบข้าง เข้ามาในบริเวณพื้นที่ตั้งอาคารทดลอง

ดังนั้นการก่อสร้างอาคารทดลองในการวิจัยครั้งนี้ จึงตั้งอยู่ที่ 28/3 หมู่ 2 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร บริเวณพื้นที่ตั้งโครงการเป็นที่โล่ง ไม่มีต้นไม้ สิ่งแวดล้อม หรืออาคารข้างเคียงที่จะเกิดเงาตกทอดมายังอาคารทดลอง ดังภาพ



รูปที่ 3.10 พื้นที่ก่อสร้างอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารชั้นล่าง

รูปที่ 3.12
การก่อสร้างอาคาร ส่วนผนังฉนวนกรุไม้อัด กรอกแกลบ

รูปที่ 3.13
อาคารทางทิศใต้ ขณะทำผนังแกลบเสร็จ ก่อนมุงหลังคา

รูปที่ 3.14
อาคารทางทิศใต้ ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

<u>การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิ และบันทึกข้อมูลของการทดสอบ</u>

การทดสอบ มีเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิคือหัวเทอร์มิสเตอร์ ซึ่งมีค่าความต้านทาน 10 Kohm เพราะมีความสามารถในการวัดอุณหภูมิที่แม่นยำ มีการติดตั้งและเคลื่อนย้ายที่สะดวก เทอร์มีสเตอร์สามารถทำงานร่วมกับ เครื่อง Data Logger โดยติดตั้งหัวเทอร์มิสเตอร์เข้ากับสายโทรศัพท์ Station Wire แบบ 2 เส้น ส่วนปลายของสายอีกด้านหนึ่ง ต่อเข้ากับเครื่องรับสัญญาณข้อมูลของเครื่อง Data Logger เนื่องจากหัวเทอร์มิสเตอร์มีความไวต่อความชื้น (Moiture) มาก ดังนั้นจึงต้องทำการป้องกันเป็นอย่างดี เรื่อง Data Logger ที่เลือกใช้เป็นของ Sciemetric Instrument System 200 Model 236 Hardware เครื่อง Data Logger ใช้สำหรับอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกข้อมูลลงบน Software ที่มีชื่อว่า Sciemetric Gen 200 Window-Based Software Version 1.46 ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการบันทึกข้อมูลในการทดสอบ

รูปที่ 3.15 แสดงเครื่อง Data Logger ของ Sciematric Instruments System 200 Model 236 Hardware

รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและบันทึกข้อมูล

นอกจากนี้การทดสอบยังต้องการหาค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในอากาศ จึงใช้เครื่อง HOBO รุ่น RH Temp 2 x External ของบริษัท E for M International Company Limitedเป็นเครื่องวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิในตัวเดียวกัน ซึ่งในการวัดค่าจะแสดงผลออกมาเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : RH) และค่าอุณหภูมิ ซึ่งแสดงค่าได้ทั้งค่าที่เป็นหน่วยอาศาเซลเซียส (°C)

ภาพ 3.17 เครื่องมือวัดความชื้นอากาศ

เครื่องมือวัดความชื้นที่ผิววัสดุ Humitest รุ่น MC-100S wood-/Buildingmaterial ของบริษัท EXOTEK ใช้วัดความชื้นที่ผิวด้านบนของวัสดุ ใช้ Mode F4 ขณะที่วัสดุมีการระเหยน้ำ

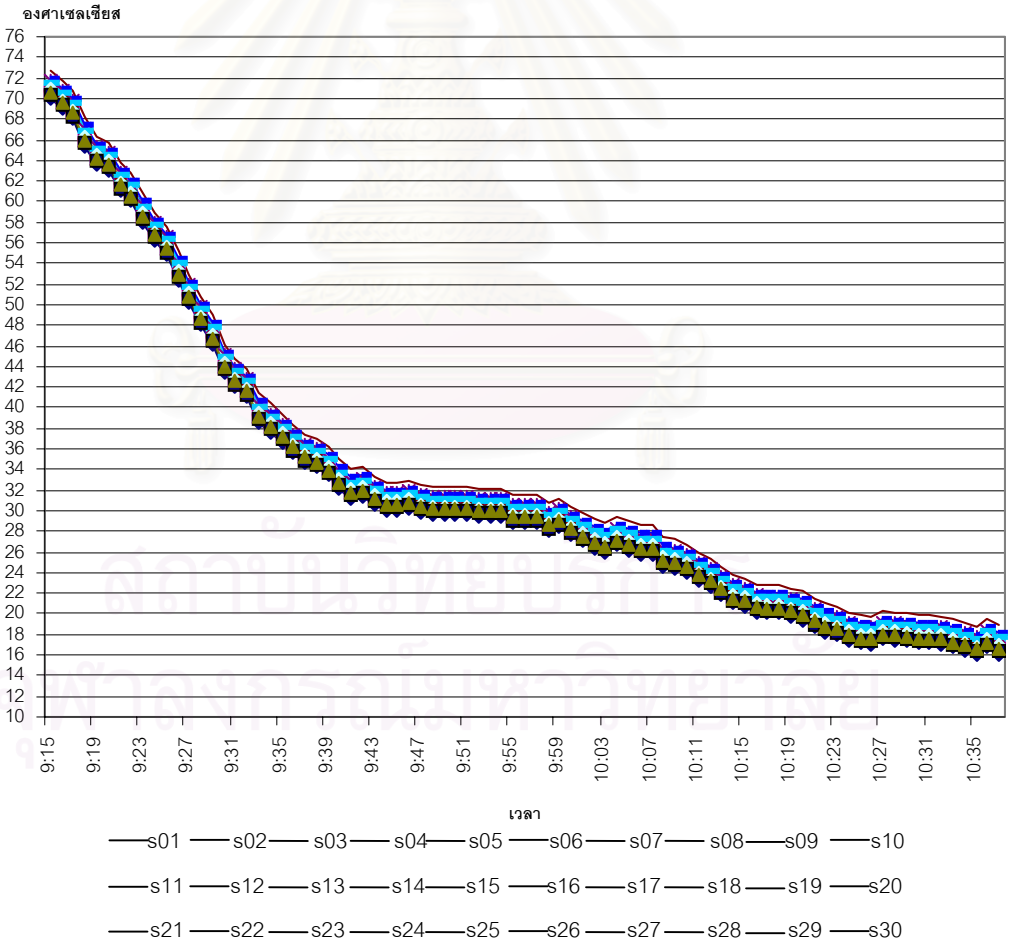
ภาพ 3.18 เครื่องมือวัดความชื้นที่ผิววัสดุ

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาเชิงทดลองและปฏิบัติการลดความร้อนจากวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร เริ่มจากการนำเครื่องมือที่ใช้วัดผลมาทำให้เกิดมาตราฐานเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องและสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้มีความเท่าเทียมกัน

3.3.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและอุปกรณ์

ก่อนทำการทดสอบจริง ได้ทำการตั้งค่ามาตราฐานในการอ่านข้อมูลของหัววัดอุณหภูมิ ทั้งนี้เพื่อให้การอ่านค่าอุณหภูมิมีความเป็นมาตราเดียวกัน หัววัดอุณหภูมิทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีจำนวน 30 หัว การปรับแก้ค่าอุณหภูมิของหัววัดอุณหภูมิทั้งหมดนี้กระทำโดยใช้กระบวนการทางสถิติ โดยใช้ค่าสถิติสมการถดถอย (Regression)



แผนภูมิ 3.1 แสดงการปรับค่ามาตรฐานหัวอุณหภูมิ

3.3.2 การทดสอบเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาหาของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร

หลังจากการศึกษาจากงานวิจัยและเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้วนั้น ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการลดความร้อนจากวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ดังกล่าวได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ (Radiation) กระแสลม (Wind) ชนิดของวัสดุ อันได้แก่ การนำความร้อน (Conductivity) การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) มวลสาร (Mass)

ดังนั้น การศึกษาเชิงทดลองและปฏิบัติการลดความร้อนจากวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อให้ทราบอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ และศึกษาการนำไปใช้จริงกับโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>การทดสอบขั้นตอนที่ 1 ทดสอบกลางแจ้ง</u>

เพื่อเป็นการหาว่าตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อการลดความร้อนที่วัสดุปูพื้นตามที่ได้ศึกษาจากงานวิจัยและเอกสารต่างๆมาแล้ว จึงทำการทดลองเพื่อพิสูจน์และรับลองผล โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุต่างชนิดกัน

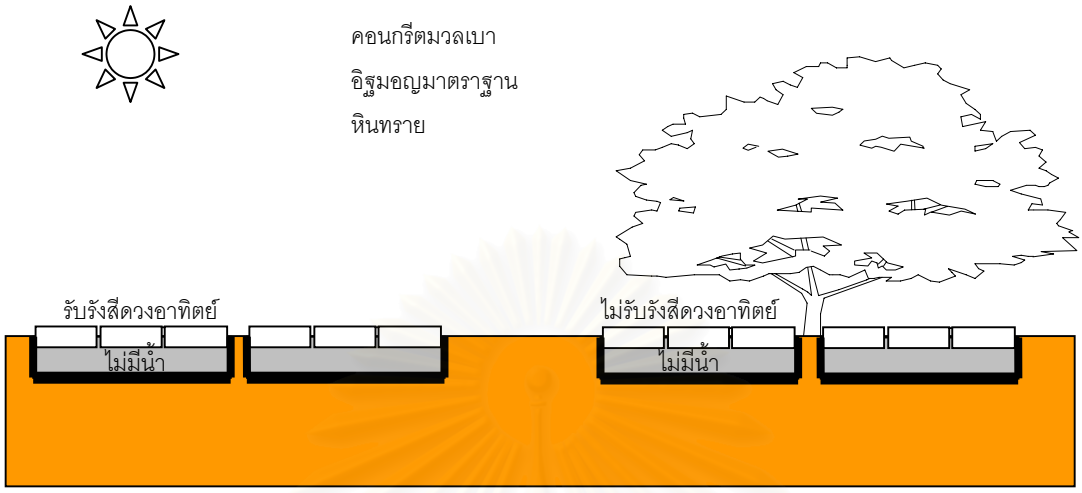
การทดลองที่ 1.2 การศึกษาอิทธิพลกระแสลมกับวัสดุต่างชนิดกัน

- **การทดลองที่ 1.1 การศึกษาอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุต่างชนิดกัน**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 1 รังสีดวงอาทิตย์น่าจะมีผลต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ที่ต่างชนิดกัน ทำการทดสอบ 2 กรณี คือ แบบรับรังสีดวงอาทิตย์และแบบไม่รับรังสีดวงอาทิตย์

- <u>แบบรับรังสีของดวงอาทิตย์</u> กำหนดให้วัสดุทดลองรับรังสีดวงอาทิตย์ในวันท้องฟ้าใส(Clear Sky) ระหว่างช่วงเวลา 8.00 -16.00 น.
- <u>แบบไม่รับรังสีดวงอาทิตย์</u> ทำการทดสอบในวันและเวลาเดียวกันกับการทดสอบแบบรับรังสีดวงอาทิตย์ แต่ทดสอบโดยให้วัสดุทดสอบอยู่ใต้ร่มไม้ใหญ่ ในการทดสอบนี้ใช้ร่มใบของต้นประดู่ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของพุ่มใบ

ประมาณ 7 เมตร ซึ่ง สามารถให้ร่มเงาแก่วัสดุทดสอบทั้งหมดได้ในช่วงเวลา 8.00 - 17.00 น. ออกแบบการทดลอง ดังนี้

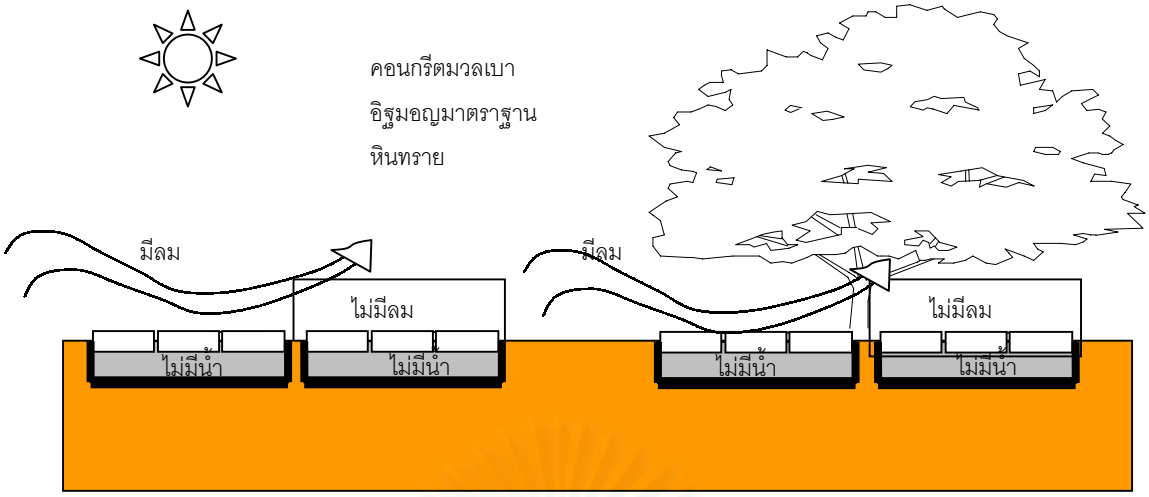


ภาพ เปรียบเทียบแบบกลางแจ้งและใต้ร่มไม้

- **การทดลองที่ 1.2 การศึกษาอิทธิพลกระแสลมกับวัสดุต่างชนิดกัน**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 2 กระแสลมมีผลต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ที่ต่างชนิดกัน ทำการทดสอบ 2 กรณี คือ แบบมีกระแสลมพัดผ่านและแบบไม่มีกระแสลมพัดผ่าน

- <u>แบบมีกระแสลมพัดผ่าน</u> ทำการทดสอบโดยกำหนดให้กระแสลมมีความเร็วลมตั้งแต่ประมาณ 1.0 ฟุต/วินาทีขึ้นไป(สามารถสังเกตการพัดของกระแสลม)
- <u>แบบไม่มีกระแสลมพัดผ่าน</u> ทำการทดสอบโดยกำหนดให้กระแสลมสามารถพัดผ่านได้ด้วยความเร็วตั้งแต่ 0 - 1.0 ฟุต/วินาที (ไม่สามารถสังเกตพบการพัดของกระแสลมได้) วิธีทำการทดสอบโดยการใช้ฉากกั้นกระแสลมซึ่งทำด้วยแผ่นพลาสติกใสวางตั้งบนพื้น โดยให้ขอบพลาสติกด้านบนสูงจากผิวด้านบนของวัสดุทดสอบ 1.00 ม. กั้นโดยรอบวัสดุทดสอบ และใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสลมวัดบริเวณเหนือผิววัสดุทดสอบ 0.05 ม.ให้ได้ความเร็วกระแสลมไม่เกิน 1.5 ฟุต/วินาที



ภาพ เปรียบเทียบแบบมีกระแสลมและไม่มีกระแสลม ในกรณีที่มีไม่น้ำระบายผ่าน

3.3.3 การทดสอบเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร

หลังจากทำการทดสอบในขั้นตอนที่1 เสร็จสิ้นแล้ว นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์แล้วเลือกสภาวะแวดล้อมหรือ กรณีทดสอบ ที่ทำให้วัสดุทดสอบทั้ง 4 ชนิด มีอุณหภูมิต่ำที่สุด นำมาทำการทดสอบต่อในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

<u>การทดสอบขั้นตอนที่ 2 ทดสอบในร่ม</u>

เพื่อทดสอบอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ตลอดจน ลำดับความสำคัญของตัวแปรที่ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุทดสอบมีการเปลี่ยนแปลง จึงทำการทดสอบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 2.1 –2.3 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิววัสดุ และทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อนของสีผิว โดยใช้ลมพัดผ่าน

การทดลองที่ 2.3 - 2.6 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิววัสดุ และทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อนของสีผิว โดยใช้น้ำระเหยผ่านผิววัสดุ

การทดลองที่ 2.7.1 - 2.7.4 การทดสอบอิทธิพลของกระแสลมและอิทธิพลของลักษณะพื้นผิววัสดุ ในเรื่องพื้นที่การคายความร้อนและสีผิว ทำการทดสอบในร่ม ชายคาอาคารทดสอบ และใช้การระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ

- **การทดลองที่ 2.1 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ โดยใช้ลมพัดผ่าน ในที่ร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 3 เพื่อวัสดุวางบนดินแห้ง ในร่ม มีลมพัดผ่านวัสดุต่างชนิดกันมีค่าการนำความร้อน (Conductivity)และค่าการดูดซึมน้ำต่างกัน จะมีอุณหภูมิผิวต่างกัน

ทำการทดลอง โดยมีลมพัดผ่านใต้วัสดุทดสอบ ที่อยู่ในที่ร่ม ใต้ร่มไม้ การทดสอบทั้งสองกรณีนี้ มีตัวแปรคงที่คือ ปริมาณระดับน้ำ และการมีกระแสลมพัดผ่าน วัสดุทดสอบ ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา และหินทราย

- **การทดลองที่ 2.2 การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิววัสดุ กับการใช้ลมพัดผ่าน ในร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 4 วัสดุต่างชนิดกันมีค่าการคายรังสีต่างกัน จะทำให้อุณหภูมิวัสดุปูพื้นที่ลมพัดผ่าน ในที่ร่ม มีค่าต่างกัน ทำการทดลอง เปรียบเทียบวัดอุณหภูมิผิววัสดุทดสอบในที่ร่ม มีน้ำระบายผ่าน

วัสดุทดสอบ ที่มีพื้นที่การคายรังสีมาก ได้แก่ คอนกรีตบล็อก ผิวกรวดล้าง ส่วนวัสดุทดสอบที่มีพื้นที่การคายรังสีน้อย ได้แก่ คอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ

- **การทดลองที่ 2.3 การทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อนของสีผิววัสดุกับการใช้ลมพัดผ่าน ในร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 5 วัสดุที่มีค่าการดูดซับรังสีที่ผิวต่างกัน จะทำให้อุณหภูมิวัสดุปูพื้นที่มีลมพัดผ่าน ในที่ร่ม มีค่าต่างกัน วัสดุทดสอบ ที่มีค่าการดูดซับรังสีมาก ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา พ่นสีดำ ที่ผิวหน้า โดยใช้สีอะคริลิค สเปรย์ ส่วนวัสดุทดสอบที่มีค่าการดูดซับรังสีน้อย ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา พ่นสีขาว โดยใช้สีอะคริลิค สเปรย์

- **การทดลองที่ 2.4 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ โดยการใช้น้ำระเหยผ่าน ในร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 6 เพื่อวัสดุวางบนพื้นที่มีน้ำระบายผ่าน ในร่ม และมีลมพัดผ่าน วัสดุต่างชนิดกันมีค่าการนำความร้อน (Conductivity)และค่าการดูดซึมน้ำต่างกัน จะมีอุณหภูมิผิวต่างกัน

ทำการทดลอง โดยมีลมพัดผ่านใต้วัสดุทดสอบ ที่อยู่ในร่ม ใต้ชายคาอาคารทดสอบ การทดสอบ กรณีนี้ มีตัวแปรคงที่คือ ปริมาณระดับน้ำ และการมีกระแสลมพัดผ่าน วัสดุทดสอบ ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา และหินทราย

- **การทดลองที่ 2.5 การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิววัสดุ กับการใช้น้ำระเหยผ่าน ในร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 4 วัสดุต่างชนิดกันมีค่าการคายรังสีต่างกัน จะทำให้อุณหภูมิวัสดุปูพื้นที่มีการระบายน้ำผ่าน ในที่ร่ม มีค่าต่างกัน ทำการทดลอง เปรียบเทียบวัดอุณหภูมิผิววัสดุทดสอบในที่ร่ม ใต้ชายคาอาคารทดสอบ มีน้ำระบายผ่าน

วัสดุทดสอบ ที่มีพื้นที่การคายรังสีมาก ได้แก่ คอนกรีตบล็อก ผิวกรวดล้าง ส่วนวัสดุทดสอบที่มีพื้นที่การคายรังสีน้อย ได้แก่ คอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ

- **การทดลองที่ 2.6 การทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อนของสีผิววัสดุกับการใช้ลมพัดผ่าน ในร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 5 วัสดุต่างชนิดกันมีค่าการดูดซับรังสีต่างกัน จะทำให้อุณหภูมิวัสดุปูพื้นที่มีน้ำระบายผ่าน ในที่ร่ม มีค่าต่างกัน

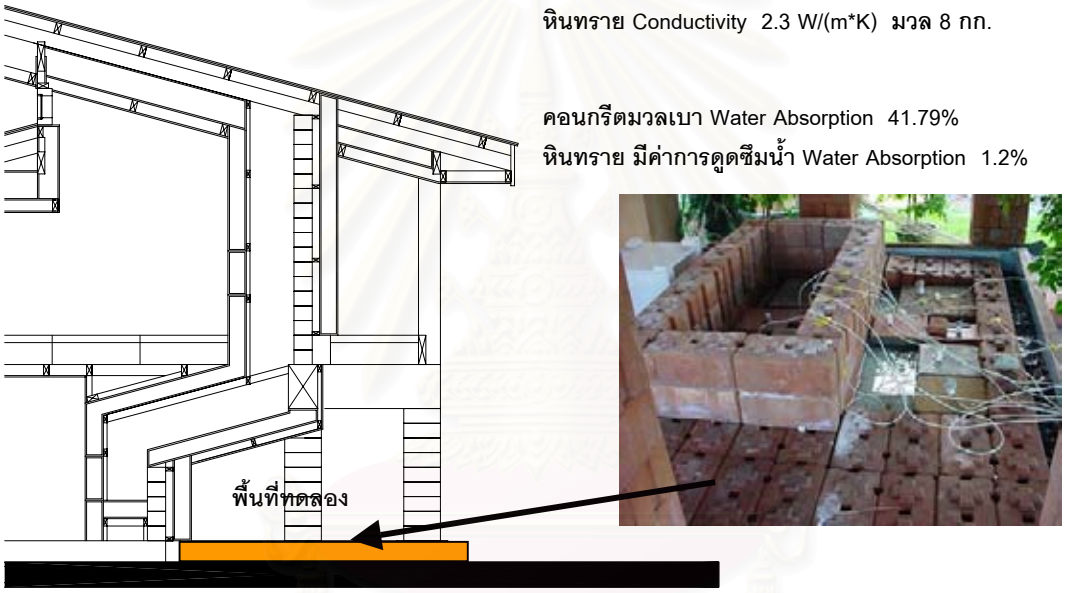
วัสดุทดสอบ ที่มีค่าการดูดซับรังสีมาก ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา พ่นสีดำ ที่ผิวหน้าโดยใช้สีอะคริลิค สเปรย์ ส่วนวัสดุทดสอบที่มีค่าการดูดซับรังสีน้อย ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา พ่นสีขาว โดยใช้สีอะคริลิค สเปรย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **การทดลองที่ 2.7.1-2.7.4 การทดสอบอิทธิพลของลมและลักษณะพื้นผิววัสดุ กับการใช้น้ำระเหยผ่าน ในร่ม**

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 6 กระแสลมมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิววัสดุทดสอบ ที่อยู่ในที่ร่ม และมีน้ำระบายผ่าน

วัสดุทดสอบ ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำ คอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว คอนกรีตบล็อก ผิวกรวดล้าง คอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ คอนกรีตมวลเบาแต่งผิวทราย และคอนกรีตมวลเบาไม่แต่งผิว



ภาพ 3.21 การทดลองในที่ร่ม แบบมีน้ำระบายผ่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.4 การทดสอบเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 การศึกษาการประยุกต์นำไปใช้กับงานจริง

<u>การทดสอบขั้นตอนที่ 3</u>

เพื่อทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ทั้งหมดที่อยู่ให้สภาพแวดล้อมจริง ในธรรมชาติ ตามสภาพภูมิอากาศเมืองร้อนชื้น ในประเทศไทย ต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุทดสอบ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง จึงทำการทดสอบดังต่อไปนี้ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

การทดลองที่ 3.1 การทดลองประยุกต์ใช้กับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การทดลองที่ 3.2 การทดลองประยุกต์ใช้กับห้องเรียนธรรมชาติ

<u>ทดลองหาแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริง</u>

เป็นการสรุปนำตัวแปรและปัจจัยที่มีผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุทดสอบในขั้นตอนที่ 1 มีอุณหภูมิผิวลดลง มาทดสอบกับการใช้งานในสภาพจริง โดยปฏิบัติการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ได้มาจากผลการทดลองในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการทดสอบกับวัสดุที่ได้อุณหภูมิผิววัสดุลดลงต่ำที่สุดในช่วงเวลากลางวัน

การทดลองที่ 3.1 การทดลองประยุกต์ใช้กับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่บนพื้นที่โล่ง ไม่มีสิ่งก่อสร้างข้างเคียงที่ทำให้เกิดร่มเงาตกทอดมาบนพื้นที่ตั้งอาคาร ทิศทางของลมที่พัดเข้าสู่อาคารเป็นลมที่พัดมาจากทิศใต้ ดังนั้นจากการวิเคราะห์สภาพพื้นที่และทิศทางของลมแล้ว ได้ทำการการทดสอบประสิทธิภาพความเย็นและการนำไปใช้จริงกับอาคาร โดยมีจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

จุดมุ่งหมาย เพื่อทดสอบประสอทธิภาพความเย็น และทำให้อุณหภูมิอากาศในห้องเรียนชั้นล่างมีอุณหภูมิลดลง จึงติดตั้งวัสดุปูพื้นที่มีการระบายน้ำผ่านที่ผิวด้านล้าง ทางทิศใต้ของอาคาร เนื่องจากต้องการนำความเย็นโดยการระเหยของน้ำ(Evaporative Cooling) บนผิววัสดุปูพื้น มาใช้เพื่อปรับอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร ให้มีอุณหภูมิต่ำลง

โมเลกุลของอากาศไหลเวียนเข้าสู่ห้องเรียนชั้นล่าง โดยอาศัยการพา(Convection) เอาไอน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำเหนือพื้นผิววัสดุทดสอบ เข้าสู่อาคาร ดังนั้นการทดสอบในขั้นตอนนี้จึงสมมติฐานดังต่อไปนี้

สมมติฐาน อุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่างน่าจะลดลงเมื่อมีการปรับอุณหภูมิอากาศจากภายนอกก่อนที่จะไหลเวียนเข้าสู่ภายในห้อง โดยใช้การระเหยของน้ำที่ผิววัสดุที่บริเวณทิศใต้

<u>ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่การทดสอบ</u> มีดังนี้

1. ขุดเปิดหน้าดิน ให้ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร ขนาดพื้นที่ 1.80 x 2.00 เมตร เท่ากับพื้นที่ทางเดินใต้ระเบียงทางทิศใต้ ของอาคารจำลองโรงเรียนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. เตรียมพลาสติกปูรองพื้น และทำเป็นขอบด้านข้าง ให้มีขนาดเท่ากับพื้นที่พอดีกับการปูรองพื้นและทำขอบทั้ง 4 ด้าน โดยขอบทั้ง 4 ด้าน มีความสูงด้านละ 10 เซนติเมตร
3. ปูแผ่นพลาสติกลงในพื้นที่ที่ตรียมไว้ และตั้งขอบพลาสติกสูงด้านละ 10 เซนติเมตร
4. ใส่หินคลุก เบอร์ 1 ตบอัดให้แน่น โดยให้มีความหนา 10 เซนติเมตร เท่ากับความสูงของขอบพลาสติก โดยเกลี่ยให้เรียบ
5. ใส่น้ำให้สูงเท่ากับขอบพลาสติก อาศัยน้ำเป็นตัวปรับระดับ ความสูงของหินคลุกที่ใส่ลงไป แล้วทำการเกลี่ยหินให้เรียบอีกครั้งหนึ่ง ได้ระดับความสูงเท่ากับผิวน้ำ
6. ปูวัสดุทดสอบ เรียงให้ชิดกัน เต็มพื้นที่
7. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ เก็บข้อมูล เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้แก่

    ตำแหน่งที่ 1 ที่ผิววัสดุทดสอบ เป็นตำแหน่งที่หัวเทอร์มิสเตอร์สัมผัสกับผิววัสดุ

    ตำแหน่งที่ 2 เหนือวัสดุทดสอบ 2.5 เซนติเมตร

    ตำแหน่งที่ 3 เหนือวัสดุทดสอบ 10 เซนติเมตร

    ตำแหน่งที่ 4 อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่าง ซึ่งเป็นตำแหน่งกึ่งกลางห้องสูงจากพื้น 10 เซนติเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.22 แสดงพื้นที่ทดสอบวัสดุปูพื้น
เตรียมพื้นที่ทดลองกับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่บริเวณพื้นชั้นล่างด้านทิศใต้

รูปที่ 3.23 แสดงการปูพลาสติกกันซึม
การปูพลาสติกและตั้งของพลาสติก สูง 10 เนติเมตร

รูปที่ 3.24 แสดงการเรียงวัสดุปูพื้น
ปูพลาสติกแล้ว นำวัสดุพื้นมาวางเรียงให้ชิดกัน

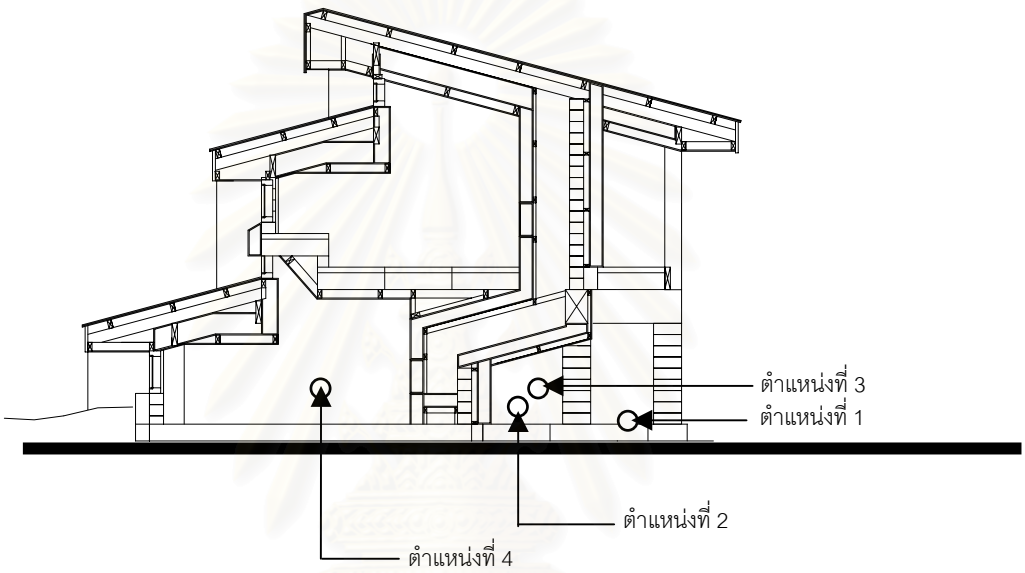
รูปที่ 3.25 แสดงการระบายน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น
ใส่น้ำ ให้ระดับน้ำอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของความสูงวัสดุทดสอบ จนกว่าระดับน้ำจนคงที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีทดสอบ

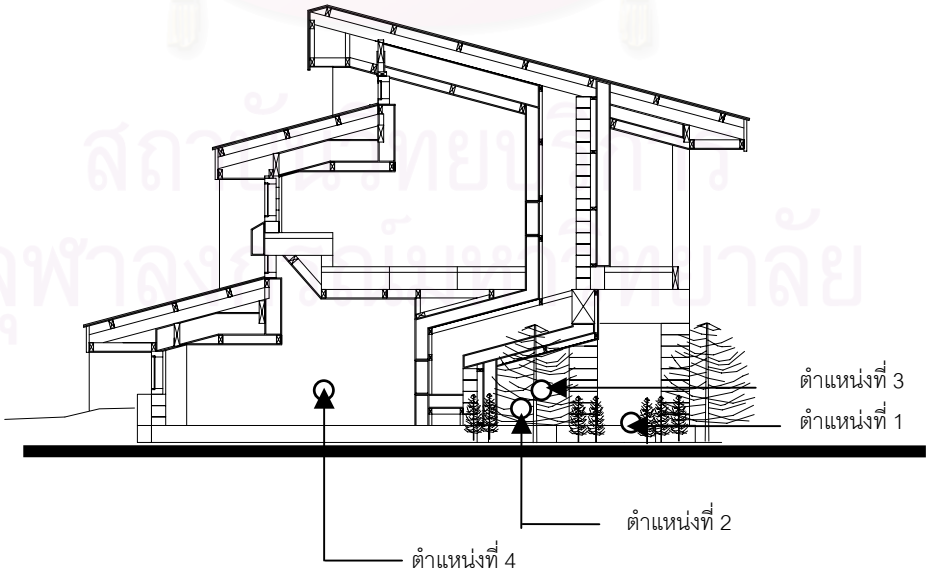
การทดสอบแบ่งเป็น 2 กรณี เนื่องจากต้องการทราบอิทธิพลของความเย็นจากการระเหยน้ำที่ผิววัสดุทดสอบเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการจัดร่มเงาจากต้นไม้ ในการบังเงาให้กับพื้นผิววัสดุทดสอบ ดังนั้น การทดสอบในกรณีแรก คือ การทดสอบกับอาคารทดลองโดยไม่มีการบังเงาจากต้นไม้ ส่วนกรณีที่สอง คือ การทดสอบกับอาคารทดลองโดยใช้การบังเงาจากต้นไม้

กรณีที่ 1 การทดสอบกับอาคารทดลองโดยไม่ใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น



รูปที่ 3.26 แสดงการทดสอบกับอาคารทดลองโดยไม่ใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น

กรณีที่ 2 การทดสอบกับอาคารทดลองโดยใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น



รูปที่ 3.27 แสดงการทดสอบกับอาคารทดลองโดยใช้วิธีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้น

รูปที่ 3.28 การทดสอบกับอาคารทดลองโดยมีการบังเงาจากต้นไม้

รูปที่ 3.29 การทดสอบกับอาคารทดลองโดยมีการบังเงาจากต้นไม้

ก. การทดสอบประสิทธิภาพความเย็นและการนำไปใช้กับห้องเรียนธรรมชาติ

การทดสอบการนำไปใช้จริงกับห้องเรียนธรรมชาติ โดยใช้ผลที่ได้จากการทดสอบอิทธิพลของตัวแปรในหัวข้อ 3.3.2 ซึ่งการทดสอบในห้องเรียนธรรมชาตินี้ ทำภายใต้สภาพอากาศจริง ซึ่งเป็นสภาพใต้ร่มไม้ มีร่มเงาปกคลุมพื้นที่ทางเดินภายในห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งเป็นบริเวณที่ติดตั้งวัสดุทดสอบและวัดอุณหภูมิ ภายใต้ความแปรปรวนของแสงแดดและลมในธรรมชาติ

<u>จุดมุ่งหมาย</u> เพื่อต้องการทราบประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดสอบภายใต้สภาพอากาศใต้ร่มไม้ของห้องเรียนธรรมชาติ

<u>สมมติฐาน</u> การมีระบบระบายน้ำผ่านผิวด้านล่างของวัสดุปูทางเท้า จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติลดต่ำลงมากขึ้นกว่า การไม่มีระบบระบายน้ำผ่านผิวด้านล่างของวัสดุปูทางเท้า

ทำการทดสอบเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ

<u>กรณีที่1</u> ไม่มีการระบายน้ำผ่านผิวด้านล่างของทางเดินห้องเรียนธรรมชาติ

ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติ โดยการติดตั้ง หัววัดอุณหภูมิ สูงจากพื้น 10 เซนติเมตร (เป็นตำแหน่งที่มีการย่อขนาด จากการใช้งานจริง 1:4)

<u>กรณีที่2</u> มีการระบายน้ำผ่านผิวด้านล่างของทางเดินห้องเรียนธรรมชาติ

ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติ โดยการติดตั้ง หัววัดอุณหภูมิ สูงจากพื้น 10 เซนติเมตร (เป็นตำแหน่งที่มีการย่อขนาด จากการใช้งานจริง 1:4)

รูปที่ 3.30 มุมมองทางเข้าห้องเรียนธรรมชาติทางทิศใต้ ลูกศรแสดงพื้นส่วนที่มีการใช้น้ำระบายผ่านด้านล่าง

รูปที่ 3.31 แสดงพื้นที่ทำความเย็นในห้องเรียนธรรมชาติ

บริเวณพื้นที่ภายในห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งมีร่มเงาใต้ต้นไม้และใช้เป็นพื้นที่การทำความเย็นโดยการระบายน้ำผ่านผิวด้านล่าง

รูปที่ 3.32 แสดงทางเดินในห้องเรียนธรรมชาติ

บริเวณทางเดินเข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาติ และเป็นส่วนที่มีการระบายน้ำผ่านผิววัสดุปูพื้นด้านล่าง

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้หัวเทอร์มิสเตอร์ และ Data Logger เก็บข้อมูลป้อนข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เมื่อถ่ายข้อมูลเข้าสู่เครื่องประมวลผลหรือคอมพิวเตอร์แล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้นำมาเข้าสมการที่ได้ปรับค่าการอ่านอุณหภูมิของทุกหัววัดอุณหภูมิให้เป็นมาตราฐานเดียวกัน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Excel เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ผล ออกมาในรูปของกราฟเส้นอุณหภูมิ

<u>การเก็บข้อมูลชุดแรก</u>

ตำแหน่งที่มีการวัดอุณหภูมิมีทั้งหมด 32 จุดดังต่อไปนี้

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง จำนวน	1 จุด
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	1 จุด
อุณหภูมิผิวหินทราย กลางแจ้ง 2 จุด ในร่ม 2 จุด รวม	4 จุด
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา กลางแจ้ง 2 จุด ในร่ม 2 จุด รวม	4 จุด
อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตราฐาน กลางแจ้ง 2 จุด ในร่ม 2 จุด รวม	4 จุด
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา สีขาว กลางแจ้ง 1 จุด ในร่ม 2 จุด รวม	3 จุด
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา สีดำ กลางแจ้ง 1 จุด ในร่ม 2 จุด รวม	3 จุด
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง ในร่ม 2 จุด รวม	2 จุด
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ผิวทราย ในร่ม 2 จุด รวม	2 จุด
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ ในร่ม 2 จุด รวม	2 จุด
อุณหภูมิผิวกระเบื้องปูพื้น ในร่ม 2 จุด รวม	2 จุด

ทำการวัดอุณหภูมิโดยเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.3.2 การทดสอบอิทธิพลของตัวแปร ขั้นตอนที่ 1 โดยเลือกเก็บข้อมูลเฉพาะในวันที่มีแดดจัด สภาพท้องฟ้าใส เป็นสีฟ้า ปราศจากก้อนเมฆ

การเก็บข้อมูลชุดที่สอง

การเก็บรวบรวมข้อมูลในชุดที่สองนี้ เป็นขั้นตอนการนำไปใช้กับอาคาร ซึ่งทำการวัดอุณหภูมิผิวของวัสดุทดลองและตัวแปร เงื่อนไขที่เป็นผลทำให้เกิดความเย็นมากที่สุด จากการทดลองในชุดแรก

ตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ มีจำนวน 4 จุด

ตำแหน่งที่ 1	ที่ผิววัสดุทดสอบ	1 จุด
ตำแหน่งที่ 2	เหนือวัสดุทดสอบ 2.5 เซนติเมตร	1 จุด
ตำแหน่งที่ 3	เหนือวัสดุทดสอบ 10 เซนติเมตร	1 จุด
ตำแหน่งที่ 4	อุณหภูมิภายในห้องชั้นล่าง	1จุด

เลือกเก็บข้อมูลเฉพาะในวันที่มีแดดจัด สภาพท้องฟ้าใส เป็นสีฟ้า ปราศจากก้อนเมฆ โดยเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้กล่าวโดยละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 ทดลองหาแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้กับงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิจัยทดสอบการลดอุณหภูมิของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร โดยใช้การระบายน้ำผ่านผิวด้านล่าง ได้ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งสามารถแบ่งตามขั้นตอนการทดสอบ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความร้อนที่ผิววัสดุปูพื้น

เพื่อ การหาสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นนอกอาคาร

การทดสอบ ทำการทดสอบตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม ชนิดของวัสดุ ซึ่งการทดลองประกอบด้วย

- การทดลองที่ 1.1 การทดสอบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุต่างชนิดกัน
- การทดลองที่ 1.2 การทดสอบอิทธิพลของกระแสลมกับวัสดุต่างชนิดกัน
- การทดลองที่ 1.3 การทดสอบเปรียบเทียบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลของน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปร ซึ่งประกอบด้วย 2 จุดมุ่งหมาย คือ

เพื่อ การกำจัดสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นนอกอาคาร

การทดลอง ประกอบด้วย

- การทดลองที่ 2.1 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.2 การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน
- การทดลองที่ 2.3 การทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อนที่ผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน

เพื่อ การเพิ่มอิทธิพลความเย็นให้กับวัสดุปูพื้น

การทดลอง ประกอบด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การทดสอบการใช้น้ำระเหยผ่านวัสดุ
    - การทดลองที่ 2.4 การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน
    - การทดลองที่ 2.5 การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน
    - การทดลองที่ 2.6 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว
- การทดสอบการใช้น้ำระเหยและลมพัดผ่านวัสดุ
    - การทดลองที่ 2.7.1 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ
    - การทดสอบที่ 2.7.2 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ
    - การทดสอบที่ 2.7.3 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา
    - การทดสอบที่ 2.7.4 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์การนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริง

เพื่อ หาตัวแปรสอดแทรกเมื่อนำไปใช้งานจริง

การทดลอง ประกอบด้วย

- การทดลองที่ 3.1 การนำไปใช้กับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- การทดลองที่ 3.2 การนำไปใช้กับห้องเรียนธรรมชาติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 การวิเคราะห์และสรุปผล สำหรับการทดสอบขั้นตอนที่ 1

เพื่อเป็นการตอบวัตถุประสงค์ที่ 1 การศึกษาหาตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความร้อนที่สะสมที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอก และเพื่อหาตัวแปรที่เป็นสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่ผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร

ดังนั้นการศึกษาเอกสารต่างๆ การวิเคราะห์ผลจากการทดลองที่ 1.1 เรื่องการศึกษาอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุต่างชนิดกันและการทดลองที่ 1.2 เรื่องการศึกษาอิทธิพลกระแสลมกับวัสดุต่างชนิดกัน จึงสามารถสรุปได้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่ออุณหภูมิวัสดุปูพื้นดังนี้

- รังสีดวงอาทิตย์ (Radiation)
- กระแสลม (Wind)
- ความชื้นสัมพัทธ์(RH)
- ชนิดของวัสดุ ซึ่งขึ้นกับ
    - มวลสาร (Mass)
    - ค่าการนำความร้อน (Conductivity)
    - ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
    - ค่าการดูดรับรังสีความร้อน (Thermal Absorptivity)
    - ค่าการคายรังสีความร้อน (Emissivity)
    - ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity) ได้แก่

        สีผิวของวัสดุ (Color)

        ลักษณะพื้นผิว (Texture)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ การทดสอบหาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่1 การศึกษาหาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จึงทำการทดสอบหาตัวแปรที่มีอิทธิพล คือ ทดสอบอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ ทดสอบอิทธิพลของกระแสลม และทดสอบอิทธิพลของชนิดวัสดุ ดังนั้นจึงแบ่งการวิเคราะห์ ได้เป็นดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุที่ต่างชนิดกัน

4.1.2 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของกระแสลมกับวัสดุที่ต่างชนิดกัน

4.1.3 การวิเคราะห์การทดสอบเปรียบเทียบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลของน้ำ

4.1.1 การวิเคราะห์การทดสอบที่อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 1 รังสีดวงอาทิตย์น่าจะมีผลต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

ทำการทดสอบ 2 กรณี คือ แบบรับรังสีดวงอาทิตย์และแบบไม่รับรังสีดวงอาทิตย์

- <u>แบบรับรังสีของดวงอาทิตย์</u> กำหนดให้วัสดุทดลองรับรังสีดวงอาทิตย์ในวันท้องฟ้าใส(Clear Sky) ระหว่างช่วงเวลา 8.00 -17.00 น.
- <u>แบบไม่รับรังสีดวงอาทิตย์</u> ทำการทดสอบในวันและเวลาเดียวกันกับการทดสอบแบบรับรังสีดวงอาทิตย์ แต่ทดสอบโดยให้วัสดุทดสอบอยู่ใต้วัสดุบังเงาซึ่งได้แก่ ชายคาของอาคารทดสอบ ให้ร่มเงาแก่วัสดุทดสอบทั้งหมดได้ในช่วงเวลา 8.00 - 17.00 น.

วัสดุทดสอบ 4 ชนิด ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา, อิฐมอญมาตราฐาน, หินทราย สามารถแสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างวัสดุกลางแจ้งและในร่ม ได้ดังต่อไปนี้

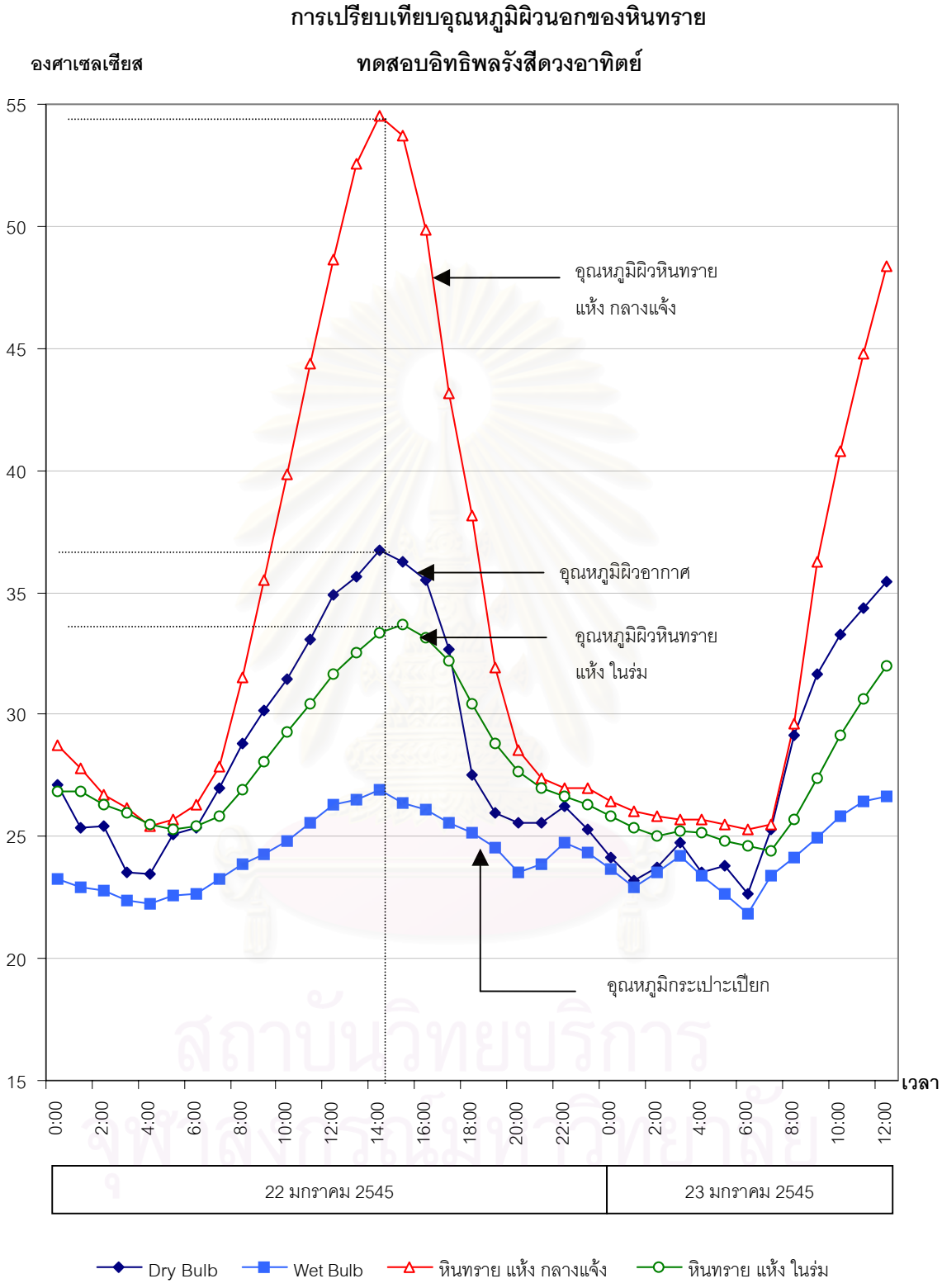
การทดลองที่ 1.1.1 หินทราย แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

การทดลองที่ 1.1.2 อิฐดินเผา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

การทดลองที่ 1.1.3 คอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

การทดลองที่ 1.1.4 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำและผิวสีขาว แห้ง กลางแจ้งและในร่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.1 หินทราย แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

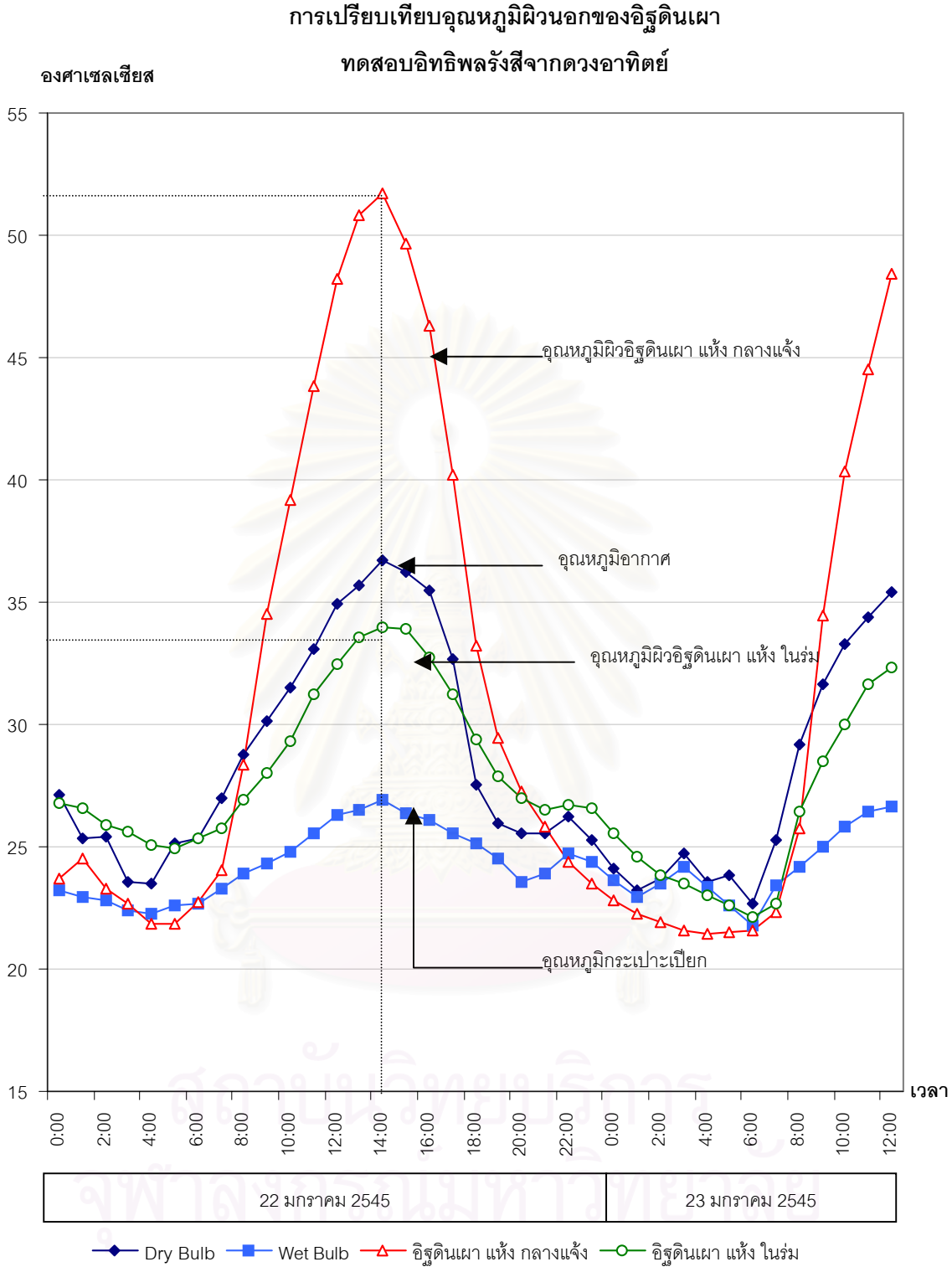
การทดลองที่ 1.1.1 หินทราย แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

จากการศึกษา พบว่า ในช่วงอุณหภูมิวิกฤตของวัน (12.00-15.00น.)

อากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ย ในวันที่ทดสอบ	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิกระเปาะเปียกเฉลี่ย	26.5 องศาเซลเซียส
หินทราย ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย	52.4 องศาเซลเซียส
หินทราย ที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย	32.8 องศาเซลเซียส

ดังนั้น ผิวหินทรายกลางแจ้งมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวหินทรายในร่ม 19.6 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถสรุปได้ว่า รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงทำให้ผิวหินทรายมีอุณหภูมิสูงขึ้น มากกว่าอุณหภูมิอากาศ 16.5 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.2 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.2 อิฐดินเผา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

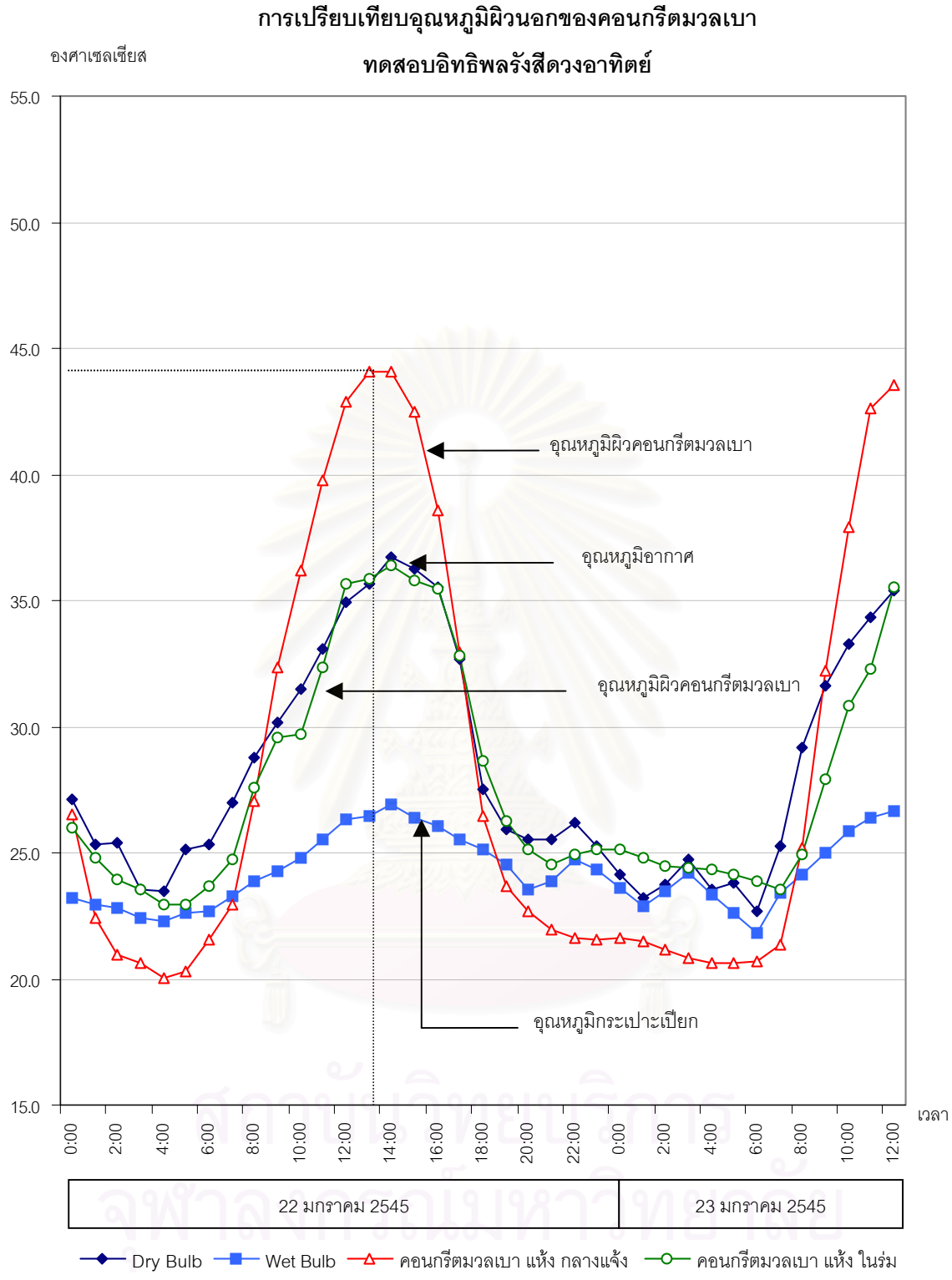
ทดลองที่ 1.1.2 อิฐดินเผา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

จากการศึกษา พบว่า ในช่วงอุณหภูมิวิกฤตของวัน (12.00-15.00น.)

อากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ย ในวันที่ทดสอบ	35.9 องศาเซลเซียส
อิฐดินเผา ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย	50.1 องศาเซลเซียส
อิฐดินเผา ที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย	33.5 องศาเซลเซียส

ดังนั้น ผิวอิฐดินเผากลางแจ้งมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวอิฐดินเผาในร่มถึง 16.6 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถสรุปได้ว่า รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงทำให้ผิวอิฐมอญมีอุณหภูมิสูงขึ้น มากกว่าอุณหภูมิอากาศ 14.2 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.3 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.3 คอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

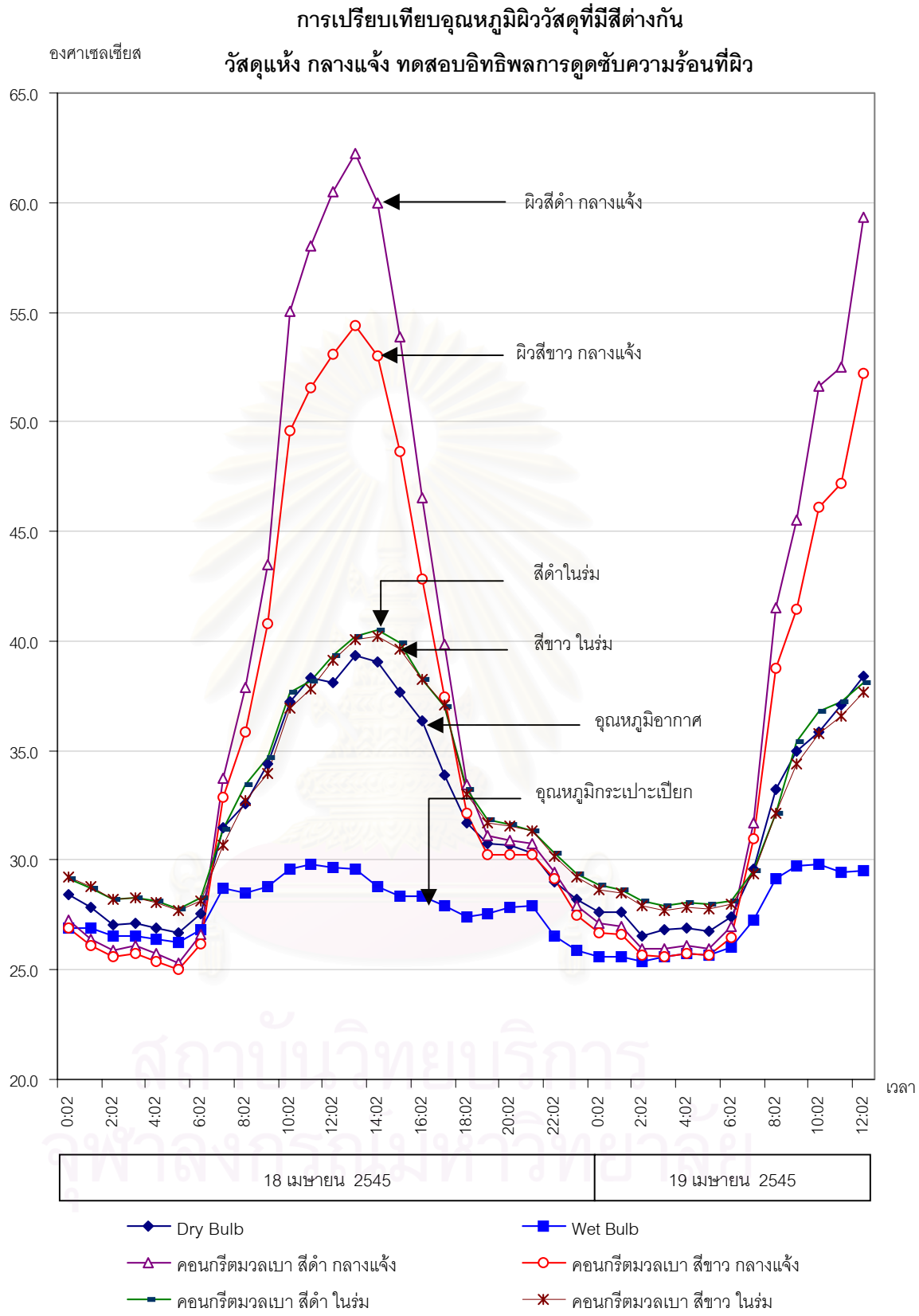
การทดลองที่ 1.1.3 คอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และในร่ม

จากการศึกษา พบว่า ในช่วงอุณหภูมิวิกฤตของวัน (12.00-15.00น.)

อากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ย ในวันที่ทดสอบ	35.9 องศาเซลเซียส
คอนกรีตมวลเบา ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย	43.4 องศาเซลเซียส
คอนกรีตมวลเบา ที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย	35.9 องศาเซลเซียส

ดังนั้น ผิวอิฐดินเผากลางแจ้งมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวอิฐดินเผาในร่มถึง 7.5 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถสรุปได้ว่า รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงทำให้ผิวอิฐมอญมีอุณหภูมิสูงขึ้น มากกว่าอุณหภูมิอากาศ 7.5 องศาเซลเซียส

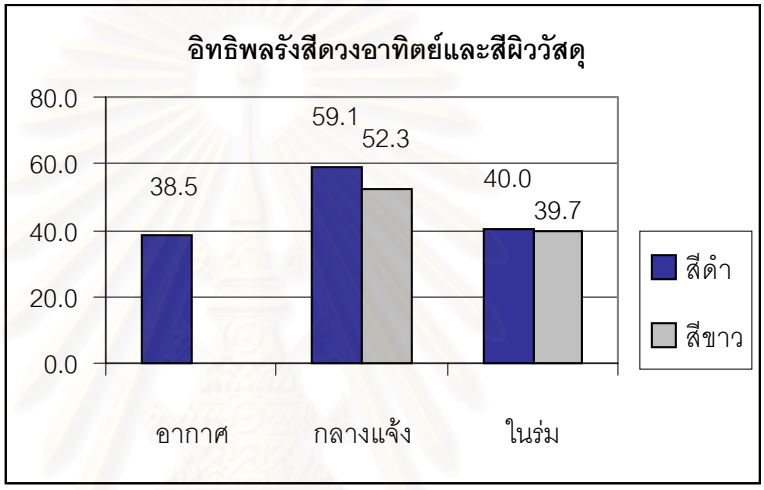
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.4 แสดงผลการทดลองที่ 1.1.1 คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว

การทดลองที่ 1.1.4 คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว

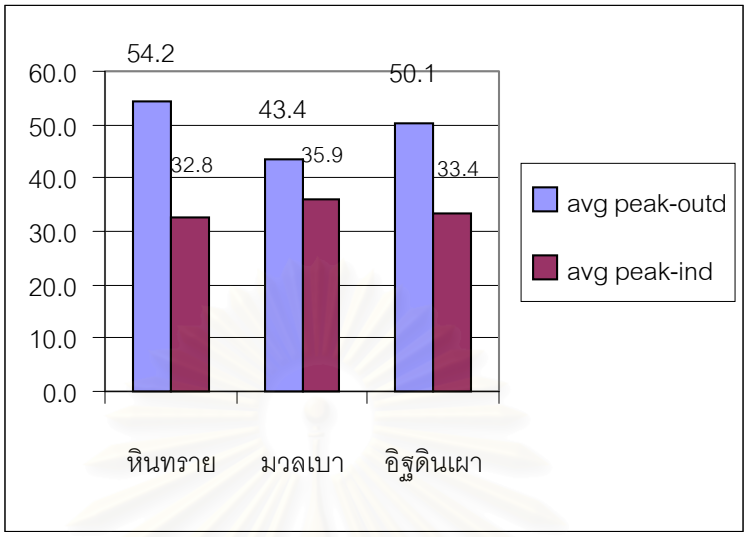
จากการศึกษาอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ และสีผิววัสดุ โดยการเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาผิวสีดำและคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว ทดลองกลางแจ้ง เปรียบเทียบกับการทลองในร่ม ใต้วัสดุบังเงา ซึ่งได้แก่ชายคาของอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถอธิบายอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง12.00-15.00 น.ได้ดังนี้



แผนภูมิ 4.5 แสดงอุณหภูมิผิวช่วงวิกฤตของวัสดุแห้งที่มีสีผิวต่างกัน เปรียบเทียบกลางแจ้งและในร่ม

ดังนั้นจากแผนภูมิ จะพบว่า อิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ มีผลอย่างมากวัสดุแห้งที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง คือ มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวสีดำและสีขาว 6.8 องศาเซลเซียส แต่ในที่ร่ม สีผิววัสดุจะมีอิทธิพลน้อยมากต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุ คือ มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวสีดำและสีขาว เพียง 0.3 องศาเซลเซียส

สรุปการเปรียบเทียบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์



แผนภูมิ 4.6 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของวัสดุกลางแจ้งและในร่ม

จากแผนภูมิ จะแสดงให้เห็น ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของช่วงเวลา 12.00-15.00 น.ของวัสดุกลางแจ้ง เปรียบเทียบกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดช่วงเวลา 12.00-15.00 น ของวัสดุในร่ม

พบว่า วัสดุทั้ง 3 ชนิดซึ่งทดลองในร่ม มีอุณหภูมิอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด ต่ำกว่าวัสดุซึ่งทดลองกลางแจ้ง สำหรับการทดสอบกลางแจ้ง วัสดุทดสอบที่รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดช่วงอุณหภูมิวิกฤต ได้แก่ หินทราย และวัสดุทดสอบกลางแจ้งที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่คอนกรีตมวลเบา ส่วนการทดสอบในร่ม วัสดุทดสอบที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดช่วงอุณหภูมิวิกฤต ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา และวัสดุทดสอบกลางแจ้งที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ อิฐดินเผา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของกระแสลมกับวัสดุที่ต่างชนิดกัน

การทดลองที่ 1.2 **การศึกษาอิทธิพลกระแสลมกับวัสดุต่างชนิดกัน**

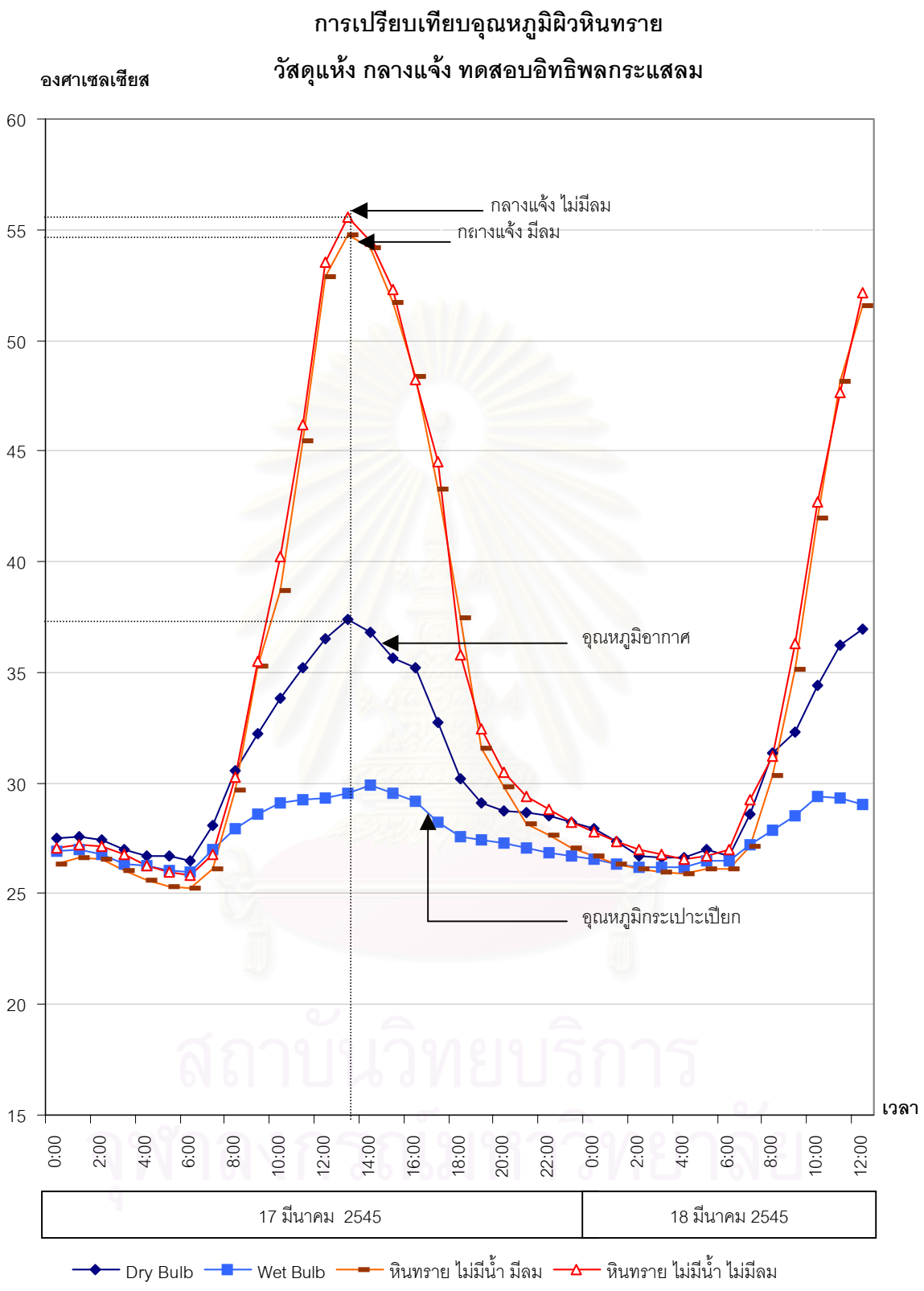
ได้แก่ การทดลองที่ 1.2.1 ทดสอบหินทราย แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม
การทดลองที่ 1.2.2 ทดสอบอิฐดินเผา แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม
การทดลองที่ 1.2.3 ทดสอบคอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ 2 กระแสลมมีผลต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ที่ต่างชนิดกัน

ทำการทดสอบ 2 กรณี คือ แบบมีกระแสลมพัดผ่านและแบบไม่มีกระแสลม

- <u>แบบมีการแสลมพัดผ่าน</u> ทำการทดสอบโดยกำหนดให้กระแสลมมีความเร็วลมตั้งแต่ประมาณ 1.0 ฟุต/วินาทีขึ้นไป(สามารถสังเกตการพัดของกระแสลม)
- <u>แบบไม่มีกระแสลมพัดผ่าน</u> ทำการทดสอบโดยกำหนดให้กระแสลมสามารถพัดผ่านได้ด้วยความเร็วตั้งแต่ 0 - 1.0 ฟุต/วินาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.7 แสดงผลการทดลองที่ 1.2.1 ทดสอบหินทราย แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม

การทดลองที่ 1.2.1 ทดสอบหินทราย แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม

จากการศึกษาอิทธิพลของลมต่อวัสดุปูพื้นนอกอาคาร พบว่า ลม เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิผิวัสดุปูพื้นที่อยู่กลางแจ้งและรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิผิวลดลงโดยเฉพาะช่วงเวลาร้อนวิกฤต (12.00-15.00 น.)

จากแผนภูมิที่ 4.7

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 36.6 องศาเซลเซียส

ผิวหินทราย ที่มีลมพัดผ่าน อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 53.4 องศาเซลเซียส

ในขณะที่

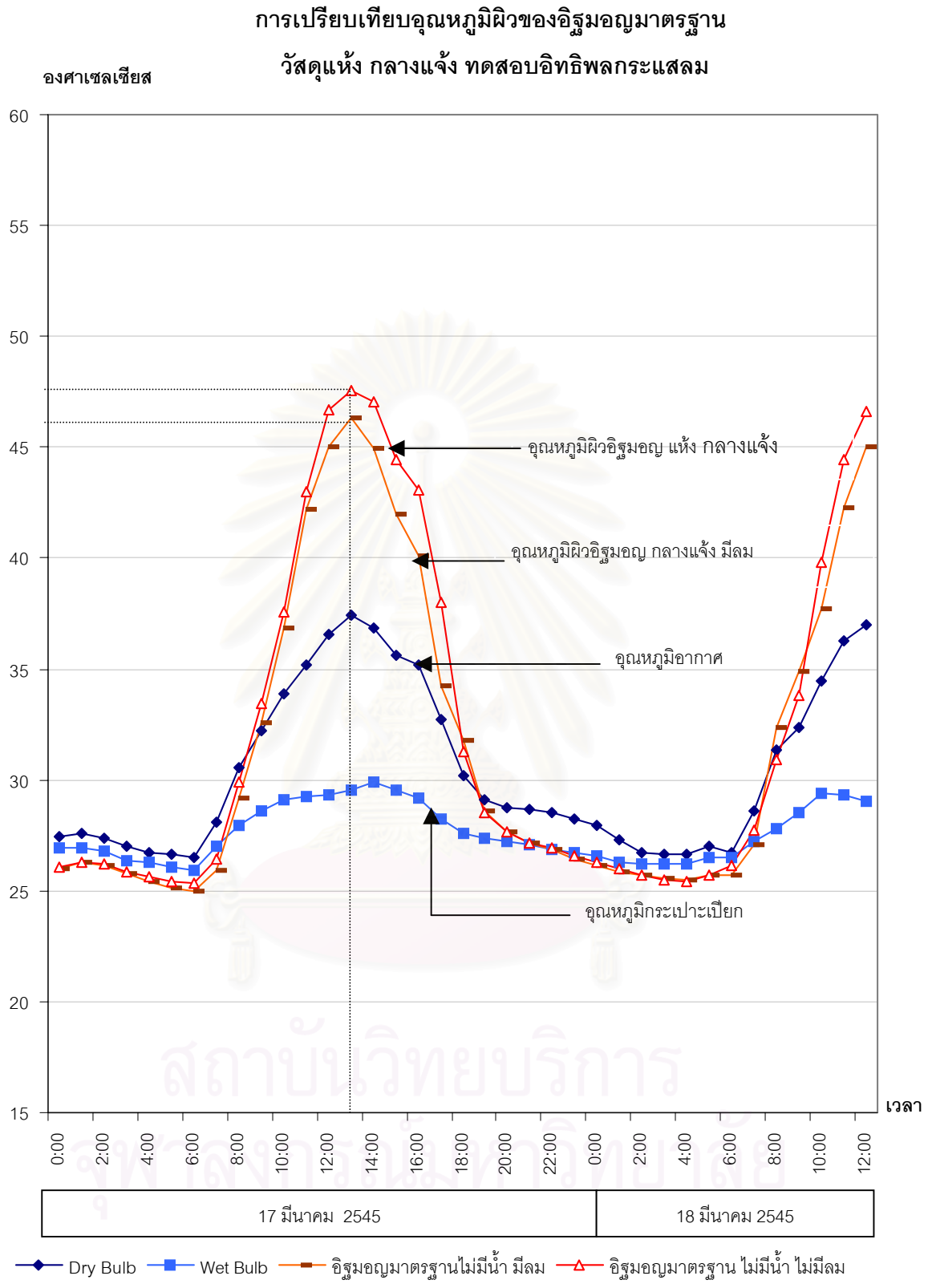
ผิวหินทราย ที่ไม่มีลมพัดผ่าน อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 53.9 องศาเซลเซียส

ดังนั้นอุณหภูมิผิวหินทรายที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤตต่ำกว่าผิวหินทรายที่มีไม่มีลมพัดผ่าน ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส

ผิวหินทรายที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤต สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤต 12.00-15.00 น. 16.8 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลากลางคืน อุณหภูมิผิวหินทรายที่มีลมพัดผ่านจะลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิของหินทรายที่ไม่มีลมพัดผ่านตั้งแต่ช่วงเวลา 19.00 น.เวลาประมาณ 9.00 น.ของเช้าวันรุ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.8 แสดงผลการทดลองที่ 1.2.2 ทดสอบอิฐมอญมาตราฐาน แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม

การทดลองที่ 1.2.2 **ทดสอบอิฐมอญมาตราฐาน แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม**

จากการศึกษาอิทธิพลของลมต่อวัสดุปูพื้นนอกอาคาร พบว่า ลม เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิผิวัสดุปูพื้นที่อยู่กลางแจ้งและได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิผิวลดลง โดยเฉพาะช่วงเวลาร้อนวิกฤต จากแผนภูมิข้างต้น

ในช่วงเวลากลางวัน

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 36.6 องศาเซลเซียส

ผิวอิฐมอญมาตรฐาน ที่มีลมพัดผ่านมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 44.6 องศาเซลเซียส

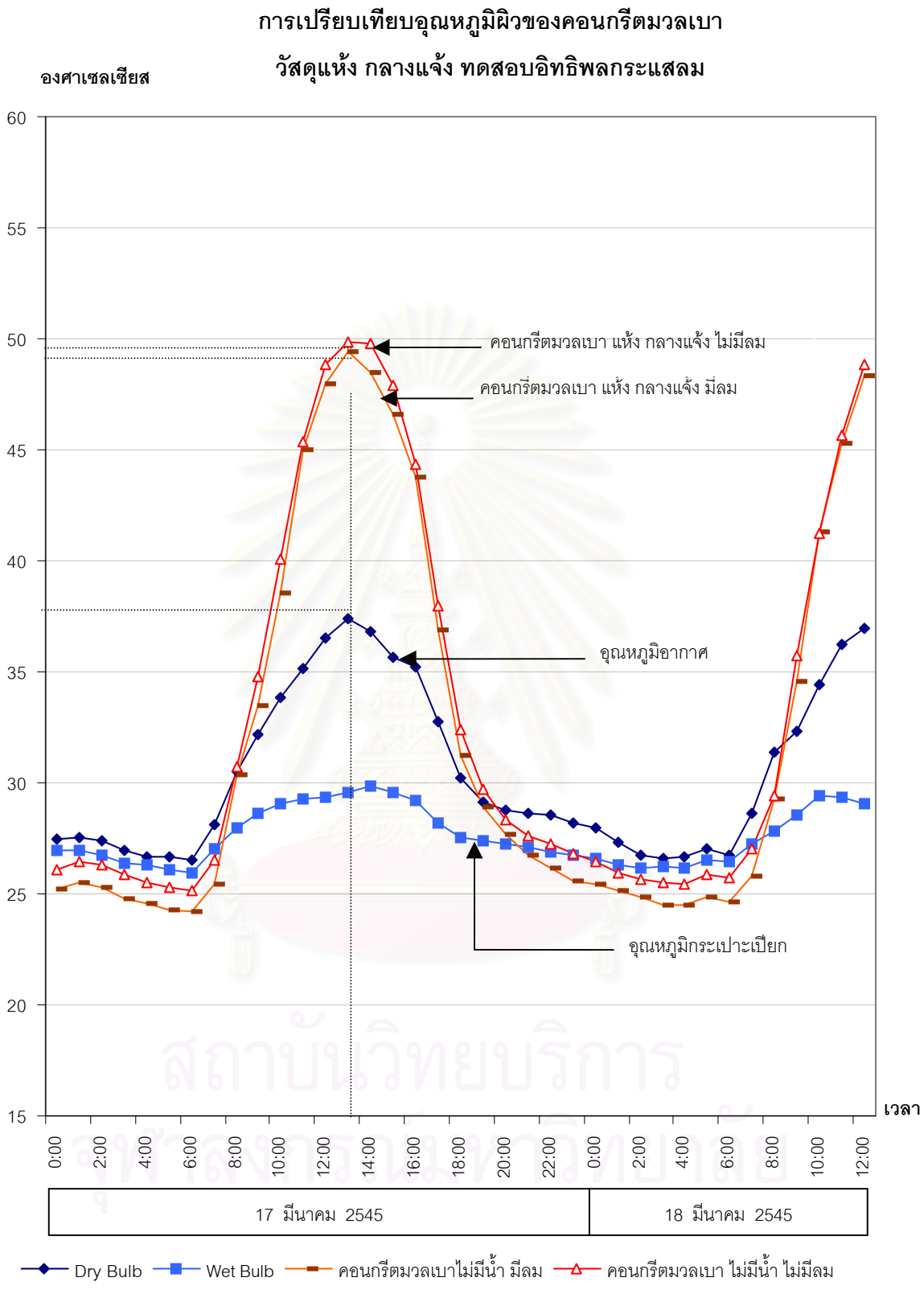
ผิวอิฐมอญมาตรฐาน ที่ไม่มีลมพัดผ่านมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 46.4 องศาเซลเซียส

ดังนั้น อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวอิฐมอญมาตรฐานที่ไม่มีลมพัดผ่าน ประมาณ 1.8 องศาเซลเซียส ผิวอิฐมอญมาตรฐานที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤต สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤต 8 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลากลางคืน

อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานที่มีลมพัดผ่านจะใกล้เคียงกันกับอุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานที่ไม่มีลมพัดผ่านตั้งแต่ช่วงเวลา 18.00 น.ถึงเวลาประมาณ 8.00 น.ของเช้าวันรุ่งขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อไม่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ ความร้อนที่สะสมอยู่ที่วัสดุที่มีลมพัดผ่านก็จะสามารถถ่ายเทออกไปได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองชนิด มีอุณหภูมิลดลง ต่ำลงมาเท่ากันที่ 26.2 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.9 แสดงผลการทดลองที่1.2.3 ทดสอบคอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม

การทดลองที่1.2.3 ทดสอบคอนกรีตมวลเบา แห้ง กลางแจ้ง และอิทธิพลกระแสลม

จากการศึกษาอิทธิพลของลมต่อวัสดุปูพื้นนอกอาคาร พบว่า ลม เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นซึ่งอยู่กลางแจ้งและได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิผิวลดลง โดยเฉพาะช่วงเวลาร้อนวิกฤต จากแผนภูมิที่ 4.9

ในช่วงเวลากลางวัน

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 36.6 องศาเซลเซียส

ผิวคอนกรีตมวลเบา ที่มีลมพัดผ่านมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 48.1 องศาเซลเซียส

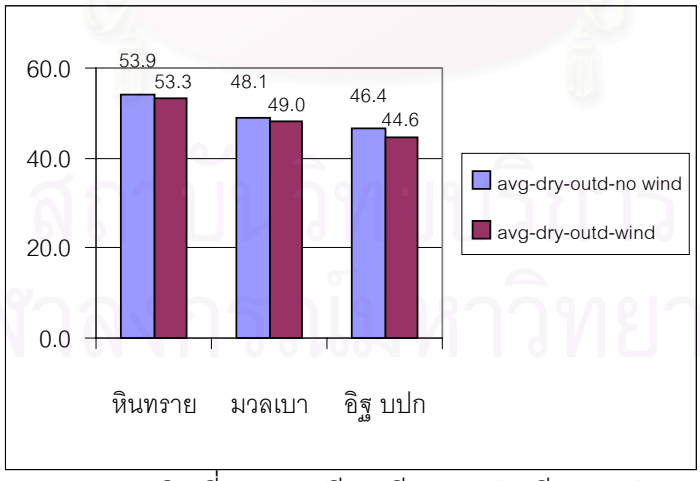
ผิวคอนกรีตมวลเบา ที่ไม่มีลมพัดผ่านมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 49.0 องศาเซลเซียส

ดังนั้นอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบา ที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ที่ไม่มีลมพัดผ่าน ประมาณ 0.9 องศาเซลเซียส ผิวคอนกรีตมวลเบาที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤต สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤต 11.5 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลากลางคืน

อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ที่มีลมพัดผ่านจะใกล้เคียงกันกับอุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ที่ไม่มีลมพัดผ่านตั้งแต่ช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 8.00 น.ของเช้าวันรุ่งขึ้นซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อไม่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ความร้อนที่สะสมอยู่ที่วัสดุที่มีลมพัดผ่านก็จะสามารถถ่ายเทออกไปได้อย่างรวดเร็ว ผิววัสดุมีการคายรังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองชนิด มีอุณหภูมิลดต่ำลง กว่าอุณหภูมิอากาศ และเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำ ในช่วงเวลา 21.00น.-7.00น.

สรุป



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างมีลมพัดผ่านและไม่มีลมพัดผ่าน

ดังนั้นจะพบว่า กระแสลม เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลน้อยมาก ในการทำให้วัสดุที่อยู่กลางแจ้งและได้รับอิทธิรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิผิวลดลง

4.1.3 การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลของน้ำกับวัสดุต่างชนิดกัน

การทดลองที่ 1.3 การทดสอบเปรียบเทียบอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลของน้ำ

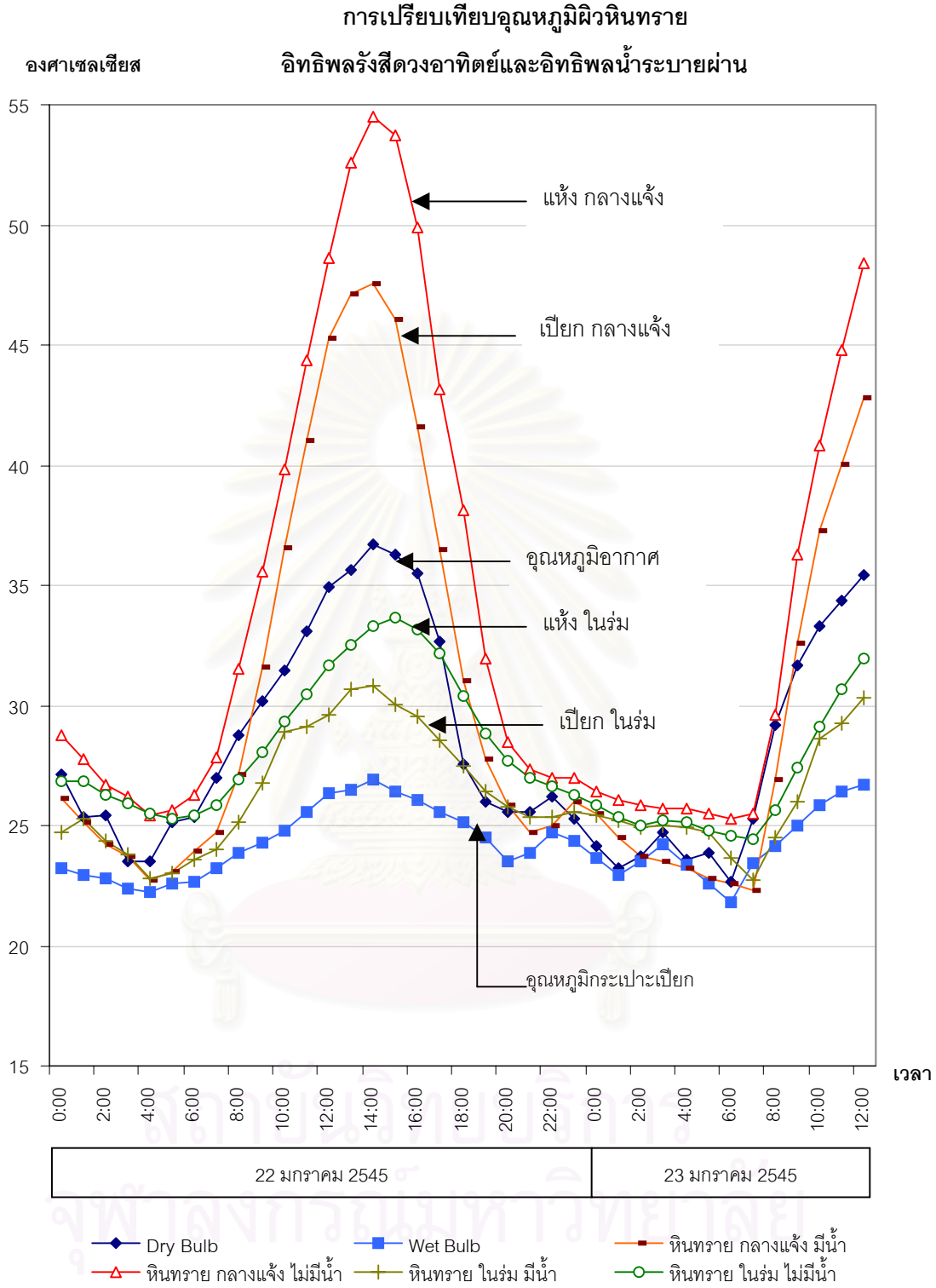
การทดลองในขั้นตอนนี้สามารถนำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทราบว่า อิทธิพลใดมีความสำคัญต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุ มากน้อยต่างกันอย่างไร การทดลองกระทำในวันและเวลาเดียวกัน ในระหว่างวันที่ 22 มกราคม 2545 ถึงวันที่ 23 มกราคม 2545 ในที่ร่มใต้ร่มเงาต้นไม้ของห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งเป็นต้นมะม่วง จำนวน8 ต้น สูงประมาณ 3.0 เมตร ปลูกเป็นกลุ่ม สลับกับไม่พุ่มเตี้ย สามารถให้ร่มเงาตกทอดลงบนพื้นที่ทดลองตลอดช่วงเวลาที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ การวิเคราะห์ผลการทดลองประกอบด้วย

การทดลองที่ 1.31 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของหินทรายในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน

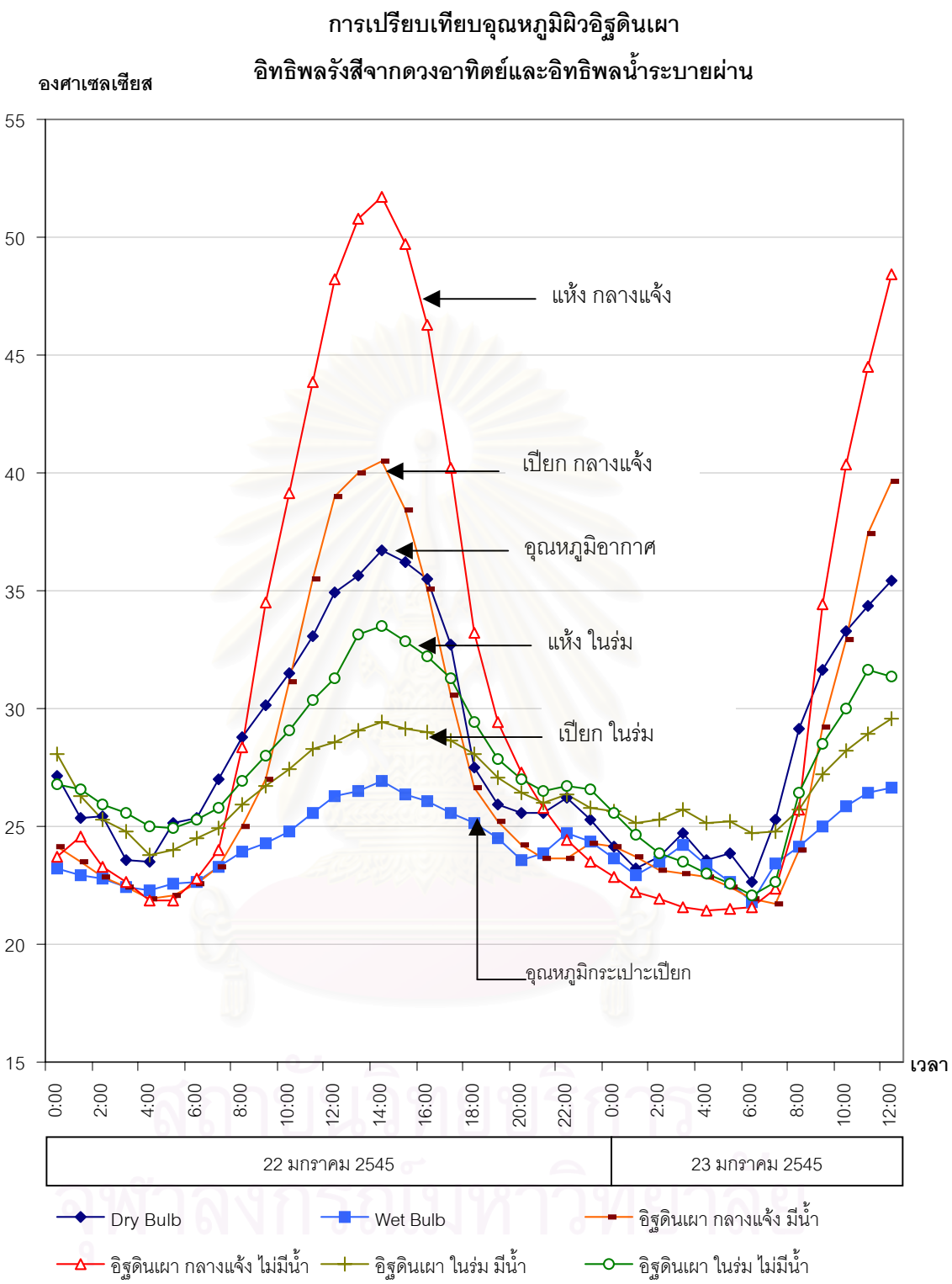
การทดลองที่ 1.32 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของอิฐดินเผาในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน

การทดลองที่ 1.33 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบาในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน

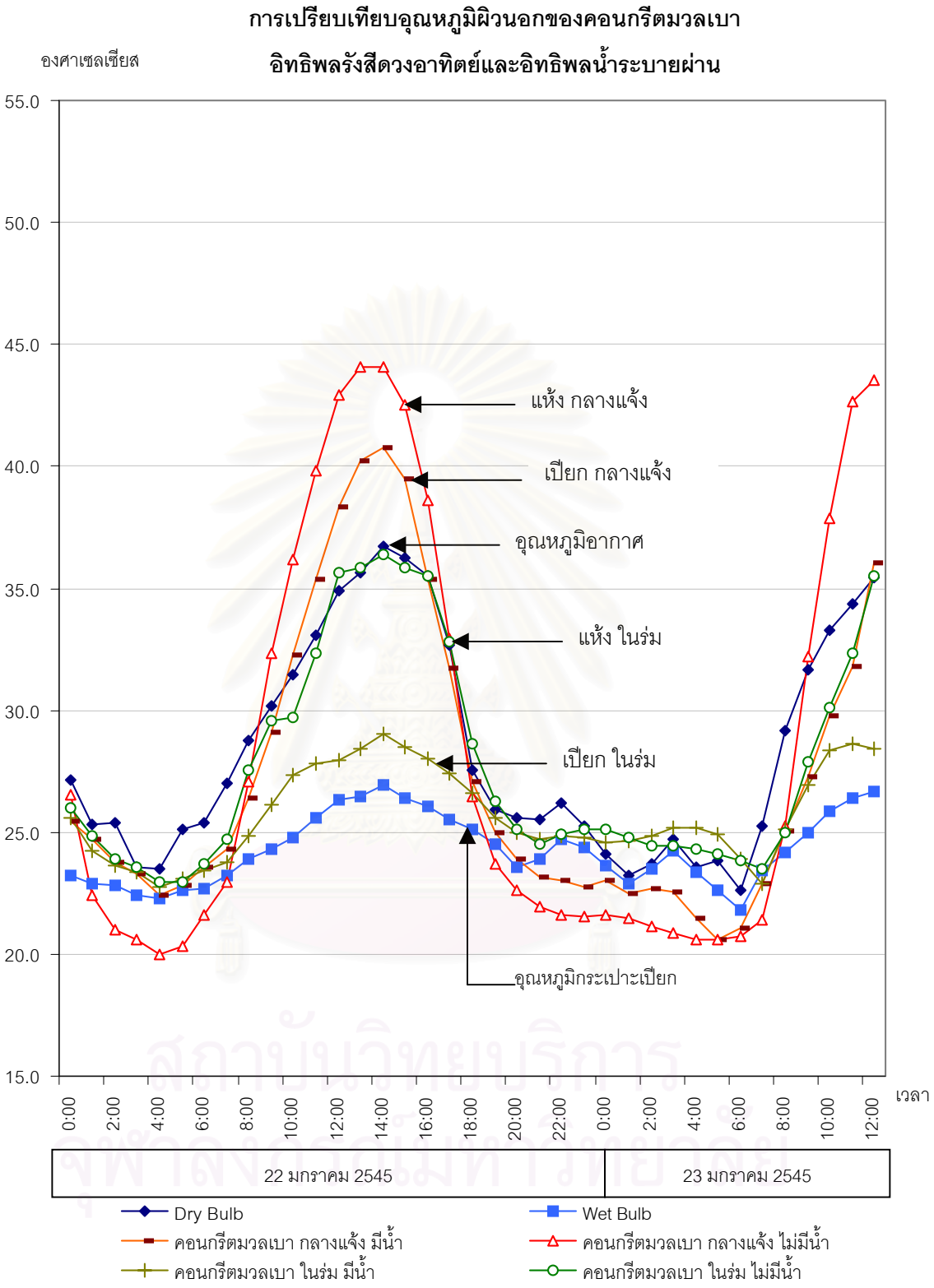
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.11 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของหินทรายในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน



แผนภูมิ 4.12 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของหินทรายในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน



แผนภูมิ 4.13 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบาในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน

สรุปผลการทดลองที่ 1.3.1-1.3.3 การเปรียบเทียบวัสดุในสภาพการทดสอบที่ต่างกัน

จากแผนภูมิที่ 4.1.1-4.1.3 สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิผิววัสดุลดต่ำลงมากที่สุด คือ การระเหยน้ำผ่านวัสดุที่อยู่ในที่ร่มและวัสดุที่มีน้ำระเหยผ่านกลางแจ้ง มีอุณหภูมิสูงกว่า วัสดุที่ไม่มีน้ำระเหยผ่าน ในร่ม

ทำให้สามารถสรุปได้ว่า อิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ ที่ตกกระทบวัสดุโดยตรง มีผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุสูงขึ้นกว่าวัสดุที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงทั้งในกรณีที่มีน้ำระบายผ่านและไม่มีน้ำระบายผ่าน

พิจารณาวัสดุที่มีน้ำระบายผ่าน ในร่ม ใต้ต้นไม้ ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.

อุณหภูมิอากาศ เฉลี่ย 33.5 องศาเซลเซียส

หินทราย มีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย 28.9 องศาเซลเซียส

อิฐมอญ มีอุณหภูมิผิว เฉลี่ย 27.2 องศาเซลเซียส

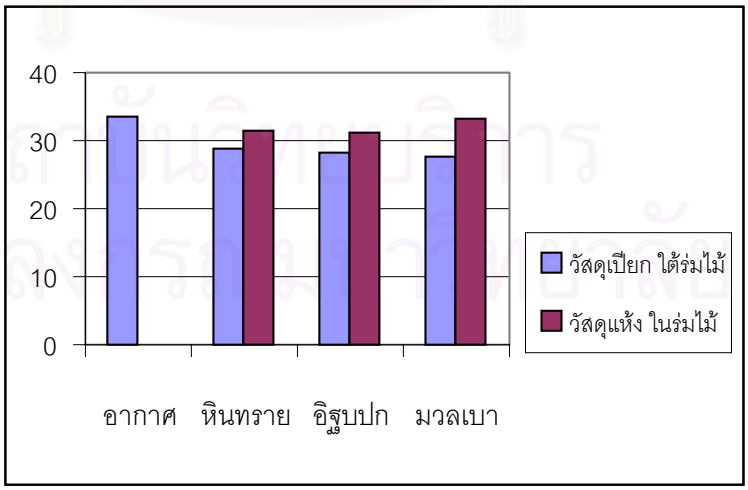
คอนกรีตมวลเบา มีอุณหภูมิผิว เฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียส

ดังนั้น จะพบว่าอุณหภูมิวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 8.00-17.00น. เมื่อวัสดุอยู่ในที่ร่ม มีน้ำระบายผ่าน ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิแสดงดังต่อไปนี้

หินทราย มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 4.6 องศาเซลเซียส

อิฐมอญ มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 6.3 องศาเซลเซียส

คอนกรีตมวลเบา มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 6.0 องศาเซลเซียส



แผนภูมิ 4.14 แสดงผลการทดลองที่ 1.3.1-1.3.3 เปรียบเทียบวัสดุแห้งและวัสดุเปียกใต้ร่มไม้

4.2 การวิเคราะห์และสรุปผล สำหรับการทดสอบขั้นตอนที่ 2

การทดสอบเพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อการลดอุณหภูมิของวัสดุวัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร ซึ่งประกอบด้วย 2 จุดมุ่งหมายคือ

4.2.1 เพื่อเป็นการกำจัดสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

4.2.2 เพื่อการเพิ่มปัจจัยทีมีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร

4.2.1 การกำจัดสาเหตุของความร้อนที่สะสมที่วัสดุปูพื้นภายนอกอาคาร

จากการทดสอบขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน และศึกษาตัวแปรที่เป็นสาเหตุของความร้อนที่ผิววัสดุ นำมาทำการทดสอบในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเป็นการทดสอบวัสดุแห้ง วางบนดิน ในที่ร่ม การทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของวัสดุที่มีค่าการนำความร้อน ลักษณะพื้นผิว และสีผิว ที่แตกต่างกัน โดยสามารถวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

- การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน วัสดุแห้ง ในร่ม ประกอบด้วย การทดลอง ดังนี้

  การทดลองที่ 2.1.1 หินทราย และคอนกรีตมวลเบา

  การทดลองที่ 2.1.2 อิฐมอญมาตรฐาน และคอนกรีตมวลเบา

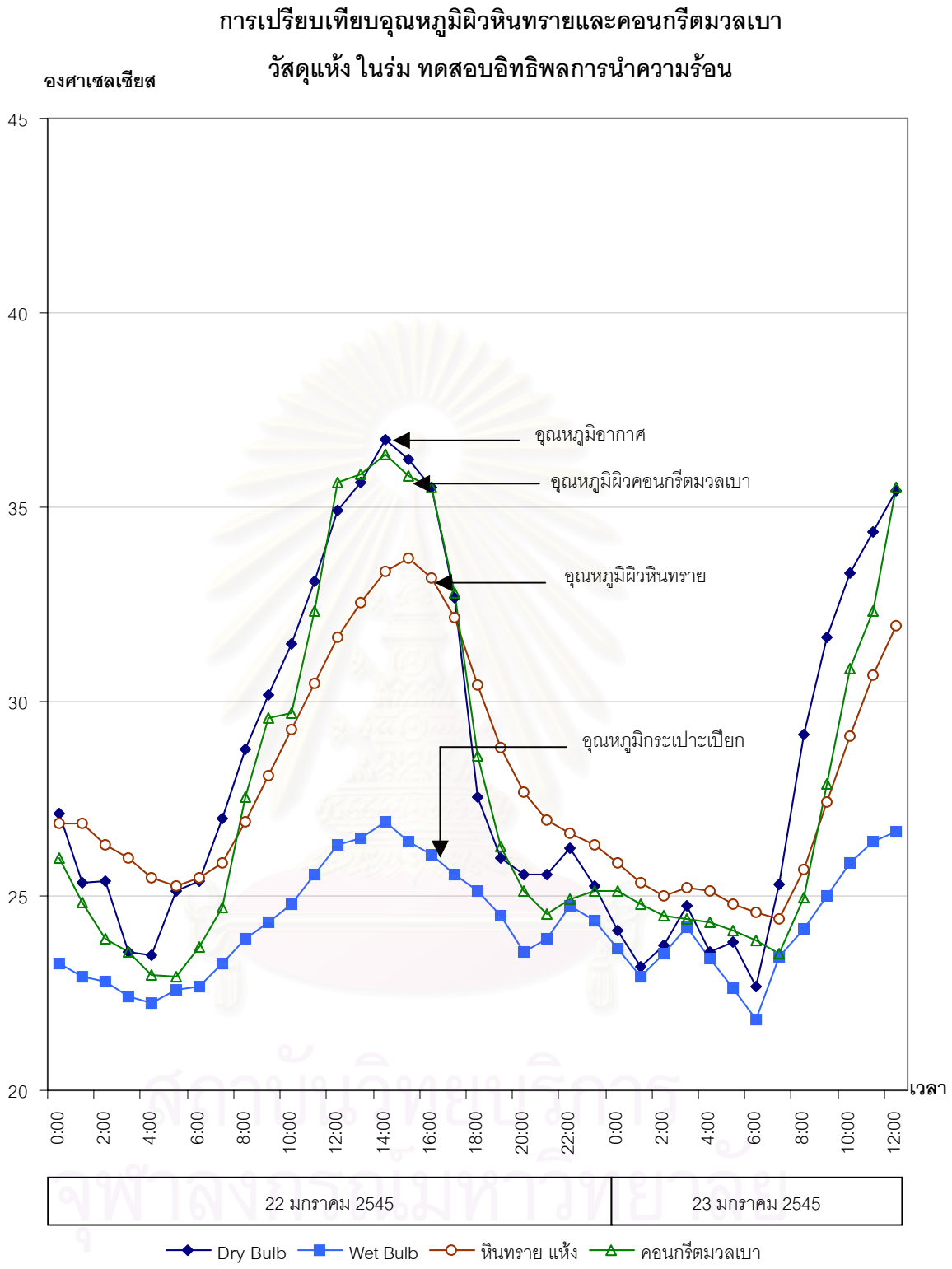
- การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน วัสดุแห้ง ในร่ม

  การทดลองที่ 2.2 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบ และคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ

- การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของสีผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้ลมระบายผ่าน วัสดุแห้ง ในร่ม

  การทดลองที่ 2.3 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.15 แสดงผลการทดลองที่ 2.1.1 หินทรายและคอนกรีตมวลเบา

การทดลองที่ 2.1.1 หินทรายและคอนกรีตมวลเบา

จากการศึกษา เปรียบอุณหภูมิผิวของหินทรายและอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบาซึ่งเปรียบเทียบกันในเรื่องค่าการนำความร้อน หินทรายมีค่าการนำความร้อนสูง แต่คอนกรีตมวลเบามีค่าการนำความร้อนต่ำ ทดสอบโดยวางวัสดุบนดินที่มีสภาพพื้นผิวที่แห้ง ใต้ร่มไม้ของห้องเรียนธรรมชาติจำลอง ซึ่งเป็นต้นมะม่วง จำนวน 8 ต้น สูงประมาณ 3.0 เมตร ปลูกเป็นกลุ่มสลับกับไม่พุ่มเตี้ย สามารถให้ร่มเงาตกทอดลงบนพื้นที่ทดลองตลอดช่วงเวลาที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ พบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ ผิวหินทราย มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ผิวคอนกรีตมวลเบามีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงร้อนวิกฤตของวัน ดังนี้

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 35.8 องศาเซลเซียส

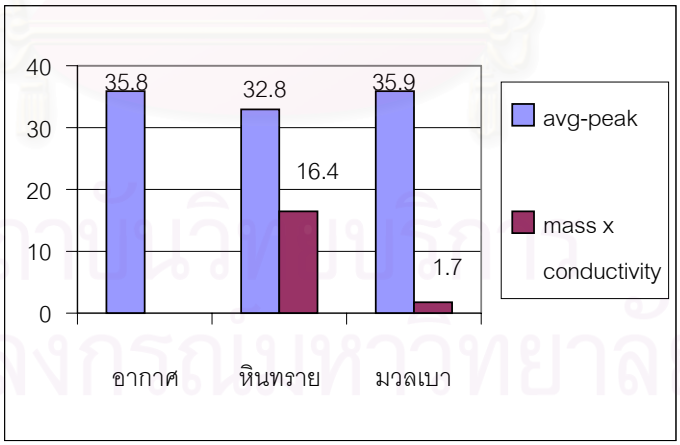
อุณหภูมิผิวหินทรายเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 32.8 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 35.9 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่า วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงเช่นหินทราย ซึ่งอยู่ในที่ไม่รับรังสีดวงอาทิตย์ จะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ คอนกรีตมวลเบาซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำ จะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าหินทราย แต่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ

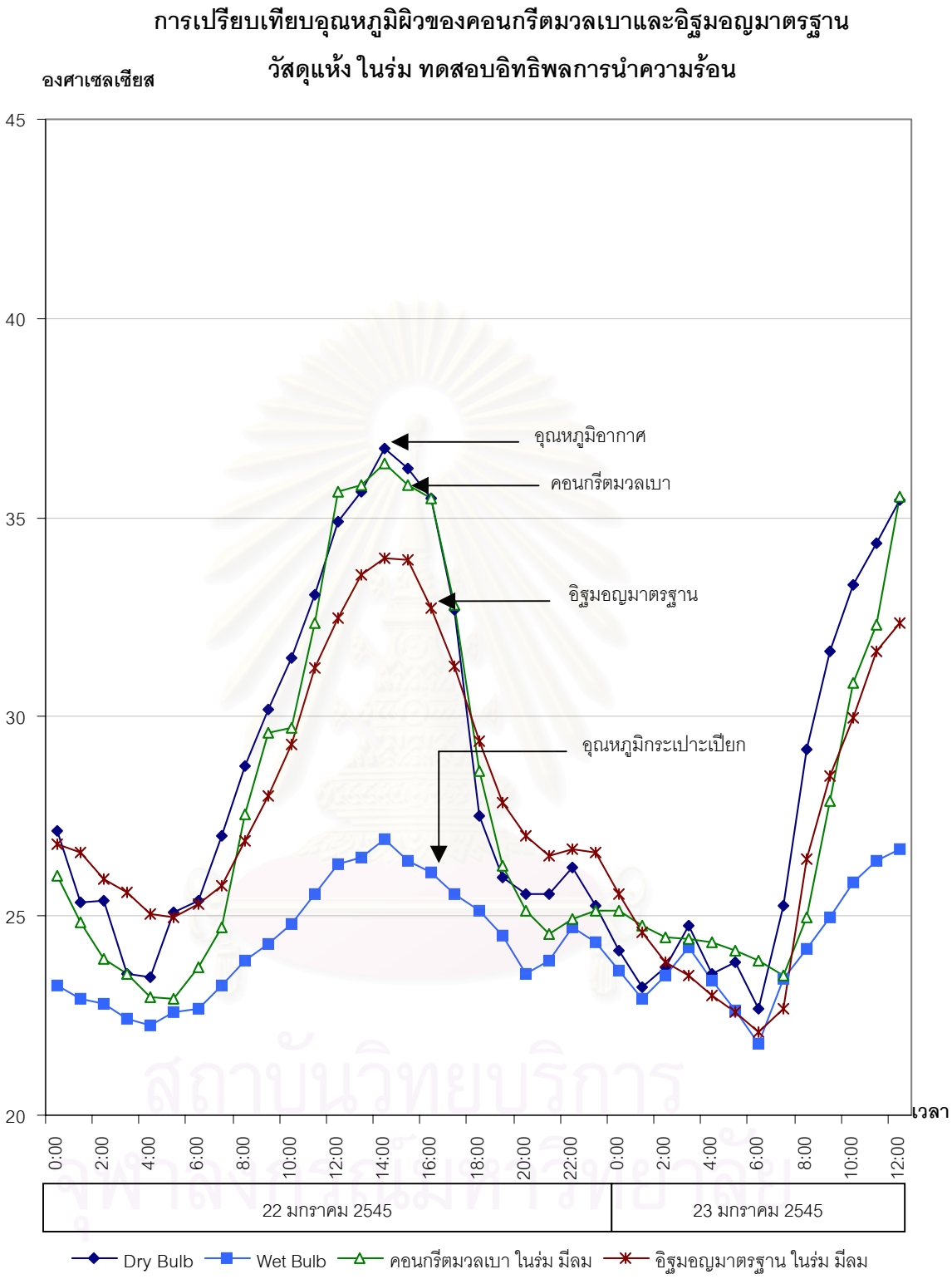
ผิวหินทรายจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 6.00-18.00น.ประมาณ 2.4 องศาเซลเซียส

ผิวคอนกรีตมวลเบาจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศช่วง 12.00-20.00น.



แผนภูมิ 4.16 เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤตและความสามารถในการนำความร้อนของหินทรายกับคอนกรีตมวลเบา

ดังนั้นจะพบว่า ในร่มใต้ร่มไม้ วัสดุแห้ง วางบนพื้นหญ้า วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงกว่าจะมีอุณหภูมิผิวที่ต่ำกว่า สังเกตจากแผนภูมิ หินทราย มีค่าการนำความร้อนสูงกว่า มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบา



แผนภูมิ 4.17 แสดงผลการทดลองที่ 2.1.2 อิฐมอญมาตรฐานและคอนกรีตมวลเบา

การทดลองที่ 2.1.2 อิฐมอญมาตรฐานและคอนกรีตมวลเบา

จากการศึกษา เปรียบอุณหภูมิผิวของอิฐมอญมาตรฐานและอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบาซึ่งเปรียบเทียบกันในเรื่องค่าการนำความร้อน อิฐมอญมาตรฐานมีค่าการนำความร้อนสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา การทดสอบ โดยการวัดอุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองชนิด วางบนดิน ที่มีสภาพพื้นผิวที่แห้ง ใต้ร่มไม้ของห้องเรียนธรรมชาติจำลอง แบบเดียวกับการทดลองที่ 2.1.1 พบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ ผิวอิฐมอญมาตรฐาน มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ผิวคอนกรีตมวลเบามีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงร้อนวิกฤตของวัน ดังนี้

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 35.8 องศาเซลเซียส

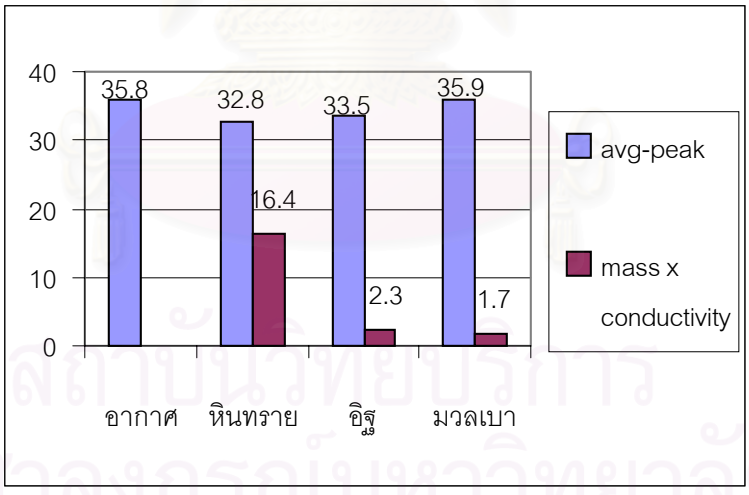
อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 33.5 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 35.9 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่า วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนมาก เช่นอิฐมอญมาตรฐาน จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า คอนกรีตมวลเบา ซึ่งมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่า

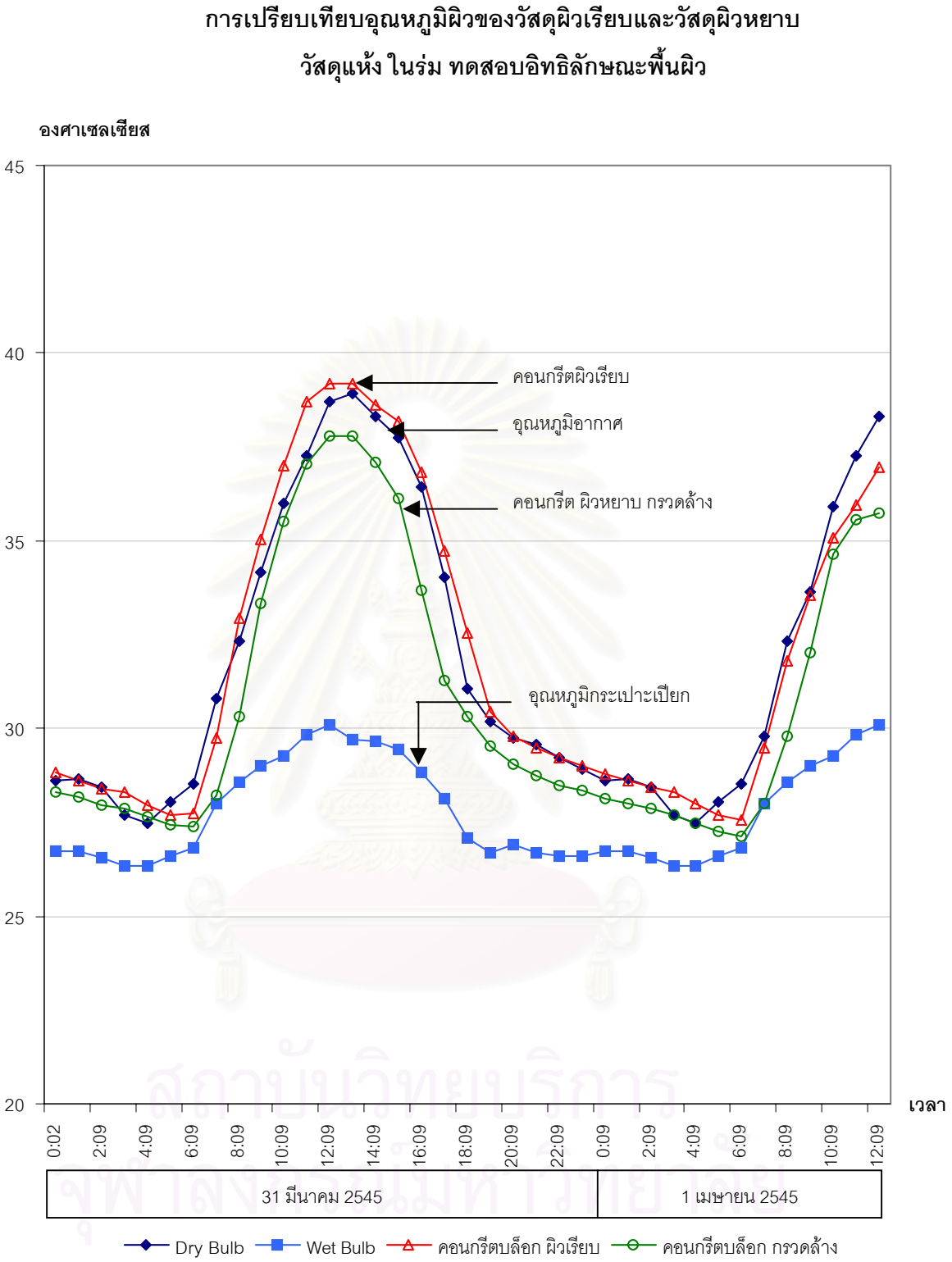
ผิวอิฐมอญจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 7.00-18.00น. ประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส

ผิวคอนกรีตมวลเบาจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศช่วง 12.00-20.00น.



แผนภูมิ 4.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงร้อนวิกฤตและความสามารถในการนำความร้อนของอิฐมอญมาตรฐานกับคอนกรีตมวลเบา

ดังนั้นจะพบว่า ในที่ร่ม ใต้ร่มไม้ บนพื้นหญ้า วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงกว่าจะมีอุณหภูมิผิวที่ต่ำกว่า สังเกตได้จากแผนภูมิ วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง จะมีอุณหภูมิต่ำ



แผนภูมิ 4.19 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบและคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง

การทดลองที่ 2.2 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบและคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง

จากการศึกษา อุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อกปูพื้น ผิวเรียบและอุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อกผิวกรวดล้าง ซึ่งเปรียบเทียบกันในเรื่องพื้นที่ผิวต่อการคายความร้อน วัสดุที่มีผิวหยาบจะมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวในการคายความร้อนมากกว่าวัสดุผิวเรียบ ทำการทดลองโดย วางวัสดุบนดิน ในสภาพพื้นผิวที่แห้ง ในร่ม ชายคาอาคารทดสอบ มีลมพัดผ่าน พบว่า

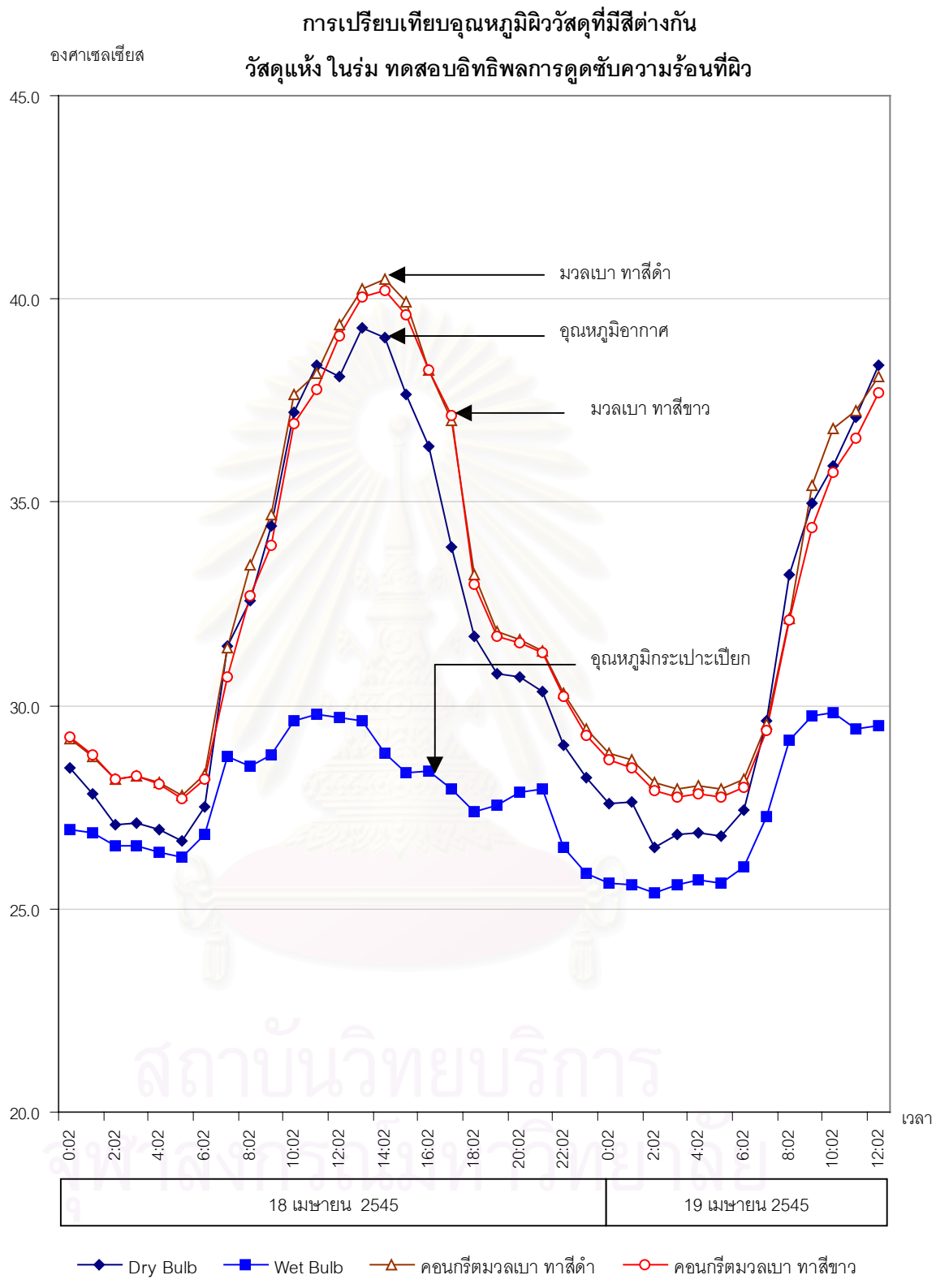
ณ วันที่ทำการทดสอบ คอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเล็กน้อย แต่คอนกรีตบล็อกผิวหยาบจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศ ดังนี้

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	38.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	38.8 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตบล็อกผิวกรวด ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	37.2 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่า เมื่อไม่มีน้ำระบายผ่านและไม่ได้รับรงสีดวงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่มีผิวเรียบจะมีอุณหภูมิที่สูงโดยตลอดทั้งวัน ส่วนวัสดุที่มีผิวหยาบเช่นคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง ซึ่งจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤตต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ ตลอดทั้งวัน

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 8.00-17.00 น.คือ	36.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ เฉลี่ย 8.00-17.00 น.	37.0 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง เฉลี่ย8.00-17.00 น.	35.0 องศาเซลเซียส
ผิวคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ จะร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ย	0.6 องศาเซลเซียส
ซึ่งถือว่าใกล้กับอุณหภูมิอากาศ	
ผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้างจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยเฉลี่ย	1.4 องศาเซลเซียส

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในร่ม เมื่อวัสดุทดสอบวางบนพื้นดินแห้ง วัสดุผิวหยาบ จะมีอุณหภูมิผิว ต่ำกว่าวัสดุผิวเรียบ เนื่องวัสดุผิวหยาบมีพื้นที่ส่วนระนาบนอนที่รับรังสีความร้อน น้อยกว่าวัสดุผิวเรียบ



แผนภูมิ 4.20 แสดงผลการทดลองที่ 2.3 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว

การทดลองที่ 2.3 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว

จากการศึกษา เปรียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำและอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาวซึ่งเปรียบเทียบกันในเรื่องค่าการดูดซับความร้อน โดยทดสอบ วัสดุบนดิน ในสภาพพื้นผิวที่แห้ง ใต้ร่มชายคาของอาคารทดสอบ มีลมพัดผ่าน พบว่า วัสดุที่มีผิวสีอ่อนจะอุณหภูมิผิวที่ต่ำกว่าวัสดุที่มีผิวสีเข้ม

ณ วันที่ทำการทดสอบ คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำและคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ดังนี้

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	38.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	40.0 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	39.7 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่า วัสดุที่มีผิวสีอ่อนและสีเข้มจะมีอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน ที่ใกล้เคียงกันมาก จากการทดลองวัสดุผิวสีดำ มีอุณหภูมิสูงกว่า วัสดุผิวสีขาวเล็กน้อย จึงสามารถสรุปได้ว่า ในที่ร่ม สีผิวของวัสดุ หรือค่าการดูดซับความร้อนที่ผิว มีอิทธิพลน้อยมากต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 การเพิ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร

จากการวิเคราะห์และศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน จากการทดลองที่ 2.1-2.4 ได้ทำการวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีอิทธิพลในการเพิ่มความเย็นให้กับวัสดุปูพื้นนอกอาคาร การเพิ่มความเย็นประกอบด้วย

- การใช้อิทธิการระเหยของน้ำ
- การพัดของกระแสลม

การเพิ่มความเย็นโดยการใช้น้ำ

- การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของค่าการนำความร้อนและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน ประกอบด้วยการทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 2.4.1 หินทราย และคอนกรีตมวลเบา

การทดลองที่ 2.4.2 อิฐมอญมาตรฐาน และคอนกรีตมวลเบา

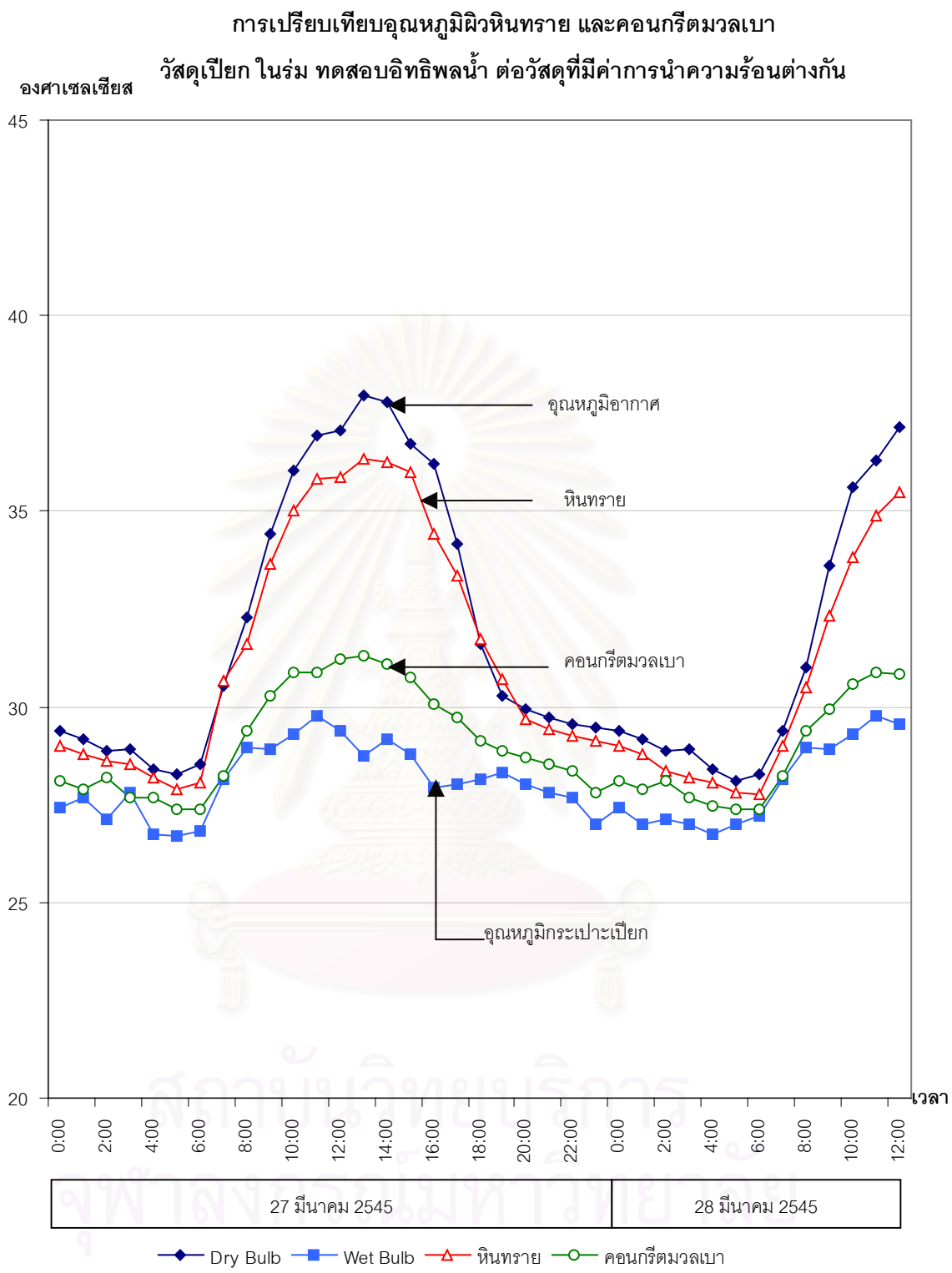
- การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน

การทดลองที่ 2.5 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบ และคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ

- การวิเคราะห์การทดสอบอิทธิพลของสีผิว ต่อการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำระบายผ่าน

การทดลองที่ 2.6 คอนกรีตมวลเบาผิวสีดำ และคอนกรีตมวลเบาผิวสีขาว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.21 แสดงผลการทดลองที่ 2.4.1 หินทรายและคอนกรีตมวลเบา เปียก ในร่ม

การทดลองที่ 2.4.1 หินทรายและคอนกรีตมวลเบา เปียก ในร่ม

จากการศึกษา การใช้น้ำระบายผ่านผิวด้านล่างของวัสดุ เพื่อลดความร้อน ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของหินทรายและอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบาซึ่งเปรียบเทียบกันในเรื่องค่าการนำความร้อน โดยที่หินทราย มีค่าการนำความร้อนสูง แต่คอนกรีตมวลเบามีค่าการนำความร้อนต่ำ ในสภาพพื้นผิวที่เปียกชื้นของวัสดุ ใต้ร่มชายคาอาคารทดสอบมีลมพัดผ่าน พบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ ผิวหินทรายและผิวคอนกรีตมวลเบา มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยที่

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	37.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวหินทรายเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	36.1 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	31.0 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่า แม้ว่าวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงเช่นหินทราย ซึ่งมีน้ำระบายผ่านและไม่ได้รับรงสีดวงอาทิตย์โดยตรง ก็ยังคงทีอุณหภูมิสูงกว่าคอนกรีตมวลเบาซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำ โดยตลอดทั้งวัน ในช่วงกลางวัน เวลา8 .00-17.00น

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คือ	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวหินทรายเฉลี่ย	34.8 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาเฉลี่ย	30.4 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ค่าผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศ พบว่า

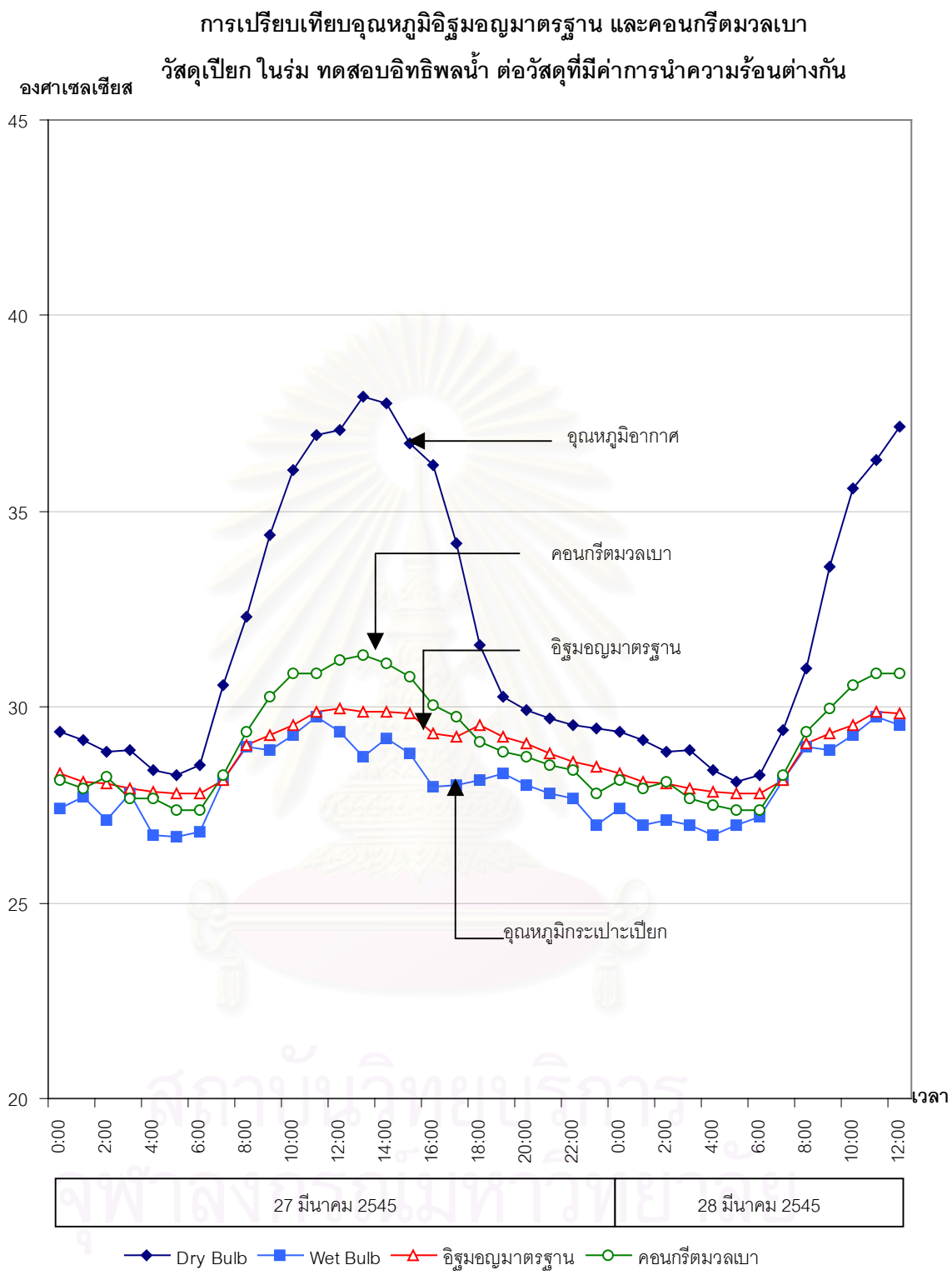
ผิวหินทรายจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น.เฉลี่ย	1.1 องศาเซลเซียส
ผิวคอนกรีตมวลเบาจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น.เฉลี่ย	5.5 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาและอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ของการทดสอบที่ 2.1.1 พบว่า มีค่าน้อยกว่าของการทดสอบที่ 2.3.1 ซึ่งความแตกต่างของทั้งสองการทดสอบนี้ คือ

การทดสอบที่ 2.1.1 ไม่มีน้ำระบายผ่านวัสดุ

การทดสอบที่ 2.3.1 มีน้ำระบายผ่านวัสดุ

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การมีน้ำระเหยผ่านผิววัสดุ ทำให้สามารถลดอุณหภูมิผิววัสดุลงได้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ และอิทธิพลของน้ำมีความสำคัญมากกว่าค่าการนำความร้อนของวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบหินทรายและคอนกรีตมวลเบา



แผนภูมิ 4.22 แสดงผลการทดลองที่ 2.4.2 อิฐมอญมาตรฐานและคอนกรีตมวลเบา เปียก ในร่ม

การทดลองที่ 2.4.2 อิฐมอญมาตรฐานและคอนกรีตมวลเบา เปียก ในร่ม

ในที่ร่มและมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ ณ วันที่ทำการทดสอบ ผิวอิฐมอญมาตรฐาน และคอนกรีตมวลเบา มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงร้อนวิกฤตของวัน ดังนี้

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	37.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	29.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	31.0 องศาเซลเซียส

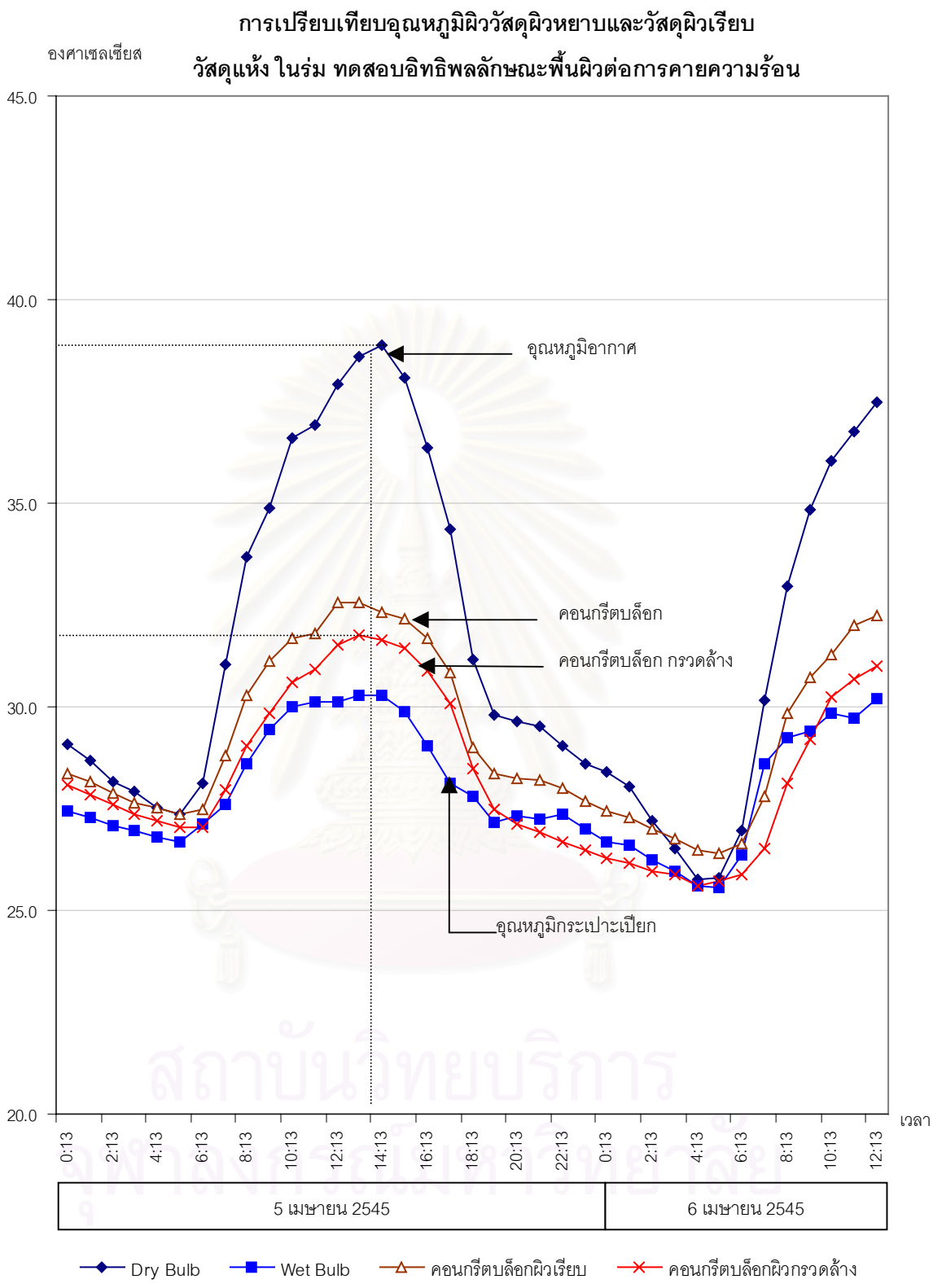
ดังนั้นจะพบว่า วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนมาก เช่นอิฐมอญมาตรฐาน จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า คอนกรีตมวลเบา ซึ่งมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่า ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานเฉลี่ย ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	29.6 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาเฉลี่ย ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	30.4 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่าอุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบาต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 8.00-17.00น.โดยเฉลี่ย 5.5 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิผิวอิฐมอญมาตรฐานต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยเฉลี่ย 6.3 องศาเซลเซียส

สรุปจากการพิจารณาค่าการนำความร้อน เปรียบเทียบการทดลองที่ 2.4.1 และการทดลองที่ 2.4.2 วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงที่สุดได้แก่ หินทราย รองลงมาคือ อิฐมอญมาตรฐาน และคอนกรีตมวลเบา มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด แต่จากผลการวิเคราะห์พบว่า วัสดุที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงเวลากลางวันต่ำที่สุด ได้แก่ อิฐมอญมาตรฐาน ส่วนวัสดุที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นมาได้แก่ คอนกรีตมวลเบา (ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในที่ร่ม การลดอุณหภูมิผิววัสดุ โดยใช้น้ำระบายผ่านด้านล่าง เพื่อให้เกิดการระเหย ที่ผิววัสดุด้านบน และสามารถทำให้อุณหภูมิผิววัสดุลดต่ำลงนั้น ค่าการนำความร้อนของวัสดุจะมีอิทธิพลน้อยกว่า ความสามารถในการดูดซับน้ำของเนื้อวัสดุ



แผนภูมิ 4.23 แสดงผลการทดสอบที่ 2.5 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบและคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง วัสดุเปียก ในร่ม

การทดสอบที่ 2.5 คอนกรีตบล็อกผิวเรียบและคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง เปียก ในร่ม

จากการศึกษา การใช้น้ำระเหยผ่านผิววัสดุ เพื่อลดความร้อน ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ และอุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง ซึ่งเปรียบเทียบกันในเรื่องพื้นที่ผิวต่อการคายความร้อน โดยที่ผิวของคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง เป็นผิวขรุขระ มีพื้นที่กระจายความร้อนมากกว่า คอนกรีตบล็อกผิวเรียบ ทดลองในสภาพพื้นผิวที่เปียกชื้นของวัสดุ ใต้ร่มไม้และมีลมพัดผ่าน พบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ ผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้างและคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดทั้งวัน ดังนี้

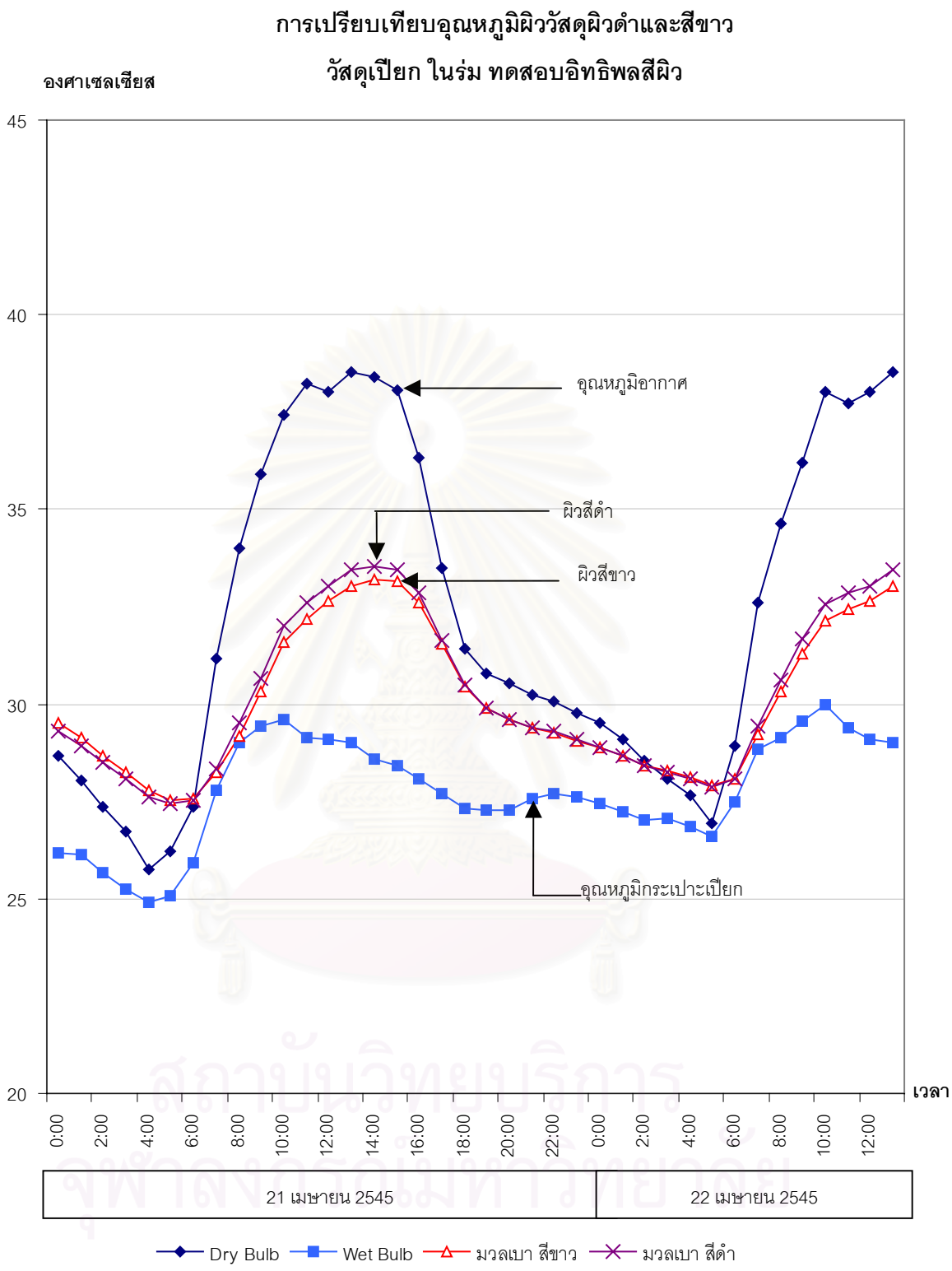
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต(12.00-15.00น.)	38.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ เฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	32.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้างเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	31.6 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจะพบว่า วัสดุที่มีผิวหยาบเช่นคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง ซึ่งมีการระเหยน้ำผ่านและอยู่ในร่ม จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาร้อนวิกฤตต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกผิวเรียบซึ่งทดสอบในกรณีเดียวกัน โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน 8 .00 - 17.00น

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คือ	36.6 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ เฉลี่ย	31.7 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้าง เฉลี่ย	30.8 องศาเซลเซียส

ผิวคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ จะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น.	4.9 องศาเซลเซียส
ผิวคอนกรีตบล็อกกรวดล้างจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น.	5.8 องศาเซลเซียส

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในที่ร่ม มีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ วัสดุที่มีผิวหยาบ จะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าวัสดุที่มีผิวเรียบ



แผนภูมิ 4.24 แสดงผลการทดลองที่ 2.6 วัสดุผิวสีเข้มและวัสดุผิวสีอ่อน เปียก ในร่ม

การทดลองที่ 2.6 วัสดุผิวสีเข้มและวัสดุผิวสีอ่อน เปียก ในร่ม

จากการศึกษา เปรียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำและอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว โดยมีน้ำระบายผ่านด้านล่าง ในร่ม ใต้ชายคาของอาคารทดสอบ มีลมพัดผ่าน เปรียบเทียบวัสดุในเรื่องค่าการดูดซับความร้อนที่ผิว พบว่า วัสดุทั้งสองมีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกัน วัสดุที่มีผิวสีอ่อนมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าวัสดุที่มีผิวสีเข้มเล็กน้อย ในช่วง12.00-15.00น.

ณ วันที่ทำการทดสอบ อุณหภูมิผิววัสดุทั้งสองเป็นดังนี้

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลา12.00-15.00 น.	38.2 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำในช่วงเวลา12.00-15.00 น.	33.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว ในช่วงเวลา12.00-15.00 น.	33.0 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลา8.00-17.00 น.	36.8 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำในช่วงเวลา8.00-17.00 น.	32.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว ในช่วงเวลา8.00-17.00 น.	32.0 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลากลางคืน18.00-6.00น. วัสดุทั้งสองมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

พบว่า ในช่วงเวลา 8.00-17.00น. คอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาวมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 4.8 องศาเซลเซียส ขณะที่คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 4.5 องศาเซลเซียส

จากการทดลองในที่ร่ม และมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ วัสดุที่มีผิวสีอ่อนและสีเข้มจะมีอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน ที่ใกล้เคียงกันมาก และจากการทดลองวัสดุผิวสีดำ มีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุผิวสีขาวเล็กน้อย จึงสามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ ในที่ร่ม สีผิวของวัสดุ หรือค่าการดูดซับความร้อนที่ผิว มีอิทธิพลน้อยมากต่ออุณหภูมิผิวของวัสดุ

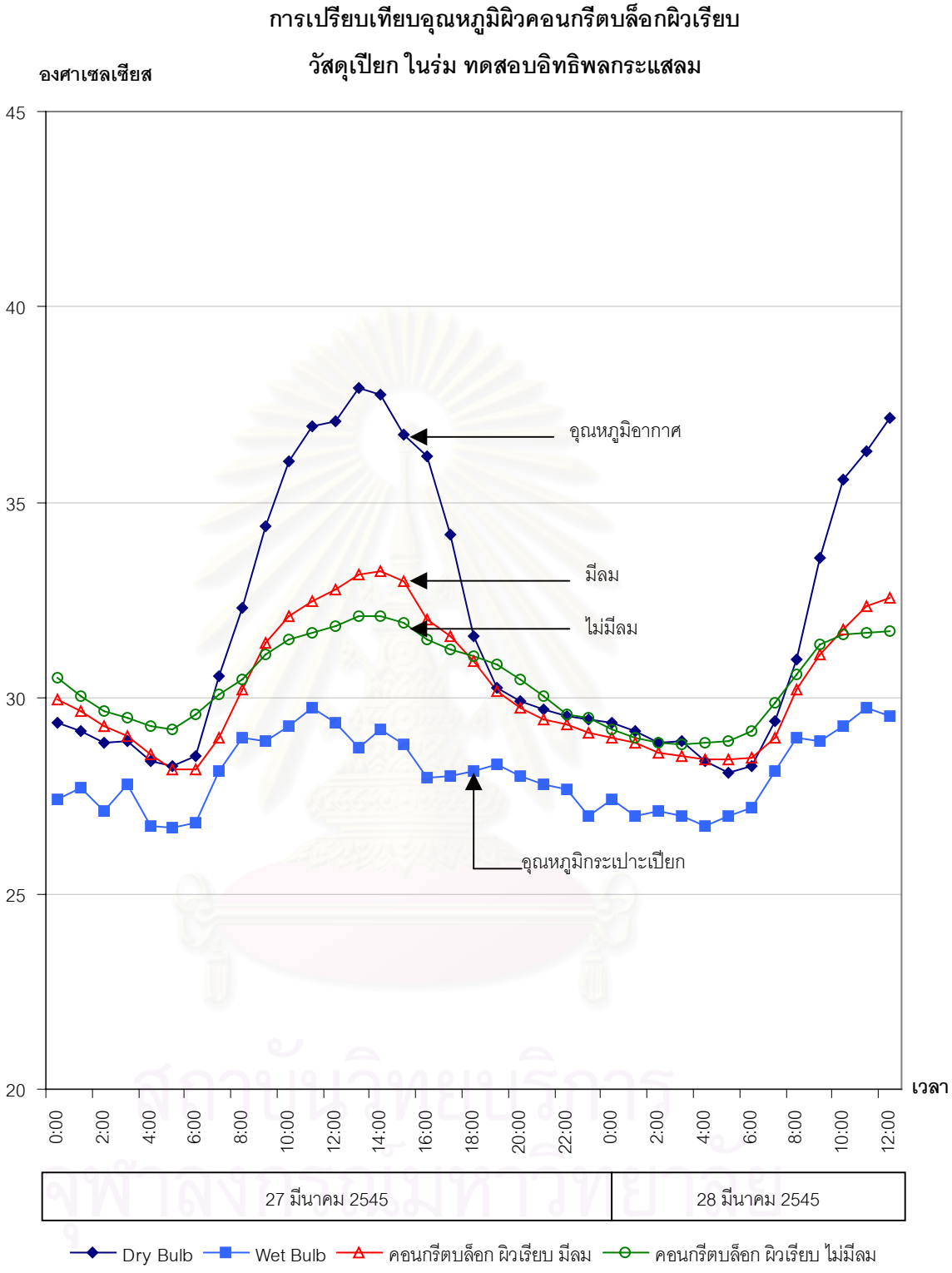
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเพิ่มความเย็นโดยใช้ลม

จากการทดสอบ ได้ทำการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิผิววัสดุที่ใช้น้ำระบายผิวด้านล่าง ของการทดลองต่างๆที่ผ่านมา การทดลองดังต่อไปนี้ เป็นการทดสอบอิทธิพลของกระแสลมเพื่อศึกษาการลดอุณหภูมิผิววัสดุ ที่มีการระเหยน้ำที่ผิวด้านบน ประกอบด้วย 4 การทดลองดังนี้

1) การวิเคราะห์การทดสอบที่ 2.7.1 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ
2) การวิเคราะห์การทดสอบที่ 2.7.2 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ
3) การวิเคราะห์การทดสอบที่ 2.7.3 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา
4) การวิเคราะห์การทดสอบที่ 2.7.4 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.25 แสดงผลการทดลองที่ 2.7.1 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวเรียบ

การทดลองที่ 2.7.1 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วย คอนกรีตบล็อกผิวเรียบ

จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะผิวของวัสดุที่เหมาะสมกับการลดอุณหภูมิโดยใช้อิทธิพลการระเหยของน้ำและอิทธิพลของลม เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ ที่มีลมพัดผ่านและคอนกรีตบล็อก ผิวหยาบ ที่ไม่มีลมพัดผ่าน โดยมีสมมติฐานที่ว่า วัสดุที่มีลมพัดผ่านน่าจะมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างจากวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่านผิว จากการทดลอง พบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ คอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ มีลมพัดผ่านผิวและผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ ไม่มีลมพัดผ่าน จากการทดลองพบว่า

ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 12.00-15.00 น.

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย	37.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ ไม่มีลมพัดเฉลี่ย	32.0 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ มีลมพัด เฉลี่ย	33.0 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่า เวลา12.00-15.00น.ผิววัสดุทั้งสองมีอุณหภูมิเฉลี่ยแตกต่างกัน 1.0 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ย ในช่วงกลางวัน เวลา8.00-17.00น จะพบว่า

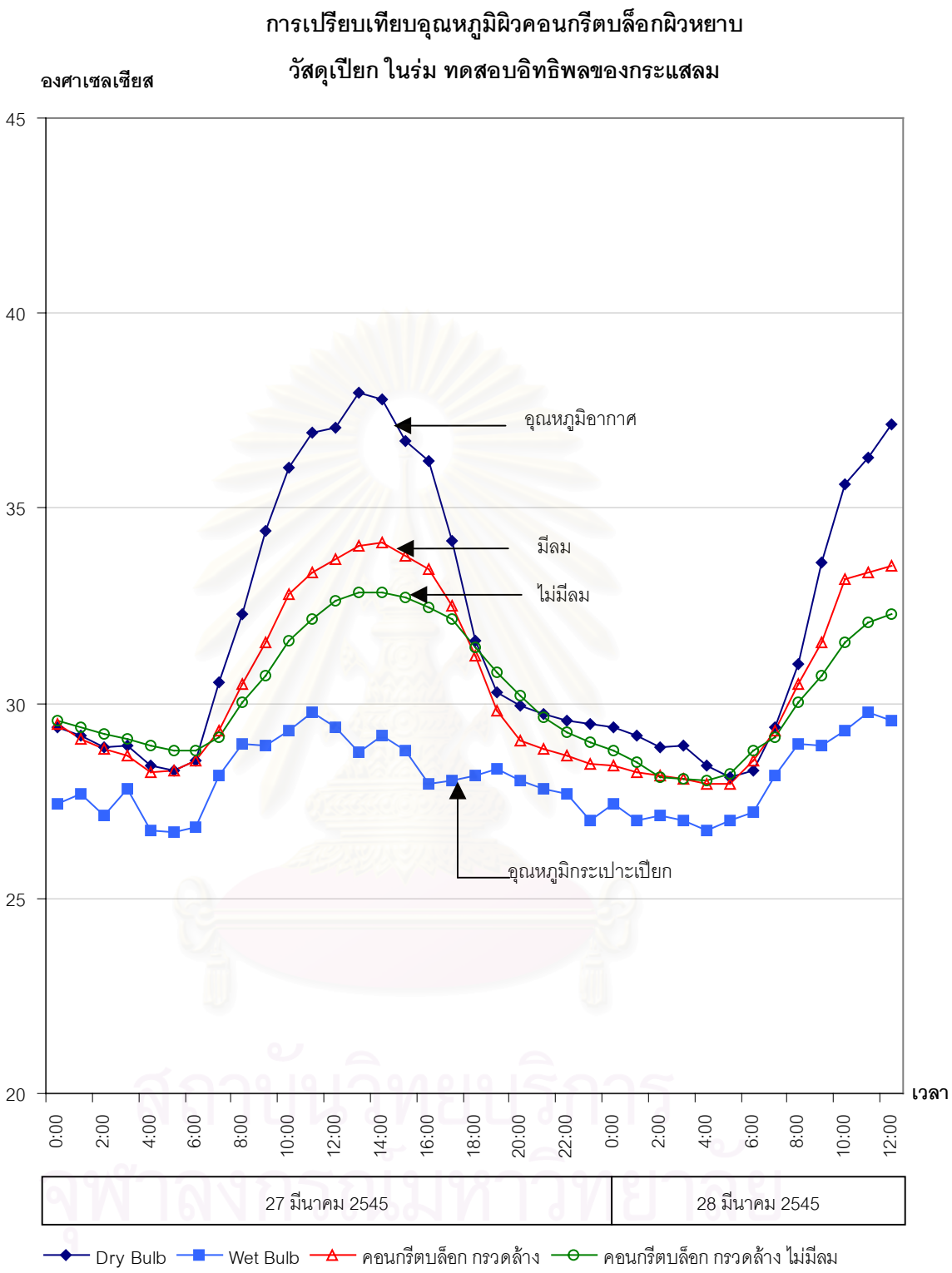
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คือ	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ ไม่มีลมพัดเฉลี่ย	31.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ มีลมพัดเฉลี่ย	32.2 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองที่ความแตกต่างกัน โดยเฉลี่ย 0.7 องศาเซลเซียส

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า กระแสลม ที่มีอุณหภูมิสูง มีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุคือ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น และจากการวิเคราะห์ค่าผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศ พบว่า ผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ ไม่มีลมพัดจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00 น. โดยเฉลี่ย 4.4 องศาเซลเซียส ผิวคอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ มีลมพัดจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น.โดยเฉลี่ย 3.7 องศาเซลเซียส

ส่วนในช่วงเวลากลางคืนจะพบว่าอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อก ที่มีลมพัด จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกผิวเรียบที่ไม่มีลมพัด เพียงเล็กน้อย ตั้งแต่เวลา 19.00-9.00 น.

จึงสรุปได้ว่า จากการทดลองโดยใช้น้ำระเหยผ่านผิววัสดุ ในร่ม ผิวของคอนกรีตบล็อกซึ่งมีลมพัดผ่านซึ่งเป็นลมเย็นในเวลากลางคืน วัสดุจะมีการถ่ายเทความร้อน จึงทำให้วัสดุที่มีลมพัดผ่านมีอุณหภูมิผิวที่เย็นกว่าวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่าน แต่ในเวลากลางวัน วัสดุไม่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุที่มีลมพัดผ่าน ทั้งนี้เนื่องจากกระแสลมที่พัดผ่านที่ผิววัสดุเป็นลมร้อนและในช่วงกลางวัน มีการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อม



แผนภูมิ 4.26 แสดงผลการทดสอบที่ 2.7.2 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ

การทดสอบที่ 2.7.2 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตบล็อกผิวหยาบ

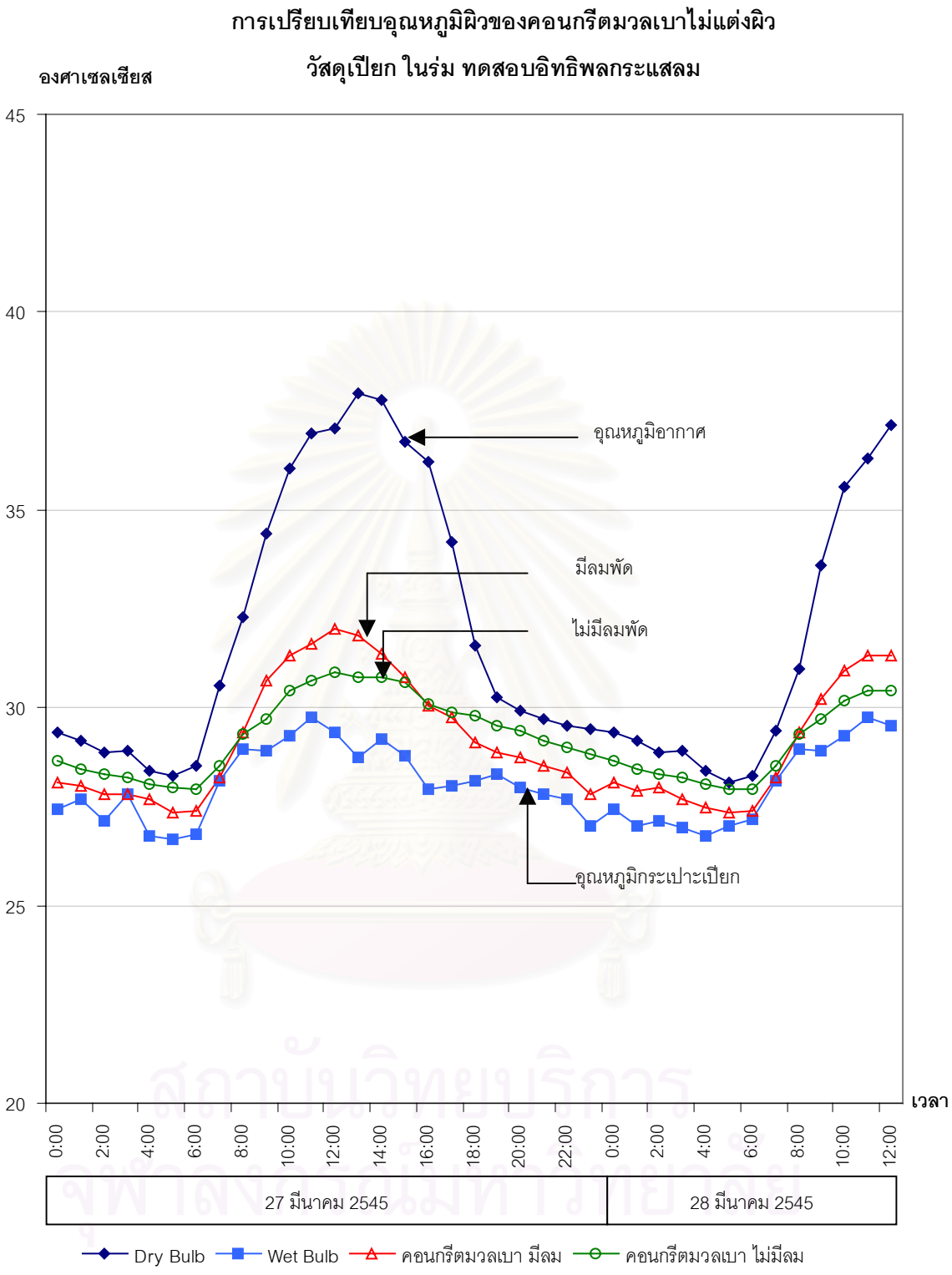
จากการศึกษา การใช้น้ำระเหยผ่านผิววัสดุ เพื่อลดความร้อน ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อก กรวดล้างที่มีลมพัดผ่านและคอนกรีตบล็อกกรวดล้างที่ไม่มีลมพัดผ่าน โดยมีสมมติฐานที่ว่า วัสดุที่มีลมพัดผ่านน่าจะมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างจากวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่านผิว จากการทดสอบพบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ คอนกรีตมวลเบาผิวทรายและคอนกรีตมวลเบาไม่แต่งผิวมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 12.00-15.00 น.

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต	37.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง ไม่มีลม เฉลี่ย	32.7 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง มีลม เฉลี่ย	33.9 องศาเซลเซียส
ในช่วงเวลา 8.00-17.00น	
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คือ	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง ไม่มีลม เฉลี่ย	31.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง มีลม เฉลี่ย	32.9 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ค่าผลต่างเฉลี่ยระหว่าอุณภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศ พบว่า ผิวคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง ไม่มีลม จะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น. 4 องศาเซลเซียส ผิวคอนกรีตบล็อก กรวดล้าง มีลม จะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น. 3 องศาเซลเซียส

ส่วนในช่วงเวลากลางคืน วัสดุที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิผิวที่เย็นลง ต่ำกว่าวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่านในช่วงเวลา 19.00-8.00 น. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลของลมมีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุ การระเหยน้ำที่ผิววัสดุ ในช่วงเวลากลางคืน กระแสลมจะเป็นตัวช่วยถ่ายเทความร้อน และทำให้อุณหภูมิผิววัสดุต่ำลง



แผนภูมิ 4.27 แสดงผลการทดสอบที่ 2.7.3 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา

การทดสอบที่ 2.7.3 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา

จากการศึกษา การใช้น้ำระเหยผ่านผิววัสดุ เพื่อลดความร้อน ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตบล็อก กรวดล้างที่มีลมพัดผ่านและคอนกรีตบล็อกกรวดล้างที่ไม่มีลมพัดผ่าน โดยมีสมมติฐานที่ว่า วัสดุที่มีลมพัดผ่านน่าจะมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างจากวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่านผิว จากการทดสอบพบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ คอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว มีลมพัดผ่านผิวและผิวคอนกรีต
คอนกรีตมวลเบา ไม่แต่ผิว ไม่มีลมพัดผ่าน จากการทดลองพบว่า
ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 12.00-15.00 น.

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย	37.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว ไม่มีลมพัดเฉลี่ย	30.7 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว มีลมพัด เฉลี่ย	31.4 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่า ผิววัสดุทั้งสองมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงเวลา12.00-15.00น.

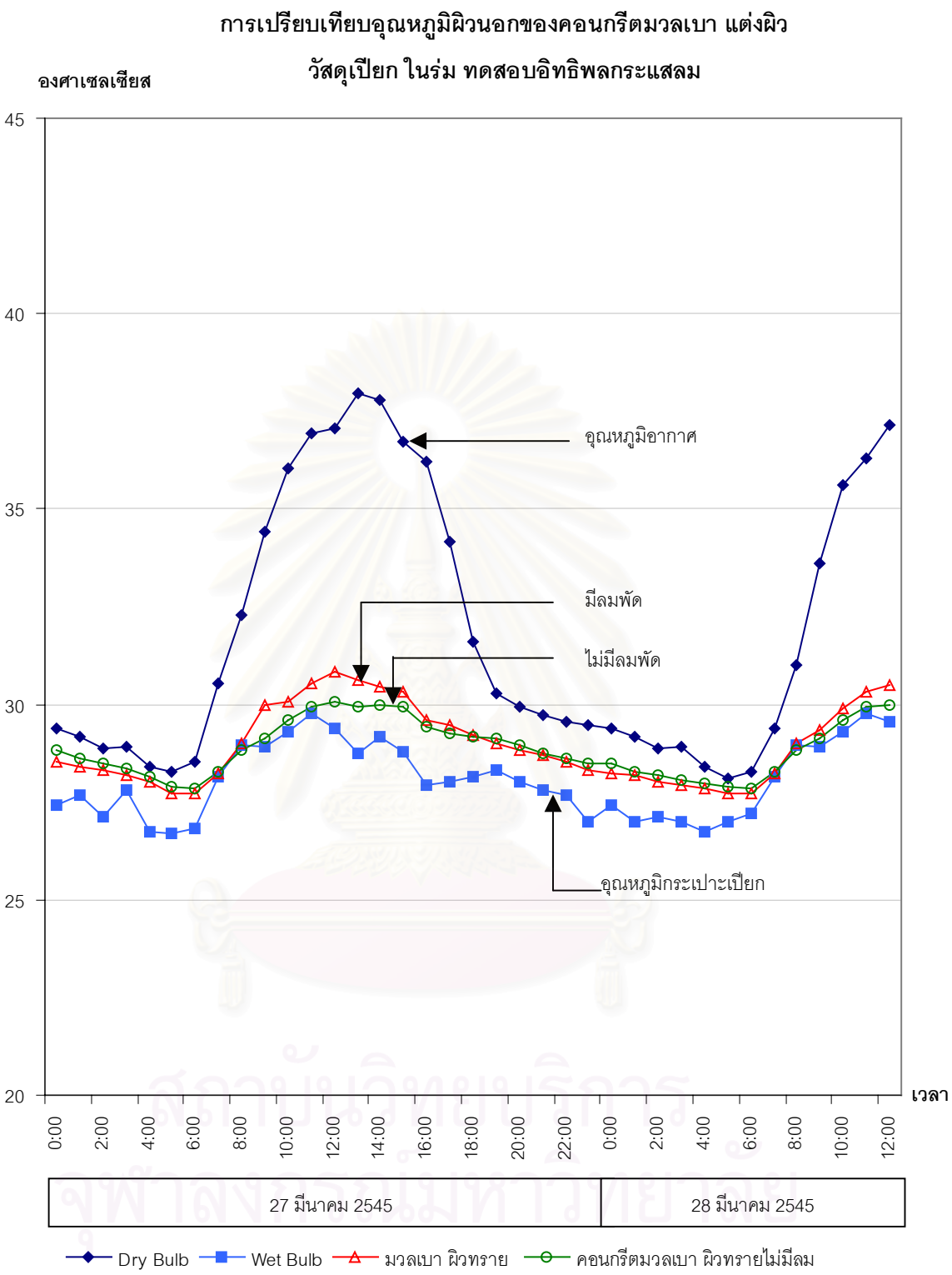
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วงกลางวัน เวลา8 .00-17.00น จะพบว่า

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คือ	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว ไม่มีลมพัดเฉลี่ย	30.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว มีลมพัดเฉลี่ย	30.8 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองที่ความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า อิทธิพลของลม ในช่วงที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ มีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุ

จากการวิเคราะห์ค่าผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศ พบว่า ผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว ไม่มีลมพัดจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น. 5.6 องศาเซลเซียส ผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว มีลมพัดจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น. 5.1 องศาเซลเซียส

ส่วนในช่วงเวลากลางคืน วัสดุ เปียก ในร่ม ที่ไม่มีลมพัดผ่าน จะมีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุ เปียก ในร่ม ที่มีลมพัดผ่าน เนื่องจากอัตราการระเหย มีอิทธิพลมากกว่าอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อน



แผนภูมิ 4.28 แสดงผลการทดสอบที่ 2.7.4 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วยคอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ

การทดสอบที่ 2.7.4 อิทธิพลลมที่พัดผ่าน วัสดุเปียก ในร่ม โดยเปรียบเทียบด้วย คอนกรีตมวลเบา ผิวหยาบ

จากการศึกษา การใช้การระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ เพื่อลดความร้อน ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของคอนกรีตมวลเบา แต่งผิวทราย ที่มีลมพัดผ่านและคอนกรีตมวลเบา แต่งผิวทราย ที่ไม่มีลมพัดผ่าน โดยมีสมมติฐานที่ว่า วัสดุที่มีลมพัดผ่านน่าจะมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างจากวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่าน จากการทดสอบพบว่า

ณ วันที่ทำการทดสอบ คอนกรีตมวลเบา แต่งผิวทราย มีลมพัดผ่านผิวและผิวคอนกรีตคอนกรีตมวลเบา แต่ผิวทราย ไม่มีลมพัดผ่าน จากการทดลองพบว่า
ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 12.00-15.00 น.

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย	37.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา แต่งผิวทราย ไม่มีลมพัดเฉลี่ย	30.7 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา แต่งผิวทราย มีลมพัด เฉลี่ย	31.4 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่า ผิววัสดุทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงเวลา12.00-15.00น.

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วงกลางวัน เวลา8 .00-17.00น จะพบว่า

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คือ	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา แต่งผิว ไม่มีลมพัดเฉลี่ย	30.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา แต่งผิว มีลมพัดเฉลี่ย	30.8 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองที่ความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในช่วงที่มีอิทธิพลรังสีจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ที่มีอุณหภูมิสูง มีผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุซึ่งมีการระเหยน้ำ มีอุณหภูมิสูงขึ้น และจากการวิเคราะห์ค่าผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศ พบว่า
ผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว ไม่มีลมพัดจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น. 5.6 องศาเซลเซียส ผิวคอนกรีตมวลเบา ไม่แต่งผิว มีลมพัดจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 8.00-17.00น. 5.1 องศาเซลเซียส

4.3 การวิเคราะห์และสรุปผล สำหรับการทดสอบขั้นตอนที่ 3

การวิเคราะห์ผลการทดสอบตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ได้ทำการทดลองทดลองนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริง และผลการทดลองต่อไปนี้เป็นการทดสอบอิทธิพลความเย็นจากการระเหยน้ำผ่านวัสดุปูพื้นนอกห้องเรียน การทดลองทำการเปรียบเทียบกัน 2 การทดลอง

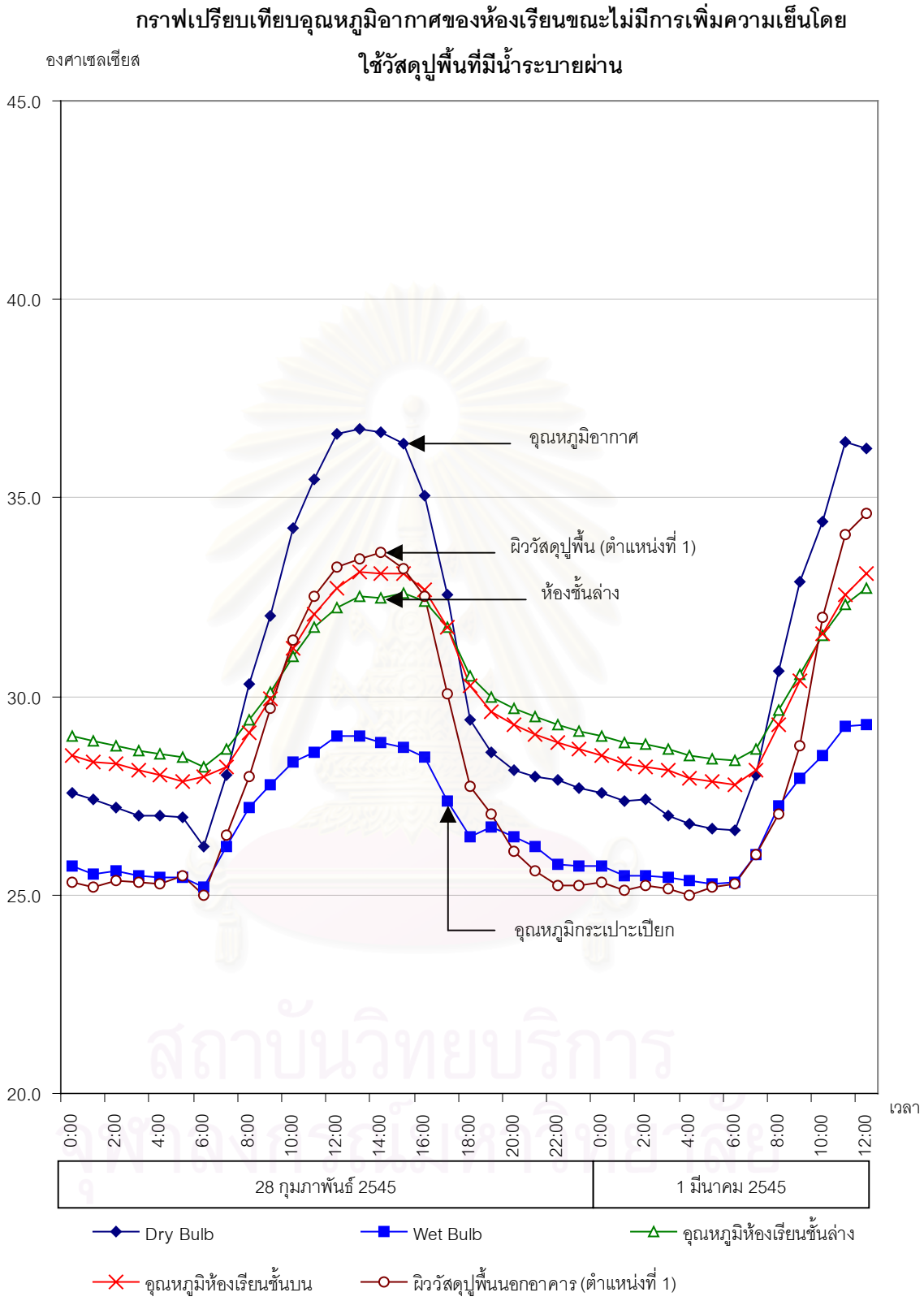
- วันที่ 28-1 มีนาคม 2545 คือ วันที่ไม่มีการใช้ความเย็นจากพื้นนอกห้องเรียน
- วันที่ 15-16 มีนาคม 2545 คือ วันที่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำที่พื้นนอกห้องเรียน

การวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

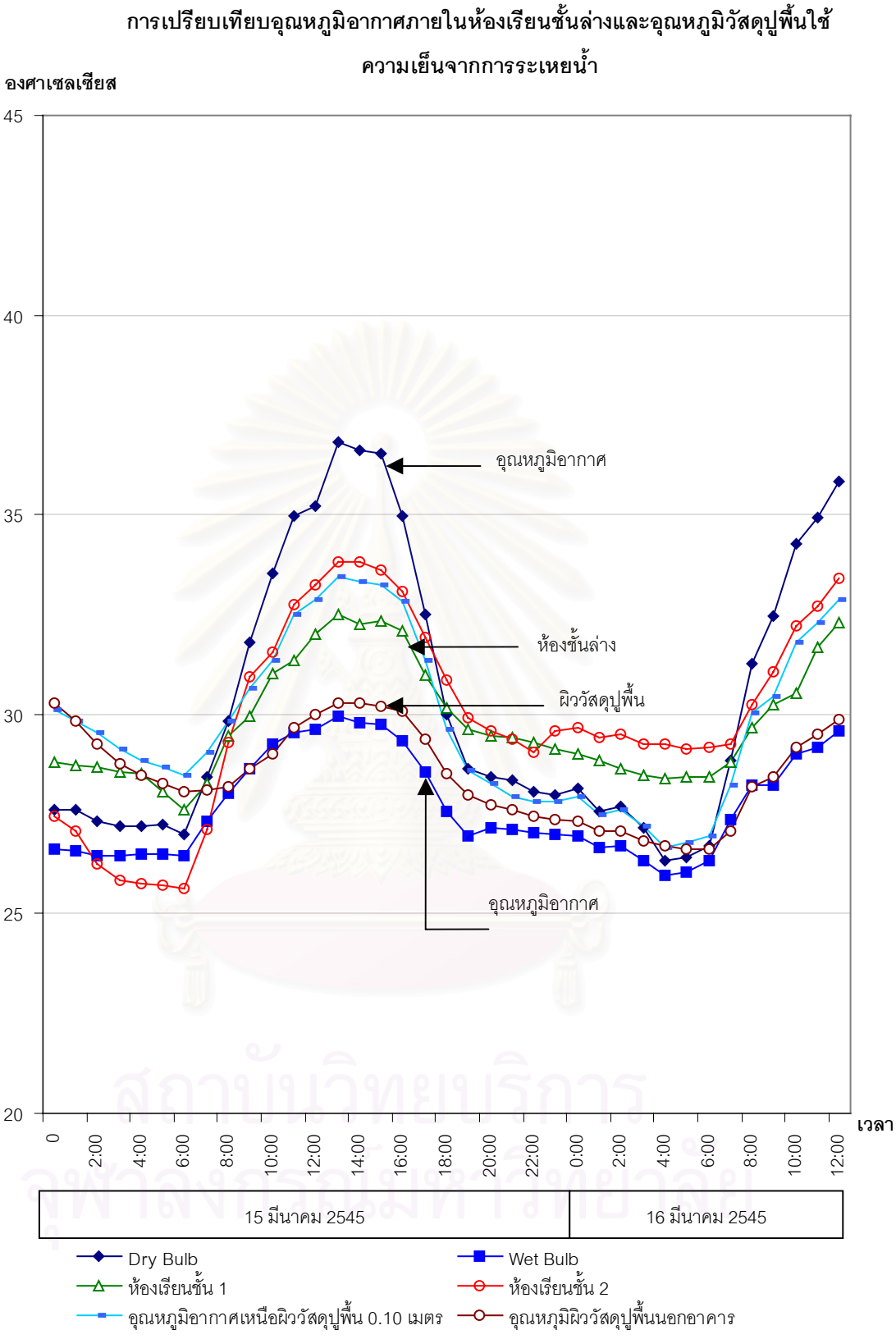
การทดลองที่ 3.1 การวิเคราะห์ผลการประยุกต์ใช้กับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การทดลองที่ 3.2 การวิเคราะห์ผลการประยุกต์ใช้กับห้องเรียนธรรมชาติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.29 แสดงผลการทดลองที่ 3.1.1 อุณหภูมิห้องเรียนในวันที่ไม่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำ

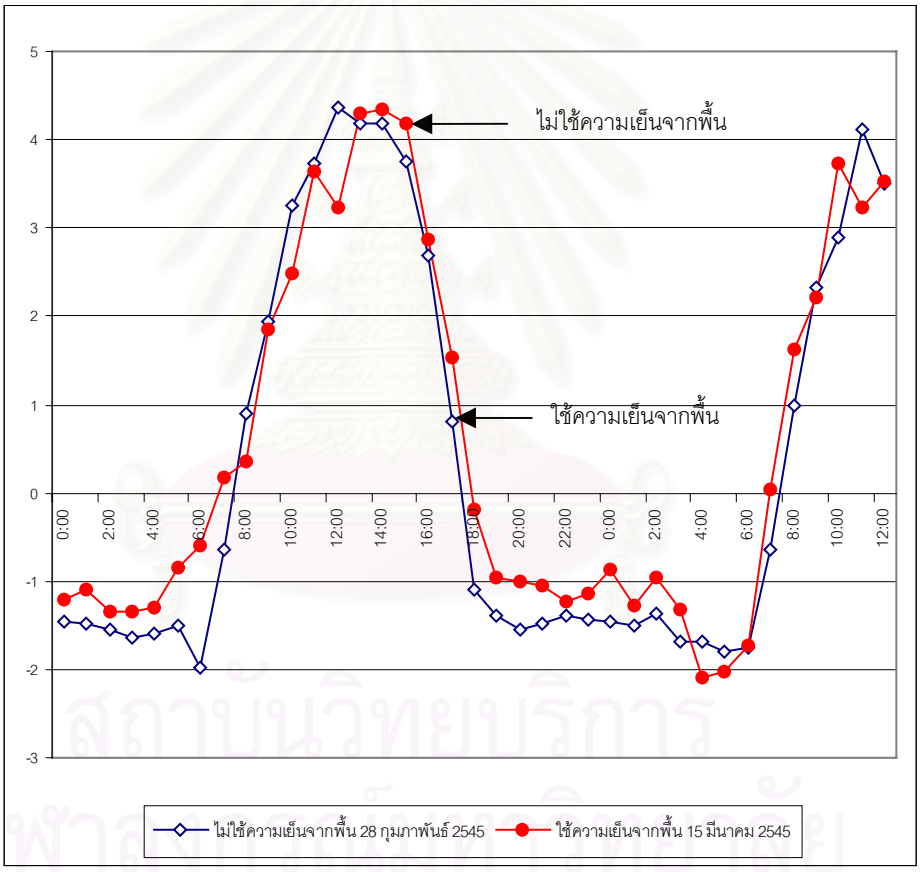


แผนภูมิ 4.30 แสดงผลการทดลองที่ 3.1.2 อุณหภูมิห้องเรียนในวันที่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำ

สรุป การนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากแผนภูมิ เส้นกราฟแต่ละเส้นเกิดจากการนำค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตั้ง ลบด้วยค่าอุณหภูมิอากาศห้องเรียนชั้นล่าง เนื่องจากทำการทดลองสองครั้ง ครั้งแรกทดลองวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง ในขณะที่ไม่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำผ่านวัสดุที่พื้น ครั้งที่สองทดลองวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนชั้นล่าง ในขณะที่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำผ่านวัสดุที่พื้น วัสดุปูพื้นที่เลือกใช้และมีการระเหยน้ำ ได้แก่ อิฐดินซีเมนต์ ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

การเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิของห้องเรียนชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ



แผนภูมิ 4.31 ผลต่างของอุณหภูมิห้องเรียนชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ

จากแผนภูมิพบว่า เมื่อมีการใช้ความเย็นจากการระเหยน้ำที่พื้นนอกห้องเรียนทางด้านทิศใต้ อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงเพียงต่ำลงเล็กน้อย ในช่วงเวลากลางวัน แต่ในช่วงเวลากลางคืน วันที่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยผ่านผิววัสดุปูพื้น จะมีผลต่างของอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิอากาศน้อยกว่าวันที่ไม่มีการใช้ความเย็นจากการระเหยที่พื้นนอกอาคาร

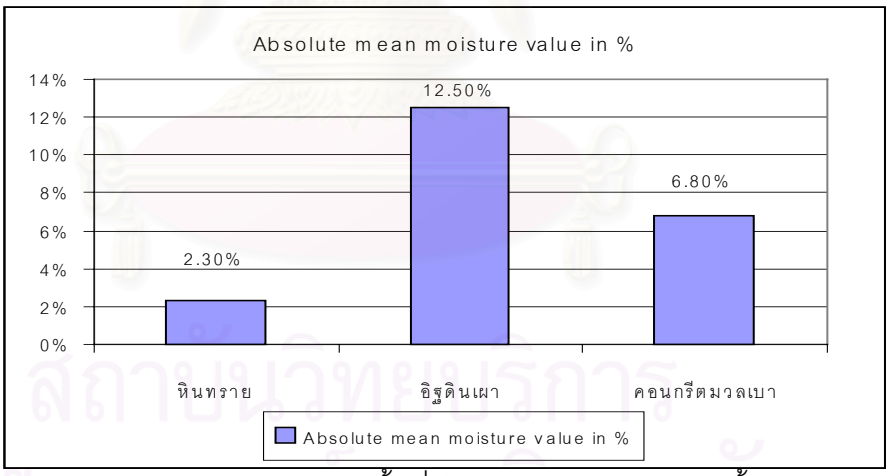
การทดลองที่ 3.2 อุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์ที่มีน้ำระบายผ่าน สำหรับการใช้งานจริงในห้องเรียนธรรมชาติ

การทดลองที่ 3.2 เป็นการวัดอุณหภูมิผิววัสดุปูพื้นของห้องเรียนธรรมชาติ ในวันที่ 22-23 มกราคม 2545 เมื่อมีการประยุกต์นำผลการวิจัยไปใช้งานจริง ดังนี้

<u>การเตรียมวัสดุรองพื้น</u> โดยเปิดหน้าดินลึก 15 เซนติเมตร ปูรองพื้นด้วยแผ่นพลาสติกกันซึม แล้วเทรองพื้นด้วยหินคลุกหนา 10 เซนติเมตร

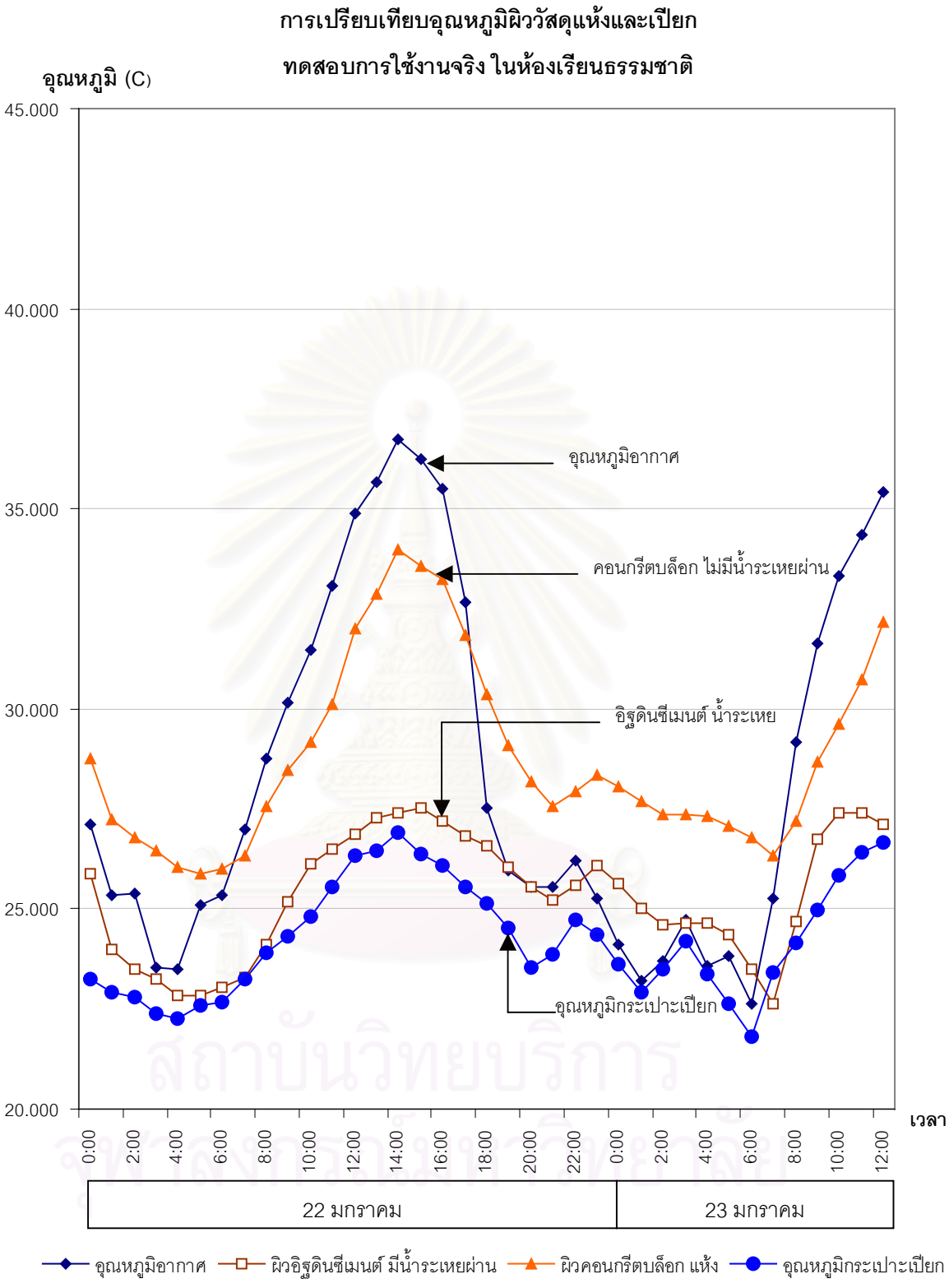
<u>วัสดุปูพื้น</u> การเลือกวัสดุปูพื้นเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้จริง จากผลการวิเคราะห์การทดลองทั้งหมด เพื่อการลดการสะสมความร้อนที่ผิวของวัสดุปูพื้นนอกอาคาร สรุปได้ว่า

1. วัสดุปูพื้นนอกอาคาร ไม่ควรรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง
2. ในร่มใต้ร่มไม้ มีน้ำระเหยผิววัสดุวัสดุจะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าวัสดุที่ไม่มีน้ำระบายผ่าน
3. กลางแจ้ง วัสดุที่มีน้ำระเหยผ่าน จะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าวัสดุที่ไม่มีน้ำระเหยผ่าน ในร่ม ใต้ร่มไม้
4. ลักษณะของวัสดุปูพื้น ที่มีอุณหภูมิผิวเฉลี่ยต่ำที่สุด ในช่วงเวลากลางวัน คือ อิฐมอญมาตรฐาน อิฐมอญมาตรฐานมีความชื้นที่ผิวบนมากที่สุดจากวัสดุทั้ง 3 ประเภทที่นำมาทดสอบ อันได้แก่ หินทราย 2.3 % อิฐดินเผา12.5% คอนกรีตมวลเบา 6.8 %



แผนภูมิ 4.32 แสดงค่าความชื้นที่ผิวด้านบนของวัสดุ ขณะมีน้ำระเหยผ่าน

อิฐมอญมาตรฐานเป็นวัสดุที่ได้จากการนำดินไปเผา วัสดุมีค่าการดูดซึมน้ำในเนื้อวัสดุประมาณ 14 % และมีค่าความชื้นที่ผิวบน 12.5 % ดังนั้นการประยุกต์ ทดสอบการนำไปใช้งานจริง จึงเลือกทดสอบ อิฐดินซีเมนต์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีส่วนผสมของดิน และได้จากการนำไปเผาเช่นกัน วัสดุมีค่าการดูดซึมน้ำในเนื้อวัสดุ ประมาณ 10 % ได้ผลการทดลอง ดังแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงผลการทดลองที่ 3.2 อุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์ที่มีน้ำระบายผ่าน สำหรับการใช้งานจริงในห้องเรียนธรรมชาติ

สรุป การนำไปประยุกต์ใช้กับห้องเรียนธรรมชาติ

จากแผนภูมิที่ 4.29 การวิเคราะห์ในช่วงเวลาร้อนวิกฤต 12.00-15.00 น.

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงเวลา 12.00-15.00 น.	35.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิกระเปาะเปียกเฉลี่ยในช่วงเวลา 12.00-15.00 น.	26.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์เฉลี่ยในช่วงเวลา 12.00-15.00 น.	27.2 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยในช่วงเวลา 12.00-15.00 น.	33.1 องศาเซลเซียส

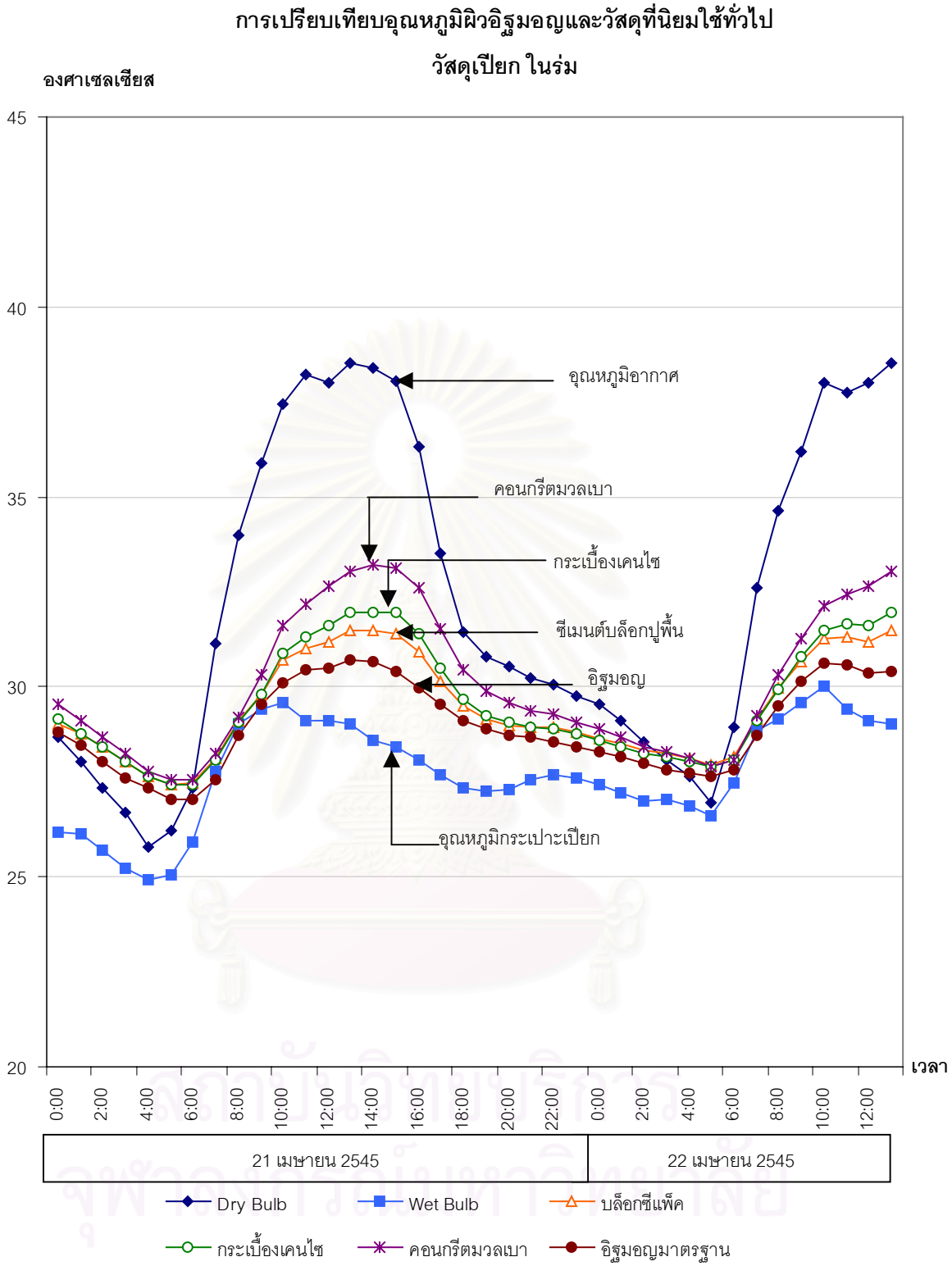
สรุปอุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์ที่มีการระบายน้ำผ่าน ภายใต้การใช้งานในสภาพจริง มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงร้อนวิกฤต 8.7 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิผิวคอนกรีตบล็อกซึ่งไม่มีน้ำระบายผ่านจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงร้อนวิกฤตเพียง 2.8 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ 8.00-17.00 น.

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	33.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิกระเปาะเปียกเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	25.6 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์เฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	26.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.	31.3 องศาเซลเซียส

สรุป ผิวอิฐดินซีเมนต์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. เฉลี่ย 0.9 องศาเซลเซียส จะพบว่า อุณหภูมิผิวอิฐดินซีเมนต์ที่มีการระบายน้ำผ่าน ภายใต้การใช้งานในสภาพจริง มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.34 แสดงผลการทดลองการระเหยน้ำที่ผิวของอิฐมอญและวัสดุที่นิยมใช้ทั่วไป

การแผนภูมิจะพบว่า อิฐมอญมีอุณหภูมิผิวที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะเนื้อวัสดุที่มาจากดิน และเนื้อวัสดุที่มีความอุ้มน้ำ อุณหภูมิของวัสดุต่างๆ ซึ่งอยู่ในร่ม มีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ ในช่วงเวลา 12.00-15.00 น. เป็นดังต่อไปนี้

อุณหภูมิอากาศ ช่วงร้อนวิกฤต เฉลี่ย	38.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวอิฐมอญ ช่วงร้อนวิกฤต เฉลี่ย	30.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว ช่วงร้อนวิกฤต เฉลี่ย	33.0 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวซีเมนต์บล็อกปูพื้น ช่วงร้อนวิกฤต เฉลี่ย	31.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวกระเบื้องเคนไซ ช่วงร้อนวิกฤต เฉลี่ย	31.9 องศาเซลเซียส

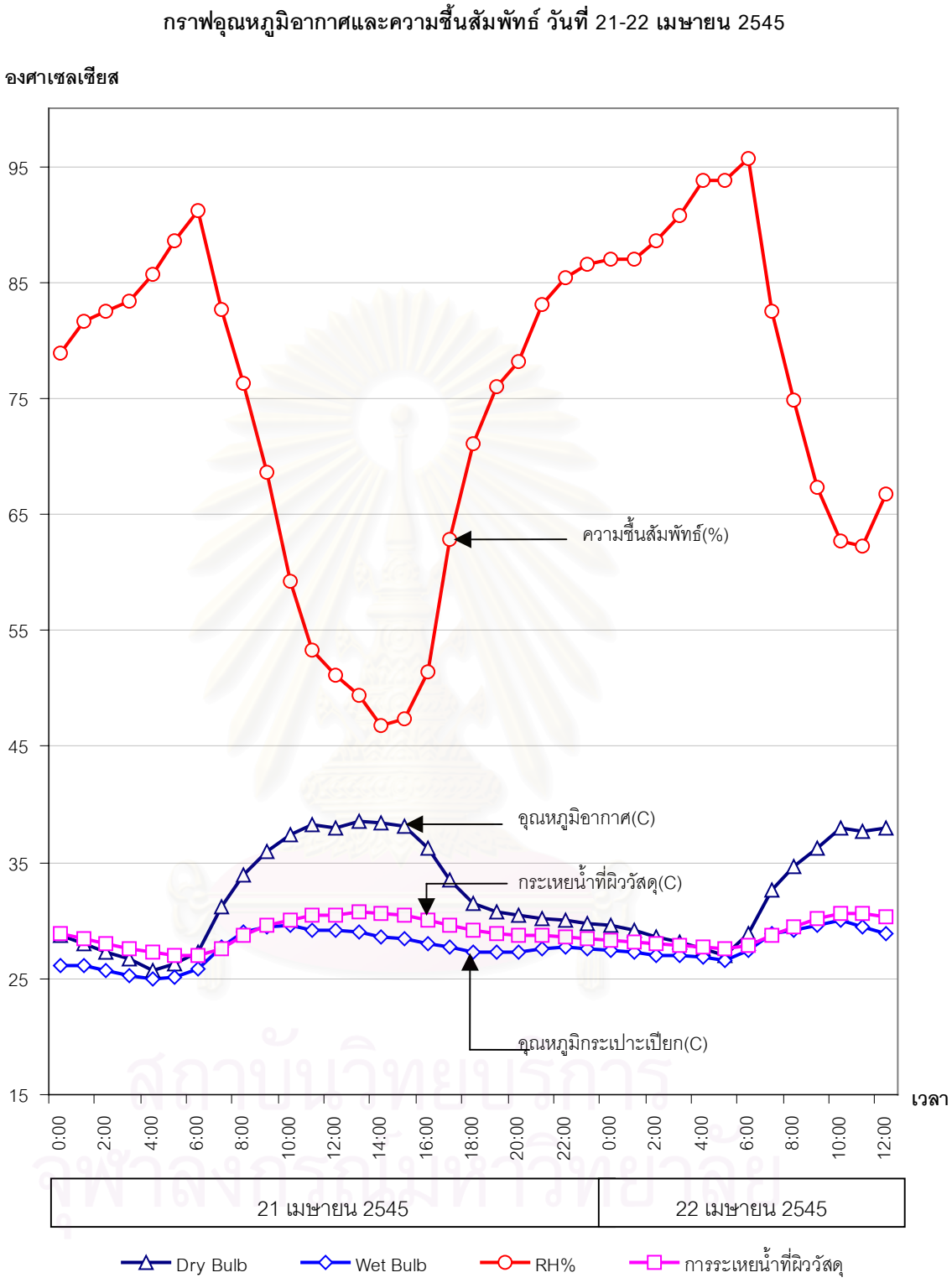
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. เป็นดังต่อไปนี้

อุณหภูมิอากาศ เฉลี่ย	36.8 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวอิฐมอญ เฉลี่ย	30.0 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว เฉลี่ย	31.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวซีเมนต์บล็อกปูพื้น เฉลี่ย	30.7 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวกระเบื้องเคนไซ เฉลี่ย	31.1 องศาเซลเซียส

ดังนั้นสามารถ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของวัสดุต่างๆ กับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลา8.00-17.00 น.ได้โดยใช้ อุณหภูมิอากาศลบด้วยอุณหภูมิผิววัสดุ ได้ผลแสดงดังนี้

อุณหภูมิผิวอิฐมอญ เฉลี่ยต่ำกว่าอากาศ	6.8 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวคอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว เฉลี่ยต่ำกว่าอากาศ	4.9 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวซีเมนต์บล็อกปูพื้น เฉลี่ยต่ำกว่าอากาศ	6.1 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวกระเบื้องเคนไซ เฉลี่ยต่ำกว่าอากาศ	5.7 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 4.35 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ วันที่ 21-22 เมษายน 2545

สรุปจากการทดลองทั้งหมด สามารถวิเคราะห์ อุณหภูมิผิววัสดุซึ่งทกสอบในร่ม ใต้ชายคาอาคารทดสอบ และมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ พบว่า อุณหภูมิผิววัสดุต่างๆ ทั้งหมดที่ทำการทดสอบ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ดังนั้น อุณหภูมิผิวเฉลี่ยของวัสดุต่างๆ ที่ทำการทดสอบมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น.ดังนี้

หินทราย วันที่ 27-28 มีนาคม 2545	1.1 องศาเซลเซียส
อิฐมอญ วันที่ 27-28 มีนาคม 2545	6.3 องศาเซลเซียส
คอนกรีตมวลเบา วันที่ 27-28 มีนาคม 2545	5.5 องศาเซลเซียส
คอนกรีตบล็อก ผิวเรียบ วันที่ 5-6 เมษายน 2545	4.9 องศาเซลเซียส
คอนกรีตบล็อก ผิวหยาบ กรวดล้าง วันที่ 5-6 เมษายน 2545	5.8 องศาเซลเซียส
คอนกรีตมวลเบา ผิวสีขาว วันที่ 21-22 เมษายน 2545	4.8 องศาเซลเซียส
คอนกรีตมวลเบา ผิวสีดำ วันที่ 21-22 เมษายน 2545	4.5 องศาเซลเซียส
ซีเมนต์บล็อกปูพื้น วันที่ วันที่ 21-22 เมษายน 2545	6.1 องศาเซลเซียส
กระเบื้องเคนไซ วันที่ วันที่ 21-22 เมษายน 2545	5.7 องศาเซลเซียส

ดังนั้น เมื่อนำค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของวัสดุแต่ละชนิดทั้งหมด ซึ่งทดสอบในที่ร่ม ใต้ชายคาอาคารทดสอบ มาเฉลี่ยจะพบว่า วัสดุทั้งหมดมีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยเฉลี่ย 5.0 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้เมื่อพิจารณา ความแตกต่างของอุณหภูมิวัสดุที่ทำการทดสอบในร่ม ใต้ต้นไม้กับอุณหภูมิอากาศ เป็นดังนี้

หินทราย มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	4.6 องศาเซลเซียส
อิฐมอญ มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	6.3 องศาเซลเซียส
คอนกรีตมวลเบา มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	6.0 องศาเซลเซียส

ดังนั้น เมื่อนำค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของวัสดุแต่ละชนิดทั้งหมด ซึ่งทดสอบในที่ร่ม ใต้ต้นไม้ มาเฉลี่ยจะพบว่า วัสดุทั้งหมดมีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยเฉลี่ย 5.6 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปจากการวิเคราะห์ผลการทดลอง.

จากการศึกษาการลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย ภายใต้อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม และชนิดของวัสดุ สามารถทำการสรุปโดยแบ่งตามหัวข้อของอิทธิพลดังกล่าวได้ดังนี้

1) อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

- **กลางแจ้ง**

  - รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ผิววัสดุปูพื้นนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้น

  - เมื่อวัสดุมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง การนำความร้อนสูงและมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ เมื่ออยู่กลางแจ้ง วัสดุดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ ค่าการนำความร้อนต่ำ แต่มีค่าการดูดซึมน้ำสูง

  - ตัวแปรของชนิดวัสดุ ในเรื่อง ความหนาแน่น การนำความร้อน ความชื้นที่ผิววัสดุ สีผิวและลักษณะพื้นผิว เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้อุณหภูมิผิววัสดุกลางแจ้งมีความแตกต่างกัน

  - กระแสลมที่กระทำกับวัสดุกลางแจ้ง มีส่วนช่วยให้ความร้อนที่ผิววัสดุถูกพาออกไปได้บ้างเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับอิทธิพลการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ การระเหยของน้ำที่ผิววัสดุจะช่วยลดอุณหภูมิผิววัสดุได้มากกว่าอิทธิพลของกระแสลม

- **ในที่ร่ม**

  - จากการทดลองในที่ร่มซึ่งมีพื้นผิวแห้ง พบว่า วัสดุทดสอบที่มีค่าการนำความร้อนสูง มีความหนาแน่นมาก แต่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ จะมีอุณหภูมิผิว

ต่ำกว่าวัสดุทดสอบที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ความหนาแน่นน้อย แต่มีค่าการดูดซึมน้ำสูง ดังนั้นจึงสามารถสรุปจากผลการทดลองได้ว่า ในที่ร่มซึ่งปราศจากอิทธิพลความชื้น วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงกว่าจะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ

- จากการทดลองในที่ร่มซึ่งมีพื้นผิวเปียก และมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ พบว่า วัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย มีค่าการนำความร้อนต่ำ มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่า วัสดุที่มีความหนาแน่นมาก และมีค่าการนำความร้อนสูง ดังนั้นจึงสามารถสรุปจากผลการทดลองได้ว่า อิทธิพลการนำความร้อนของวัสดุ มีผลต่ออุณหภูมิผิวน้อยกว่าอิทธิพลการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ

2) **อิทธิพลของกระแสลม**

- **กลางแจ้ง**

  - กระแสลมมีส่วนช่วยพัดพาความร้อนออกจากผิววัสดุ แต่ทั้งนี้ลมที่พัดผ่านผิววัสดุควรเป็นลมที่เย็นกว่าวัสดุ ความร้อนจึงเกิดการถ่ายเทจากผิววัสดุออกไป

  - จากการทดลองเปรียบเทียบวัสดุ แห้ง กลางแจ้ง กระแสลมมีส่วนช่วยพัดพาความร้อนออกจากผิววัสดุทดลองได้เพียงเล็กน้อย

- **ในที่ร่ม**

  - ในที่ร่ม กระแสลมที่พัดผ่านวัสดุ จะช่วยพัดพาความร้อนออกจากผิววัสดุได้ไม่ดีเท่ากับการพัดพากลางแจ้ง เนื่องจากในที่ร่มใต้เงาต้นไม้ ซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่แล้ว เมื่อเกิดกระแสลมพัดจากภายนอก ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ามา จึงทำให้อุณหภูมิวัสดุที่ถูกลมพัดผ่านมีอุณหภูมิสูงกว่า ทั้งนี้พื้นที่ทดลองโดยรอบบริเวณเป็นทุ่งหญ้าโล่งแจ้ง ไม่มีต้นไม้ใหญ่หรือแหล่งน้ำในการปรับสภาพของอุณหภูมิกระแสลมก่อน ดังนั้น ในสภาพแวดล้อมเช่นนี้ จึงไม่ควรให้มีลมพัดผ่านเข้ามาในส่วนพื้นที่วัสดุปูพื้นที่ต้องการทำความเย็นนั้น

  - จากการทดลอง ในที่ร่ม โดยมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุทดสอบ ผิววัสดุที่มีลมจากภายนอกพัดผ่านจะมีอุณหภูมิสูงกว่าผิววัสดุที่ไม่มีลมจากภายนอกพัดผ่าน ทั้งนี้เนื่องจากลมจากผ่านนอกเป็นลมที่มีอุณหภูมิสูง และพื้นที่

ทดสอบเป็นสภาพพื้นที่โล่งแจ้ง ไม่มีการปรับอุณหภูมิของลมก่อนที่จะเข้ามาสัมผัสกับวัสดุ ดังนั้น วัสดุเปียก ในร่ม ที่มีลมร้อนพัดผ่าน จึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นว่าวัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่าน ในกรณีที่เป็นวัสดุเดียวกันทดสอบในเวลาเดียวกัน

3) **อิทธิพลการระเหย**

- **กลางแจ้ง**

- รังสีดวงอาทิตย์ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลมากกว่า การระเหยน้ำที่ผิววัสดุ สำหรับการทำให้วัสดุมีอุณหภูมิผิวต่ำลง เนื่องจากผลการทดลอง วัสดุที่มีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ กลางแจ้ง มีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุที่ไม่มีการระเหยน้ำผ่าน ในที่ร่ม ซึ่งทำการทดสอบในวันและเวลาเดียวกัน

- **ในที่ร่ม**

- ช่วงเวลากลางวัน ในร่ม และมีการระเหยน้ำผ่านผิววัสดุ วัสดุที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิสูงกว่า วัสดุที่ไม่มีลมพัดผ่าน เนื่องจากมีการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และการพาความร้อนมากับโมเลกุลของอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนสู่ผิววัสดุ ดังนั้นในช่วงเวลากลางวัน อัตราการระเหย จึงมีอิทธิพลน้อยกว่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์
- ส่วนในช่วงเวลากลางคืน วัสดุ เปียก ในร่ม ที่ไม่มีลมพัดผ่าน มีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุ เปียก ในร่ม ที่มีลมพัดผ่าน ดังนั้นจึงสามารถสรุปจากผลการทดลองได้ว่าอัตราการระเหย เป็นตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิววัสดุในช่วงเวลากลางคืน

4) **อิทธิพลของชนิดวัสดุ**

- **มวลสาร**

  - การทดลอง วัสดุที่แห้ง ในที่กลางแจ้งและในร่มนั้น พบว่า วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ณ จุดสูงสุดและต่ำสุด น้อยกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การทดลอง วัสดุเปียก กลางแจ้ง พบว่า วัสดุที่มีวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ณ จุดสูงสุดและต่ำสุด น้อยกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย เช่นเดียวกับการทดลองวัสดุแห้งกลางแจ้ง
- การทดลอง วัสดุเปียก ในที่ร่ม พบว่า วัสดุที่มีมวลสารน้อย จะมีอุณหภูมิต่ำว่าวัสดุที่มีมวลสารมาก

- **ความหนาแน่น**

- การทดลอง วัสดุที่เปียกและอยู่ในที่ร่ม พบว่าวัสดุที่มีค่าความหนาแน่นน้อยจะสามารถกักเก็บความชื้นไว้ได้มากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นมาก ดังนั้นวัสดุที่เหมาะสมกับการกักเก็บน้ำ และเอื้ออำนวยให้เกิดการระเหยน้ำที่ผิววัสดุควรเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ ทั้งนี้ความหนาแน่นกับการดูดน้ำจากผิวด้านขึ้นมาระเหยที่ผิวด้านบน ยังขึ้นกับพื้นที่ช่องว่างคาปิลารี่ภายในเนื้อวัสดุ และขนาดของช่องว่างในเนื้อวัสดุ

- **ค่าการนำความร้อน**

- ค่าการนำความร้อนมีอิทธิพลมากที่สุด ต่อการลดอุณหภูมิผิววัสดุในที่ร่ม ซึ่งมีพื้นผิวแห้ง แต่เมื่อมีการระบายน้ำผ่านและมีการระเหยที่ผิววัสดุ พบว่าอิทธิพลที่ทำให้อุณหภูมิผิวต่ำลงมากขึ้น ได้แก่ อิทธิพลการดูดซับน้ำของวัสดุ

- **ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ**

- *สีผิว* วัสดุแห้งที่มีสีผิวเข้มกว่าจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นผิวที่มีสีอ่อนทั้งในพื้นที่กลางแจ้งและพื้นที่ในร่ม ส่วนวัสดุเปียกที่มีสีผิวเข้มและสีผิวอ่อน ซึ่งทดลองในที่ร่ม มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกันตลอด ทั้งกลางวันและกลางคืน
- *ลักษณะพื้นผิว* วัสดุที่มีผิวหยาบจะมีอุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืนที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและต่ำกว่าวัสดุที่มีผิวเรียบ ในช่วงเวลากลางวันวัสดุที่มีผิวหยาบจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุผิวเรียบในช่วงเวลาเดียวกัน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากส่วนนูนของพื้นผิวจะมีการบังเงาให้ผิววัสดุที่เว้าลงไป ทำให้อุณหภูมิโดยรวมของวัสดุผิวหยาบมีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นวัสดุที่ใช้งานในส่วนนอกอาคารจึงควรเป็นวัสดุที่มีผิวหยาบ และเป็นผิวที่มีค่าการคายความร้อนสูง เพื่อให้ถ่ายเทความร้อนออกได้ง่ายและรวดเร็วในช่วงเวลาที่ไม่มีรังสีดวงอาทิตย์

- **ความสามารถในการดูดซับน้ำ**

  - วัสดุที่มีค่าการดูดซับน้ำในเนื้อวัสดุมาก จะไม่ได้หมายถึงว่าวัสดุนั้น มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าวัสดุที่มีค่าการดูดซับน้ำน้อย คือ ความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุ มิใช่ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการเลือกวัสดุมาใช้เพื่อลดอุณหภูมิโดยวิธีการระเหยน้ำ

  - จากการทดลอง วัสดุที่มีการดูดซึมน้ำมาระเหยที่ผิวบนได้มาก จะมีอุณหภูมิผิวในช่วงเวลากลางวันที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและมีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำขึ้นมาที่ผิวได้น้อย

  - อิทธิพลที่เป็นปัจจัยหลักของการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ คือ ความชื้นที่ผิวด้านบนของวัสดุ ทั้งนี้ การระเหยน้ำที่ผิววัสดุด้านบนไม่ขึ้นกับค่าการดูดซับน้ำของวัสดุ(Water Absorption)

5.2 บทสรุปลักษณะวัสดุที่ควรเลือกใช้

จากการศึกษา วิเคราะห์และทดลอง ทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของวัสดุปูพื้นและการป้องกันการสะสมความร้อนที่วัสดุปูพื้นนอกอาคาร ควรมีลักษณะ ดังนี้

1 ควรเป็นวัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำมาก เนื่องจากปริมาณน้ำในผิวด้านบน จะมีอิทธิพลมากที่สุดต่ออุณหภูมิผิววัสดุ เนื่องจาก จะมีการระเหยน้ำที่ผิววัสดุตรงส่วนที่ไอน้ำสามารถแทรกตัวออกมาได้ และน้ำจะดึงเอาความร้อนที่อยู่ที่ตัววัสดุออกไปใช้ในการกลายเป็นไอ จึงทำให้ผิววัสดุเย็นลง

2. ควรเป็นวัสดุที่มีสีอ่อน เนื่องจากวัสดุสีอ่อนจะมีค่าการดูดซับความร้อนน้อย ซึ่งจากการทดลอง เป็นการทดลองในที่ร่ม แต่ผลของการทดลองการดูดซับความร้อนของวัสดุ ที่มีน้ำระบายผ่านก็ยังคงเป็นไปเหมือน วัสดุที่ใช้งานกลางแจ้ง

3. ความเป็นวัสดุที่มีพื้นผิวระเหยมาก นั่นหมายถึงควรเป็นวัสดุที่มีผิวขรุขระ ผิวหน้าของวัสดุที่ขรุขระมากกว่าจะทำให้พื้นที่ผิวการระเหยของน้ำ มีมากกว่า ส่งผลให้วัสดุมีอุณหภูมิโดยรวมต่อพื้นที่ผิวต่ำกว่า เนื่องจากพื้นผิววัสดุที่ขรุขระจะมีร่มเงาในส่วนที่เว้าลงไปทำให้เกิดเป็นแหล่งสะลมความเย็น ดังนั้นอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุที่มีผิวหยาบจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่า เช่น ลักษณะของผิวบล็อกกรวดล้าง หรือลักษณะผิวของศิลาแลง เป็นต้น

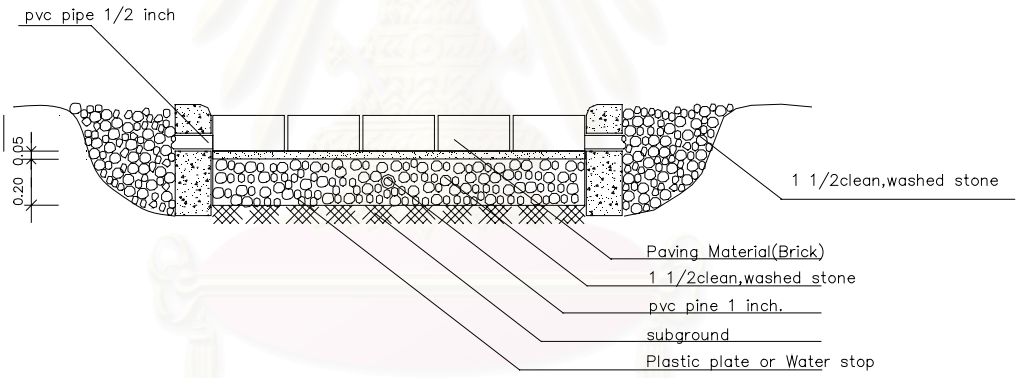
5.3 บทสรุปการนำไปใช้

สามารถ สรุปได้ว่า การไม่มีกระแสลมพัดผ่าน ทำให้วัสดุที่มีผิวเย็นไม่มีการสูญเสียความเย็นไปให้กับอากาศที่ร้อนกว่า ดังนั้น สำหรับการทำพื้นให้ตัวมันเองมีความเย็นอยู่แล้ว จึงเป็นการไม่จำเป็นที่จะนำเอาอากาศภายนอกที่ร้อนเข้ามาพัดผ่านผิววัสดุอีก

สิ่งที่ควรคำนึง คือ พยายาม ป้องกันกระแสลมซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าผิววัสดุปูพื้น มิให้พัดผ่านผิววัสดุที่เราทำความเย็นไว้

การป้องกันกระแสลม สามารถทำได้โดยการใช้ลักษณะของพืชพรรณพุ่มเตี้ย หรือเนินดิน หรือแนวขอบกระถางต้นไม้ เป็นแนวปะทะลมให้เกิดการกระโดดข้าม พื้นทำความเย็นขึ้นไป เพื่อลมจะได้ไม่สัมผัสกับผิววัสดุปูพื้นโดยตรง

แง่คิดในการนำไปใช้งาน



ภาพ 3.33 เสนอแนะระบบท่อระบายน้ำผ่านใต้ผิววัสดุปูพื้นนอกอาคาร

จากภาพ สามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบการระบายน้ำผ่านผิวด้านล่างวัสดุปูพื้นได้ โดยให้น้ำผ่านช่องว่างระหว่างหินด้านล่างวัสดุปูพื้น และรองใต้หินด้วยแผ่นพลาสติกกันซึม เพื่อให้น้ำกักขังอยู่ใต้วัสดุปูพื้น เมื่อปริมาณน้ำมีมากจนสูงเลยระดับของขอบพลาสติกก็จะทำให้น้ำซึมออกสู่พื้นดินรอบข้างไปสู่ต้นไม้หรือพืชคลุมดินข้างเคียง

การระบายน้ำในระบบนี้ เป็นเพียงการเสนอแนะแนวคิด ซึ่งยังมิได้ทำการศึกษาทดสอบถึงข้อดีข้อเสียของการใช้งานจริง จึงควรที่จะทำการทดลองศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาตัวแปรและลักษณะของวัสดุที่เหมาะสมในการใช้งานภายนอกอาคาร สำหรับภูมิอากาศแบบประเทศไทย เพื่อมิให้วัสดุเกิดการสะสมความร้อนและกลายเป็นแหล่งความร้อนที่สะสมอยู่ภายนอกอาคาร ข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้คือ การขากเครื่องมือที่สามารถวัดผลได้ในพื้นผิวที่มีความชุ่มน้ำ ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงวัดอุณหภูมิของวัสดุได้เฉพาะที่ผิวด้านบน

ปัญหาที่พบในการวิจัยเกิดจากระยะเวลาที่จำกัดและอุปสรรคทางด้านจำนวนเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ ส่งผลให้ไม่สามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุและการใช้งานจริงได้ตลอดทั้งปี การเก็บข้อมูลตลอดทั้งปีจะสามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะวัสดุที่ถูกใช้งานในระยะเวลานานและทรายความเสื่อมของวัสดุแต่ละชนิดซึ่งในที่นี้ยังมิได้ทำการศึกษาไว้ การวิจัยครั้งนี้พบข้อสังเกตที่ควรคำนึงถึงในช่วงดำเนินการวิจัย ซึ่งได้มีข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยครั้งต่อๆไป ได้แก่

1. การพัฒนาวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อมิให้เกิดการสะสมความร้อนและเป็นแหล่งความเย็นให้กับอาคาร นอกจากการคำนึงถึงเรื่องความคงทนแข็งแรงแล้ว ควรมีการคำนึงถึงความสามารถในการดูดซับน้ำ หรือการดูดซับความชื้นที่เนื้อวัสดุด้วยนอกจากเนื่องจากปริมาณน้ำและความชื้นในเนื้อวัสดุมีความสำคัญมาต่อความร้อนที่ผิววัสดุ
2. การระบายน้ำผ่านใต้ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารนี้ ควรมีการศึกษาและทดลองเพิ่มเติมถึงระบบการหมุนเวียนของน้ำที่จะนำมาใช้ระบายผ่านผิวด้านล่างของวัสดุปูพื้น เนื่องจากจะสามารถทราบได้ถึงปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในการระเหยผ่านผิววัสดุเพื่อให้ผิววัสดุมีอุณหภูมิที่ต่ำอยู่ตลอดเวลา
3. ปริมาณน้ำซึ่งระบายผ่านใต้ผิววัสดุที่ไม่เพียงพอ จะมีผลทำให้ผิววัสดุร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากแผ่นกันซึมที่ปูรองไว้ด้านล่างมีการรั่วซึม ขาด และกรอบจากอิทธิพลของความร้อน ดังนั้นควรทำการศึกษาต่อเพิ่มเติม ถึงเรื่องระบบน้ำหยด ที่สามารถปล่อยน้ำให้กับวัสดุปูพื้นได้ตลอดเวลา

4. ข้อเสนอแนะอีกข้อหนึ่ง เกี่ยวกับเรื่อง ลักษณะของวัสดุปูพื้นนอกอาคาร คือ ควรมีการศึกษาต่อในเรื่องการประยุกต์เอาลักษณะผิวขรุขระแบบกรวดล้างมาผสมกับวัสดุความหนาแน่นน้อยแบบคอนกรีตมวลเบา เพื่อให้สามารถดูดน้ำและความชื้นขึ้นมาได้มาก
5. จากการศึกษาลานซึมจึงได้เสนอให้นำมาประยุกต์กับการทดลอง โดยการระบายน้ำผ่านผิวด้านล่าง ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้น้ำที่ระบายผ่านด้านล่างสามารถกระจายไปได้ไกล และรวดเร็วมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ตรึงใจ บรูณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ธีระพันธุ์ ทองประวัติ, วีระพันธ์ อุปถัมภากุล. การใช้ศิลาแลงเป็นวัสดุก่อสร้าง. นิตยสารท้องถิ่น 27 ฉบับ4(เมษายน 2530): 58-68.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน. กรุงเทพมหานคร: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 2533.

ธนิต จินดาวณิค. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สมยศ พลจันทร์ และเด่นเทพ เทพประเทืองทิพย์. กรณีศึกษาอาคารอนุรักษ์พลังงานอาคาร EGCO บริษัท ผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน). เอกสารประกอบการสัมมนาอนุรักษ์พลังงานเทิดพระเกียรติ 27-30 กรกฎาคม 2542. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2542.

วิทยา เพียรวิจิตร. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2525.

สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์. การศึกษาลักษณะดินเพื่อการใช้ระบบการซึมในการกำจัดของเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

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

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

สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค. การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. การใช้กระจก. เอกสารเผยแพร่การอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. การใช้ฉนวน. เอกสารเผยแพร่การอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ. การเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. วารสารพลังงาน ฉบับพิเศษ(2537): 28-51.

สุนทร บุญญาธิการ. ผนังฉนวนกันความร้อน. วารสารอาษา(พฤษภาคม, 2539): 70-80.

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

อุดร จารุรัตน์. คู่มือเล่มที่2 ผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์,2537.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Allan Konya. Design Primer For Hot Climates. 1st ed. London: The Architectural Press, 1980.

American Society of Heating, Refrigirating and Air-Conditioning Engineering. 1997 Ashrae handbook Fundamentals. SI Edition. Atlanta Geogia, 1997.

Anderson, B.N. Solar Energy: Fundamentals in Building Design. New York: McGraw-Hill, 1977.

Bensal.N. K., Hauser G. and Minke G. Passive Building Design A handbook of matural climatic. Natherlands: Elsevier Science B. V., 1994.

Baumann, D. and others. Planing for water reuse. Chicago: Maaroufa Press, 1978.

Boon long, P. n.d. Calculation of Long-wave Spectral Atmosphere Emissivities and Potential of Radiation Cooling for Chiang Mai Thailand. Chiang Mai: Departure of Mechanical Engineering, Chiang Mai university.

Brenda & Robert . Vale. Green architecture design for a sustainable future. 1st ed. Singapore:Thames and Hudson, 1991.fundamental, Geogia, 1997.

Brookes, A, Grech C. The building envelope. London: Butterworth Architecture, 1990.

Foundation, Sacramento,1992. (Accessed from the World Wide Web at http://www.epa.gov/region09/water/recycling/

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

Jeffrey, Ellis, Aronin. Climate & architecture progressive architecture. New York: Reinhold publishing corporation, 1953.

Ken Yeang. Ecological Approach to The Design of Large Buildings. Conference Proceedings April 21-22, 2000.

Lstiburek and Carmody. Moisture Control Handbook:Principles and Practices for Residentials and Small Comercial Buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

Norbert, Lechner. Heating Cooling Lighting. New York: John Wiley & Sons, 1991.

Olgyay, Victor. Design with Climate. New Jersy: Printon University Press, 1973.

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

Vale, O. and B. Green Architecture Design for a Sustainable Future. London: Thames and hudson,1991.

Victor, Olgyay. Design with Climate Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism. New Jersey: Princeton, 1962.

Watson, D. FAIA and Kenneth Labs, Climatic Building Design Efficiency Principles & Practice. New York: McGraw, 1983.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ประมวลคำศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ค่าการคายความร้อน (emissivity: ε) ความสามารถในการคายความร้อนออกของผิววัสดุ โดยเทียบกับการคายรังสีของวัตถุดำ (Blackbody) ณ อุณหภูมิเดียวกัน

ค่าการดูดซับความร้อน (absorptivity: α) ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อนไว้ของผิววัสดุ เมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ค่าการสะท้อนความร้อน (reflectivity: ρ) ความสามารถในการสะท้อนรังสีความร้อนกลับของผิววัสดุเมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ความร้อนแฝง (latent heat) ความร้อนที่เพิ่มหรือขจัดออกจากสสาร ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ เช่น การกลั่นตัวของไอน้ำ การระเหยของน้ำเป็นไอน้ำ โดยที่อุณหภูมิยังคงที่อยู่

วัตถุดำ (Blackbody) เป็นวัตถุอุดมคติเพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถคายรังสีของพื้นผิวได้ทุกความยาวคลื่น ในอุณหภูมิเดียวกัน

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature: DBT) ค่าอุณหภูมิของวัตถุที่สามารถอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั่วไป หรือเครื่องวัดอุณหภูมิโดยปรกติ จะต้องควบคุมไม่ให้ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนต่างๆ เช่นดวงอาทิตย์ เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออื่นๆ ซึ่งทำให้เกิดการดูดซับความร้อน ระหว่างตัวรับรู้และแหล่งกำเนิดความร้อน

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet-bulb temperature: WBT) ค่าอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถบันทึกได้ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ หรือเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดอื่นๆ ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยผ้าหรือสำลีชุบน้ำ และมีความเร็วลมหรืออากาศพัดผ่าน จนทำให้เกิดการระเหยของน้ำในบริเวณนั้น หรือเรียกอีกอย่างว่า “อุณหภูมิน้ำระเหย”

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point temperature: DPT) อุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นจากอากาศ ในขณะที่อุณหภูมิลดลงและความกดอากาศคงที่

อุณหภูมิผิววัสดุ (surface temperature: ST) ค่าอุณหภูมิที่ผิววัสดุ เมื่อด้านหนึ่งของเทอร์โมมิเตอร์หรือตัวรับรู้สัมผัสกับผิวโดยตรง โดยที่อีกด้านต้องป้องกันไม่ให้สัมผัสกับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบคุณสมบัติการซึมของดิน

1. ระบบต้องฝังดินในระยะที่ท่อซึมอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน
2. บริเวณพื้นที่ดินที่จะให้ซึมซับน้ำ ควรมีค่าพื้นที่มากกว่าที่แสดงในตารางต่อไปนี้

เวลาซึม	1	2	3	4	5	10	15	20	45	60
พื้นที่ที่ต้องการ (ตร.ม./คน)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	7	9	11	15	17

ตารางที่ 2.7 แสดงพื้นที่ของลานซึมต่อระยะเวลาการซึมน้ำของดิน

3. วิธีการทดสอบดินว่าซึมซาบได้ตามตารางหรือไม่
   3.1) ทำหลุมทดลอง 3-5 แห่ง ในบริเวณนั้นเพื่อหาค่าเฉลี่ย
   3.2) หลุมทดลองมีขนาด 30 X 30 เซนติเมตร ลึก 60 เซนติเมตร
   3.3) การหาค่าความสามารถในการซึมซับ สามารถวัดได้ดังนี้
      ก. เทน้ำลงไปจนถึง 45 เซนติเมตร จับเวลารอจนระดับน้ำลดลงเหลือ 10 เซนติเมตร เอาเวลาสองค่าที่ได้มาลบกันจะได้เวลาซึมซาบแล้วเทซ้ำลงไปให้ถึงระดับ 25 เซนติเมตร เติมเช่นนี้ไปเรื่อยจนกระทั่งการลดของระดับน้ำใช้เวลาเท่าๆกัน
      ข. หลังจากการลดระดับน้ำใช้เวลาคงที่แล้ว รอจนถึงระดับ 25 เซนติเมตรอีกครั้งหนึ่งแล้วรอไปอีก 20 นาที แล้วจึงวัดระยะเวลาซึมที่น้ำจะลดลง 10 มิลลิเมตร สำหรับดินเหนียว และสำหรับ 30 มิลลิเมตร สำหรับดินประเภทอื่นๆแล้วจึงนำไปเทียบตามตาราง
4. ลานซึมจะต้องเป็นร่องขนาดกว้างกว่า 50 เซนติเมตร สำหรับฝังท่อซึ่งวางบนทรายหนาไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร และกลบท่อไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร
5. ระยะยาวของร่องซึมแต่ละช่วงจะต้องไม่ยาวกว่า 1 เมตร และห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เมตร

บริเวณดินที่ฝังท่อจะต้องมีระดับน้ำใต้ดินลึกจากฝังดินเกินกว่า 1.50 เมตร และอยู่ห่างจากแหล่งน้ำสาธารณะ 30 เมตร

ภาคผนวก ข

ค่าการสะท้อนของวัสดุต่าง ๆ

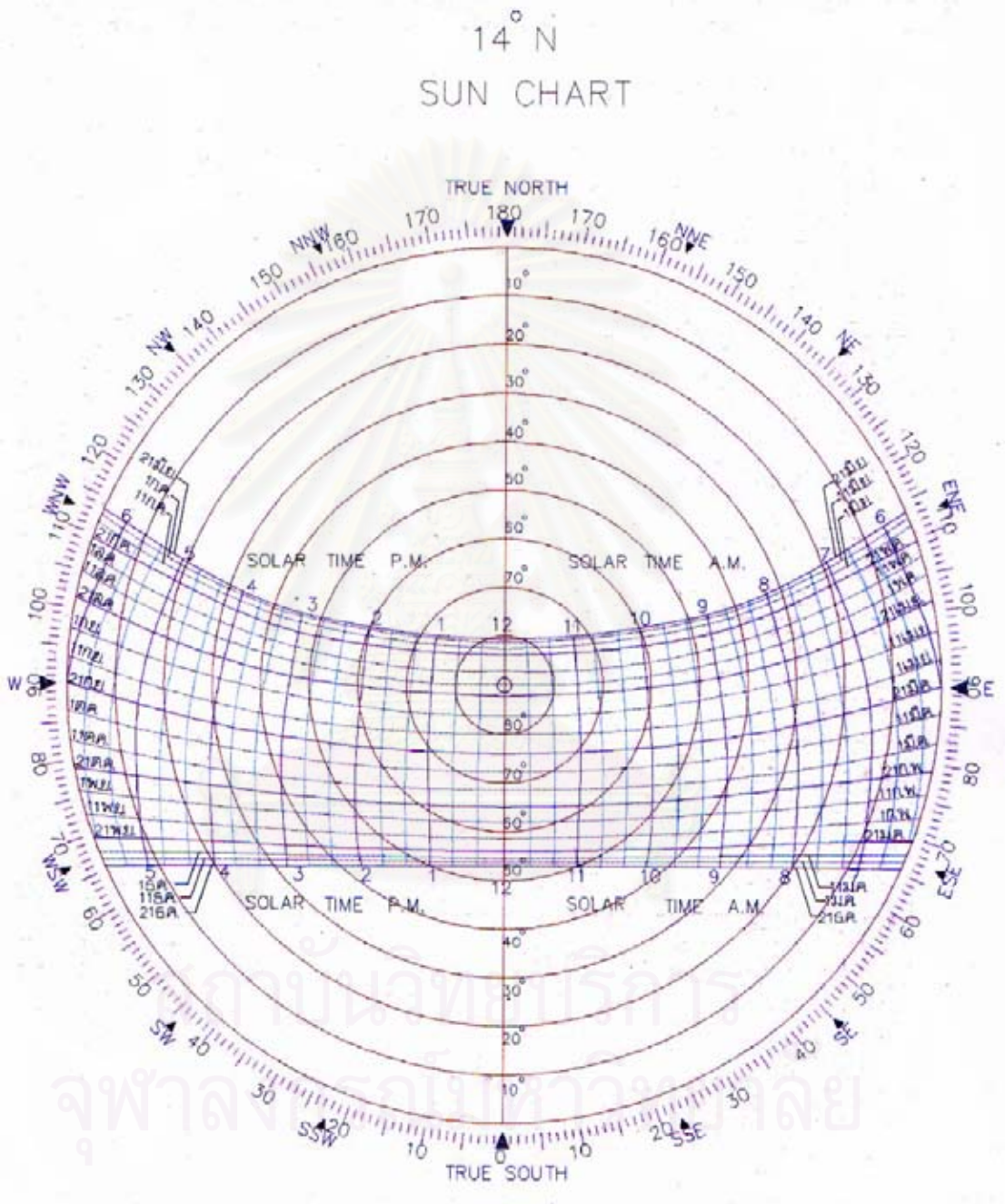
ที่มา: Design With Climate, 1973. P 33

วัสดุ	ค่า%การสะท้อน
พื้นดินแห้ง (Bare ground, dry)	10-25
พื้นดินเปียก (Bare ground, wet)	8-9
ทรายแห้ง(Sand, dry)	18-30
ทรายเปียก(Sand, wet)	9-18
หิน(Rock)	12-15
ผิวราดำ,แห้ง(Mold, black, wet)	14
หญ้าแห้ง(Dry grass)	32
ทุ่งหญ้าเขียว(Green field)	3-15
ใบไม้เขียว(Green leaves)	25-32
ป่าทึบ(Dark forest)	5
ทะเลทราย(Desert)	24-28
อิฐ(Brick, depend on color)	23-48
แอสฟัลท์(Asphalt)	15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงตำแหน่งเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ สำหรับละติจูด 14 องศาเหนือ

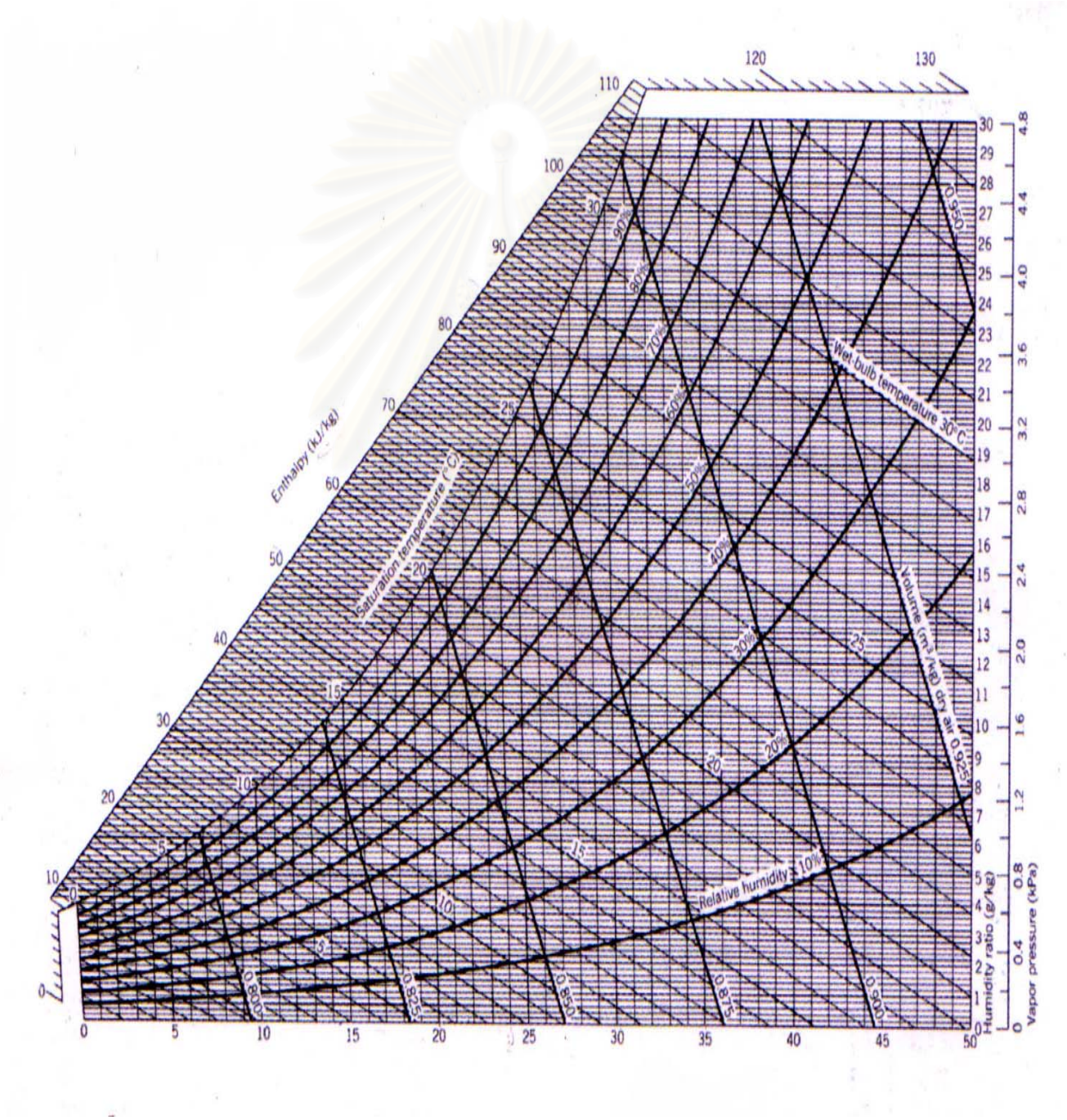
ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านเพื่อการประหยัดพลังงาน (กรุงเทพมหานคร: 2542), หน้า 241.



แผนภูมิไซโครเมตริกหน่วย องศาเซลเซียส

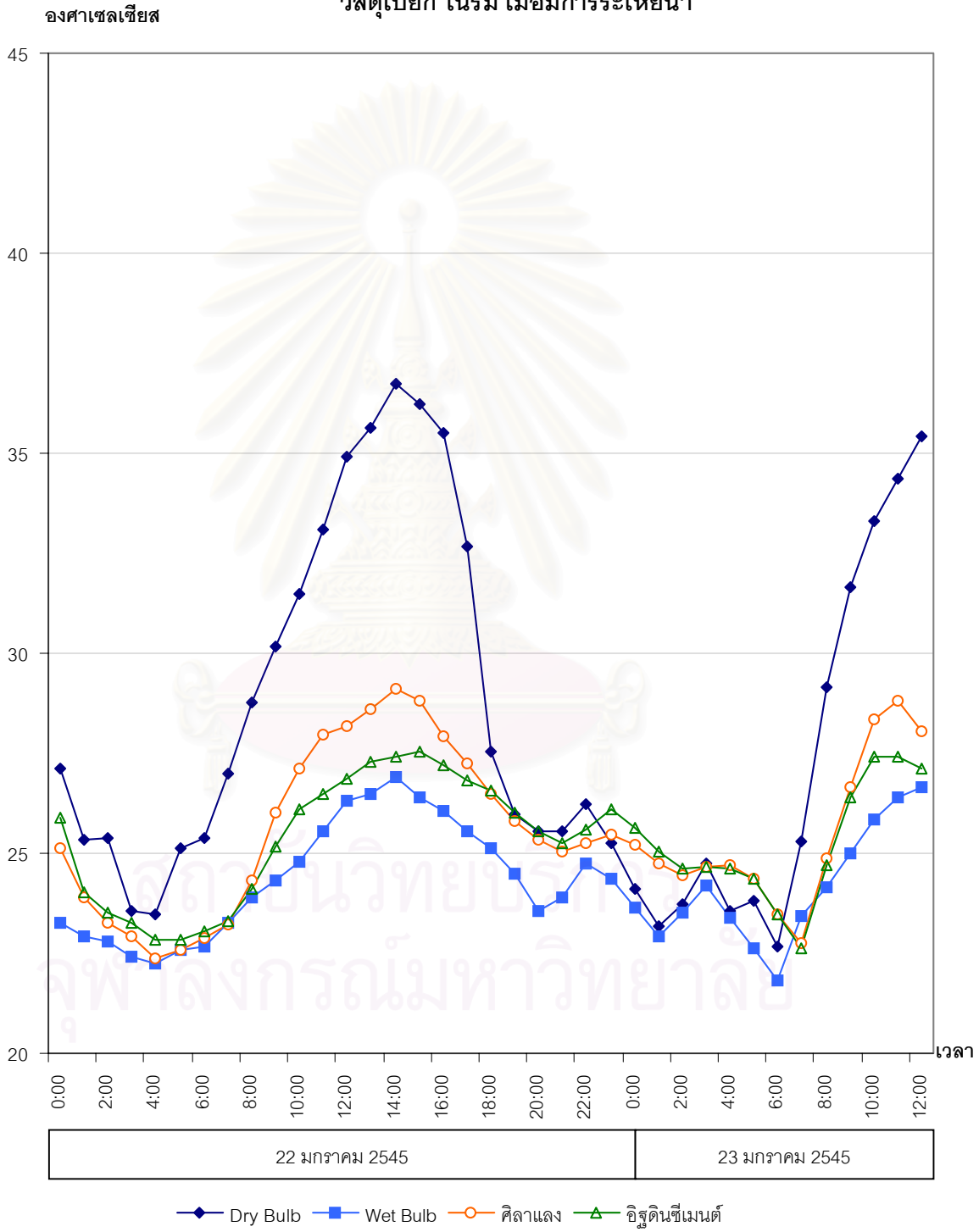
ที่ระดับน้ำทะเล (Sea Level) **ความดันบรรยากาศ** 101.325 kPa

ที่มา: S.V. Szokolay(1980). อ้างใน สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านเพื่อการประหยัดพลังงาน (กรุงเทพมหานคร: 2542), หน้า 249.

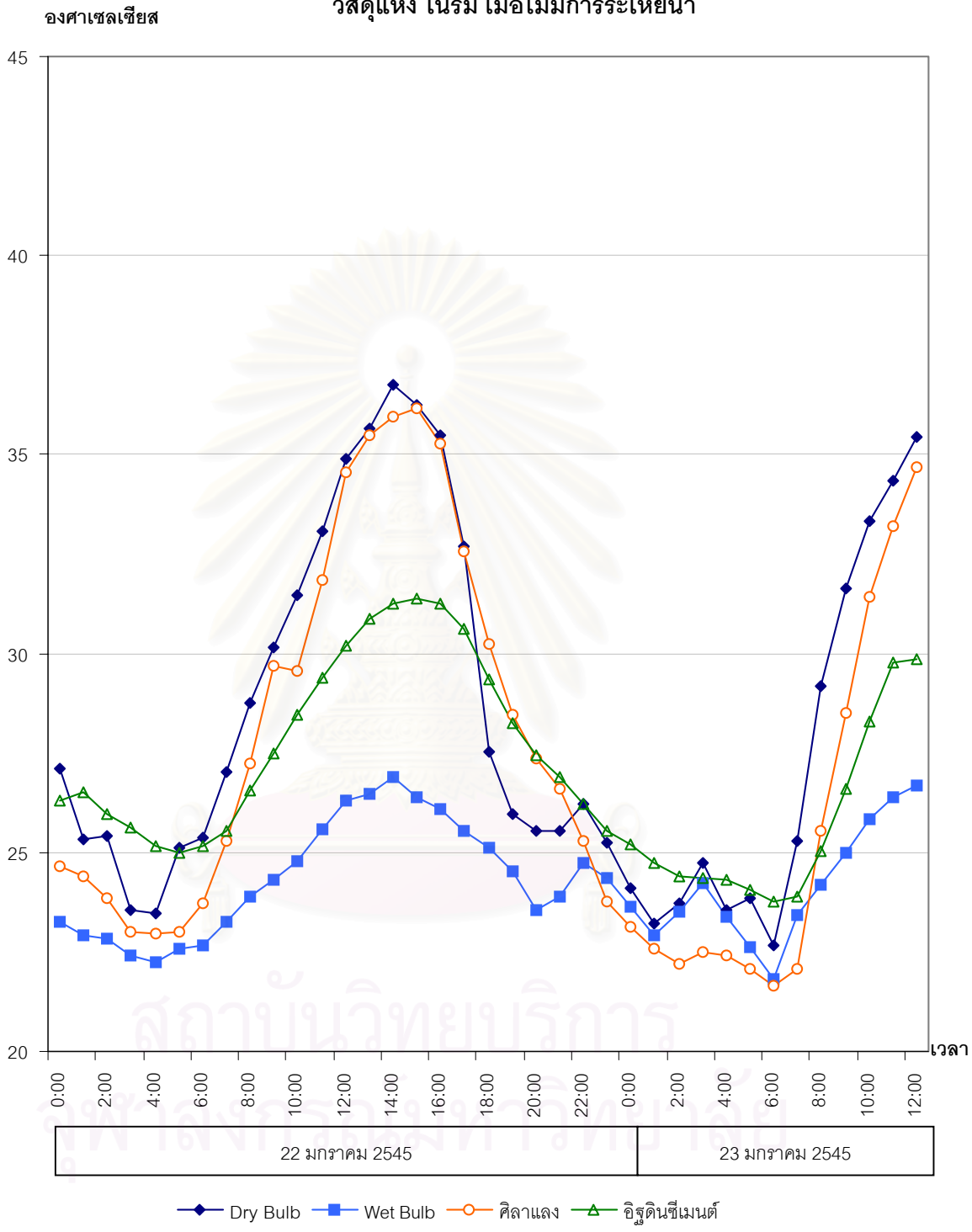


ภาคผนวก ค
แผนภูมิการทดสอบวัสดุต่าง ๆ

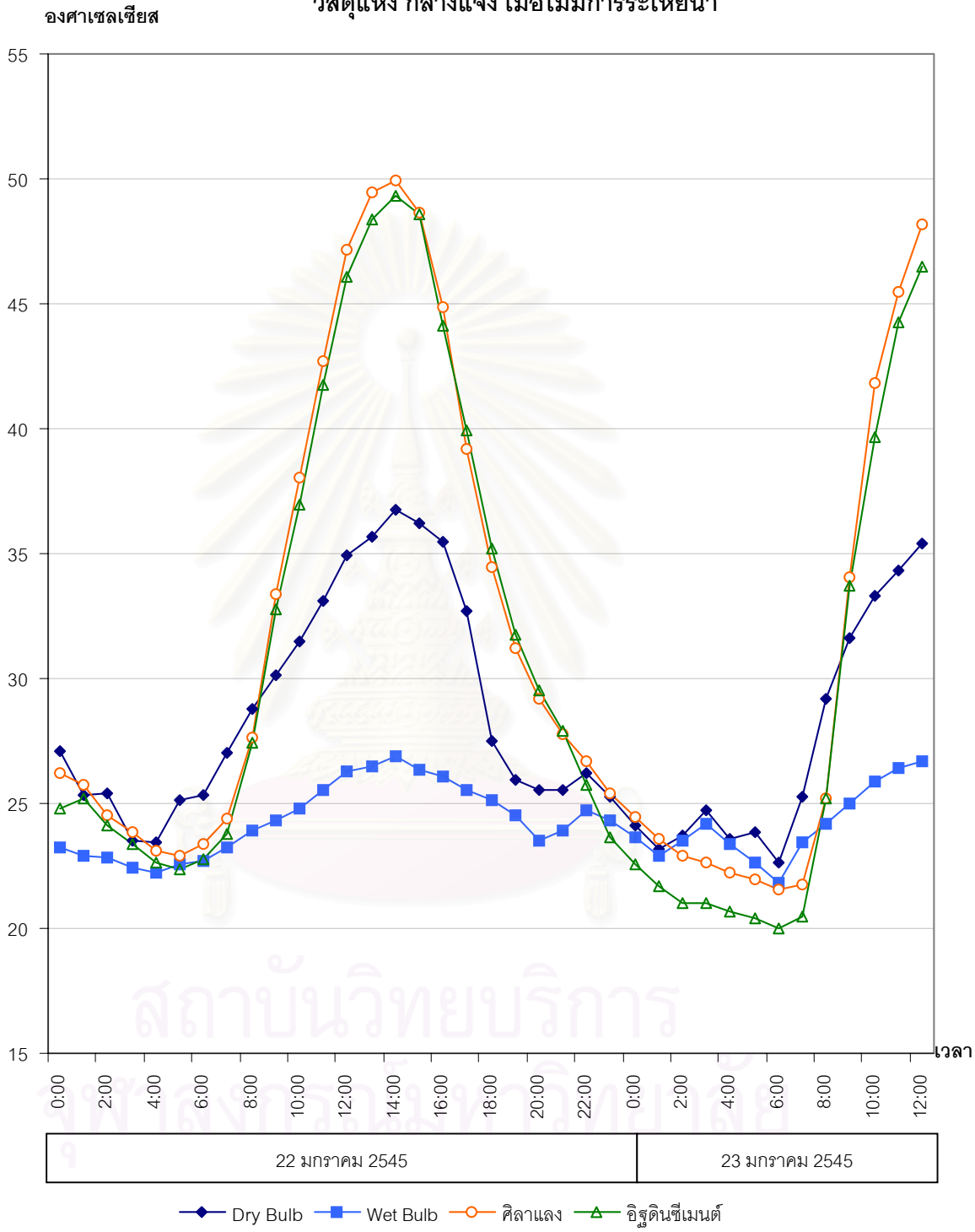
กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวศิลาแลงและอิฐดินซีเมนต์
วัสดุเปียก ในร่ม เมื่อมีการระเหยน้ำ



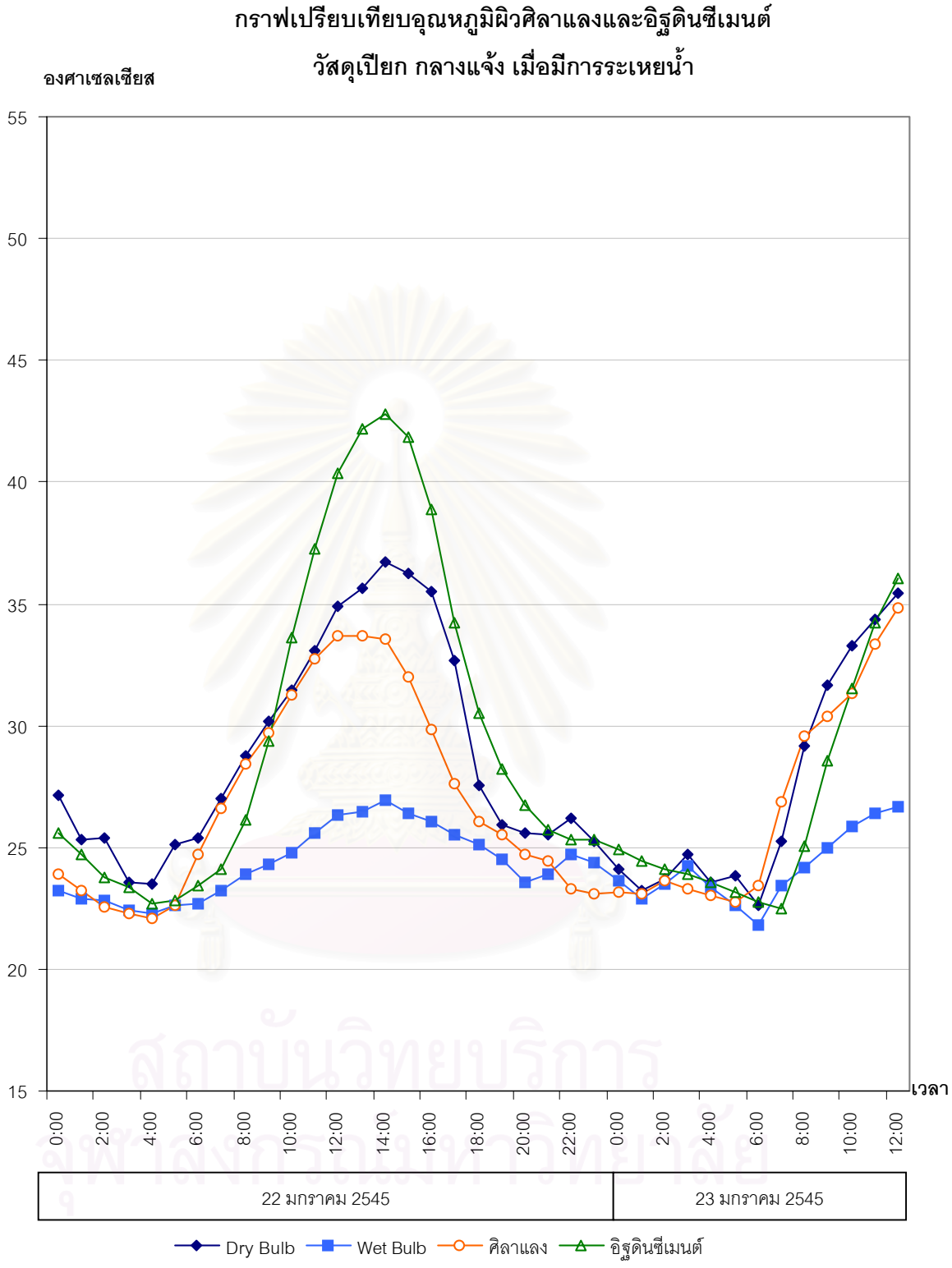
กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวศิลาแลงและอิฐดินซีเมนต์
วัสดุแห้ง ในร่ม เมื่อไม่มีการระเหยน้ำ

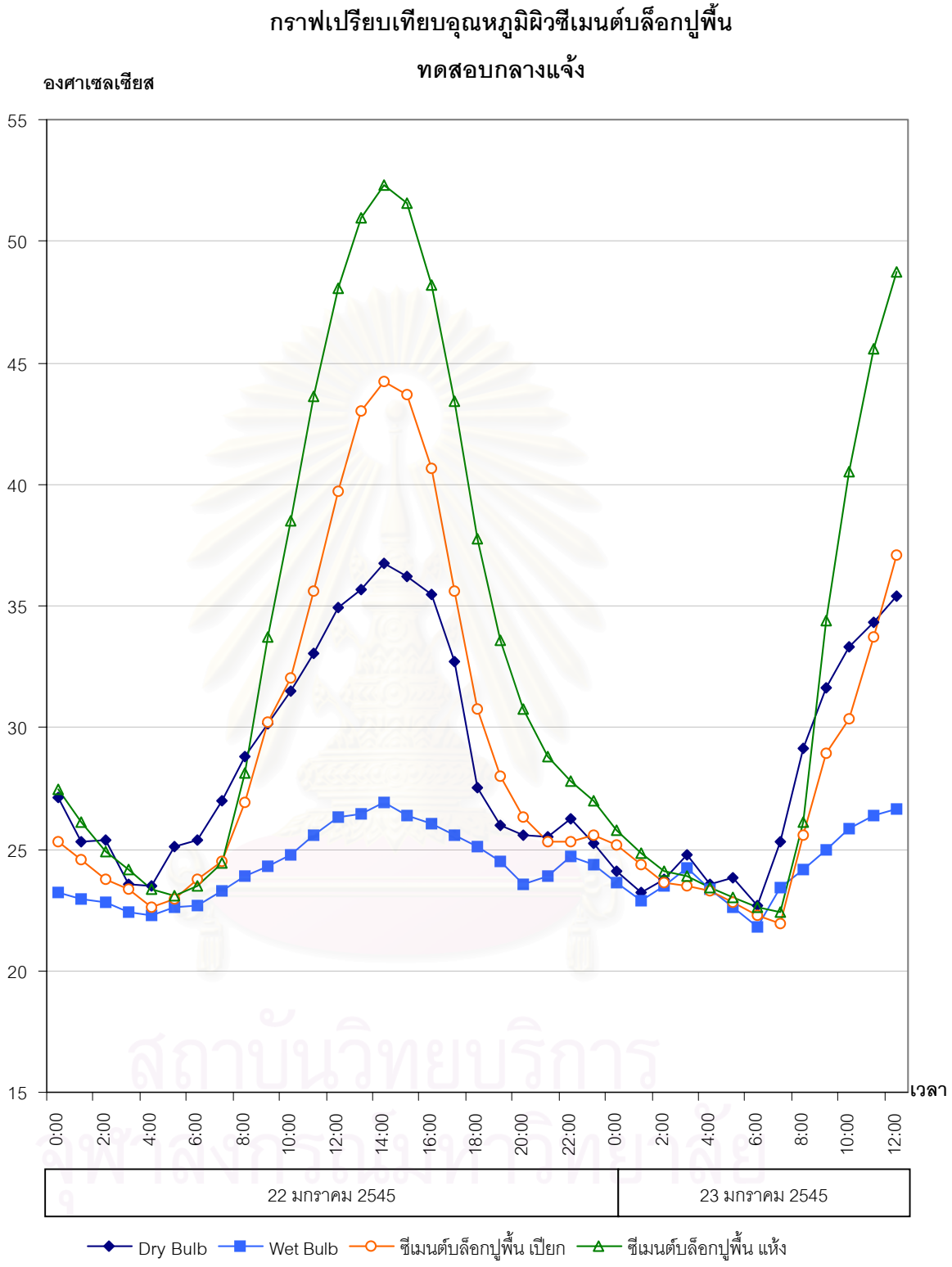


กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวศิลาแลงและอิฐดินซีเมนต์
วัสดุแห้ง กลางแจ้ง เมื่อไม่มีการระเหยน้ำ



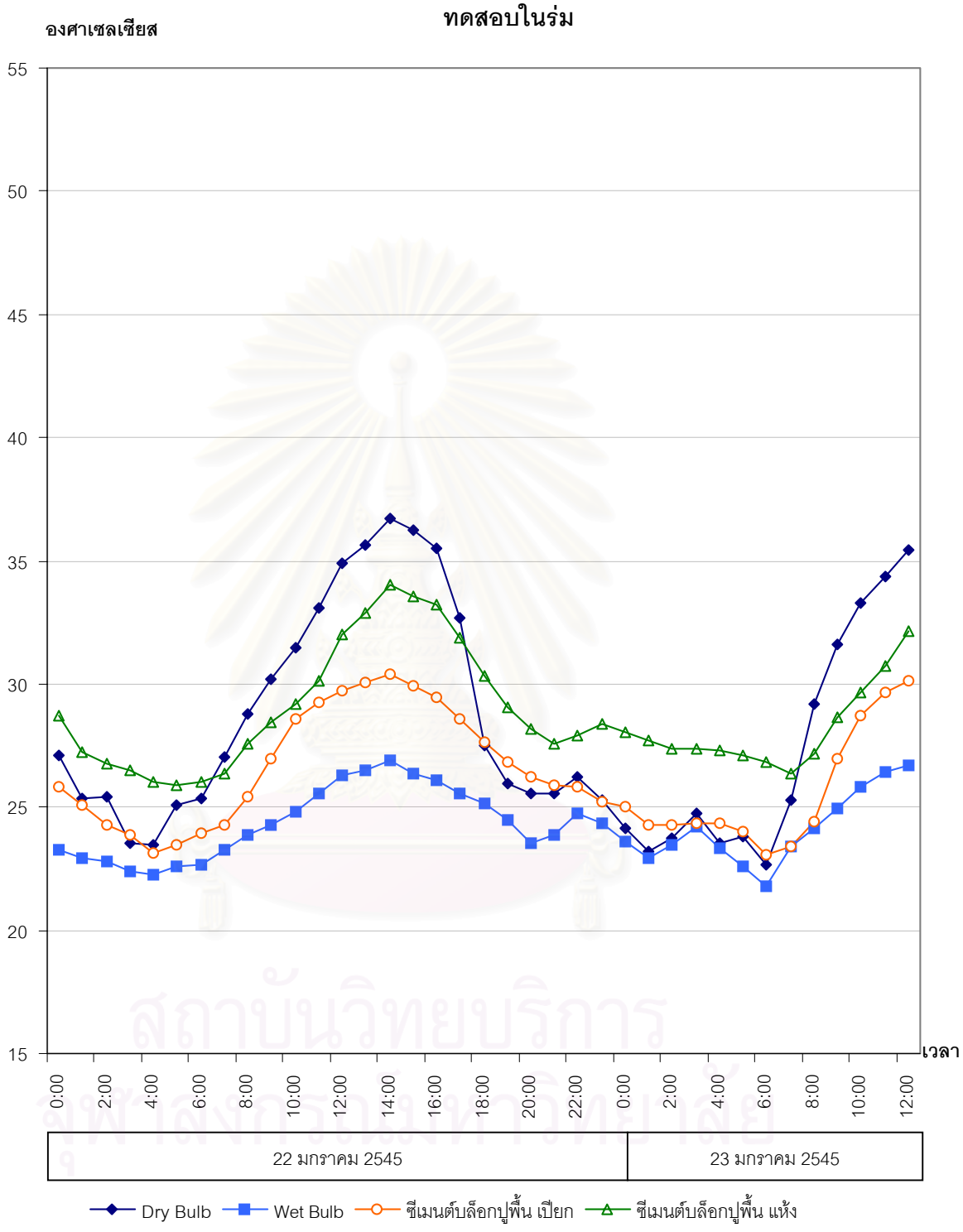
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวศิลาแลงและอิฐดินซีเมนต์
วัสดุเปียก กลางแจ้ง เมื่อมีการระเหยน้ำ
องศาเซลเซียส
55
50
45
40
35
30
25
20
15
เวลา
0:00
2:00
4:00
6:00
8:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
0:00
2:00
4:00
6:00
8:00
10:00
12:00
22 มกราคม 2545
23 มกราคม 2545
Dry Bulb
Wet Bulb
ศิลาแลง
อิฐดินซีเมนต์


กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวซีเมนต์บล็อกปูพื้น
ทดสอบกลางแจ้ง
องศาเซลเซียส
55
50
45
40
35
30
25
20
15
เวลา
0:00
2:00
4:00
6:00
8:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
0:00
2:00
4:00
6:00
8:00
10:00
12:00
22 มกราคม 2545
23 มกราคม 2545
Dry Bulb
Wet Bulb
ซีเมนต์บล็อกปูพื้น เปียก
ซีเมนต์บล็อกปูพื้น แห้ง

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวซีเมนต์บล็อกปูพื้น

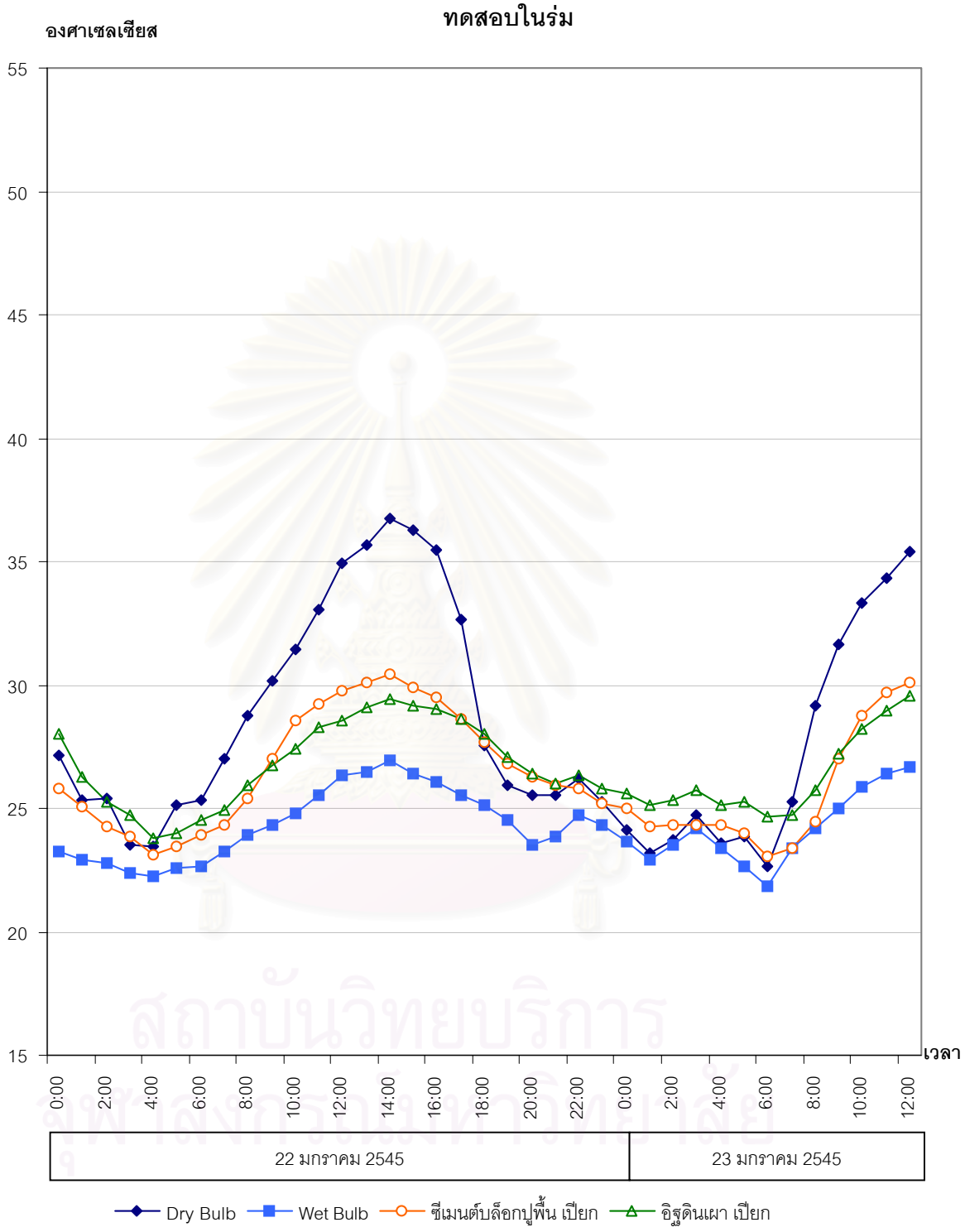
ทดสอบในร่ม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวซีเมนต์บล็อกปูพื้นและอิฐดินเผา

ทดสอบในร่ม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ เกิดวันที่ 9 พฤษภาคม 2517 ภูมิลำเนา กรุงเทพมหานคร

การศึกษา

ระดับประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลพิบูลเวศม์ กรุงเทพมหานคร
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยรังสิต เกรดเฉลี่ยสะสม 2.99

วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต โครงการอาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารนครหลวงไทยแห่งใหม่

การฝึกงาน

บริษัท โลตัสดีไซน์ แอนด์ เดลเวลลอป ศึกษาการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์และการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม

บริษัท ดีไซน์โปรเฟชั่นนัล จำกัด ศึกษาการออกแบบอาคารพักตากอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย