

ประสิทธิภาพการลดภาระการทำความเย็นภายในอาคารสำนักงาน โดยการใช้แผงกันแดดดินเผา
ร่วมกับการระเหยบนผิววัสดุ



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

โครงร่างวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหา
บัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

THERMAL PERFORMANCE OF EVAPORATIVELY COOLED SHADING DEVICE MADE OF
TERRACOTTA



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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพการลดภาระการทำความสะอาดในอาคาร
สำนักงาน โดยการใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหย
บนผิววัสดุ

โดย

นางสาวกิติสรา ปั้นประสม

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถน ศรีษะบุญบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับโครงร่างวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถน ศรีษะบุญบุตร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร. ดารณี จาริมิตร)

กิตติสาร ปั้นประสม : ประสิทธิภาพการลดภาระการทำความเย็นภายในอาคารสำนักงาน โดยการใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยบนผิววัสดุ (THERMAL PERFORMANCE OF EVAPORATIVELY COOLED SHADING DEVICE MADE OF TERRACOTTA) อ.ที่
 ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐบุต, หน้า.

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังทึบที่มีการติดตั้งแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำบนผิววัสดุ โดยเน้นศึกษาการลดการสะสมความร้อนบนผิววัสดุที่ส่งผลให้เกิดเกาะความร้อนเมือง จากการใช้แผงกันแดดที่มีหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์มารวมเข้ากับการใช้การระเหยของน้ำเพื่อลดอุณหภูมิบนผิววัสดุที่ใช้ทำแผงกันแดด โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แผงกันแดดดินเผาที่หาซื้อได้ง่ายในประเทศไทย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำไว้ในเนื้อวัสดุเพื่อนำมาใช้ในการระเหยบนผิววัสดุได้อีกด้วย โดยการศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กำหนดให้มีการสร้างกล่องทดลองไปวางในสถานที่จริงและทำการเก็บข้อมูลโดยการวัดค่าอุณหภูมิและนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_{eff}) ของผนังอาคารที่มีการใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ และแบบแผงกันแดดดินเผาทั่วไป ลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานตลอดทั้งปีของอาคารสำนักงานขนาดกลางที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน

ผลการศึกษาพบว่า การใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำบนผิวจะสามารถทำให้อุณหภูมิบนผิววัสดุลดต่ำกว่าแบบแผงกันแดดทั่วไปเฉลี่ยที่ 5.7 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิอากาศเมื่ออากาศไหลผ่านแผงดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 4.7 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำนั้นสามารถลดอุณหภูมิอากาศที่กลางกล่องทดลองได้มากกว่ากล่องที่ไม่มีแผงกันแดดอยู่ที่ 6.6 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าในอาคารสำนักงานได้ถึง 4.47% ต่อปี และ 4.30% ต่อปีสำหรับพลังงานด้านการทำความเย็นแก่อาคาร

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2560

5973552325 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS:

KITISARA PANPRASOM: THERMAL PERFORMANCE OF EVAPORATIVELY COOLED SHADING DEVICE MADE OF TERRACOTTA. ADVISOR: ASSOC. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., pp.

This research aims to evaluate the thermal performance of evaporatively cooled shading device made of terracotta on the wall. Because of Urban Heat Island problem, The effect of evaporative cooling can reduce heat on terracotta surface. This terracotta louver was designed to provide radiative cooling , ventilative cooling with cooled airflow and it shades direct solar radiation on building wall in hot-humid regions. In this research, the thermal performance are compared in three cases such as 1.non-shading (base case) 2.terracotta shading 3.evaporatively cooled terracotta shading. Thermal transmittance or U-values are calculated from temperatures obtained from mockup units in the experimental field. Moreover, Thermal transmittance values are stand for evaluated the annual energy efficiency of daytime usage low rise office building using VisualDOE 4.1 program.

As a result, The surface of evaporatively cooled terracotta in outdoor environment was lower than that of typical terracotta shading without evaporative cooling by 5.7 °C .Moreover, temperature of the air passing through the evaporatively cooled terracotta shading decreased by 4.7 °C, which achieved the expected cooling performance as a passive cooling system. The average temperature difference was 6.6 °C at inside air temperature in compare with non-shading case. So, the results of energy simulation show that the buildings which apply evaporatively cooled shading device made of terracotta can reduce the cooling energy consumption by 4.30% per year.d

Department: Architecture

Student's Signature

Field of Study: Architecture

Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ดารณี จาริมิตร กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และรองศาสตราจารย์ ดร.อรรถจัน เศรษฐบุตตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ช่วยชี้แนะและให้คำปรึกษาตั้งแต่ในขั้นตอนค้นหาข้อมูลจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ บริษัท แอฟริคัส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ทุกท่าน ที่คอยถามไถ่และให้คำปรึกษาตลอดการวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว บั้นประสม ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1. แนวคิดและทฤษฎี.....	9
2.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer).....	9
2.1.1.1 การนำความร้อน (Conduction).....	10
2.1.1.2 การพาความร้อน (Convection).....	11
2.1.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation).....	11
2.1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระเหย (Evaporative cooling).....	12
2.1.2.1 ทฤษฎีการระเหย.....	12
2.1.2.1 การทำความเย็นโดยการระเหยของน้ำ (Evaporation).....	13
-การลดอุณหภูมิโดยการระเหยโดยตรง (Direct Evaporative Cooling).....	14
-การลดอุณหภูมิโดยการระเหยทางอ้อม (Indirect Evaporative Cooling).....	16

2.2 การคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378, 2524).....	17
2.3 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง	18
2.4. คุณสมบัติของวัสดุ ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Cook, Jeffrey, ed., 1989).....	18
2.4.1. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity/ k).....	18
2.4.2. ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance/ R-Value).....	18
2.5 ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการระบายอากาศ (ASHRAE, 1989)	20
2.6. พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างแผงกันแดดไม้เลื้อยกับผนังอาคาร (H.F.Di and D.N. Wang, 1999).....	21
2.7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
2.7.1. อิทธิพลของการบังเงาต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าผนังอาคารที่บ (สิริวรินทร์ เพชรรัตน์, 2546).....	22
2.7.2 การถ่ายเทความร้อนจากการถ่ายภาพรังสีอินฟราเรด กรณีศึกษา: บ้านประหยัดพลังงานมหาวิทยาลัยศิลปากร (พันธุดา พุฒิไพโรจน์, 2550)	24
2.7.3 ประสิทธิภาพในการลดความร้อนให้กับผนังอาคารโดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (อภิวัฒน์ เกียรติวาทิรัตน์, 2554).....	25
2.7.4 การทำความเย็นด้วยวัสดุเซรามิกที่มีรูพรุน.....	27
2.7.5 Thermal Performance of a Passive Cooling Louver System to Form Cool Microclimate in Urban Residential Semi Outdoor Space (Yukari H et al., 2014).....	28
2.7.6 Cold Spot : Designing an oasis in the heat island of Cambridge (Joshua Schecter, 2015).....	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	34

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กำหนดให้มีการสร้างกล่องทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผงกันแดดดินเผาควบคู่กับการระเหยบนผิวดินเผา โดยเริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลมาตั้งสมมติฐาน และกำหนดตัวแปรต้นที่เกี่ยวข้องกับการระเหยบนผิวดินเผา ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม เพื่อใช้ในการออกแบบทางเลือกเปลือกอาคารที่มีส่วนช่วยลดการเก็บความร้อนบนผิววัสดุ อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านแผงบังแดด โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล่องทดลองและนำค่ามาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม เพื่อนำค่าที่ได้ไปจำลองการใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงานตลอดหนึ่งปีด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าการเปล่งความร้อนบนผิววัสดุเพื่อเสนอแนวเป็นแนวทางในการลดการเกิดเกาะความร้อนเมือง..... 34

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

3.2 การตั้งสมมติฐานการวิจัย..... 34

3.3 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลอง..... 35

3.4 การออกแบบกล่องทดลอง..... 37

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 42

3.6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลวัดอุณหภูมิ 45

 3.6.1 การทดลองที่ 1 การทดลองเรื่องประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศของแผงกันแดดดินเผาระเหยน้ำบนผิววัสดุ 45

 3.6.1.1 การเข้าสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value..... 45

 3.6.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเรื่องความเร็วลมที่มีผลต่อการระเหยบนผิววัสดุดินเผา 47

 3.6.3 การทดลองที่ 3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 49

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล 53

4.1 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางด้านความร้อน จากการศึกษาดังกล่องทดลอง 53

 - การทดลองส่วนที่ 1 54

- การทดลองส่วนที่ 2	54
---------------------------	----

ผลการทดลองส่วนที่ 1.1 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดด (Basecase) กล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta) และแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ (Terracotta with Evaporation) ในวันแดดออก.. 55

1) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0)	55
--	----

2) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ.....	56
---	----

3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 1 , 2 และ 3	57
--	----

4) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3	57
---	----

5) การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิว (ΔT) บนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3	59
---	----

6) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) บนกล่องทดลองที่ 2 และ กล่องทดลองที่ 3	60
--	----

ผลการทดลองส่วนที่ 1.2 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดด (Basecase) กล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta) และแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ (Terracotta with Evaporation) ในวันเมฆมาก ครึ้มฟ้าครึ้มฝน

61

1) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0)	61
--	----

2) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ.....	62
---	----

3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) บนกล่องทดลองที่ 2 และ กล่องทดลองที่ 3	63
---	----

ผลการทดลองส่วนที่ 2 การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิหลังผ่านแผง กันแดดร่วมกับการระเหยของน้ำใน 3 ช่วงความเร็วลม ได้แก่ ความเร็วลมที่ 0.4 m/s - 1.5 m/s , ความเร็วลมที่ 1.6 m/s - 2.5 m/s และความเร็วลมที่ 2.6 m/s - 3.0 m/s.....	64
1) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกัน แดด (T_2) วันที่ 1 ที่ความเร็วลม 0.4 m/s - 1.5 m/s.....	64
2) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกัน แดด (T_2) วันที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.6 m/s - 2.5 m/s.....	65
3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกัน แดด (T_2) วันที่ 3 ที่ความเร็วลม 2.6 m/s - 3.0 m/s.....	65
4) การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ (ΔT) หลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) ในช่วงความเร็วลม 0.4 m/s - 1.5 m/s , 1.6 m/s - 2.5 m/s และ 2.6 m/s - 3.0 m/s.....	66
4.2 ผลจากการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม.....	68
4.3 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการจำลองอาคาร สำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1.....	70
4.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์การแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ.....	72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	75
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	75
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	77
รายการอ้างอิง.....	78
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	94

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ของการศึกษา วิธีการศึกษาและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
ตารางที่ 3.1 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศ	35
ตารางที่ 3.2 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศของแผงกันแดดดินเผากระเบื้องน้ำบนผิววัสดุ (การทดลองส่วนที่ 1.2).....	36
ตารางที่ 3.3 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องความเร็วลมที่มีผลต่อการระเหยบนผิววัสดุดินเผา (การทดลองส่วนที่ 2).....	36
ตารางที่ 3.4 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการจำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม Visual DOE 4.1 (การทดลองส่วนที่ 3).....	37
ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทดสอบวัสดุดินเผา.....	38
ตารางที่ 3.6 แสดงคุณสมบัติของดินเผา.....	38
ตารางที่ 3.7 ประเภทอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	43
ตารางที่ 3.8 ข้อมูลสถานะการใช้งานเครื่องปรับอากาศของอาคารสำนักงานต้นแบบ.....	50
ตารางที่ 4.1 สรุปค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_{eff}) ของกล่องทดลองต่างๆที่ได้จากการทดลอง	69
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน	70

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 ภาพถ่ายอินฟราเรดของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปบนผิววัสดุอาคารในช่วงเวลา 02.00 น. และ 14.00 น. ณ.เกาะฮ่องกง (Li Y., 2012)	1
ภาพที่ 1.2อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันเดือนพฤษภาคม ตั้งแต่ พ.ศ.2540-2556 เปรียบเทียบสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ และบริเวณใกล้เคียงคือ อยุธยา สมุทรปราการและกำแพงแสน (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556).....	2
ภาพที่ 1.3 อุณหภูมิภายในอาคารและอุณหภูมิมบนผิววัสดุของแผงกันแดดโดย A. แบบไม่มีแผงกันแดด B.แผงกันแดดแนวตั้ง C.แผงกันแดดแบบแผงโซลาร์ (Ahmed A.Y., 2014).....	3
ภาพที่ 1.4 การดูดซับความร้อนบนแผงกันแดดถ่ายด้วยกล้องอินฟราเรด.....	4
ภาพที่ 1.5 (ซ้าย) สังเกตชายคาที่ยื่นยาว ต่ำกว่าขอบบนของวงกบ ทำให้เกิดมุมที่แผ่รังสีความร้อนเข้ามาในห้องได้มากขึ้น (ขวา) รูปบริเวณมุมห้องที่เปิดหน้าต่างจากกล้องอินฟราเรด (พันธุ์ดา พุฒิโพโรจน์, 2550)	4
ภาพที่ 1.6 ภาพถ่ายอินฟราเรดของอาคาร Sony Corporation Sony City Osaki Building, Tokyo (http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/en/climate/)	6
ภาพที่ 2.1 ความร้อนที่เข้าสู่อาคาร (ที่มา : https://ienergyguru.com)	9
ภาพที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน.....	12
ภาพที่ 2.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศบน Psychrometric chart	14
ภาพที่ 2.4 อุณหภูมิอากาศที่ลดลง จากการระเหยของน้ำทางตรง (Direct Evaporative) บน Psychrometric chart	15
ภาพที่ 2.5 อุณหภูมิอากาศที่ลดลง จากการระเหยของน้ำทางอ้อม (Indirect Evaporative) บน Psychrometric chart	16
ภาพที่ 2.6 พฤติกรรมความร้อนระหว่างผนังไม้เลื้อย และ ผนังอาคาร	21
ภาพที่ 2.7 การติดตั้งเครื่องมือวัดผลและการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด	23
ภาพที่ 2.8 แบบบ้านประหยัดพลังงานทั้ง 3 แบบ.....	24

ภาพที่ 2.9 ชายคาที่ยื่นต่ำกว่าขอบบนของวงกบ ทำให้เกิดมุมที่แผ่รังสีความร้อนเข้ามาในห้อง ได้มากขึ้น และการถ่ายเทความร้อนที่ขังอยู่ในช่องหลังคา	25
ภาพที่ 2.10 การติดตั้งระแนงไฟเบอร์ซีเมนต์กับโครงแผงกันแดด และการจำลองมุม Profile ของ แสงอาทิตย์ที่ผ่านจากแผงกันแดดระแนงไฟเบอร์ซีเมนต์กระทบกับผิวผนังกล่อง	26
ภาพที่ 2.11 รูปแบบการสร้างความเย็นให้กับอาคารโดยการระเหยของน้ำ โดยใช้เหยือกน้ำมาวาง ตรงทางลมเข้าบริเวณช่องหน้าต่าง	27
ภาพที่ 2.12 การทำความเย็นโดยการใช้ PC louver บริเวณพื้นที่กึ่งภายนอกอาคาร	29
ภาพที่ 2.13 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองและแผงทดลอง	29
ภาพที่ 2.14 การทดลองโดยการถ่ายด้วยกล้องอินฟราเรดเปรียบเทียบระหว่างแผงกันแดดผิว เปียกและแบบผิวแห้ง	30
ภาพที่ 2.15 Cold Spot ที่ใช้ในการลดปัญหาเกาะความร้อนเมือง	31
ภาพที่ 2.16 สถานที่ติดตั้ง Cold Spot ในฤดูร้อน	32
ภาพที่ 3.1 แ่งดินเผาที่นำมาใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ อปก.รุ่น 119/60	37
ภาพที่ 3.2 การทดสอบหาค่าดูดซึมน้ำในเนื้อวัสดุ ณ วันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ.2560	38
ภาพที่ 3.3 ขนาดของแ่งดินเผาที่นำมาใช้ในการทดลอง	38
ภาพที่ 3.4 ขนาดของโครงเหล็กขนาด 1.20 x 1.20 เมตร ทำแกนทำมุม 45° ห่างกัน 6 เซนติเมตร เพื่อรองรับแ่งดินเผา	39
ภาพที่ 3.5 การติดตั้งแผงกันแดดเข้ากับโครงเหล็กที่ทำเตรียมไว้	39
ภาพที่ 3.6 (ภาพซ้าย) สายยางยี่ห้อท่อน้ำไทยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตรและ 5 มิลลิเมตร	40
ภาพที่ 3.7 การติดตั้งสายยางในระบบ และ ตัวควบคุมการไหลของน้ำในระบบที่ปลายของแผงกัน แดดพร้อมยาแนวด้วยกาวยางซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่วซึม	41
ภาพที่ 3.8 ลักษณะกล่องทดลองที่บุด้านในด้วยโฟม และปิดทับด้านที่ทำการทดลองด้วยแผ่น สมาร์ทบอร์ดหนา 8 มิลลิเมตร	41
ภาพที่ 3.9 การทดลองด้วยกล่องทดลองที่ลานจอดรถ	42
ภาพที่ 3.10 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 12 Chanel และสายเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	42

ภาพที่ 3.11 การติดตั้งเซนเซอร์บนผิววัสดุปิดทับด้วยโฟมก่อน.....	43
ภาพที่ 3.12 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HOBO.....	44
ภาพที่ 3.13 เครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์ SPM-1116SD และ เครื่องมือวัดความเร็วลม Testo 405i	44
ภาพที่ 3.14 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิบนกล่องทดลองที่ 1.....	44
ภาพที่ 3.15 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิบนกล่องทดลองที่ 2-3	45
ภาพที่ 3.16 พัดลม HATARI รุ่น HA-I1BM1ที่ใช้ในการทดลอง.....	47
ภาพที่ 3.17 การติดตั้งพัดลมหน้าแผงกันแดดในทดลองที่2	48
ภาพที่ 3.18 กรณีสึกษาอาคารสำนักงานขนาดกลาง.....	51
ภาพที่ 3.19 การแทนค่า U_{eff} ของผนัง Basecase ,Terracotta and Terracotta with Evaporative Cooling	51
ภาพที่ 4.1 สถานที่ทดลองและการศึกษาด้วยกล่องทดลอง.....	53
ภาพที่ 4.2 การติดตั้งกล่องทดลอง และภาพถ่ายอินฟราเรดบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ.....	72
ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายอินฟราเรดบนกล่องทดลองที่ 1 แบบไม่มีแผงกันแดดและกล่องทดลองที่ 2 แบบมีแผงกันแดดดินเผาทั่วไปในตอน 12.00 น.	73
ภาพที่ 4.4 (จากซ้ายไปขวา) ภาพถ่ายอินฟราเรดบนผิวสมาร์ทบอร์ดของกล่องทดลองที่ 1 ภาพถ่ายอินฟราเรดบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป และ ภาพถ่ายอินฟราเรดบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ.....	74

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 4.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0).....	55
แผนภูมิที่ 4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ.....	56
แผนภูมิที่ 4.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 1 , 2 และ 3.....	57
แผนภูมิที่ 4.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2	58
แผนภูมิที่ 4.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 3	58
แผนภูมิที่ 4.6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิว (ΔT) บนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3.....	59
แผนภูมิที่ 4.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศ (T_0) บนกล่องทดลองที่ 2 และ 3	60
แผนภูมิที่ 4.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0).....	61
แผนภูมิที่ 4.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ.....	62
แผนภูมิที่ 4.10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศ (T_0) บนกล่องทดลองที่ 2 และ 3.....	63
แผนภูมิที่ 4.11 เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศ (T_0) และอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำในช่วงความเร็วลมที่ 0.4 – 1.5 m/s.....	64
แผนภูมิที่ 4.12 เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศ (T_0) และอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำในช่วงความเร็วลมที่ 1.6 – 2.5 m/s.....	65
แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศ (T_0) และอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำในช่วงความเร็วลมที่ 2.6 – 3.0 m/s.....	66

แผนภูมิที่ 4.14 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ (ΔT) จากความเร็วลมที่มีผลต่อการระเหยของ น้ำบนผิวดินเผา	67
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงค่า U_{eff} ของกล่องทดลองที่ 2 และกล่องทดลองที่ 3.....	69
แผนภูมิที่ 4.16 ผลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานขนาดกลาง	71
แผนภูมิที่ 4.17 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็นใน 1 ปีของอาคารที่ไม่มีแผงกัน แดด อาคารที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไปและแบบแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ	71

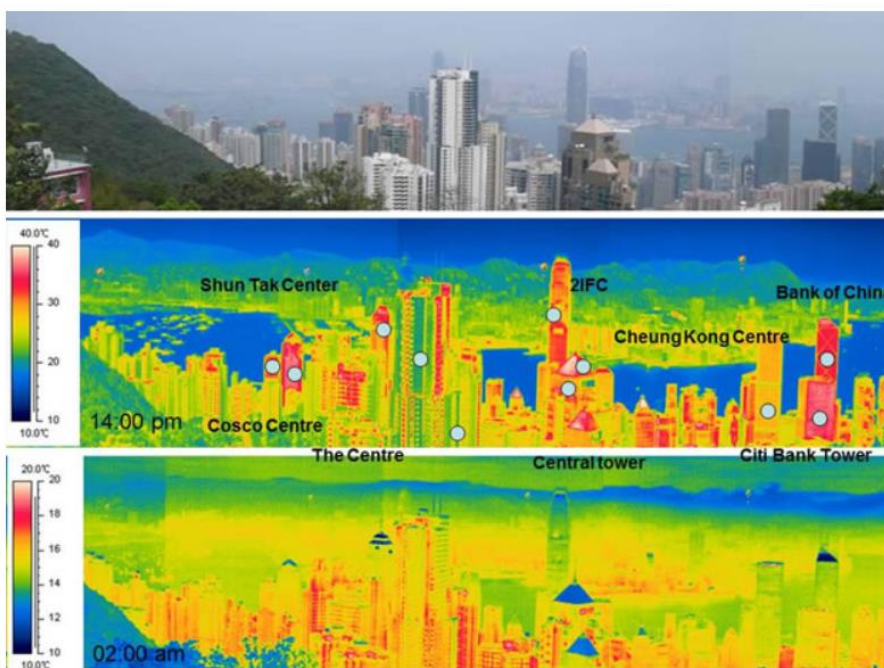


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

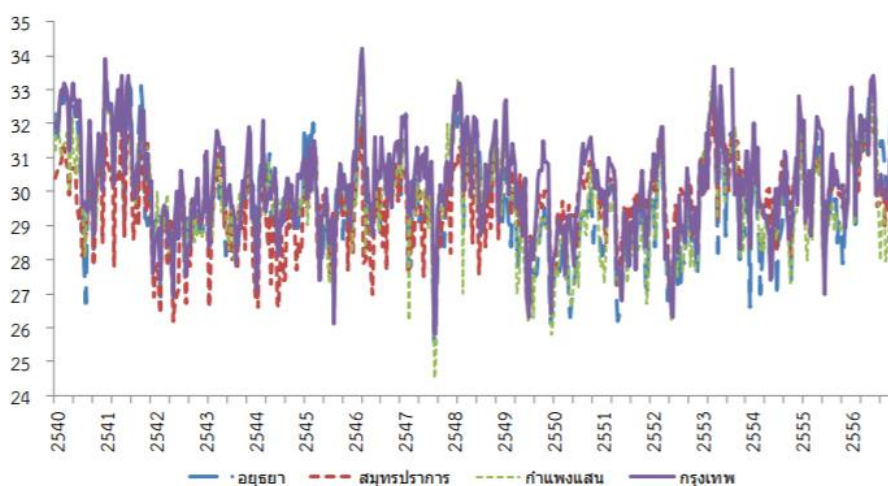
ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานคร (รอยล จิตรดอน, 2556) ซึ่งเป็นศูนย์กลางความเจริญที่มีปัญหาความหนาแน่นของประชากรและสิ่งก่อสร้างในเมืองใหญ่ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การลดพื้นที่สีเขียวและเพิ่มด้วยสิ่งปลูกสร้างส่วนใหญ่ที่สร้างขึ้นจากคอนกรีตที่เกิดการดูดซับความร้อน ทำให้เมืองมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Bass & Baskaran, 2003) โดยทั้งนี้ความร้อนบนกรอบอาคารจะถูกสะสมไว้ในช่วงกลางวันและคายออกในช่วงเวลากลางคืน



ภาพที่ 1.1 ภาพถ่ายอินฟราเรดของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปบนผิววัสดุอาคารในช่วงเวลา 02.00 น. และ 14.00 น. ณ.เกาะฮ่องกง (Li Y., 2012)

ยิ่งไปกว่านั้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ส่งเสริมให้คนใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารเพิ่มขึ้น แต่กลับเพิ่มภาระให้กับสภาพแวดล้อมภายนอก สามารถสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ในปีพ.ศ.2555 กรุงเทพมหานครมีอากาศร้อนที่สุดถึง 40.0 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาจาก อุตุนิยมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ก็อีกทั้งยังพบว่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน

สูงถึง 37- 40 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องยาวนานมากกว่า 10 วัน และในปีพ.ศ.2556 กรุงเทพมหานคร (สถานี อุตุนิยมวิทยากรุงเทพ) มีสถิติอุณหภูมิสูงสุดใหม่อยู่ในเดือนมีนาคม วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 40.1 องศาเซลเซียส ซึ่งปัจจุบันเป็นสถิติใหม่ของกรุงเทพมหานคร (สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์) สำหรับสถิติสูงสุดของกรุงเทพมหานคร 40.8 องศาเซลเซียส

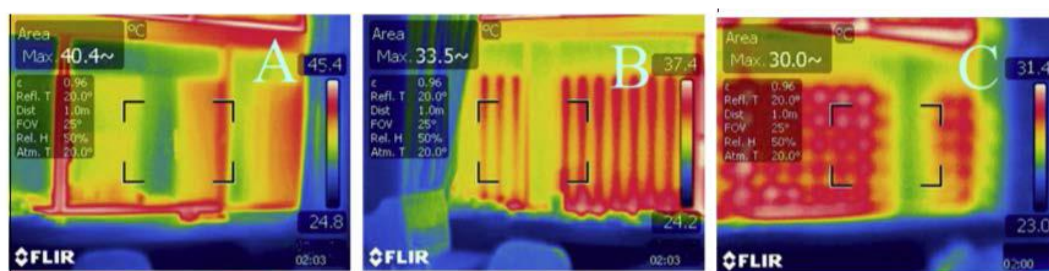


ภาพที่ 1.2 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันเดือนพฤษภาคม ตั้งแต่ พ.ศ.2540-2556 เปรียบเทียบสถานี อุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ และบริเวณใกล้เคียงคือ ออยุธยา สมุทรปราการและกำแพงแสน (ศูนย์ ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

เมืองที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้อาคารใช้พลังงานสูงขึ้นจากการปรับอากาศภายในอาคาร โดยอ้างอิงจากการคาดคะเนผลกระทบจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศของกรุงเทพมหานครในอนาคตใน 3 ปี คือ ปี 2020 2050 และ 2080 พบว่าอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครเฉลี่ยจะสูงขึ้นประมาณ 4 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง เมื่อจำลองการใช้พลังงานด้วยการใช้ข้อมูลอากาศพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 8% ซึ่งแสดงว่าภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงจะทำให้การใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้น 8% ทั้งอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยรวม (ณัฐฐา ตรีภูโลไทย, 2558) ดังนั้นจึงต้องหาทางส่งเสริมการออกแบบเพื่อลดความร้อนและประหยัดพลังงานโดยทางเทคนิคอันได้แก่ 1.การทำกรอบอาคารเขียว เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร 2.การใช้ฉนวนกันความร้อน 3.การออกแบบสภาพแวดล้อมรอบตัวอาคารเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว รวมไปถึงการใช้ แผงกันแดด (Solar Shading)

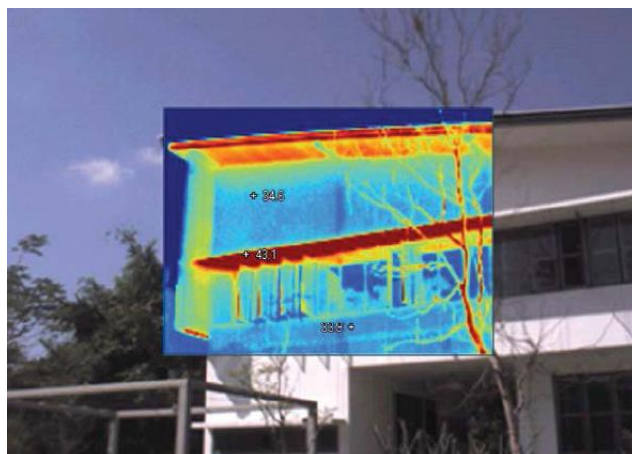
การออกแบบระแนงและแผงกันแดด (Solar Shading) บนอาคารเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารโดยตรง ทำให้มีงานวิจัยที่ทดลองประสิทธิภาพ

ของแผงกันแดดรูปทรงต่างกันเพื่อลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Heat Gain) โดยการทดลองพบว่า การใช้แผงกันแดดแบบผสม (Egg-Crate) ให้ผลในการบังแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแผงกันแดดแบบแนวตั้ง (Vertical Shading Device) และแนวนอน (Horizontal Shading Device) (Ahmad A.Y., 2014)



ภาพที่ 1.3 อุณหภูมิภายในอาคารและอุณหภูมิบนผิววัสดุของแผงกันแดดโดย A. แบบไม่มีแผงกันแดด B. แผงกันแดดแนวตั้ง C. แผงกันแดดแบบแผงไข่ (Ahmed A.Y., 2014)

แต่อย่างไรก็ดีจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า วัสดุที่ใช้ในการทำแผงกันแดดนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากทำหน้าที่บังแดดเข้าอาคารและดูดซับความร้อนไว้ในตัววัสดุแผงกันแดด โดยการตรวจด้วยกล้องอินฟราเรดบนอาคารพบว่า ชายคาที่ยื่นต่ำลงมาเพื่อบังแดดให้หน้าต่างกลับไม่เป็นผลดี เพราะหลังคาบริเวณนี้เมื่อรับแดดเต็มที่ อุณหภูมิที่ระเนงอุณหภูมิเนียมสูงถึง 43.3 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1.4 - 1.5) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุ โทนสีและการติดตั้งแผงกันแดดโดยการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุไม้จริง เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับผู้อยู่อาศัยในอาคารได้มากยิ่งขึ้น เท่ากับเป็นการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่แลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับผู้อยู่อาศัย (Mean Radian Temperature) ให้สูงขึ้นซึ่งทำให้ความรู้สึกร้อนมากขึ้นภายในอาคาร (พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์, 2550) โดยกันสาดมีอุณหภูมิสูงกว่าผนังอาคารถึง 9 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1.4 การดูดซับความร้อนบนแผงกันแดดถ่ายด้วยกล้องอินฟราเรด
(พันธุ์ดา พุฒิโพโรจน์ ,2550)



ภาพที่ 1.5 (ซ้าย) สังเกตชายคาที่ยื่นยาว ต่ำกว่าขอบบนของวงกบ ทำให้เกิดมุมที่แผ่รังสีความร้อนเข้ามาในห้องได้มากขึ้น

(ขวา) รูปบริเวณมุมห้องที่เปิดหน้าต่างจากกล้องอินฟราเรด (พันธุ์ดา พุฒิโพโรจน์, 2550)

เพื่อลดอุณหภูมิบนแผงกันแดดจึงได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเช่นการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้วัสดุทำแผงกันแดดที่มีการดูดซับความร้อน (thermal absorption) และการสะท้อนความร้อน (thermal reflection) และการแผ่รังสี (thermal emissivity) ที่แตกต่างกัน โดยการเปรียบเทียบระหว่าง ไฟเบอร์ซีเมนต์ คอมโพสิตไม้ผสมพลาสติก และแผ่นอลูมิเนียมพับ โดยเว้นระยะช่อง 1 นิ้ว ผลคือ ระแนงแผ่นอลูมิเนียมพับลดความร้อนภายในกล่องทดลองปิดทึบได้มากที่สุด รองลงมาคือไฟเบอร์ซีเมนต์ คอมโพสิตไม้ผสมพลาสติก และไม้จริงตามลำดับ (สันติภาพ เพ็ญนอก และ ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์, 2558) และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศบนช่องระหว่างแผงกันแดดและผนังอาคารสามารถช่วยการระบายความร้อนที่แผ่จากแผงและการคายความร้อนจากผนัง

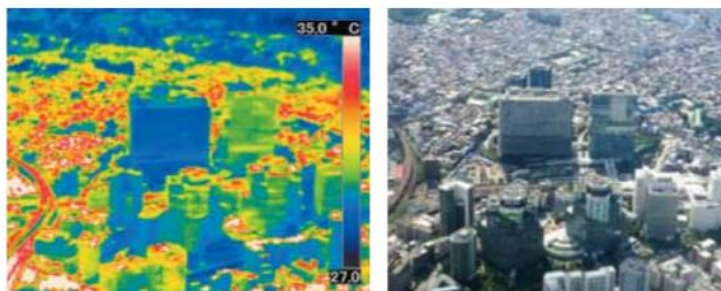
อาคารหลังแผงกันแดดได้ รวมไปถึงการเว้นช่องในแผงแบบเกล็ดสามารถลดความร้อนได้ดีกว่าแบบปิดทึบ (พิสันต์ ไตรติลานันท์, 2549)

การใช้แผงกันแดดไม่เลื้อยก็สามารถลดอุณหภูมิด้วยการบังแดดบนผนังอาคาร และเพิ่มความชื้นในอากาศจากการสังเคราะห์แสงของพืชและการคายน้ำ (Hoyano A., 1988) แต่การเลือกใช้ไม่เลื้อยยังมีข้อเสียด้านการถ่ายเทอากาศหลังแผงไม่เลื้อยที่ลมไม่สามารถผ่านได้ ส่งผลให้ความร้อนบางส่วนที่ถูกคายออกจากอาคารไม่มีการถ่ายเทออกไป แต่ถูกขังไว้บริเวณช่องว่างระหว่างแผงกันแดดและผนังอาคาร (อภิรักษ์ เกียรติวาทีรัตนะ, 2554) อีกทั้งยังเป็นข้อจำกัดในการออกแบบรูปปลั๊กชนัฌภายนอกอาคารอีกด้วย

เมื่อพิจารณาถึงการลดอุณหภูมิอากาศแล้ว การคายความร้อนบนผิววัสดุเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น การลดอุณหภูมิวัสดุลงด้วยการใช้การระเหยของน้ำ (Evaporation Cooling) ส่งผลให้อุณหภูมิบนวัสดุลดลง และอุณหภูมิอากาศก็ลดลงด้วยจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นจากการระเหยบนผิววัสดุผิวเปียก โดยอัตราการทำความเย็นขึ้นอยู่กับเนื้อวัสดุต้องมีความพรุน (Porosity) และความสามารถในการดูดซับน้ำ (Permeability) (Cain et al., 1976) โดยอ้างอิงจากการทดลองในปี ค.ศ.1970 โดยการใช้เหยือกน้ำเซรามิกที่มีรูพรุนในประเทศอียิปต์และเก็บข้อมูลเป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุกชั่วโมง ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิของผิวเหยือกน้ำเซรามิกด้านนอก ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ และการหยดหรือซึมของน้ำจากเหยือก พบว่าการระเหยของน้ำบนผิวเหยือกเซรามิกสามารถสร้างความเย็นได้ 192 วัตต์ ในวันที่มีอากาศร้อน ซึ่งแสดงว่าเหยือกน้ำที่มีรูพรุนสูงและการซึมของน้ำที่ดี มีความสามารถในการเกิดการระเหยของน้ำได้ดี ซึ่งการสร้างความเย็นจากเหยือกน้ำไม่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า เพียงแต่ต้องเติมน้ำทุกเช้าโดยน้ำ 1 เหยือกสามารถผลิตความเย็นประมาณ 100-1200 วัตต์ ซึ่งเท่ากับเครื่องปรับอากาศหน้าต่างขนาดเล็ก ดังนั้นการลดปัจจัยการเกิดความร้อนในอากาศและการปรับแต่งอุณหภูมิอากาศเพื่อลดความร้อนแรงของอุณหภูมิอากาศลงจึงมีความสำคัญมาก นอกเหนือจากการพยายามที่จะใช้วัสดุหลายชนิดเพื่อลดความร้อนภายในอาคารที่มีงานวิจัยที่ค่อนข้างหลากหลายอยู่แล้ว (พงษ์ศักดิ์ ทนธนะสิทธิ์, 2547)

จากปัญหาการอมความร้อนบนวัสดุผิวอาคารส่งผลถึงอุณหภูมิในเมืองที่สูงขึ้นเรียกว่าเกาะความร้อน ในปี 2011 ประเทศญี่ปุ่นได้มีการใช้ Bioskin façade บนอาคาร Sony Osaki โดยการใช้วิธีการระเหยของน้ำบนผิวท่อเซรามิกที่ใช้เป็นเปลือกหุ้มอาคารทางด้านทิศใต้ โดยท่อเซรามิกมีความพรุน และใช้ระบบเดินน้ำจากบ่อเก็บน้ำฝนบนหลังคามานำมาใช้เป็นเปลือกอาคารขนาดใหญ่ทางด้านทิศใต้เพื่อลดอุณหภูมิในหน้าร้อนที่สูงขึ้นเรื่อยๆทุกปีในกรุงโตเกียว พบว่าสามารถลดอุณหภูมิอากาศรอบอาคารลงได้ 2 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิบนผิววัสดุที่มีน้ำต่ำกว่าแบบทั่วไป 12.6 องศาเซลเซียส

(ภาพที่ 1.6) และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้ 3% โดยไม่เพิ่มภาระการเกิดเกาะความร้อน (Urban Heat Island) (T. Yamanashi et al., 2011)



ภาพที่ 1.6 ภาพถ่ายอินฟราเรดของอาคาร Sony Corporation Sony City Osaki Building, Tokyo (<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/en/climate/>)

สำหรับกรุงเทพฯ ปัจจุบันมีการสร้างอาคารสมัยใหม่เป็นจำนวนมาก โดยที่มีพื้นที่สีเขียวน้อยมาก เพราะที่ดินในกรุงเทพฯ มีราคาแพง ผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการจึงเริ่มสนใจการใช้ Green wall เพื่อประดับตกแต่งอาคาร แต่ก็พบกับปัญหาเรื่องการดูแลรักษา ตัดแต่ง และการรดน้ำต้นไม้บน Green wall เหล่านี้ ซึ่งหากสามารถทดแทนด้วยเปลือกอาคารที่สามารถระเหยไอน้ำ และสร้างความเป็นได้จะสามารถเพิ่มช่องทางการส่งเสริมการประหยัดพลังงานบนอาคารได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาประสิทธิภาพของแผงกันแดดที่ร่วมกับวิธีระเหยเพื่อพัฒนาแผงกันแดดที่มีคุณสมบัติในการลดการสะสมความร้อนบนแผงกันแดด และสามารถลดอุณหภูมิอากาศ (air temperature) ด้วยวัสดุที่มีค่าการดูดซับน้ำบนเนื้อวัสดุ เช่น ดินเผา (terracotta) เป็นต้น เพื่อการลดภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่ผ่านผนังอาคารเข้ามาในอาคารสำนักงานในประเทศไทย ที่มีภูมิอากาศร้อน-ชื้น (hot-humid)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิบนผิววัสดุบนแผงกันแดดกันเผาผิวเปียก (Terracotta with Evaporative Cooling) โดยการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิผิววัสดุ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดินเผาผิวเปียกด้วยวิธีการระเหยบนผิววัสดุด้วยวิธีการทดลอง

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร ระหว่างแผงกันแดดดินเผาผิวเปียก (terracotta with evaporative cooling) และ แผงกันแดดดินเผาทั่วไป (terracotta) โดยการใช้กล้องทดลองและติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ
4. จำลองการใช้พลังงานในอาคารที่มีการใช้แผงกันแดดดินเผาผิวเปียก เพื่อศึกษาการใช้พลังงานในอาคารตลอดทั้งปีด้วยโปรแกรม Visual DOE
5. เพื่อประเมินและสรุปผลการศึกษาในการใช้แผงกันแดดดินเผาที่ใช้วิธีการระเหย เพื่อนำไปเสนอเป็นแนวทางการนำไปใช้กับอาคารสำนักงานในประเทศไทยต่อไป
6. เพื่อศึกษาการลดการเกิดเกาะความร้อนเมืองโดยการลดอุณหภูมิบนผิววัสดุ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิบนผิววัสดุ อุณหภูมิหลังผ่านแผงกันแดด และอุณหภูมิภายในกล้องทดลองหลังแผงกันแดดดินเผาด้วยการระเหย โดยการใช้แผงกันแดดดินเผาที่มีขายในประเทศไทย นำมาติดตั้งเอียง 45 องศา และวัดอุณหภูมิอากาศโดยการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิติดตั้งบนกล้องทดลอง
2. ศึกษาแนวทางการนำวัสดุแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหย ใช้ร่วมกับผนังอาคารภายนอกของอาคารสำนักงาน โดยนำค่าที่วัดได้จากกล้องทดลอง มาใช้คำนวณในสมการ การถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) และนำไปป้อนค่าในโปรแกรม Visual DOE 4.1 ในสภาวะที่มีการติดตั้งแผงกันแดดที่มีการระเหยในด้านทิศใต้
3. ศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผงกันแดดดินเผาผิวเปียก (terracotta with evaporative cooling) ในตอนกลางวันและกลางคืนในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง
4. ศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนจากความเร็วลม 3 ช่วงที่มีผลต่อการระเหยของน้ำบนผิววัสดุได้แก่ 0.4 - 1.5 m/s ,1.6 - 2.5 m/s ,2.5-3.0 m/s
5. วิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารของข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Visual DOE เพื่อนำมาศึกษาเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้ากับการใช้วัสดุแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหย และวัสดุแผงกันแดดดินเผาแบบแห้ง เพื่อหาแนวทางการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 1.1 ความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ของการศึกษา วิธีการศึกษาและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการทำงาน	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
1.เปรียบเทียบอิทธิพลของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่อประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศหลังแผงกันแดดดินเผาผิวเปียก	1. ทำแผงกันแดดทดลองขนาด 120 x 120 เซนติเมตร ทำการทดลองเป็นเวลา 24 ชม. โดยติดตั้งแผงด้านทิศใต้โดยวัดจากเครื่อง HOBO เป็นเวลา 2 วัน	1. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิบนผิววัสดุและอุณหภูมิหลังผ่านแผงกันแดดดินเผาผิวเปียกในสภาพอากาศที่แตกต่างกันในประเทศไทย
2.เปรียบเทียบอิทธิพลของความเร็วมต่อประสิทธิภาพการระเหยของน้ำบนวัสดุผิวเปียกเพื่อลดอุณหภูมิอากาศหลังแผงกันแดดดินเผาผิวเปียกและอุณหภูมิมบนผิววัสดุ	2. ทำแผงกันแดดทดลองขนาด 120 x 120 เซนติเมตร ทำการทดลองโดยการติดตั้งพัดลมที่มีความเร็วมที่ต่างกัน 3 ช่วง วัดอุณหภูมิ T_{in} และ T_{out} จากเครื่อง HOBO และวัดอุณหภูมิมบนผิววัสดุด้วยเครื่อง 12 channel	2. ได้ทราบถึงอิทธิพลของความเร็วมที่มีผลต่อการอุณหภูมิมอากาศที่เปลี่ยนไปหลังแผงกันแดดดินเผาผิวเปียกและอุณหภูมิมบนผิววัสดุในประเทศไทย
3.เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในอาคาร	3. เก็บค่าที่วัดได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่า U มาใช้ร่วมกับโปรแกรม VisualDOE4.1	3. ได้ทราบประสิทธิภาพการลดใช้พลังงานในด้านการทำความเย็นในอาคารสำนักงานตลอดทั้งปี
4.เปรียบเทียบอุณหภูมิมบนผิววัสดุระหว่าง Base Case และแบบ Evaporation case	5. หาอุณหภูมิมบนผิววัสดุ โดยการทดลองจริงและเก็บข้อมูลด้วยเครื่อง 12 channel	5. อุณหภูมิมที่ลดลงบนผิววัสดุสามารถลดการเกิด Urban Heat Island ได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

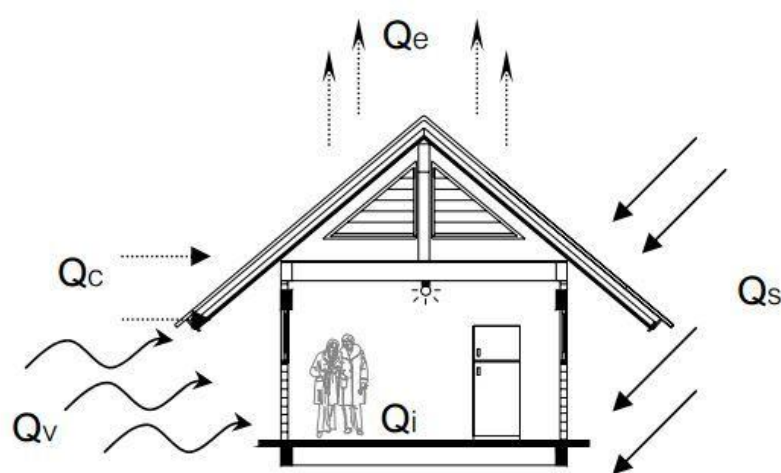
การศึกษาทฤษฎีเป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นศึกษาตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดความร้อนของผนังอาคาร ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจถึงข้อมูลพื้นฐานและนำไปใช้ในงานวิจัย จึงจำเป็นต้องศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1. แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

อิทธิพลทางความร้อนจากภายนอกอาคารหลายอย่าง เช่น ความร้อนจากอากาศร้อนภายนอก ความร้อนจากการดูดกลืนของรังสีอาทิตย์ รวมทั้ง คุณสมบัติของวัสดุหลังคาและผนังของอาคารล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนในอาคาร ความร้อนเหล่านี้เกิดจากกระบวนการถ่ายเทความร้อน (ASHRAE, 1997) ดังนี้

- การนำความร้อน
- การพาความร้อน
- การแผ่รังสีความร้อน



ภาพที่ 2.1 ความร้อนที่เข้าสู่อาคาร (ที่มา : <https://ienergyguru.com>)

ความร้อนเป็นพลังงานของโมเลกุลที่เคลื่อนที่โดยสสาร โดยความร้อนจะเคลื่อนที่จากวัสดุ สสารที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่สสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ โดยอุณหภูมิคือการวัดปริมาณพลังงานความร้อนที่อยู่ในวัสดุหรือสสารนั้นๆ ดังนั้นถ้าวัสดุหรือสสารใดๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก็จะไม่มีการ ถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) การถ่ายเทของพลังงานที่เกิดจากความไม่สมดุลทาง ความร้อนของ 2 วัสดุหรือสสาร โดยเมื่อความร้อนถ่ายเทจากวัสดุหรือสสารหนึ่งไปยังอีกวัสดุหรือ สสารหนึ่งทำให้วัสดุหรือสสารที่ได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยสามารถอธิบายเกี่ยวกับ กระบวนการถ่ายเทความร้อนได้ดังนี้

2.1.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่ อยู่ติดกันด้วยการถ่ายเทความร้อนไปยังโมเลกุลข้างเคียงโดยโมเลกุลเคลื่อนไหว วัสดุจะมีการนำความ ร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง จึงนำความร้อนได้ มากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น วัสดุโลหะจำพวก อลูมิเนียม เหล็ก เป็นต้นนำความร้อนได้ ดีกว่าวัสดุธรรมชาติเช่น อิฐ ไม้ ซึ่งมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่าการเกิดการนำความร้อนในอาคาร เกิดจากการที่วัสดุผนังหรือวัสดุหลังคามีค่าการป้องกันความร้อนต่ำหรือมีค่าการเป็นฉนวนกันความ ร้อนต่ำ โดยสามารถลดค่าการนำความร้อนให้กับอาคารได้หลายวิธี เช่น การติดตั้งฉนวนกันความร้อน การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน มีสมการในการคำนวณ ดังนี้ (Meyer W.T., 1979)

$$Q = U A (T_o - T_i) \quad 1$$

Q คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามา (W)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W/m^2\text{°C}$)

A คือ พื้นที่ของเปลือกอาคารที่ถ่ายเทความร้อน (m^2)

T_o คือ อุณหภูมิพื้นผิวเปลือกอาคารด้านที่สูงกว่า ($^{\circ}\text{C}$)

T_i คือ อุณหภูมิพื้นผิวเปลือกอาคารด้านที่ต่ำกว่า ($^{\circ}\text{C}$)

2.1.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของตัวกลางเช่น อากาศหรือน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน ซึ่งเกิดขึ้นในของเหลวหรือก๊าซ โดยมีความหนาแน่นแตกต่างกัน ในระดับความร้อนที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความเคลื่อนไหวของของเหลว หรือก๊าซนั้น และการเคลื่อนไหวนี้เอง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน การพาความร้อนในอาคาร เกิดจากลมเป็นตัวกลางพาความร้อนเข้ามาในอาคารโดยลักษณะการพาความร้อน มีสมการที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้ (Meyer W.T.,1979)

$$Q = h A (T_a - T_s) \quad 2$$

Q คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามา (W)

h คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฟิล์มอากาศบริเวณที่ของไหลผ่าน ($W/m^2\text{ }^{\circ}C$)

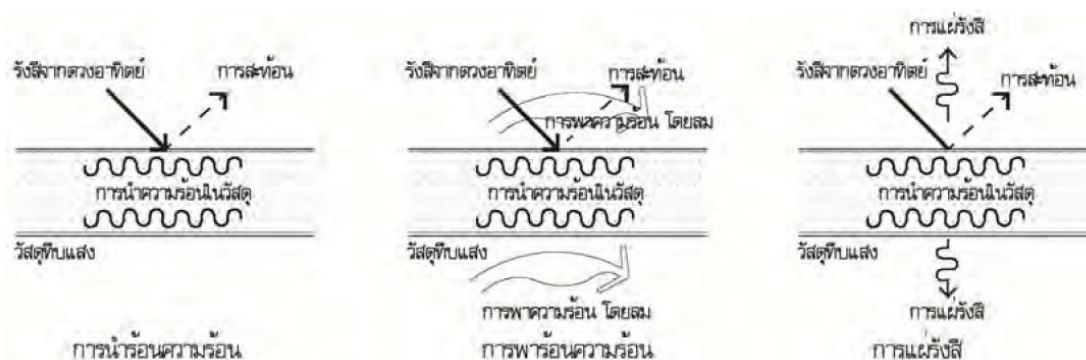
A คือ พื้นที่ของวัสดุที่ของไหลผ่าน (m^2)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}C$)

T_s คือ อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ ($^{\circ}C$)

2.1.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านอากาศหรือสุญญากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากพื้นผิวที่ร้อนกว่าไปสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า ซึ่งเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อความร้อนแผ่ออกจากวัตถุและเคลื่อนที่ไปสู่วัตถุอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่าการแผ่รังสีความร้อน การแผ่รังสีจะมากหรือน้อยนั้น มีปัจจัยดังนี้ 1.คุณสมบัติการแผ่รังสีออกจากผิวหน้า (Emissivity) 2.ลักษณะผิว ผิวมันเงาจะแผ่รังสีต่ำกว่าผิวด้าน 3.ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวที่แผ่รังสีและรับรังสีความร้อน 4.พื้นที่ผิว



ภาพที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน
ที่มา : สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

2.1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระเหย (Evaporative cooling)

การทำความเย็นให้กับผิววัสดุโดยการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุนั้น เป็นการลดความร้อนที่สะสมที่ผิววัสดุโดยการทำให้ความร้อนนั้นสูญเสียไปโดยการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของสารใดๆ จะต้องอาศัยพลังงานจำนวนหนึ่งในการสลายพันธะของโมเลกุล ดังนั้นสามารถอธิบายถึงการระเหยของน้ำได้ดังนี้

2.1.2.1 ทฤษฎีการระเหย

เลิศลักษณ์ วุฒิสวรรณ (2544) กล่าวว่า จากการสังเกตบนถนนหรือทางเดินที่แฉะจะแห้งอย่างรวดเร็วหลังจากฝนตกได้ไม่นานในฤดูร้อนนั้น เกิดจากการเปลี่ยนสถานะของสาร จากสถานะของเหลวไปเป็นสถานะก๊าซ กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดขึ้นอย่างช้าๆจากของเหลวไปเป็นก๊าซ เรียกว่าการระเหย ทฤษฎีจลน์เชิงโมเลกุล สามารถอธิบายการระเหยได้เช่นเดียวกับการแพร่ดังนี้

เนื่องจากโมเลกุลของของเหลวมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โมเลกุลจึงมีพลังงานจำเพาะส่วนหนึ่ง เมื่อโมเลกุลชนกันพลังงานจะสามารถถ่ายโอนจากโมเลกุลหนึ่งได้ ถ้าโมเลกุลที่อยู่ในบริเวณพื้นผิวของของเหลวถูกชนด้วยโมเลกุลที่เคลื่อนที่ขึ้นสู่บนพื้นผิวโมเลกุลที่อยู่ในบริเวณพื้นผิวอาจจะได้รับพลังงานจากการชนเพียงพอที่จะหนีออกจากของเหลวได้ (สมพงษ์ จันทร์โพธิ์ศรี , 2541)

ดังนั้นเมื่อโมเลกุลได้รับพลังงานจำนวนหนึ่ง ซึ่งมากเพียงพอในการผลักให้โมเลกุลหลุดออกจากผิวของของเหลว ก็จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการระเหย เกิดขึ้น พลังงานที่ใช้ในการผลักโมเลกุลนี้เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent Heat)

การเปลี่ยนรูปของน้ำในอากาศในลักษณะต่างๆจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนในอากาศ พลังงานในการที่ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิเรียกว่า “ความร้อนจำเพาะ” (Sensible Heat) และเมื่อน้ำเกิดการระเหยจะใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะในขณะที่อุณหภูมิของเหลวไม่เพิ่มขึ้น

ค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ

การเปลี่ยนสถานะของวัตถุโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน ปริมาณความร้อนที่ให้กับวัตถุในช่วงนี้เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร มิใช่เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

$$Q = mL$$

Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (J หรือ cal)

m = มวลร้อนของวัตถุ (kg หรือ gm)

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

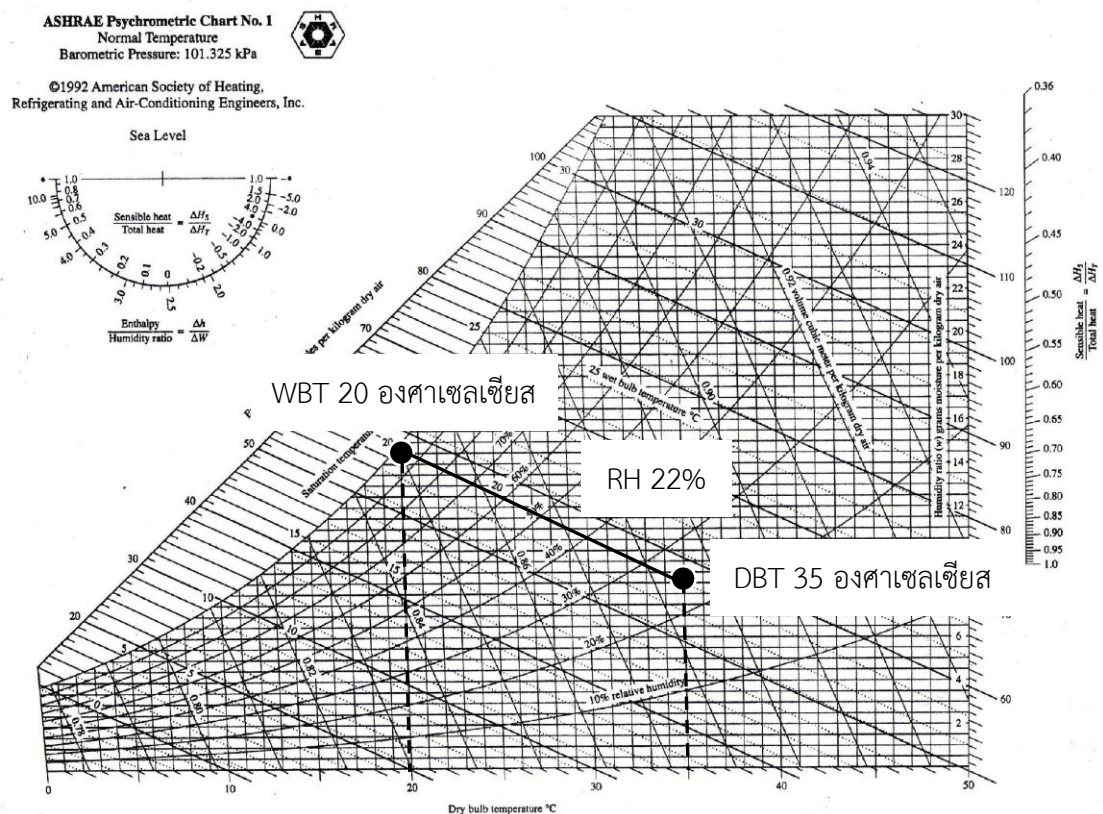
2.1.2.1 การทำความเย็นโดยการระเหยของน้ำ (Evaporation)

การระเหยของน้ำ เป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะจากน้ำกลายเป็นไอน้ำเมื่ออากาศนั้นสัมผัสกับน้ำ และน้ำได้ดึงความร้อนออกจากอากาศเพื่อใช้ในการระเหย ดังนั้นจึงเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนในรูปของความร้อนสัมผัสไปเป็นความร้อนแฝง

การประยุกต์ใช้คุณสมบัติการระเหยของน้ำเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารมี 2 แบบ (พงษ์ศักดิ์ ทนงธนะสิทธิ์, 2547)

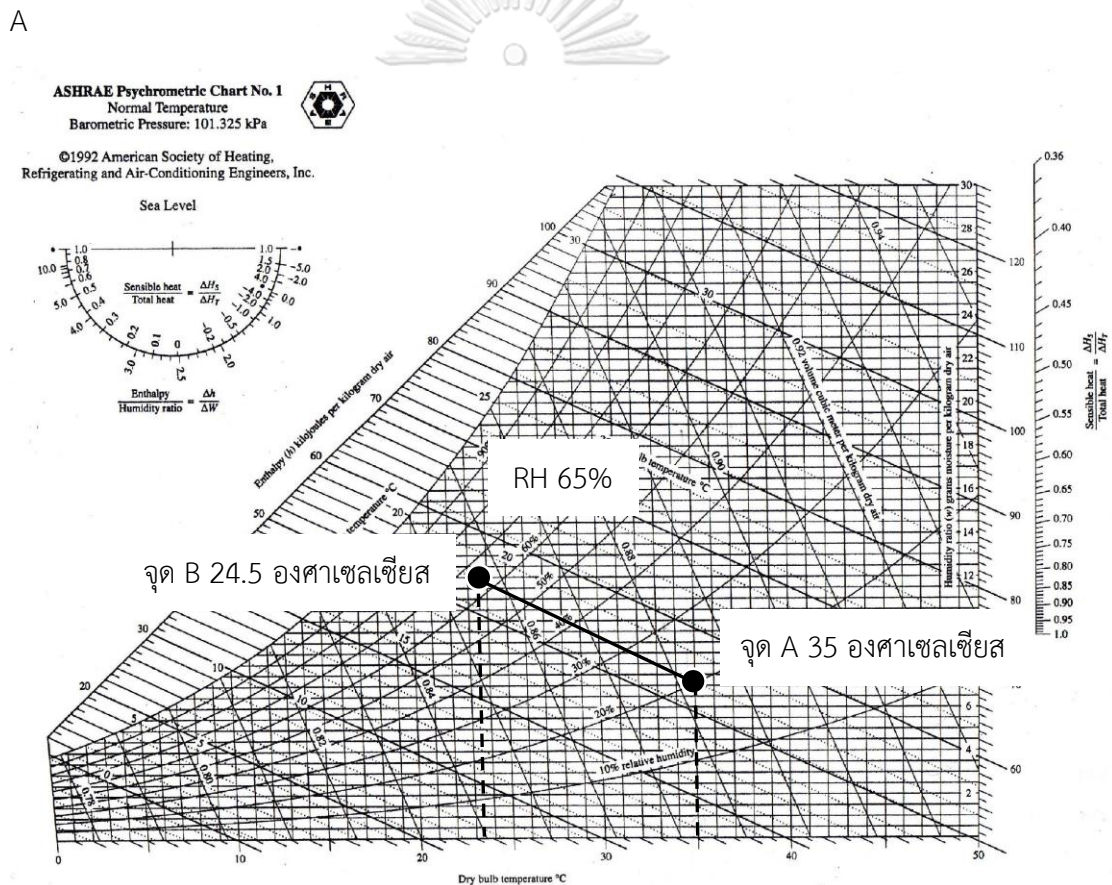
-การลดอุณหภูมิโดยการระเหยโดยตรง (Direct Evaporative Cooling)

เป็นการนำอากาศผ่านกระบวนการระเหยน้ำโดยตรง โดยอากาศดังกล่าวสัมผัสกับน้ำโดยตรง น้ำจะดึงเอาความร้อนอากาศไปใช้ในการระเหย ทำให้อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-bulb temperature) ลดลง แต่ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่ (Wet-bulb temperature) โดยขบวนการดังกล่าวนั้นพลังงานภายในระบบไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนในรูปความร้อนสัมผัส ไปเป็นความร้อนแฝง โดยสามารถอธิบายด้วย Psychrometric chart ดังภาพที่ 2.3 พบว่าที่จุด A อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้งมีอุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะเปียกเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 22% ความชื้นจำเพาะเท่ากับ 8 กรัม/กิโลกรัม เมื่อนำอากาศที่สภาวะดังกล่าวผ่านวัสดุผิวเปียกหรือละอองน้ำ จะพบว่าอุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้งลดต่ำลงและปริมาณความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้นตามเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่คงที่



ภาพที่ 2.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศบน Psychrometric chart

อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิระเปาะแห้งลดลงได้ต่ำสุดจะเท่ากับอุณหภูมิระเปาะเปียก ซึ่งถือว่ากระบวนการดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิได้ 100% แต่ในทางปฏิบัติขบวนการดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นสมบูรณ์ อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิระเปาะแห้งที่ผ่านขบวนการลดอุณหภูมิโดยการระเหยของน้ำโดยตรง (Direct Evaporative) จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิระเปาะเปียกประมาณ 20% - 40% ของความแตกต่างอุณหภูมิระเปาะแห้งกับอุณหภูมิระเปาะเปียกของอากาศ โดยจากแผนภูมิ Psychrometric chart ที่ 2.4 พบว่ามีอุณหภูมิระเปาะแห้งเท่ากับ 24.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 65% ความชื้นจำเพาะเท่ากับ 12.7 กรัม/กิโลกรัม ที่จุด B โดยสามารถหาประสิทธิภาพได้จากอัตราส่วนของผลต่างระหว่างอุณหภูมิระเปาะแห้งที่จุด A และอุณหภูมิระเปาะแห้งที่จุด B กับผลต่างระหว่างอุณหภูมิระเปาะแห้งที่จุด A กับอุณหภูมิระเปาะเปียกที่จุด A

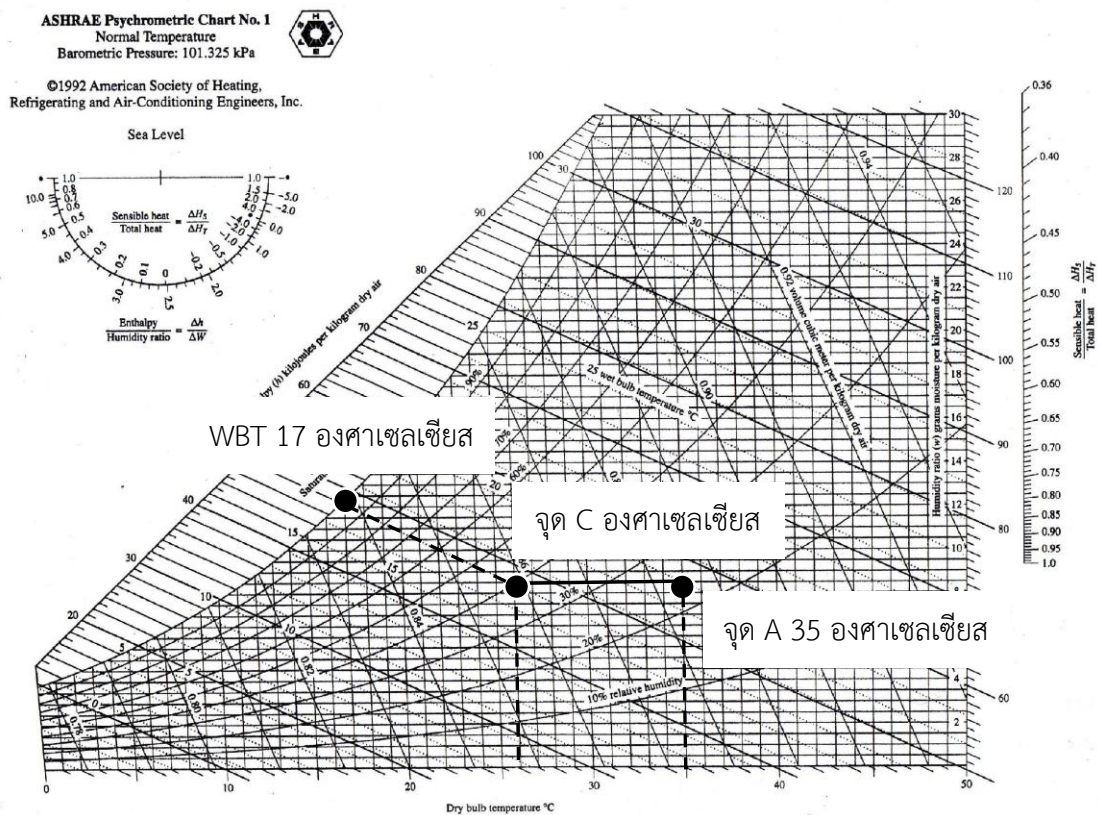


ภาพที่ 2.4 อุณหภูมิอากาศที่ลดลง จากการระเหยของน้ำทางตรง (Direct Evaporative) บน Psychrometric chart

-การลดอุณหภูมิโดยการระเหยทางอ้อม (Indirect Evaporative Cooling)

เป็นขบวนการที่นำอากาศผ่านเข้าสู่ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) โดยอากาศจะผ่านตัวกลางที่อาจเป็นท่อหรือขดลวดและเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศหรือน้ำที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าที่อยู่ด้านนอก โดยผ่านตัวกลาง ซึ่งอากาศดังกล่าวจะไม่ได้สัมผัสกับอากาศหรือน้ำ ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียกมีอุณหภูมิต่ำลง โดยที่ความชื้นในอากาศไม่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พลังงานรวมในระบบลดต่ำลง

สามารถอธิบายด้วย Psychrometric chart ดังรูปที่ 2.5 พบว่าที่จุด A อุณหภูมิอากาศมีค่าเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะเปียกมีค่าเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นจำเพาะเท่ากับ 8 กรัม/กิโลกรัม เมื่อนำอากาศที่สภาวะดังกล่าวผ่านตัวกลางที่อาจเป็นท่อหรือขดลวดและถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำหรืออากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะพบว่าอุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้งลดต่ำลงเท่ากับ 26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียกมีอุณหภูมิเท่ากับ 17 องศาเซลเซียส ความชื้นจำเพาะเท่ากับ 8 กรัม/กิโลกรัม เท่าเดิมที่จุด C



ภาพที่ 2.5 อุณหภูมิอากาศที่ลดลง จากการระเหยของน้ำทางอ้อม (Indirect Evaporative) บน Psychrometric chart

ความสามารถในการลดอุณหภูมิให้กับอากาศด้วยการระเหยของน้ำ สำหรับการลดอุณหภูมิ โดยใช้การระเหยของน้ำโดยตรง (Direct Evaporative Cooling) มีประสิทธิภาพประมาณ 85% - 90% ส่วนการลดอุณหภูมิโดยการใช้การระเหยของน้ำทางอ้อม (Indirect Evaporative) มีประสิทธิภาพประมาณ 60% - 75% โดยสามารถคำนวณประสิทธิภาพการระเหยของน้ำได้จากสูตร

$$E_s = T_{oi} - T_{oe} / T_{oi} - T_{sat}$$

E_s	คือ ประสิทธิภาพการทำความเย็น
T_{oi}	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนผ่านผิวเปียก
T_{oe}	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศหลังผ่านผิวเปียก
T_{sat}	คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศหลังผ่านผิวเปียก

2.2 การคำนวณค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378, 2524)

การดูดซึมน้ำในเนื้อวัสดุสามารถบอกถึงความคงทนของวัสดุ โดยการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐดินเผา ปกติให้แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้วัสดุอยู่ในสภาวะที่อิ่มน้ำในเนื้อวัสดุได้เต็มที่ (W_1) และนำเข้าเตาอบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้วัสดุที่ใช้ในการทำการทดลองอยู่ในสถานะแห้งสนิท การดูดซึมน้ำของอิฐดินเผา (Absorption) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในอิฐหลังจากนำไปแช่น้ำต่อน้ำหนักอิฐอบแห้ง นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซึมน้ำเป็นสิ่งที่แสดงถึงคุณภาพของอิฐดินเผา อิฐที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงแสดงว่ามีความพรุนของเนื้ออิฐมาก การหาค่าการดูดซึมน้ำในเนื้อวัสดุสามารถหาได้จากสมการ

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100$$

W_1	คือ น้ำหนักของวัสดุหลังจากแช่น้ำ (นิวตัน)
W_2	คือ น้ำหนักของวัสดุที่อบแห้ง (นิวตัน)

2.3 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง

วัสดุที่ใช้ทำผนังอาคารจะสะสมความร้อนไว้ เมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยการนำความร้อนและพาความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการต้านทานความร้อน การดูดกลืนความร้อน การสะท้อนความร้อนของวัสดุ ซึ่งคุณสมบัติของมวลสารมีผลต่อภาวะการปรับอากาศของอาคาร ทำให้สามารถช่วยเพิ่มหรือลดภาวะการใช้พลังงานในการปรับอากาศในอาคารได้ (Cook, Jeffrey, ed., 1989)

ในช่วงเวลากลางวันผนังของอาคารแต่ละทิศจะได้รับแสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน เช่น ในช่วงเช้าถึงเย็นนั้นผนังทางด้านทิศใต้จะได้รับแสงอาทิตย์ ทางด้านทิศตะวันออกจะได้รับแสงแดดในช่วงเช้าถึงสาย และผนังทางด้านทิศตะวันตกจะรับแสงค่อนข้างจัดในช่วงบ่ายถึงเย็น ส่วนในทางทิศเหนือจะได้รับแสงอาทิตย์ได้ในปริมาณน้อย เนื่องจากพระอาทิตย์โคจรอ้อมใต้ (ยกเว้นเดือน มิถุนายน-สิงหาคมที่ดวงอาทิตย์โคจรอ้อมเหนือ) (ตรึงใจ บุรณสมภพ, 2521) เมื่อความร้อนถูกสะสมในวัสดุ ความร้อนจึงถ่ายเทเข้าสู่อาคาร โดยการแผ่รังสีความร้อน ทำให้อุณหภูมิในอาคารสูงขึ้น

ในช่วงเวลากลางคืน การแลกเปลี่ยนความร้อนกับชั้นบรรยากาศ (Night Sky Radiation) ทำให้วัสดุผนังอาคารเย็นลงกว่าอุณหภูมิในอาคาร ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างภายในอาคารและภายนอก ทำให้วัสดุผนังดูดซับความร้อนจากภายในอาคาร อุณหภูมิภายในอาคารจึงเริ่มลดลง

2.4. คุณสมบัติของวัสดุ ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Cook, Jeffrey, ed., 1989)

2.4.1. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity/ k)

คือค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนของวัสดุต่างๆ โดยเป็นความสามารถในการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อนของวัตถุใดๆ หรือปริมาณความร้อนภายใต้สภาวะคงที่ ที่ถ่ายเทผ่าน 1 หน่วยพื้นที่ของวัตถุที่มีความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุ ทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย มีหน่วยเป็น (Btu/hr.ft².°F) หรือมีหน่วย SI เป็น (W/m².°C)

2.4.2. ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance/ R-Value)

คือค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุนั้นๆ ถ้าค่า R มากแสดงถึงความเป็นฉนวนที่ดี สามารถต้านทานความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านวัสดุได้มาก ค่านี้จะเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน กับความหนาของวัสดุ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$R = \Delta x/k$$

R คือ ค่าความต้านทานความร้อน ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$)

Δx คือ ความหนาของวัสดุ (m.)

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)

2.4.3. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Coefficient of transmission/ U-Value)

คือค่าสัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวม โดยค่า U-Value สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$U = 1/\sum R \quad (7)$$

U คือ ค่าการถ่ายเทความร้อน ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$)

$\sum R$ คือ ผลรวมของ R-Value

2.4.4. ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity)

คือความสามารถในการกักเก็บความร้อนของวัสดุ หรือปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนัก 1 หน่วย มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C โดยสถานะไม่เปลี่ยนแปลง ค่าความจุความร้อนของวัสดุต่างๆได้จากสมการต่อไปนี้

$$C = pc \quad (8)$$

โดยที่

$$p = m/v \quad (9)$$

C คือ ค่าความจุความร้อนของวัสดุ ($\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)

p คือ ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3)

c คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (Specific Heat Capacity) ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C}$)

m คือ มวลสารของวัสดุ (kg)

v คือ ปริมาตรของวัสดุ (m^3)

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) สามารถใช้คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนอุณหภูมิ มีสมการดังนี้

$$Q = mc\Delta T \quad 10.$$

Q คือ ปริมาณความร้อน (kJ)

m คือ มวลสารของวัสดุ (kg)

c คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (Specific Heat Capacity) ($kJ/kg\cdot^{\circ}C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ต้องการ ($^{\circ}C$)

2.5 ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการระบายอากาศ (ASHRAE, 1989)

การใช้การระบายอากาศ (Ventilation) เพื่อดึงความร้อนจากในอาคารไปทิ้งนอกอาคารโดยการพาความร้อน (Convection) นั้น จะไม่มีโอกาสที่อุณหภูมิภายในจะต่ำกว่าภายนอก ซึ่งจะเห็นได้จากสมการนี้

$$Q = 1.08 \text{ CFM } \Delta T \quad 11.$$

Q คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกล่องทดลอง (Btu/hr)

CFM คือ ปริมาณการไหลของอากาศในกล่องทดลองที่เกิดจากพัดลมระบายอากาศที่ใช้ (ft^3/min)

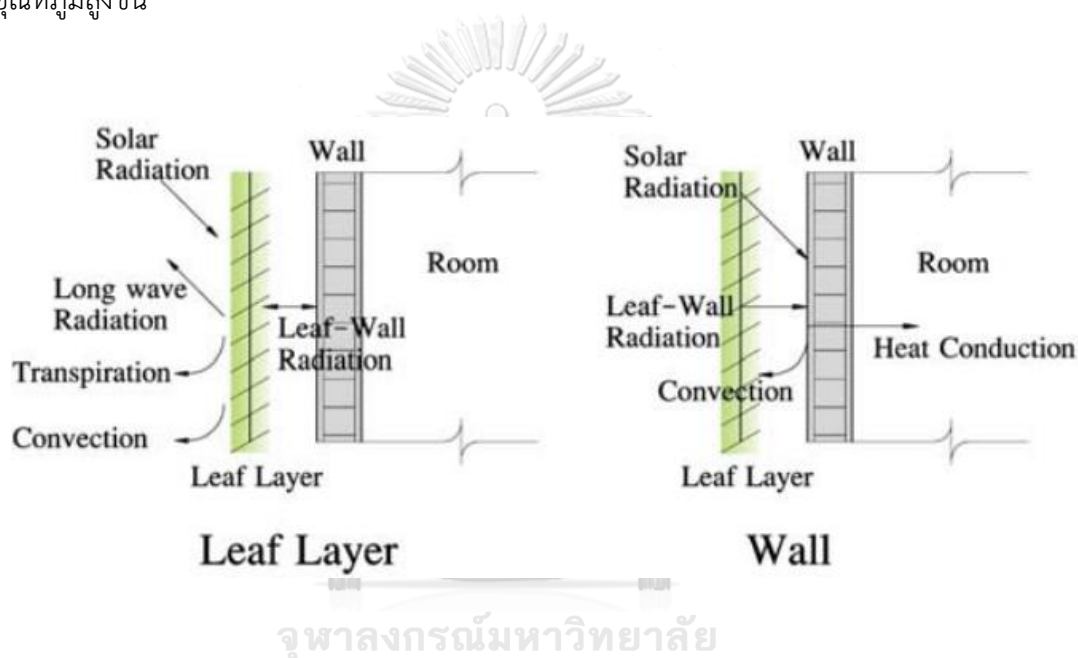
1.08 คือ ค่าคงที่

ΔT คือ อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป ($^{\circ}F$)

2.6. พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างแผงกันแดดไม้เลื้อยกับผนังอาคาร (H.F.Di and D.N. Wang, 1999)

เมื่อพืชรับแสงอาทิตย์ ส่วนหนึ่งจะสะท้อนรังสีอาทิตย์และดูดกลืนรังสีไว้อีกส่วนหนึ่ง พร้อมคายความร้อนส่วนหนึ่งคืนสภาพแวดล้อมภายนอกโดยการคายน้ำ (Transpiration) และความร้อนอีกส่วนหนึ่งที่ถูกดูดซับไว้ก็จะแผ่รังสีความร้อนแก่ผนังอาคาร

เมื่อผนังอาคารได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากแสงแดดและจากพืช ผนังอาคารจะกักเก็บความร้อนไว้ เพื่อถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยการแผ่ความร้อน ส่งผลให้ในห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพที่ 2.6 พฤติกรรมความร้อนระหว่างผนังไม้เลื้อย และ ผนังอาคาร

ที่มา : H.F.Di, and D.N.Wang, “Cooling Effect of Ivy on a Wall”, (Beijing: Thermal Engineering Department Tsinghua University, 1999), 240.

จากปัญหาเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพืชที่มีประโยชน์ต่ออาคารมีอยู่มาก พบว่าการใช้พืชในระบบผนัง 2 ชั้น (Double Skin Facade) แทนเกล็ดบังแดดพบว่าสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่า (Stec, W.j., and et al, 2005) และการปลูกพืชแนวตั้ง (Vertical Farm) (Despommier, Dickson D., 2011) ในเขตที่ประชากรหนาแน่นที่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ในการปลูกพืช และมีปัญหาเรื่องการสะสมความร้อนในเมืองที่เกิดจากการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จากถนนและสิ่งปลูกสร้างแล้วเก็บสะสมความร้อนไว้ และการสะสมความร้อนจากตัววัสดุก่อสร้างอีกด้วย ทำให้อุณหภูมิในเขตชุมชนสูงกว่าในเขตที่เป็นชนบทที่มีพื้นที่ป่ามาก ซึ่งการใช้ต้นไม้

สามารถลดอุณหภูมิในเมืองได้ โดยการคายน้ำของพืชนั้นสามารถช่วยให้อุณหภูมิลดลงถึง 4-5 องศาเซลเซียส (Ong, B., 2009)

2.7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แผงกันแดดเพื่อลดอุณหภูมิให้กับผนังอาคารมีดังนี้

2.7.1. อิทธิพลของการบังเงาต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าผนังอาคารทึบ (สิริวรินทร์ เพชรรัตน์, 2546)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลของการบังเงาต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ โดยการเปรียบเทียบจากการเก็บข้อมูลจริงจากการทดลองกับผลที่คำนวณได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากสมการพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อน โดยงานวิจัยนี้ขอกกล่าวแค่การทดลองกับห้องทดลองจริงเท่านั้น

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยการใช้อาคารที่ก่อสร้างเป็นอาคาร 3 ชั้น กว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร โดยความสูงแต่ละชั้นเท่ากับ 3 เมตร ด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศใต้ ห้องที่ทำการทดลองคือ ชั้น 2 อาคาร ซึ่งมีผนังทึบทั้ง 4 ด้าน ภายในห้องทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/h จำนวน 2 เครื่อง เพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องให้มีค่าคงที่ โดยปรับตั้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส โดยทำการศึกษาระบบการบังเงาดังนี้

1.กรณีที่มีผนังไม่มีการบังเงา

2.กรณีที่มีผนังบังเงาตลอดเวลา (อุปกรณ์บังเงาคือ ผ้าใบแบบม้วน)

ซึ่งผนังที่ใช้เก็บข้อมูลทางอุณหภูมิคือ ผนังด้านทิศตะวันตก ซึ่งเป็นผนังคอนกรีต ทาสีขาวทั้งภายในและภายนอก ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในห้อง อุณหภูมิผนังภายในของผนังแต่ละด้านทั้ง 4 ด้าน ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบกับผนังภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายนอก



ภาพที่ 2.7 การติดตั้งเครื่องมือวัดผลและการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด

ที่มา : สิริวรินทร์ เพชรรัตน์. “อิทธิพลของการบังเงาต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ.”

วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

ผลการวิจัย

โดยแยกเป็นการทดลองทั้งหมด 2 ชุดการทดลองดังนี้

-กรณีผนังไม่มีการบังเงา โดยทำการทดลองระหว่างวันที่ 1-2 และ 7-9 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2546

ในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2546 จากผลการทดลอง อุณหภูมิสูงสุดของผนังภายนอกจะเกิดในเวลาเดียวกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นในเวลา 16.00 น. โดยผนังแต่ละชั้นมีอุณหภูมิ ดังนี้ ผนังชั้นที่ 1 อุณหภูมิผิว 30 องศาเซลเซียส ผนังชั้นที่ 2 มีอุณหภูมิ 30.5 องศาเซลเซียส ผนังชั้นที่ 3 มีอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสและชั้นที่ 4 มีอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส

-กรณีผนังมีการบังเงาตลอดเวลา โดยทำการทดลองระหว่างวันที่ 12, 13 และ 15 มกราคม พ.ศ. 2546 วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2546 จากผลการทดลองพบว่า ณ ช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของผนังและช่วงเวลาอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ไม่ได้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน เนื่องจากผนังไม่ได้รับแสงแดดจึงทำให้อุณหภูมิผนังสูงสุดเกิดขึ้นไม่พร้อมกันกับอุณหภูมิอากาศภายนอกช่วงที่สูงสุด โดยผนังแต่ละชั้นมีอุณหภูมิ ดังนี้ ผนังชั้นที่ 1 เท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส ผนังชั้นที่ 2 เท่ากับ 22.9 องศาเซลเซียส ผนังชั้นที่ 3 เท่ากับ 29.5 องศาเซลเซียสและผนังชั้นที่ 4 จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังจะส่งผลให้อุณหภูมิของผนังนั้นสูงขึ้นตามอุณหภูมิอากาศ แต่เมื่อมีการบังเงาให้ผนังจะทำให้ผนังนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่โดนแสงแดด

2.7.2 การถ่ายเทความร้อนจากการถ่ายภาพรังสีอินฟราเรด กรณีศึกษา: บ้านประหยัดพลังงาน มหาวิทยาลัยศิลปากร (พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์, 2550)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยทำการเก็บข้อมูลทางอุณหภูมิของพื้นผิวโดยรอบห้องของบ้านประหยัดพลังงานที่ได้รับการคัดเลือก 3 หลัง ซึ่งในการเก็บข้อมูลทางอุณหภูมิจะใช้ภาพคลื่นความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัสดุ (Infrared Thermography) นอกเหนือจากนั้น จะใช้เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger) และสายเทอร์โมคัปเปิลเก็บข้อมูลอุณหภูมิ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองกับบ้านประหยัดพลังงาน 3 หลัง ที่ได้รับการคัดเลือกจากการชนะเลิศการประกวด ที่ตั้งอยู่ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์



ภาพที่ 2.8 แบบบ้านประหยัดพลังงานทั้ง 3 แบบ

ที่มา : พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์. “เรียนรู้การถ่ายเทความร้อนจากการถ่ายภาพอินฟราเรด กรณีศึกษา: บ้านประหยัดพลังงานมหาวิทยาลัยศิลปากร.” หน้าจั่ว, ฉบับที่ 22, 2550.

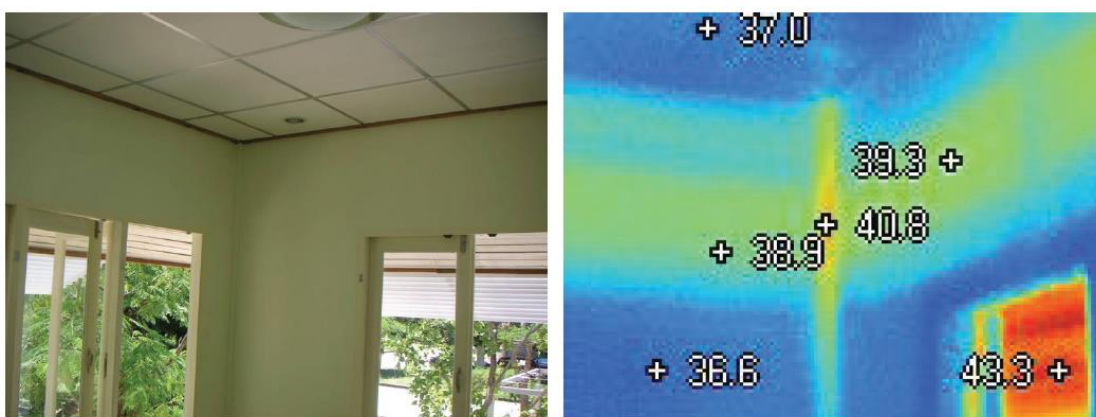
ผลการวิจัย

จากการประเมินผลของบ้านทั้ง 3 แบบ โดยใช้ข้อมูลทางอุณหภูมิ จากการถ่ายภาพรังสีอินฟราเรด ทำให้พบจุดที่ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารหลายจุด ดังนี้

การป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทจากหลังคาผ่านผนังภายนอก อาคารส่วนใหญ่จะป้องกันความร้อนที่ผ่านหลังคา โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อน แต่อาจยังมีความร้อนจากชายคาที่แผ่รังสีความร้อนผ่านผนังภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ที่ผู้ออกแบบไม่ได้คำนึง ซึ่งเป็นผลจากการออกแบบให้ฝ้า

ชายคากายนอกนั้นต่ำกว่าฝ้าเพดานภายในอาคาร ซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้ไม่ได้มีฉนวน จึงทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่บริเวณช่องชายคาและถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเข้าสู่ภายในอาคาร และจะทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น (ภาพที่ 2.9)

รวมถึงการออกแบบชายคาที่ทำหน้าที่รับแดดตลอดทั้งวันยื่นลงมาต่ำใกล้บริเวณช่องเปิดของอาคาร ทำให้เกิดมุมที่แลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับผู้อยู่อาศัยในอาคารได้มากยิ่งขึ้น เท่ากับเป็นการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่แลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับผู้อยู่อาศัย (Mean Radiant Temperature) ให้สูงขึ้นซึ่งทำให้รู้สึกร้อนไม่สบายมากขึ้น



ภาพที่ 2.9 ชายคาที่ยื่นต่ำกว่าขอบบนของวงกบ ทำให้เกิดมุมที่แผ่รังสีความร้อนเข้ามาในห้องได้มากขึ้น และการถ่ายเทความร้อนที่ขังอยู่ในช่องหลังคา

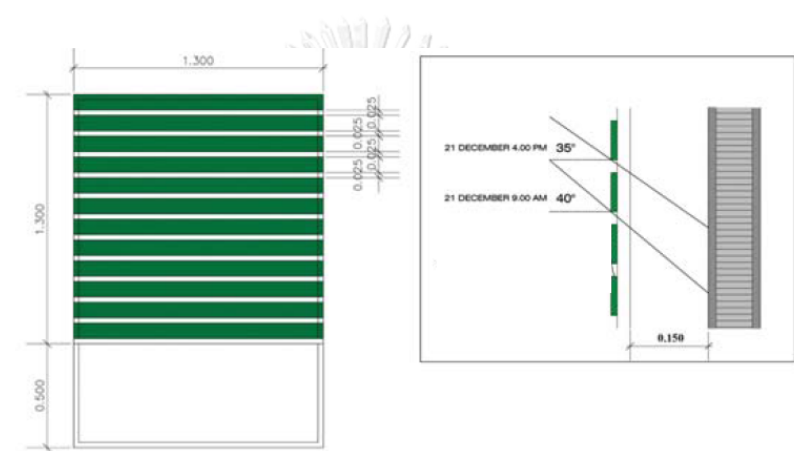
ที่มา : พันธุดา พุฒิไพโรจน์. “เรียนรู้การถ่ายเทความร้อนจากการถ่ายภาพรังสีอินฟราเรด
กรณีศึกษา: บ้านประหยัดพลังงานมหาวิทยาลัยศิลปากร.” หน้าจั่ว, ฉบับที่ 22, 2550.

2.7.3 ประสิทธิภาพในการลดความร้อนให้กับผนังอาคารโดยใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (อภิรักษ์ เกียรติวาทีรัตนะ, 2554)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยแนวตั้งในการลดความร้อนให้กับผนังอาคาร โดยใช้พันธุ์ไม้เลื้อย 3 ชนิดที่มีความแน่นของพุ่มใบที่ต่างกัน ได้แก่ สร้อยอินทนิล มะลิวัลย์ และสายน้ำผึ้ง เปรียบเทียบกับระแนงกันแดดที่ทำด้วยไม้หรืออำมที่นิยมใช้กันกับอาคารทั่วไป ในช่วงฤดูฝน และ ฤดูหนาว เปรียบเทียบว่าพันธุ์ใดมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดความร้อนที่สุด โดยการใช้กล่องทดลองขนาด 1.20 x 1.20 x 1.20 เมตร จำนวน 4 กล่อง ประกอบด้วยกล่องทดลองไม่มีแผงกันแดด และกล่องทดลองติดตั้งแผงกันแดดไม้เลื้อย 3 ชนิด ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก-ภายในและอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

ผลการทดลอง

ในเวลากลางวันอุณหภูมิในกล่องทดลองที่มีแผงกันแดดไม้เลื้อยจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเมื่อเทียบกับกล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดด เนื่องจากแผงกันแดดไม้เลื้อยเป็นตัวปิดกั้นการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารในตอนกลางวัน และการทดลองเมื่อเปรียบเทียบแผงกันแดดไม้เลื้อยกับแผงกันแดดระแนงไม้ไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีพื้นที่รับแสงเท่ากับแผงกันแดดไม้เลื้อย พบว่า แผงกันแดดมะลิวัลย์มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในต่ำที่สุด โดยต่ำกว่ากล่องทดลองที่มีแผงกันแดดระแนงไม้ไฟเบอร์ซีเมนต์อยู่ที่ 2.4 องศาเซลเซียส อันเนื่องมาจากปัจจัยการแผ่รังสีความร้อนบนวัสดุเป็นต้น



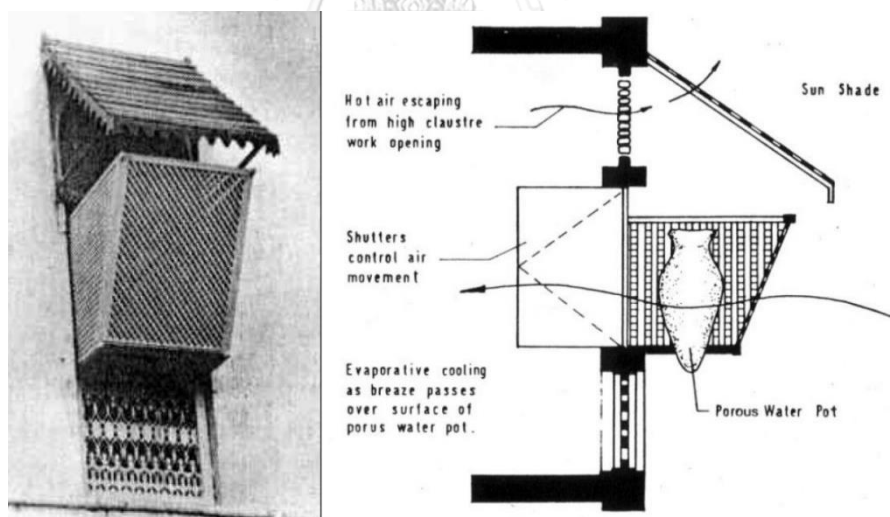
ภาพที่ 2.10 การติดตั้งระแนงไฟเบอร์ซีเมนต์กับโครงแผงกันแดด และการจำลองมุม Profile ของแสงอาทิตย์ที่ผ่านจากแผงกันแดดระแนงไฟเบอร์ซีเมนต์กระทบกับผิวผนังกล่องที่มา : อภินันท์ เกียรติวาทีรัตนะ. “ประสิทธิผลในการลดความร้อนให้กับผนังอาคารโดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย.” บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาสถาปัตยกรรมมหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองของ วรวรรณ เนตรพระ (2551) ที่ทำการศึกษาการใช้ไม้เลื้อยเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำการทดลองโดยการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของผนังด้วยพืชที่มีใบขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก พบว่าไม้เลื้อยที่มีแนวโน้มได้รับประสิทธิภาพดีที่สุดคือใบขนาดกลาง แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองกลับพบว่าผนังไม้เลื้อยส่งผลต่อการระบายความร้อนของผนังในตอนกลางวันนั้นเป็นไปได้ข้างจึงไม่เหมาะสมกับอาคารที่ใช้งานในตอนกลางวัน

2.7.4 การทำความเย็นด้วยวัสดุเซรามิกที่มีรูพรุน

งานวิจัยนี้เป็นงานที่ศึกษาถึงแนวทางการใช้การระเหยของน้ำแบบทางตรง (Direct Evaporative Cooling) เพื่อสร้างความเย็นให้กับอาคารด้วยวิธีธรรมชาติ (Passive) โดยมุ่งศึกษาการใช้วัสดุที่ทำจากเซรามิกเป็นวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุผิวเปียก (Wet pads) ซึ่งศึกษาถึงประเด็นหลัก 2 ประเด็น ได้แก่ 1.รูพรุนของวัสดุ (Porosity) ผิวเปียก และความสามารถในการซึมน้ำ (Permeability)

แนวความคิดเบื้องต้นในงานวิจัย ได้จากการศึกษาถึงรูปแบบการใช้การระเหยของน้ำเพื่อสร้างความเย็นให้กับอาคารในอดีต โดยสามารถพบเห็นได้ทั่วไป เช่น ปากีสถาน อินเดีย อียิปต์ และประเทศในแถบแอฟริกาเหนือ โดยรูปแบบในการใช้หลักการระเหยของน้ำเพื่อสร้างความเย็นให้กับอาคาร มีทั้งการใช้น้ำพุในพื้นที่โล่ง การใช้สระน้ำและพีชพรรณ ใช้หอคอยดักลม (Wind Tower) รวมถึงการใช้เหยือกน้ำเซรามิก โดยนำเหยือกน้ำซึ่งมีความสามารถในการระเหยน้ำได้ดี นำมาใส่เหยือกน้ำและนำไปไว้ในตำแหน่งที่ลมพัดเข้าสู่อาคาร โดยอาจจะเป็นบริเวณหน้าต่างหรือในช่องดักลมของบ้านในประเทศอิรัก โดยจะมีช่องดักลมธรรมชาติให้ไหลผ่านปล่องผ่านเข้าสู่อาคาร โดยที่ปลายปล่องทางออกอาคารจะมีเหยือกใส่น้ำตั้งไว้อยู่ เมื่ออากาศไหลผ่านเหยือกน้ำอากาศจะลดอุณหภูมิต่ำลง และมีความชื้นเพิ่มขึ้น



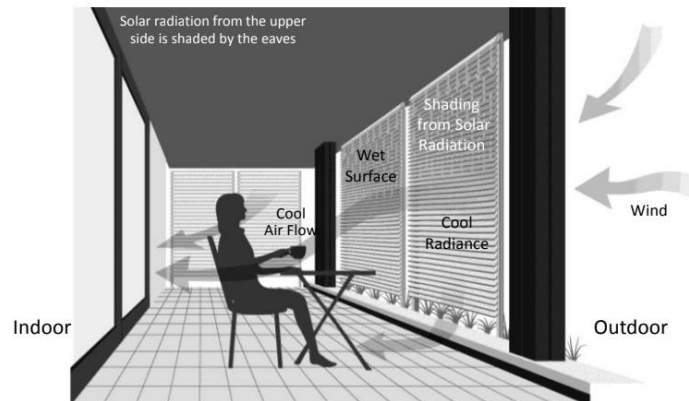
ภาพที่ 2.11 รูปแบบการสร้างความเย็นให้กับอาคารโดยการระเหยของน้ำ โดยใช้เหยือกน้ำมาวางตรงทางลมเข้าบริเวณช่องหน้าต่าง

ที่มา : Schiano-Phan, Rosa. “Cooling with Porous Ceramic.” Insite09 Conference, University of Nottingham, 2009.

ในปี ค.ศ. 1985 Bahadori ได้มีการพัฒนาปรับปรุงรูปแบบการสร้างความเย็นให้กับอาคาร โดยการระเหยของน้ำโดยการใช้ หอคอย (Wind tower) ซึ่งปรับปรุงประสิทธิภาพในการสร้างความเย็นโดยรูปแบบของปล่องเสา (Column) ซึ่งเป็นรูปแบบหอคอยของประเทศอิหร่าน โดยปล่องเสาดังกล่าวจะประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุผิวเปียกเพื่อช่วยในการระเหยของน้ำที่ทำจากดินเหนียวมีลักษณะเป็นตะแกรงให้ลมผ่านช่องตะแกรงในแนวความสูงของเสา และมีการใช้สปริงฉีดน้ำให้กับตะแกรงดินเหนียวดังกล่าว อากาศที่ผ่านปล่องเสาดังกล่าว จะมีอุณหภูมิลดต่ำลงและเข้าสู่พื้นที่ใช้สอยในอาคาร โดย Bahadori ได้ศึกษาถึงอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ออกจากปล่องเสาดังกล่าว รวมถึงปัจจัยในด้านความสูงของตะแกรงซึ่งทำหน้าที่เป็นผิวเปียก สภาพภูมิอากาศภายนอก เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมที่ผ่านเข้าไปในปล่องเสา โดยจากการศึกษาที่ใช้ปล่องเสาที่มีความสูง 5 เมตร พื้นที่หน้าตัดปล่องเสา 2 ตารางเมตร สามารถลดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่อาคารได้ถึง 14 องศา เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร ในปี ค.ศ. 1970 Allan Cain ได้มีการทดลองโดยใช้เหยือกน้ำเซรามิกที่มีรูพรุน โดยเรียกว่า เหยือกน้ำ Maziara โดยได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุกชั่วโมง ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิของผิวเหยือกน้ำเซรามิกด้านนอก ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ และการหยดหรือซึมของน้ำจากเหยือก โดยพบว่าด้วยวิธีดังกล่าวสามารถสร้างความเย็นได้ 192 วัตต์ ในวันที่มีอากาศร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเหยือกน้ำที่มีรูพรุนสูง และการซึมของน้ำได้ดี มีความสามารถในการเกิดการระเหยได้ดี โดยมีการเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันในปัจจุบันพบว่า เครื่องปรับอากาศขนาดความเย็น 3500 วัตต์ ต้องการพลังงานไฟฟ้าในการผลิตความเย็น 2400 วัตต์ คิดเป็น 70% ของความเย็นที่ผลิตได้ ซึ่งการสร้างความเย็นจากเหยือกน้ำไม่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า เพียงแต่ต้องเติมน้ำทุกเช้าในเหยือกโดยจากการศึกษา 1 เหยือกผลิตความเย็นได้ 200 วัตต์ ดังนั้นถ้าใช้เหยือก 5-6 เหยือกในการสร้างความเย็นในแต่ละจุด จะมีความสามารถในการผลิตความเย็นประมาณ 1000-1200 วัตต์ซึ่งเท่ากับเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างขนาดเล็ก

2.7.5 Thermal Performance of a Passive Cooling Louver System to Form Cool Microclimate in Urban Residential Semi Outdoor Space (Yukari H et al., 2014)

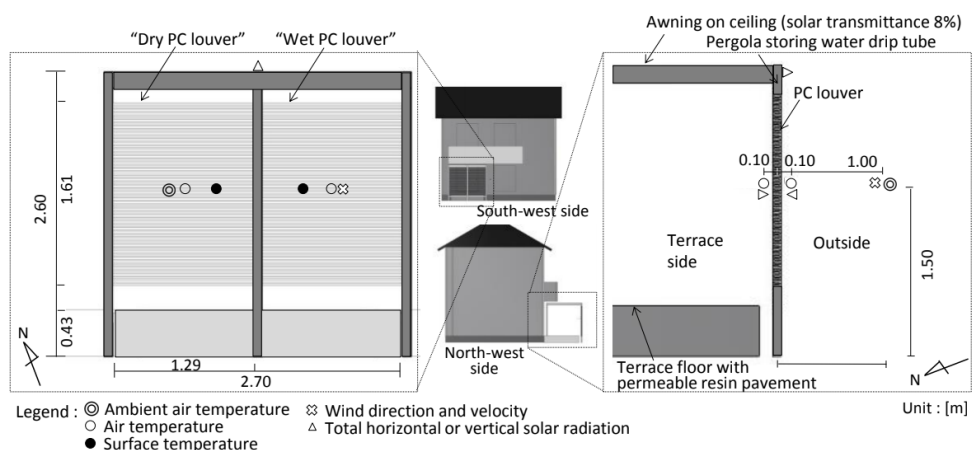
งานวิจัยนี้เป็นการทดลองประสิทธิภาพทางด้านความร้อนของแผงบังตาอลูมิเนียมด้วยการระเหยของน้ำบนแผ่นฟิล์มที่มีความพรุนมีคุณสมบัติดูดซับน้ำ เพื่อใช้ในพื้นที่กึ่งภายนอกอาคาร โดยมีคุณสมบัติเป็น แผงบังสายตา แผงบังแดด ลดการเกิดการกักเก็บความร้อนบนผิววัสดุ สร้างลมเย็นโดยการลดอุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านเข้าแผงอลูมิเนียมเคลือบฟิล์มที่ 2-3 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.12 การทำความเย็นโดยการใช้ PC louver บริเวณพื้นที่ที่กึ่งภายนอกอาคาร
ที่มา : Yukari H and et al., “Thermal Performance of a Passive Cooling Louver System to Form Cool Microclimate in Urban Residential Outdoor Spaces”, 2014.

วิธีการทดลอง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดลองเป็นเวลา 3 วัน คือวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 วันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2558 และวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 โดยทำการทดลองด้วยแผงอลูมิเนียมจำนวน 2 แผง คือ แผงกันแดดแบบเป็ยก และแผงกันแดดแบบแห้ง วางแผงกันแดดหันเข้าทิศใต้ ติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วลม อุปกรณ์วัดรังสีดวงอาทิตย์ และเครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุ อุณหภูมิอากาศ ดังภาพที่ 2.13

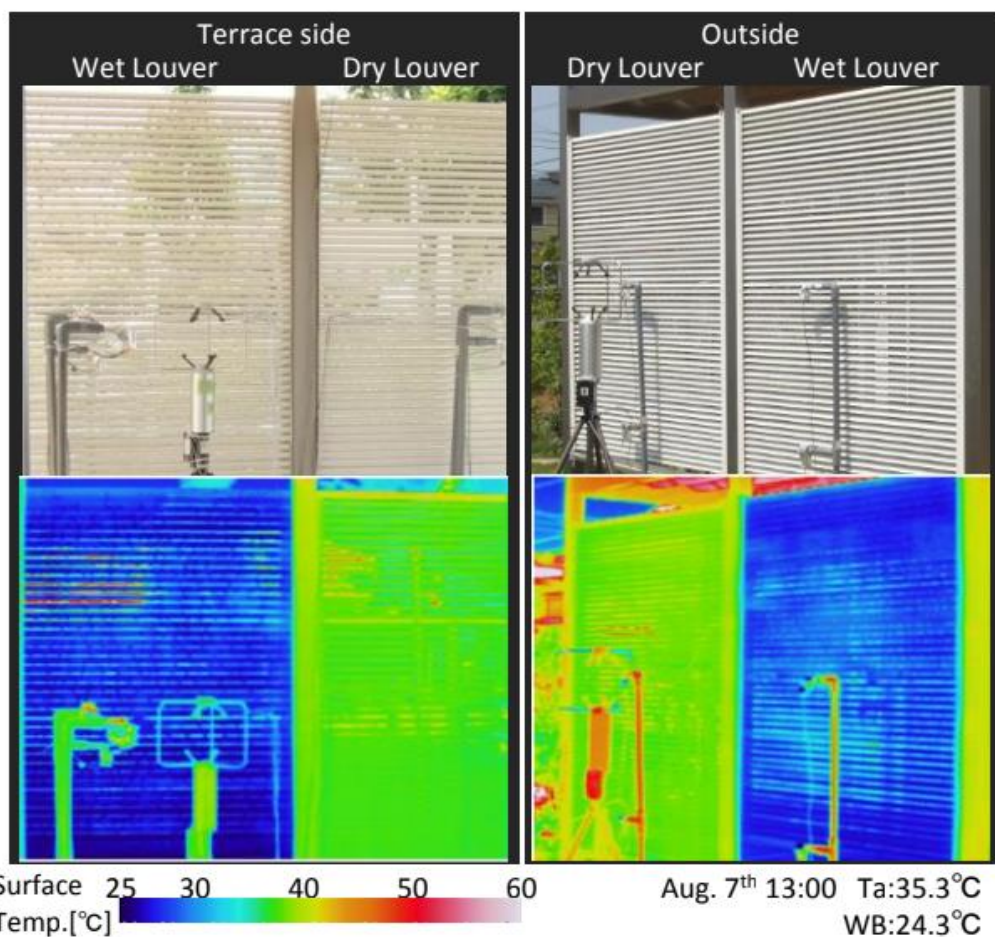


ภาพที่ 2.13 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองและแผงทดลอง
ที่มา : Yukari H and et al., “Thermal Performance of a Passive Cooling Louver System to Form Cool Microclimate in Urban Residential Outdoor Spaces”, 2014.

ผลการทดลอง

จากการทดลองโดยการทดสอบประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผงกันแดดลูมิเนียมได้ผลดังนี้

1. อุณหภูมิผิววัสดุของแผงกันแดดผิวเปียกนั้นต่ำกว่าแผงกันแดดแบบแห้งอยู่ 15 องศาเซลเซียส
2. ลดการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่พื้นที่กึ่งภายในอาคาร
3. อัตราการระเหยของน้ำต่อวันของแผงกันแดดนี้อยู่ที่ 14 kg/m^2
4. อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดผิวเปียกลดลงที่ 3 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.14 การทดลองโดยการถ่ายด้วยกล้องอินฟราเรดเปรียบเทียบระหว่างแผงกันแดดผิวเปียก และแบบผิวแห้ง

ที่มา : Yukari H and et al., “Thermal Performance of a Passive Cooling Louver System to Form Cool Microclimate in Urban Residential Outdoor Spaces”, 2014.

2.7.6 Cold Spot : Designing an oasis in the heat island of Cambridge (Joshua Schecter, 2015)

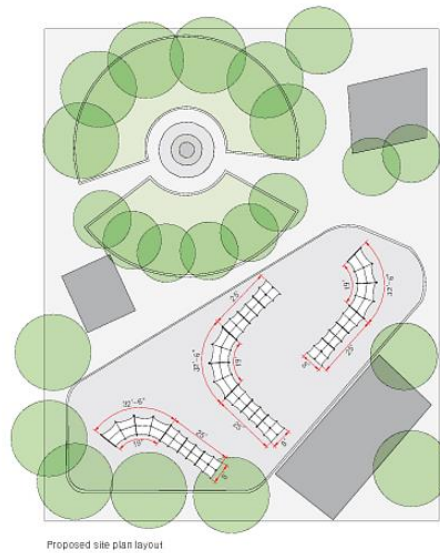
Cold Spot เป็นแผงกำบังจากวัสดุดินเผาเพื่อลดปัญหาเกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่สาธารณะในประเทศอังกฤษในช่วงฤดูร้อน วัสดุดินเผาเป็นวัสดุที่มีราคาถูก คงทน และมีความพรุนในเนื้อวัสดุเพื่อให้น้ำสามารถซึมผ่านบนผิวหน้าของวัสดุ โดย Cold Spot นี้ใช้การระเหยของน้ำเพื่อลดอุณหภูมิอากาศ



ภาพที่ 2.15 Cold Spot ที่ใช้ในการลดปัญหาเกาะความร้อนเมือง
(<https://www.climatecolab.org/contests/2014/urban-heat-island-effect/phase/1301601/proposal/1313914>)

วิธีการทดลอง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการติดตั้งบริเวณพื้นที่สาธารณะ The Kendall Square Community Ice Skating Rink เป็นพื้นที่ลานกว้างจึงสะสมความร้อนไวในช่วงฤดูร้อน เป็นเวลา 1 อาทิตย์ โดย Cold Spot นี้ทำหน้าที่เป็นแผงบังแดด ลดอุณหภูมิอากาศและเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางสถาปัตยกรรม ดังภาพที่ 2.16 โดยการทดลองได้เติมน้ำลงในแผงดินเผาในตอนเช้า พบว่าน้ำที่เติมไปในแผงดินเผาได้แห้งไปในตอนเย็น



ภาพที่ 2.16 สถานที่ติดตั้ง Cold Spot ในฤดูร้อน

(<https://www.climatecolab.org/contests/2014/urban-heat-island-effect/phase/1301601/proposal/1313914>)

ผลการทดลอง

จากการทดลองโดยการทดสอบประสิทธิภาพของแผงดินเผา ดังนี้

- 1.ลดการแผ่รังสีอาทิตย์
- 2.ใน 1 วันเติมน้ำในแผงกันแดด 1 ถึง 2 ครั้งต่อวันและจะแห้งไปในช่วงกลางคืน
- 3.อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดผิวเปียกลดลงที่ 2 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้แผงกันแดดในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร พบว่าการใช้แผงกันแดดแบบใช้ไม้เลื้อยมีคุณสมบัติในการลดการถ่ายเทความร้อน ช่วยลดการเกิดการสะสมความร้อนไว้ในวัสดุและลดอุณหภูมิอากาศจากการคายน้ำของพืช แต่การใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยส่งผลให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนลดลงจากการระบายอากาศที่ไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลต่อขอบเขตในการออกแบบสภาพลักษณะอาคาร ร่วมกับระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำเพื่อลดอุณหภูมิอากาศพบว่ายังไม่มีการศึกษาเพื่อนำรูปแบบการระเหยของน้ำทางตรง (Direct Evaporation) มาใช้ร่วมกับแผงกันแดดเพื่อลดใช้พลังงานในอาคาร จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปัจจัยที่สำคัญที่ควรคำนึงในการใช้การระเหยของน้ำเพื่อลดภาระการทำความเย็นในอาคารซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของวัสดุผิวเปียกมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ โดยวัสดุผิวเปียกต้องมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูง และมีความหนาแน่นน้อยเพราะความหนาของวัสดุมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ
2. ภูมิอากาศและสภาพที่ตั้ง มีผลต่อประสิทธิภาพของอัตราการระเหยของน้ำ โดยอากาศที่มีอุณหภูมิอากาศสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำสูง
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย พบว่าการดำเนินงานสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลักๆด้วยกันคือ การทดลองจริง และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง หรือใช้ทั้ง 2 อย่างควบคู่กัน โดยข้อดีของการทดลองจริงคือ สามารถได้ข้อมูลที่ถูกต้องตามสภาพอากาศในพื้นที่ทำการทดลองจริง ส่วนการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสามารถทำให้คาดการณ์ผลที่สามารถเกิดขึ้นในระยะยาวได้
4. ประสิทธิภาพด้านความร้อน พบว่าการบังแดดบนกำแพงอาคารทุกแบบมีผลต่อการลดอุณหภูมิภายในอาคาร อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิของผนังอาคาร ซึ่งส่งผลทำให้ลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้

ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเสนอแนวทางการหาค่า U-value สำหรับการบังแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำบนผนังทึบ เพื่อนำมาใช้ในการหาประสิทธิภาพในการลดภาระการทำความเย็นภายในอาคาร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กำหนดให้มีการสร้างกล่องทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผงกันแดดดินเผาควบคู่กับการระเหยบนผิวดินเผา โดยเริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลมาตั้งสมมติฐาน และกำหนดตัวแปรต้นที่เกี่ยวข้องกับการระเหยบนผิวดินเผา ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม เพื่อใช้ในการออกแบบทางเลือกเปลือกอาคารที่มีส่วนช่วยลดการเก็บความร้อนบนผิววัสดุ อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านแผงบังแดด โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล่องทดลองและนำค่ามาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม เพื่อนำค่าที่ได้ไปจำลองการใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงานตลอดหนึ่งปีด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าการเปล่งความร้อนบนผิววัสดุเพื่อเสนอแนวเป็นแนวทางในการลดการเกิดเกาะความร้อนเมือง

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาทฤษฎีและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร โดยจะเน้นศึกษางานวิจัยที่มุ่งเน้นในการลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดความร้อนบริเวณกำแพงทึบโดยเน้นการใช้หลักการระเหยร่วมกับแผงบังแดด จากการศึกษาพบว่า การบังแดดให้ผนังหรืออาคารสามารถลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารได้ดีจากการลดการตกกระทบของแสงแดดบนผนังอาคาร อีกทั้งการใช้วิธีระเหยยังสามารถลดความร้อนบนผิววัสดุและลดอุณหภูมิอากาศได้อย่างดี โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น การดูดซับน้ำในเนื้อวัสดุ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การตั้งสมมติฐานการทดลองในงานวิจัย

3.2 การตั้งสมมติฐานการวิจัย

1. ประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับอัตราการระเหยบนผิววัสดุ โดยความเร็วลมมีผลต่อการเร่งอัตราการระเหย
2. การลดอุณหภูมิบนผิวดินเผาและอุณหภูมิอากาศจะส่งผลต่อความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ผนังอาคาร

3. อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปมีผลต่อค่า U โดยผนังที่มีอุณหภูมิโดยรอบต่ำจะมีค่า U ต่ำตามไปด้วย

3.3 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลอง

การทดลองในวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของแผงกันแดดดินเผากระเบื้องน้ำบนผิววัสดุ โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศของแผงกันแดดดินเผากระเบื้องน้ำบนผิววัสดุ (การทดลองส่วนที่ 1.1)

ตัวแปรต้น	1.เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงกันแดด 3 กลุ่มทดลอง 1.1 กลุ่มทดลองชนิดแผ่นสมาร์ทบอร์ด โดยไม่มีแผงบังแดด 1.2 กลุ่มทดลองชนิดแผ่นสมาร์ทบอร์ด โดยมีแผงบังแดดดินเผา 1.3 กลุ่มทดลองชนิดแผ่นสมาร์ทบอร์ด โดยมีแผงบังแดดดินเผาผิวเปียกโดยใช้วิธีระเหยบนผิววัสดุ
ตัวแปรตาม	1.อุณหภูมิในกลุ่มทดลอง 2.ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนบนแผ่นสมาร์ทบอร์ด
ตัวแปรควบคุม	1.ระยะเวลา (Time : hr.) 2.ความพรุนของวัสดุ 3.พื้นที่ผิวเปียกของวัสดุ (Wet surface area : m^2) 4.ทิศทางการติดตั้งแผงกันแดด 5.อิทธิพลของรังสีอาทิตย์ 6.ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (RH : %)

ตารางที่ 3.2 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศของ
แผงกันแดดดินเผาระเหยน้ำบนผิววัสดุ (การทดลองส่วนที่ 1.2)

ตัวแปรต้น	-อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ -ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (RH : %)
ตัวแปรตาม	-อุณหภูมิอากาศ -ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
ตัวแปรควบคุม	-ระยะเวลา (Time : hr.) -ความพรุนของวัสดุ/ค่าดูดซึมน้ำ (Water absorption rate :%) -พื้นที่ผิวเปียกของวัสดุ (Wet surface area : m ²) -อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบ -ทิศทางการติดตั้งแผงกันแดด

ตารางที่ 3.3 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องความเร็วลมที่มีผลต่อการระเหยบนผิววัสดุ
ดินเผา (การทดลองส่วนที่ 2)

ตัวแปรต้น	1.ความเร็วลม (m/s) 1.1 ความเร็วลมที่ 0.4 m/s - 1.5 m/s 1.2 ความเร็วลมที่ 1.6 m/s - 2.5 m/s 1.3 ความเร็วลมที่ 2.5 m/s - 3.0 m/s
ตัวแปรตาม	- อุณหภูมิอากาศ (°C)
ตัวแปรควบคุม	-ระยะเวลา (Time : hr.) -พื้นที่ผิวเปียกของวัสดุ (Wet surface area : m ²) -อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบ -ทิศทางการติดตั้งแผงกันแดด -รังสีดวงอาทิตย์

ตารางที่ 3.4 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการจำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม Visual DOE 4.1
(การทดลองส่วนที่ 3)

ตัวแปรต้น	<p>1.1แบบจำลองอาคารที่ไม่ใช้แผงบังแดดดินเผา (Basecase)</p> <p>1.2แบบจำลองอาคารที่ใช้แผงบังแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta)</p> <p>1.3แบบจำลองอาคารที่ใช้แผงบังแดดดินเผาแบบระเหยบนผิววัสดุ (Evaporative terracotta)</p>
ตัวแปรตาม	<p>1.ผลจากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของแบบจำลอง</p> <p>1.1ผลการใช้พลังงานไฟฟารวมอาคาร</p> <p>1.2ผลของการใช้พลังงานในการทำความเย็นรายชั่วโมง</p> <p>1.3เปอร์เซ็นต์ของพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้</p>
ตัวแปรควบคุม	ประเภทของอาคาร

3.4 การออกแบบกล่องทดลอง

การทดลองเลือกใช้แท่งดินเผายี่ห้อ อปก. (ภาพที่ 3.1) ขนาดความยาว 0.6 เมตร ที่มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 21.38% โดยคำนวณตามมาตรฐาน มอก.378 (ภาพที่ 3.2) และนำมาติดตั้งกับโครงเหล็กให้ได้มีขนาด 1.20 x 1.20 เมตร (ภาพที่3.3) โดยนำมาวางทำองศากับแดด 45° ตั้งห่างกันระหว่างแท่ง 7 เซนติเมตร ซึ่งเป็นมุมที่สามารถป้องกันแสงแดดในตอนกลางวันที่มีผลต่อกล่องทดลองทางด้านทิศใต้ได้ดีที่สุด



ภาพที่ 3.1 แท่งดินเผาที่นำมาใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ อปก.รุ่น119/60



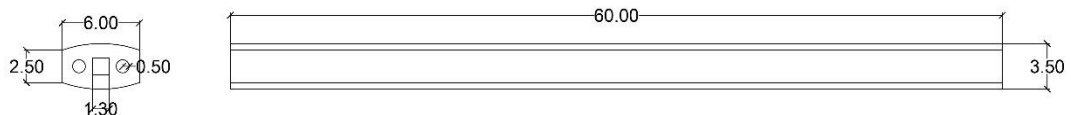
ภาพที่ 3.2 การทดสอบหาค่าดูดซึมน้ำในเนื้อวัสดุ ณ วันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ.2560

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทดสอบวัสดุดินเผา

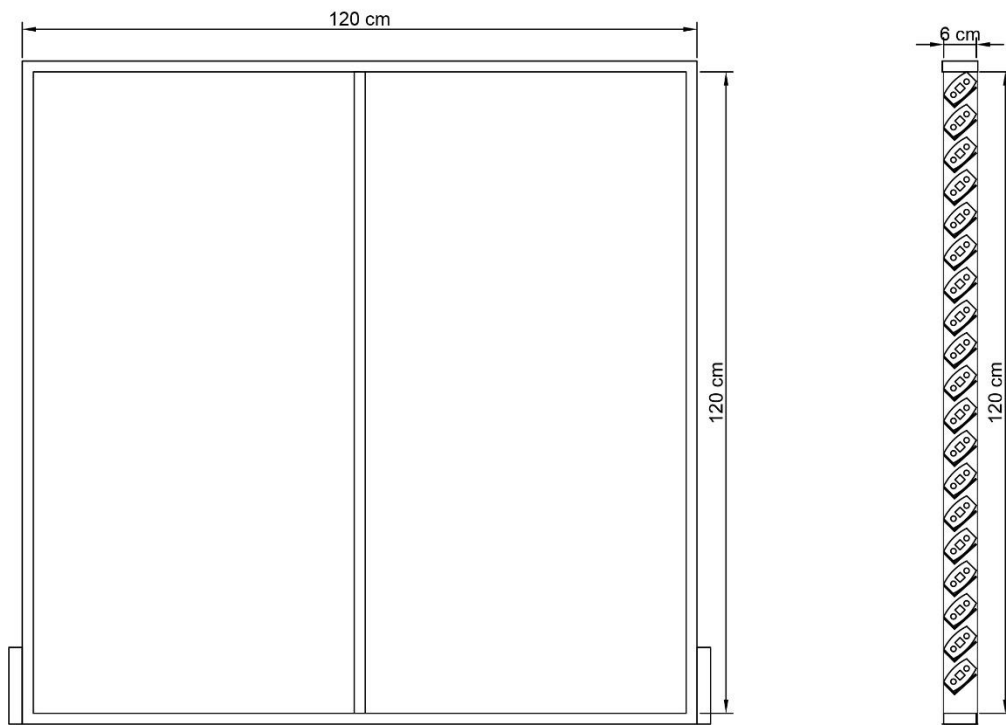
น้ำหนักสภาพอิมน้ำผิวเปียก (นิวตัน)	น้ำหนักสภาพอิมน้ำผิวแห้ง (นิวตัน)	น้ำหนักสภาพผิวแห้ง (นิวตัน)
17.03	19.30	15.90

ตารางที่ 3.6 แสดงคุณสมบัติของดินเผา

วัสดุ	ดินเผา (terracotta)
รุ่น	อปก.รุ่น -119/60
ปริมาตร (CM3)	705
พื้นที่ผิวด้านนอก (CM2)	1020
พื้นที่ผิวด้านใน (CM2)	688
สี	แดงธรรมชาติ
ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	21.38%
น้ำหนักวัสดุในสภาพผิวแห้งสนิท (g)	15.90
น้ำหนักวัสดุในสภาพผิวอิมน้ำ (g)	19.30



ภาพที่ 3.3 ขนาดของแท่งดินเผาที่นำมาใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.4 ขนาดของโครงเหล็กขนาด 1.20 x 1.20 เมตร ทำแขนทำมุม 45° ห่างกัน 6 เซนติเมตร
เพื่อรองรับแผงดินเผา



ภาพที่ 3.5 การติดตั้งแผงกันแดดเข้ากับโครงเหล็กที่ทำเตรียมไว้

ทำการติดตั้งจำนวน 2 แผง โดยเป็นแผงกันแดดดินเผา 1 แผงและแผงกันแดดดินเผาร่วมการระเหยบนผิววัสดุ 1 แผง โดยใช้แท่งดินเผาจำนวน 40 แท่งต่อ 1 แผง สำหรับแผงดินเผาประเภทที่ใช้ร่วมกับการระเหยนั้นได้มีการต่อสายยางยี่ห้อ ท่อน้ำไทย เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3.6) ต่อเชื่อมทางน้ำไหลระหว่างแท่งดินเผาในลักษณะสลับซ้ายขวาจากบนลงล่าง (ภาพที่ 3.7) โดยปลายบนสุดนำต่อเข้ากับขวดน้ำขนาด 1500 ซม³ เพื่อเป็นแหล่งเติมน้ำในระบบ และปลายล่างสุดของระบบได้นำตัวควบคุมการหยดที่ใช้ในสายน้ำเกลือมาใช้ควบคุมน้ำในระบบ เชื่อมต่อกับสายซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่วซึม (ภาพที่ 3.7) เมื่อประกอบแผงกันแดดเสร็จสิ้นจึงนำมาติดตั้งเข้ากับกล่องทดลองห่างจากด้านที่เป็นแผ่นสมาร์ทบอร์ด 10 เซนติเมตร ติดพัดลมระบายอากาศที่มีค่าปริมาณการไหลของอากาศ (CFM) เท่ากับ 14.33 ft³/minute โดยกล่องทดลองมีขนาด 70 x 90 x 90 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.8) จำนวน 3 กล่อง แต่ละกล่องทำจากวัสดุอลูมิเนียมปิดทึบ บุด้วยโฟมหนา 3 นิ้วด้านใน 5 ด้าน โดยมี 1 ด้านปิดกล่องด้วยวัสดุสมาร์ทบอร์ดขนาด 70 x 90 เซนติเมตร เพื่อต้องการทดลองประสิทธิภาพด้านความร้อน โดยที่กล่องทดลองทั้ง 3 กล่องทดลองได้ทำการติดตั้งไว้ที่ลานจอดรถและหันหน้าด้านสมาร์ทบอร์ดไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ (ภาพที่ 3.9) เนื่องจากดวงอาทิตย์อ้อมจากตะวันออกไปทางทิศใต้ในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 3.6 (ภาพซ้าย) สายยางยี่ห้อท่อน้ำไทยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตรและ 5 มิลลิเมตร (ภาพขวา) พัดลมระบายอากาศที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.7 การติดตั้งสายยางในระบบ และ ตัวควบคุมการไหลของน้ำในระบบที่ปลายของแผงกันแดดพร้อมยาแนวด้วยกาวยางซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่วซึม



ภาพที่ 3.8 ลักษณะกล่องทดลองที่บุด้านในด้วยโฟม และปิดทับด้านที่ทำการทดลองด้วยแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 8 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.9 การทดลองด้วยกล่องทดลองที่ลานจอดรถ

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

การทดลองนี้ทำการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบ 12 Chanel (ภาพที่ 3.10) และใช้สายเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ T Type จำนวน 12 สาย สามารถวัดอุณหภูมิได้พร้อมกันทั้ง 12 จุด ซึ่งในการทดลองได้นำปลายสายที่มีเซนเซอร์ไปติดไปบนผิวของวัสดุที่ต้องการวัดอุณหภูมิและปิดทับด้วยโฟม (ภาพที่ 3.11) เพื่อป้องกันปัจจัยของอุณหภูมิภายนอกมารบกวน และทำการเก็บค่าทุกๆ 5 นาที อุปกรณ์ HOBO วัดอุณหภูมิอากาศ (ภาพที่ 3.12) ตั้งแต่เวลา 0.00 น. ถึง 23.00 น. และ Testo 405i (ภาพที่ 3.13) วัดความเร็วลม โดยมีตำแหน่งที่ติดตั้งดังนี้



ภาพที่ 3.10 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 12 Chanel และสายเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.11 การติดตั้งเซนเซอร์บนผิววัสดุปิดทับด้วยโฟมก้อน

ตารางที่ 3.7 ประเภทอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ	ตำแหน่ง
12 Chanel	-อุณหภูมิผิววัสดุภายนอก,ภายใน -อุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดลอง
HOBO temperature / Relative humidity sensors	-อุณหภูมิอากาศ(T_{in})/ความชื้นสัมพัทธ์ -อุณหภูมิอากาศ(T_{out})/ความชื้นสัมพัทธ์
Testo 405i	-วัดความเร็วลม
SPM-1116SD	-รังสีดวงอาทิตย์
FLIR TG167	-วัดการแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุ

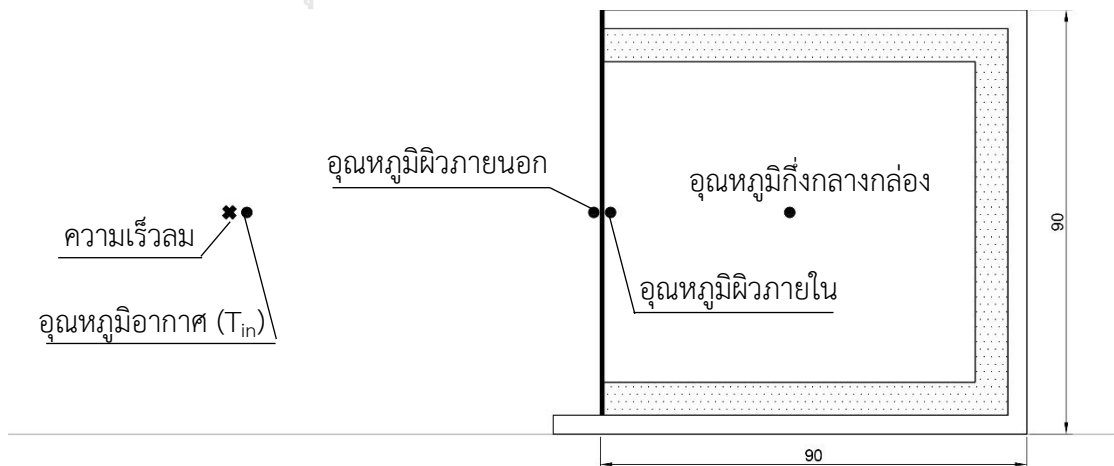


ภาพที่ 3.12 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HOBO

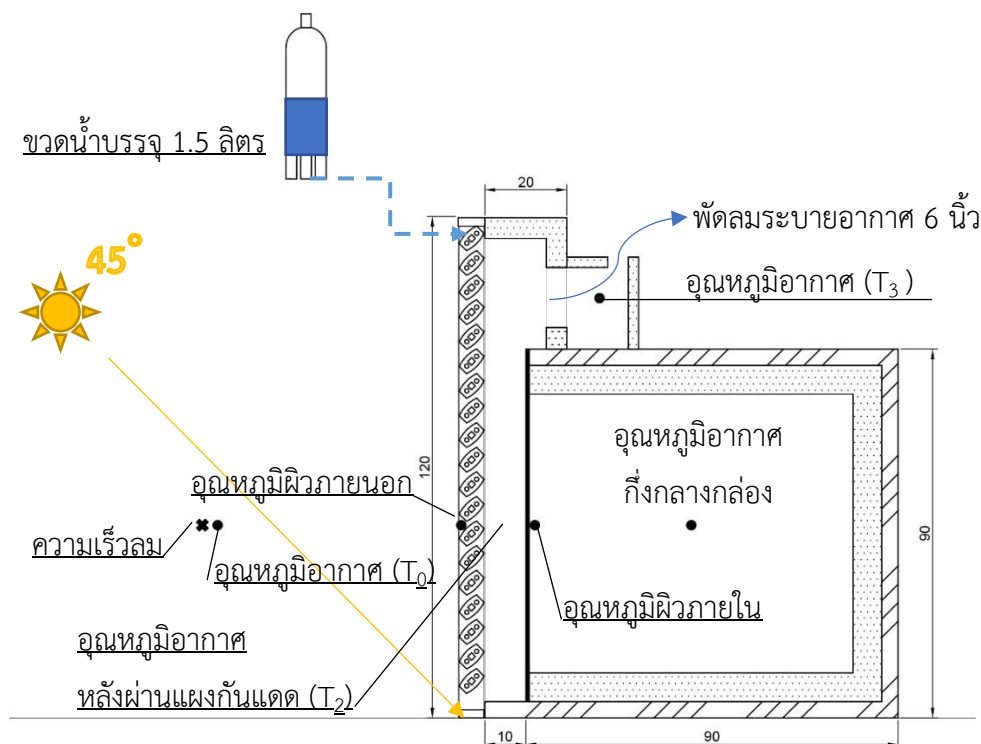


ภาพที่ 3.13 เครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์ SPM-1116SD และ เครื่องมือวัดความร้อน Testo 405i

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.14 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิบนกล่องทดลองที่ 1



ภาพที่ 3.15 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิบนกล่องทดลองที่ 2-3

3.6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลวัดอุณหภูมิ

3.6.1 การทดลองที่ 1 การทดลองเรื่องประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศของแผงกันแดดดินเผาระเหยน้ำบนผิววัสดุ

เริ่มต้นการเก็บผลการทดลองด้วยการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิด้วยการบันทึกค่าอุณหภูมิในบริเวณต่างๆตามที่กำหนดข้างต้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันได้แก่ วันฟ้าโปร่ง (clear sky day) และวันฟ้าครึ้ม (overcast day) โดยทำการทดลองบนลานกลางแจ้ง และหันหน้ากล่องทดลองเข้าทิศใต้ พร้อมวัดอุณหภูมิและนำข้อมูลที่ได้มาเข้าสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าความต้านทานความร้อน

3.6.1.1 การเข้าสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value

จากผลการทดลองบนกล่องทดลองสามารถสรุปและหาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังนี้

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (12)$$

โดยค่า Q หาได้จาก

$$Q_1 = U_{\text{eff}} A (T_0 - T_2) \quad (13)$$

Q คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกล่องทดลอง (Btu/hr)

U_{eff} คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Btu/hr-ft²°F)

A คือ พื้นที่ของแผงกันแดดที่ถ่ายเทความร้อน (ft²)

T_0 คือ อุณหภูมิอากาศที่วัดได้ก่อนผ่านแผงกันแดด (°F)

T_2 คือ อุณหภูมิอากาศที่วัดได้หลังผ่านแผงกันแดด (°F)

$$Q_2 = \text{CFM} (1.08) (T_3 - T_2) \quad (14)$$

Q คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกล่องทดลอง (Btu/hr)

CFM คือ ปริมาณการไหลของอากาศในกล่องทดลองที่เกิดจากพัดลมระบายอากาศที่ใช้ (ft³/min)

1.08 คือ ค่าคงที่

T_3 คือ อุณหภูมิอากาศที่วัดหลังผ่านพัดลมระบายอากาศ (°F)

T_2 คือ อุณหภูมิอากาศที่วัดหลังผ่านแผงกันแดด (°F)

$$Q_3 = U_{\text{smartboard}} A (T_2 - T_1) \quad (15)$$

Q คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกล่องทดลอง (Btu/hr)

$U_{\text{smartboard}}$	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนบนแผ่นสมาร์ทบอร์ด (Btu/hr·ft ² ·°F)
A	คือ พื้นที่ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดที่ถ่ายเทความร้อน (ft ²)
T_2	คือ อุณหภูมิอากาศที่วัดได้หลังผ่านแผงกันแดด (°F)
T_1	คือ อุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (°F)

เมื่อเข้าสมการที่ 1 แล้วจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_{eff}) ของแผงกันแดดดินเผา ทั่วไป และ แผงกันแดดร่วมกับการระเหยของน้ำ

3.6.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเรื่องความเร็วลมที่มีผลต่อการระเหยบนผิววัสดุดินเผา

เริ่มต้นด้วยการตั้งกล่องทดลองที่เป็นแผงกันแดดดินเผาระเหยน้ำเพื่อทำการทดลองการระเหย การระเหยด้วยความเร็วลม โดยนำพัดลมยี่ห้อ HATARI 18 นิ้ว รุ่น HA-I 1BM1 อัตราการระบายอากาศที่ 126 m³/min ห่างจากกล่องทดลอง 2 เมตรและวัดค่าความเร็วลม 3 ระดับตามประสิทธิภาพของเครื่อง โดยแบ่งเป็น

-เบอร์ 1 : ความเร็วลมที่ 0.4 m/s - 1.5 m/s

-เบอร์ 2 : ความเร็วลมที่ 1.6 m/s - 2.5 m/s

-เบอร์ 3 : ความเร็วลมที่ 2.5 m/s - 3.0 m/s

พร้อมวัดอุณหภูมิอากาศ T_{in} , อุณหภูมิอากาศ T_{out} และ อุณหภูมิผิววัสดุ โดย 1 ช่วงความเร็วลมใช้เวลาตั้งแต่ 8.00 น. – 18.00 น. นำข้อมูลมาสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 3.16 พัดลม HATARI รุ่น HA-I1BM1ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.17 การติดตั้งพัดลมหน้าแผงกันแดดในทดลองที่2

3.6.3 การทดลองที่ 3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1

เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณหาผลการใช้พลังงานในอาคาร โดยจะศึกษากับอาคาร ตัวอย่างแบบแบ่งตามประเภทของแผงกันแดดที่ทำการทดลอง ในงานวิจัยนี้ได้เลือกการใช้อาคารที่มีการใช้งานในตอนกลางวัน เนื่องจากประสิทธิภาพของแผงกันแดดนี้ได้ทำขึ้นมาเพื่อทดสอบการลดความร้อนเข้าสู่อาคารเป็นหลัก จึงจำเป็นต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ได้แก่

- ระยะเวลาในการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน
- อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ
- ประเภทและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
- ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์/พลังงานแสงสว่าง
- ตารางเวลาการใช้อาคาร
- ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร

เพื่อคำนวณการใช้พลังงานที่ใช้ในอาคารต่อปีจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยภายนอกและภายในอาคาร ดังนี้

- | | |
|--------------------------|---|
| <u>ปัจจัยภายนอกอาคาร</u> | <ul style="list-style-type: none"> -การถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมสู่เปลือกอาคารทั้งผนังและหลังคา -อิทธิพลจากการแผ่รังสีอาทิตย์ -การรั่วซึมของอากาศ |
| <u>ปัจจัยภายในอาคาร</u> | <ul style="list-style-type: none"> -ข้อมูลการใช้งานอาคาร -ความร้อนที่เกิดจากความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารต่อพื้นที่ -ความร้อนที่เกิดจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่าง |

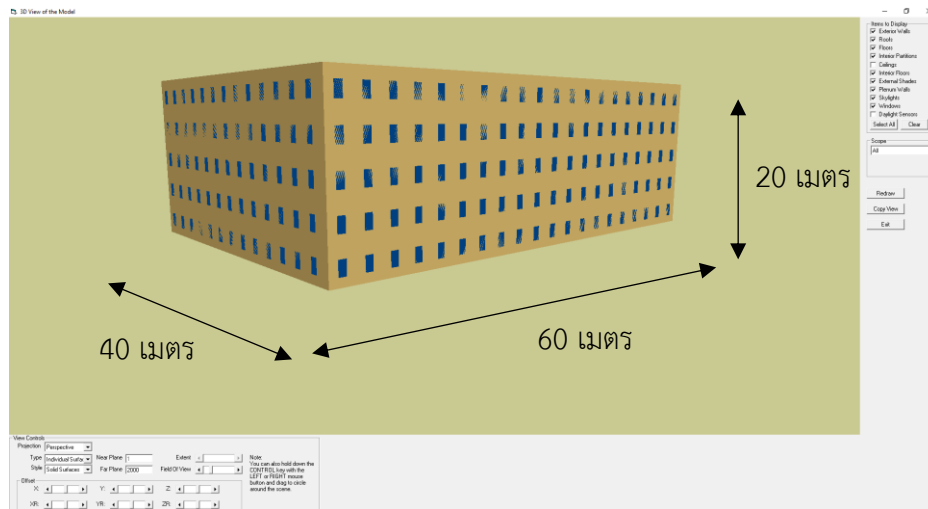
โดยงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีใน 3 กรณีคือ

- 1.แบบไม่มีแผงกันแดดดินเผา
- 2.แบบมีแผงกันแดดดินเผา
- 3.แบบมีแผงกันแดดดินเผา ร่วมการระเหย

อาคารที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้คืออาคารสำนักงานขนาดกลาง ลักษณะโดยทั่วไปของอาคารกรณีศึกษาในการวิจัยนี้ อ้างอิงมาจากการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับรายละเอียดการออกแบบอาคารสำนักงานทั่วไป (Typical Office Building) ในงานวิจัยของสวิชญา (2009) มีคุณสมบัติดังนี้

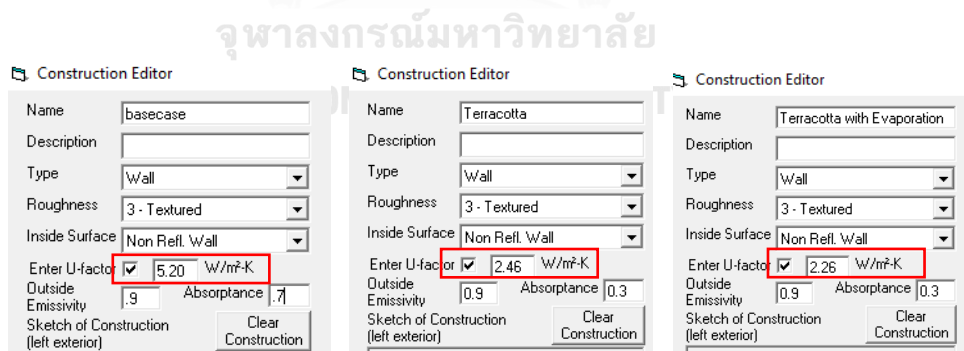
ตารางที่ 3.8 ข้อมูลสภาวะการใช้งานเครื่องปรับอากาศของอาคารสำนักงานต้นแบบ

ประเภทอาคาร		สำนักงานขนาดกลาง 5 ชั้น
พื้นที่		12,000 ตารางเมตร
ความสูงพื้นที่ถึงพื้นที่ชั้นถัดไป (Floor to Floor)		4 เมตร
โครงสร้างอาคาร, หลังคา		คอนกรีต, หลังคาคอนกรีต (Concrete Slap) หนา 10 เซนติเมตร บุนนวยไยแก้ว หนา 3 นิ้ว
สัดส่วนพื้นที่ต่อคน (Occupant Density)		25 ตารางเมตร ต่อ คน
ค่าการใช้แสงสว่าง		12 W/m ²
ค่าการใช้ไฟฟ้า		20 W/m ²
ระบบการทำความเย็น		Smart HVAC
ระยะเวลาในการใช้งานเครื่องปรับอากาศ	วันธรรมดา	09.00-18.00 น.
	วันเสาร์-อาทิตย์	-
	วันหยุด	-
สัดส่วนผนังที่ปิดต่อช่องเปิด		70 : 30
ประเภทกระจก		กระจกสีเขียวตัดแสงสองชั้น หนา 6 มม. 2 แผ่นประกอบกันโดยเว้นตรงกลางหนา 12 มิลลิเมตร
ประเภทผนัง		Precast concrete



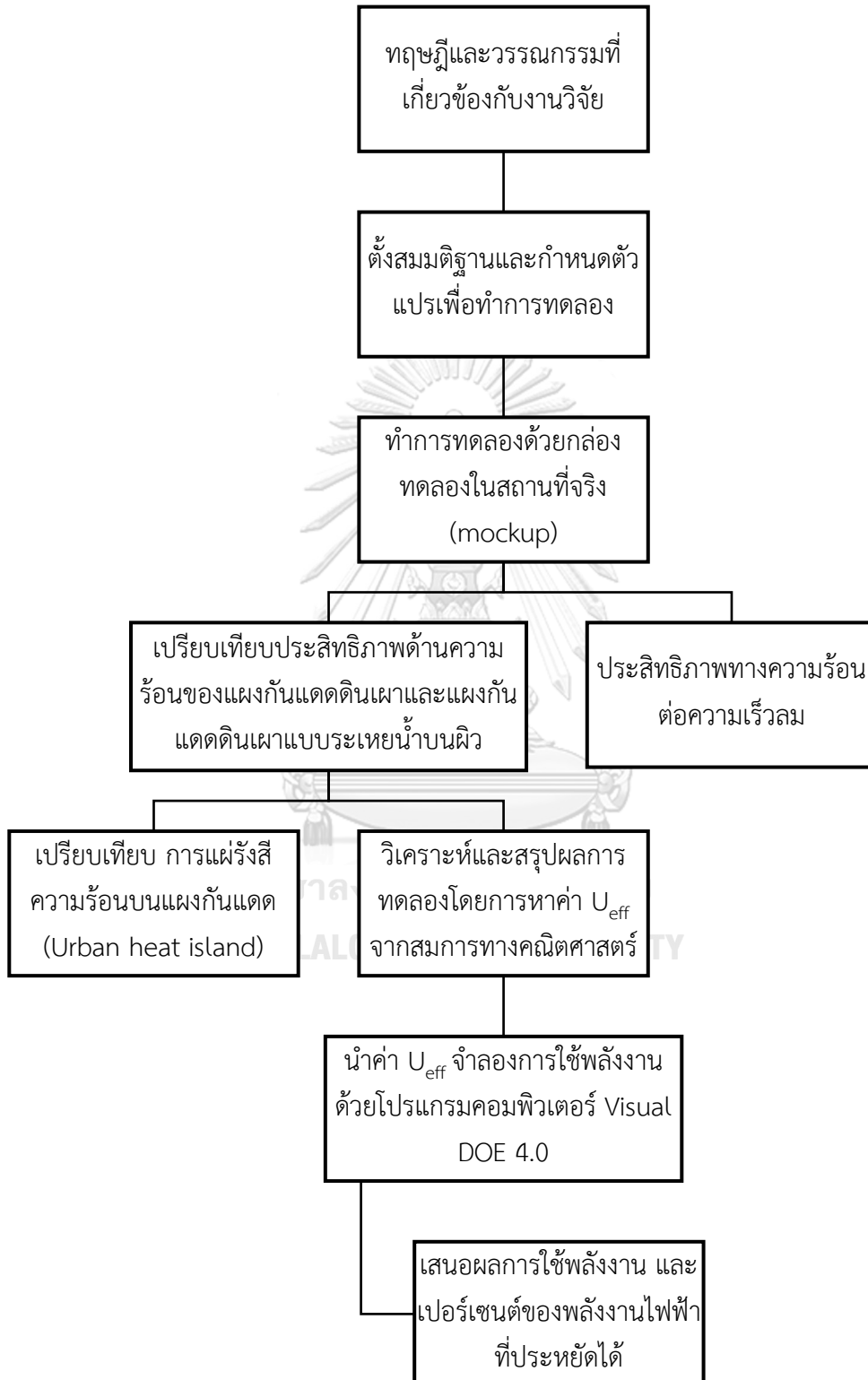
ภาพที่ 3.18 กรณีศึกษาอาคารสำนักงานขนาดกลาง

สำหรับงานวิจัยนี้ มุ่งศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังอาคารแบบไม่มีแผงกันแดด เปรียบเทียบกับผนังอาคารที่มีแผงกันแดดติดดินเผาทั่วไป และผนังอาคารที่มีแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ โดยทำการตั้งค่าที่กรอบอาคาร (Façade) จากนั้นเลือกชนิดผนัง (Wall Construction) ทำการแทนค่า U_{eff} ที่ได้จากการคำนวณลงไป ใน Construction Editor (ภาพที่ 3.19) เลือกใช้เฉพาะกำแพงด้านทิศใต้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารใน 1 ปี งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยเว้นช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่ผลการทดลองไม่ครอบคลุมเนื่องจากเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลกและอ้อมไปทางทิศเหนือ



ภาพที่ 3.19 การแทนค่า U_{eff} ของผนัง Basecase ,Terracotta and Terracotta with Evaporative Cooling

แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งประกอบไปด้วยการทดลองทั้งหมด 2 ส่วน โดยเริ่มจากการทดลองด้วยกล่องทดลองจำนวน 3 กล่องทดลอง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้จากการทดลองมาจำลองผลการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE

4.1 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางด้านความร้อน จากการศึกษาด้วยกล่องทดลอง



ภาพที่ 4.1 สถานที่ทดลองและการศึกษาด้วยกล่องทดลอง

ในส่วนของการทดลองด้วยกล่องทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป โดยการจำลองกล่องทดลอง 3 กล่องทดลอง ได้แก่ กล่องทดลองที่ 1 แบบไม่มีแผงกันแดด (Basecase) กล่องทดลองที่ 2 แบบมีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta) และกล่องทดลองที่ 3 แบบมีแผงกันแดดดินเผาพร้อมกับการระเหยน้ำ (Terracotta with Evaporative Cooling) โดยกล่องทดลองทั้ง 3 กล่องมีขนาด 70 x 90 เซนติเมตร ด้านหน้าของกล่องทดลองที่ 2 และ 3 ติดตั้งแผงกันแดดห่างจากกล่องทดลอง 10 เซนติเมตร ขนาด 120 x 120 เซนติเมตร เปรียบเสมือนการติดตั้งแผงกันแดดบนผนังอาคาร

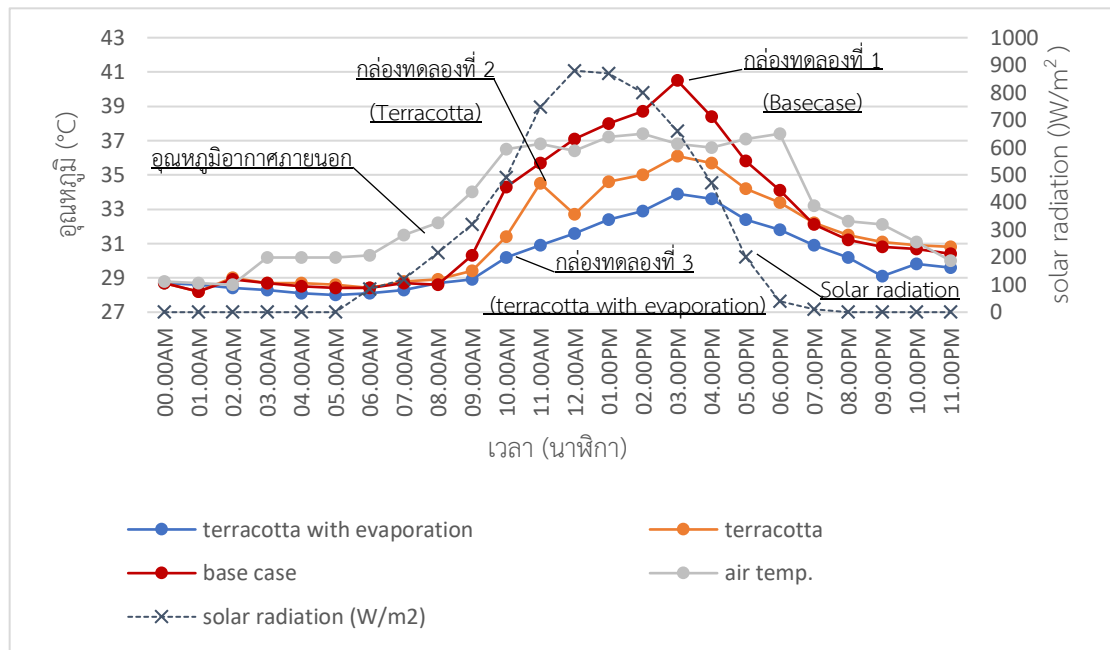
การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองบริเวณเขตบางปู สมุทรปราการ โดยติดตั้งกล่องทดลองไว้บริเวณกลางแจ้ง หันด้านที่ทำการทดลองไปทางทิศใต้ ปรากฏจากร่มเงารอบด้าน การทดลองได้เลือกวันทำการทดลองในช่วงเดือน มีนาคม - เมษายน

- การทดลองส่วนที่ 1 ได้ทำการทดลองทั้งวันแดดออกจัด และวันเมฆมากครีမ်ฟ้าครีမ်ฝน ทำการเก็บผลข้อมูลอุณหภูมิ บันทึกข้อมูลทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 23.00 น. บันทึกข้อมูลอุณหภูมิทั้งหมด 3 จุดในกล่องทดลองที่ 1 และบันทึกข้อมูลอุณหภูมิทั้งหมด 6 จุดในกล่องทดลองที่ 2 และ 3 โดยข้อมูลอุณหภูมิที่ทำการบันทึก ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ,อุณหภูมิผิวแผงกันแดดดินเผา ,อุณหภูมิผิวแผ่นสเมาร์ทบอร์ด ,อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด ,อุณหภูมิอากาศที่กล่องทดลอง ,อุณหภูมิอากาศหลังผ่านพัดลมระบายอากาศ หลังจากเก็บผลการทดลอง ได้นำผลการทดลองเข้าสมการเพื่อคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังที่มีแผงกันแดด ตามสมการที่ 1 โดยวันแดดจัดมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 35°C ในช่วงเวลา 08.00 น. – 18.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 67.31% ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 08.00 น. - 20.00 น. สูงสุดเท่ากับ 790 W/m^2 อัตราการระเหยเท่ากับ 25 kg/m^2 และวันเมฆมากครีမ်ฟ้าครีမ်ฝน มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 30.4°C ในช่วงเวลา 08.00 น. – 18.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 75.41% ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 08.00 น. - 20.00 น. สูงสุดเท่ากับ 491 W/m^2

- การทดลองส่วนที่ 2 ได้ทำการทดลองผลกระทบจากความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการระเหยบนแผงกันแดด โดยทำการทดลองเป็นเวลา 3 วัน ตั้งแต่เวลา 08.00 น. – 18.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกและค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยการทดลองที่ 2 ในวันที่ 1 มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอกเท่ากับ 35.4°C ค่ารังสีอาทิตย์วัดได้เท่ากับ 757.2 W/m^2 อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเท่ากับ 39.6°C วันที่ 2 มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอกเท่ากับ 33.8°C ค่ารังสีอาทิตย์วัดได้เท่ากับ 710 W/m^2 อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเท่ากับ 37.6°C วันที่ 3 มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอกเท่ากับ 32.6°C ค่ารังสีอาทิตย์วัดได้เท่ากับ 654.8 W/m^2 อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเท่ากับ 35.7°C

ผลการทดลองส่วนที่ 1.1 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดด (Basecase) กล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta) และแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ (Terracotta with Evaporation) ในวันแดดออก

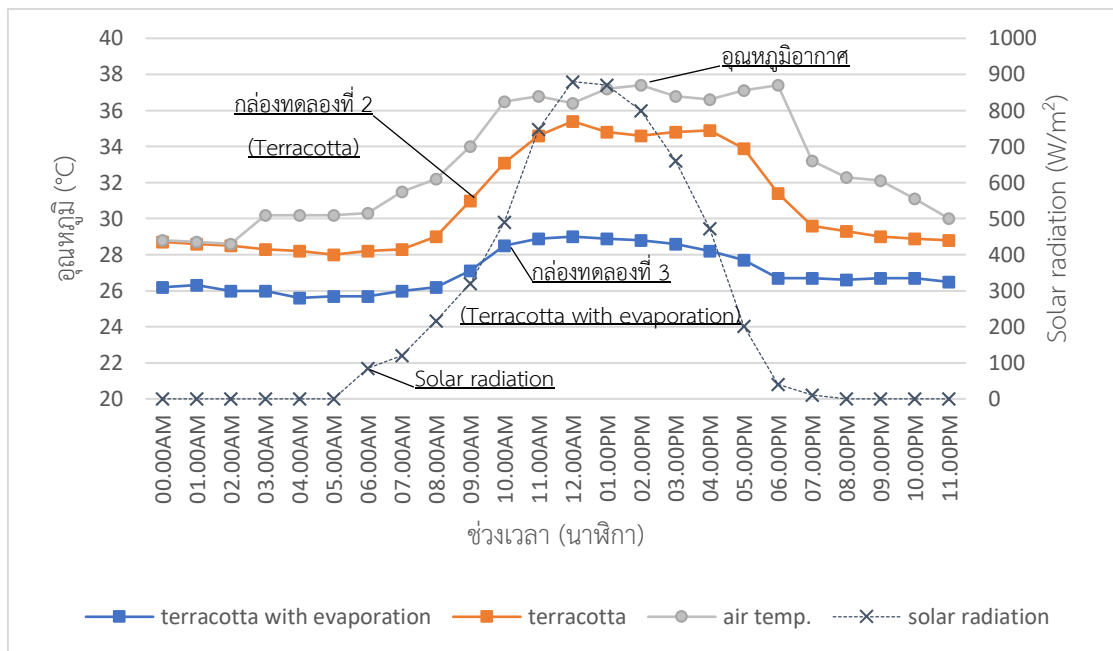
1) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0)



แผนภูมิที่ 4.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0)

เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศระหว่างกล่องทดลองทั้ง 3 กล่องทดลอง พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดดมีค่าอุณหภูมิสูงกว่ากล่องทดลองที่ 2 และกล่องทดลองที่ 3 ตลอดทั้งวัน และในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 04.00 น. กล่องทดลองที่ 1 แบบไม่มีแผงกันแดดมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องทดลอง กล่องทดลองที่ 2 และ 3 เป็นกล่องทดลองแบบมีแผงกันแดด สามารถลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้โดยตรงทำให้อุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองทั้ง 2 มีค่าต่ำกว่าแบบไม่มีแผงกันแดด โดยกล่องทดลองที่ 1 มีอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดอยู่ที่ 40.5 °C ในเวลา 03.00 น. กล่องทดลองที่ 2 มีอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดอยู่ที่ 37.4 °C ในเวลา 06.00 น. และกล่องทดลองที่ 3 มีอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดอยู่ที่ 33.9 °C ในเวลา 03.00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดดอยู่ที่ 6.6 °C

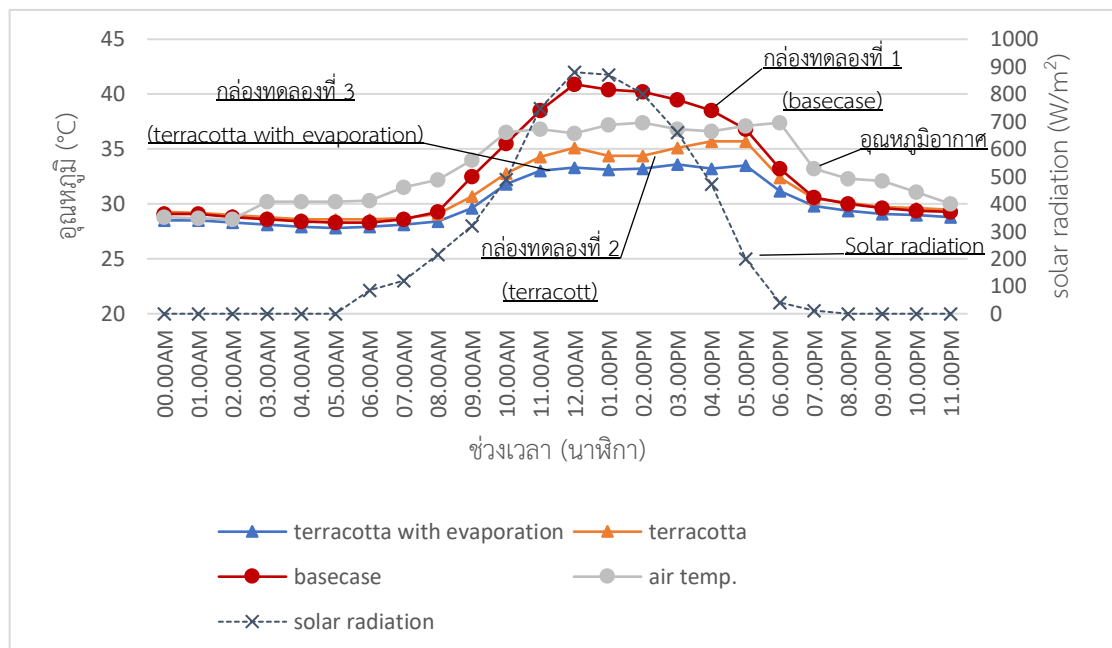
2) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ



แผนภูมิที่ 4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ

เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิบนผิววัสดุดินเผาในกล่องทดลองที่ 2 และ 3 พบว่าอุณหภูมิบนผิวแผงกันแดดดินเผาที่มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวัน โดยอุณหภูมิบนผิววัสดุของแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำมีอุณหภูมิผิวต่ำที่สุดอยู่ที่ 25.6 °C ในเวลา 04.00 น. และมีอุณหภูมิสูงที่สุดเท่ากับ 29 °C ในเวลา 12.00 น. และอุณหภูมิบนผิววัสดุของแผงกันแดดดินเผาทั่วไปมีอุณหภูมิผิวต่ำที่สุดอยู่ที่ 28 °C ในเวลา 05.00 น. และมีอุณหภูมิสูงที่สุดเท่ากับ 35.4 °C ในเวลา 12.00 น. พบว่าแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพในการลดการดูดซับความร้อนในเนื้อวัสดุเนื่องจากน้ำในเนื้อวัสดุมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนจากเนื้อวัสดุเมื่อมีปัจจัยจากจากดวงอาทิตย์และปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบของไอน้ำ โดยกล่องทดลองที่ 3 มีอุณหภูมิผิวเฉลี่ยอยู่ที่ 27.1°C และกล่องทดลองที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 30.8°C

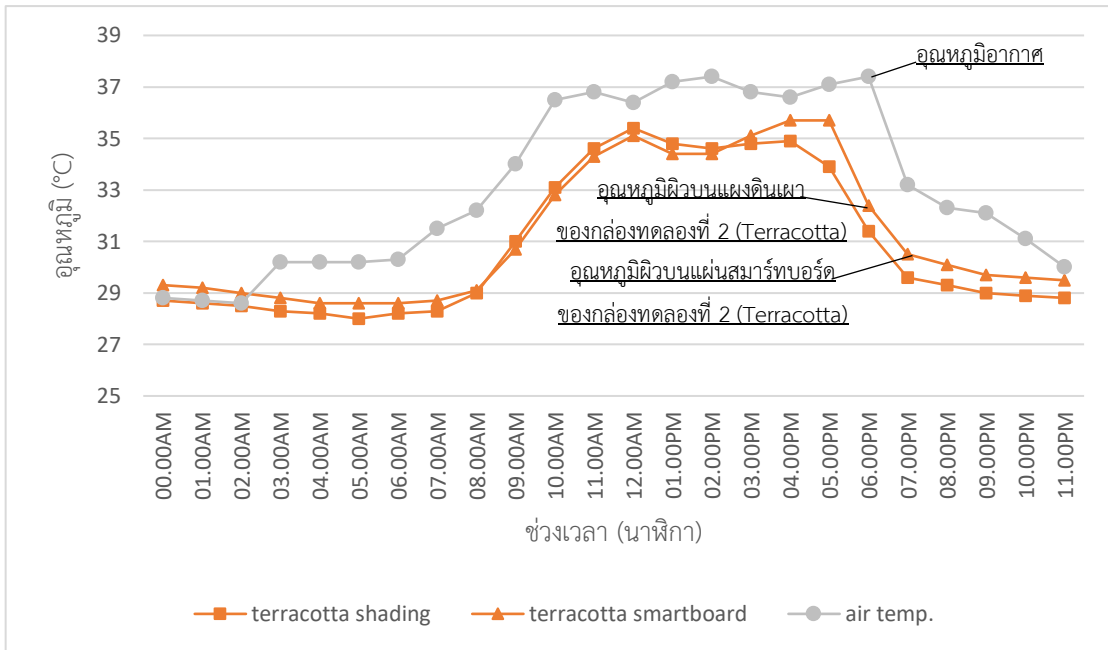
3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ททอรัลบนกล่องทดลองที่ 1, 2 และ 3



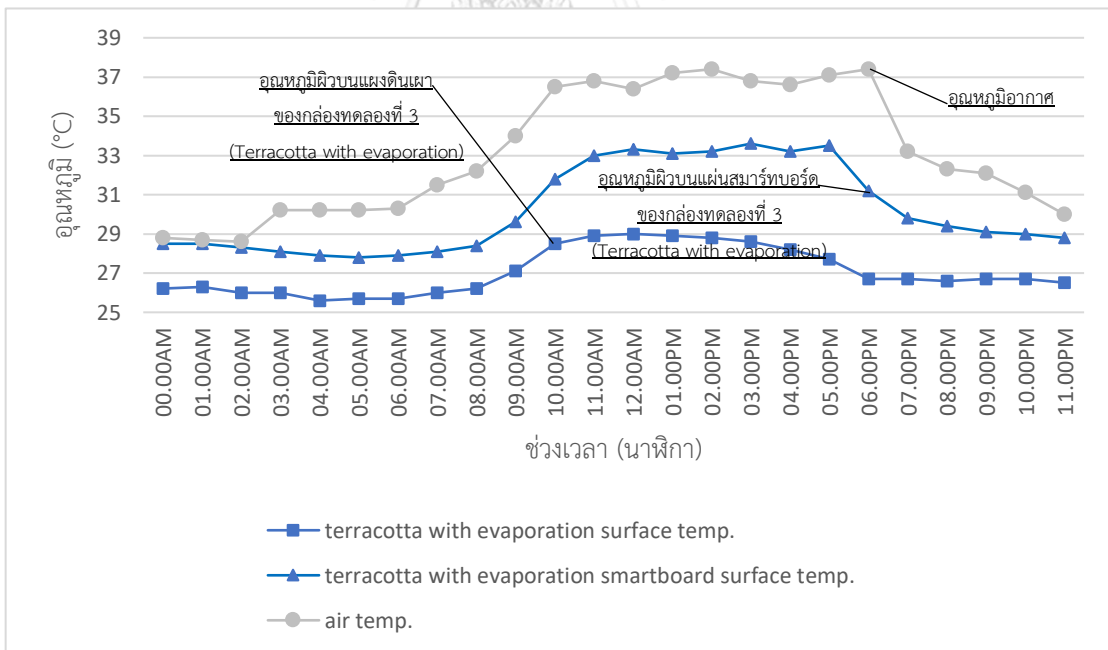
แผนภูมิที่ 4.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ททอรัลบนกล่องทดลองที่ 1, 2 และ 3

จากแผนภูมิที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนของแผงดินเผาพร้อมกับระเหยพบว่าอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ททอรัลในกล่องทดลองที่ 3 มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวัน และสามารถลดอุณหภูมิบนผิวสมาร์ททอรัลได้เฉลี่ยเท่ากับ 2 °C เมื่อเปรียบเทียบกับกล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป และ 3.4 °C เมื่อเทียบกับกล่องทดลองที่ 1 แบบไม่มีแผงกันแดด โดยตอนกลางวัน วัสดุกันแดดได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกสูงขึ้น ส่งผลให้ผิวสมาร์ททอรัลมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากแผนภูมิที่ 4.3 พบว่า แผงกันแดดดินเผาจะระเหยน้ำทำหน้าที่ป้องกันความร้อนด้วยการลดอุณหภูมิอากาศที่เข้ามาหลังแผงก่อนความร้อนจะเข้ามาภายในอาคาร จึงมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิผิวสมาร์ททอรัล ในช่วงเวลากลางคืน เมื่อวัสดุเริ่มคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้า ทำให้อุณหภูมิบนแผ่นสมาร์ททอรัลเริ่มลดต่ำลงในทุกกล่องทดลอง จนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันคือ 28.6 °C

4) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ททอรัลบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3



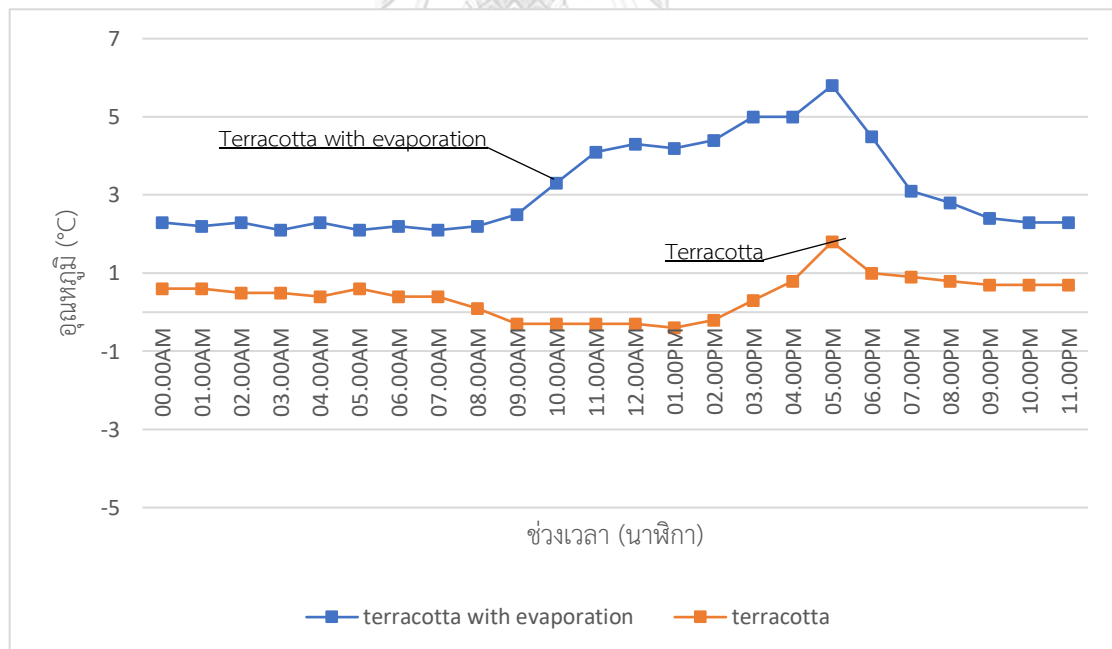
แผนภูมิที่ 4.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2



แผนภูมิที่ 4.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนังสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 3

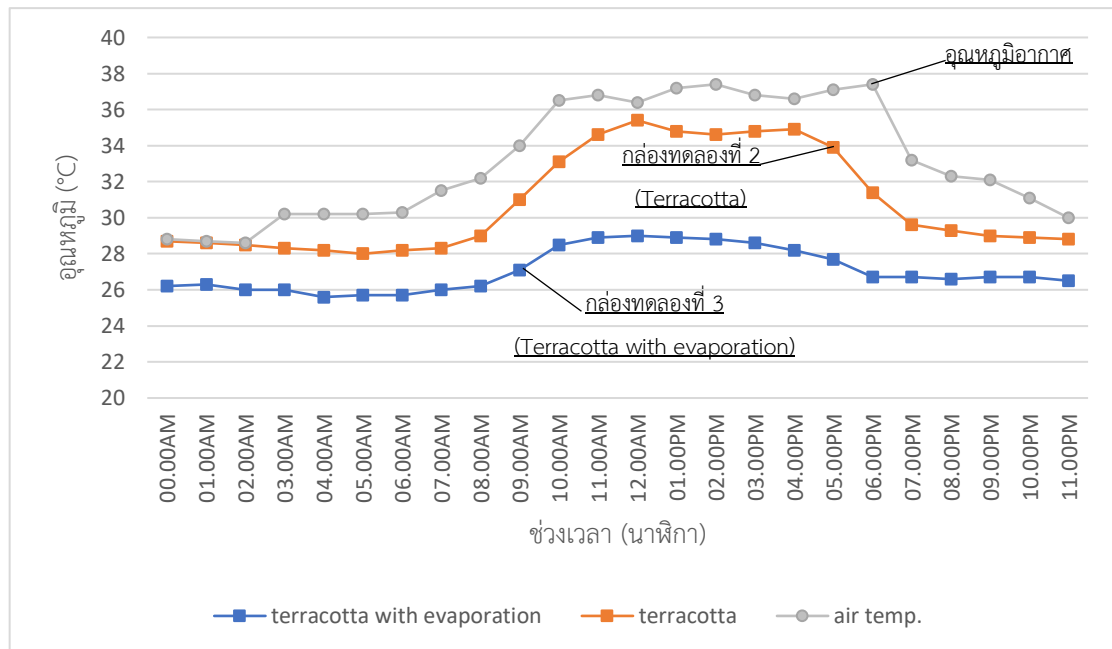
จากแผนภูมิที่ 4.4 - 4.5 แสดงให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิผิวบนดินเผา และแผ่นสมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3 โดยในช่วงเวลากลางวัน การติดตั้งแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิบนผิวดินเผาและอุณหภูมิบนแผ่นสมาร์ทบอร์ด มากกว่ากล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิที่เข้ามาผ่านแผงกันแดดร่วมการระเหยได้ถึง 4.6 °C แสดงว่า แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความร้อนจากวัสดุ ได้ดีกว่าแบบไม่มีการระเหยน้ำ ซึ่งลดอุณหภูมิได้น้อยกว่า ในช่วงเวลากลางคืน ความแตกต่างของอุณหภูมิบนแผงกันแดดดินเผา กับแผ่นสมาร์ทบอร์ดในกล่องทดลองที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ เนื่องจากในช่วงเวลากลางคืนมีการคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้า ทำให้ อุณหภูมิแผ่นสมาร์ทบอร์ดใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นจากความแตกต่างของอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดที่มีผลต่ออุณหภูมิบนแผ่นสมาร์ทบอร์ด (ΔT) ดังแผนภูมิที่ 4.6

5) การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิว (ΔT) บนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนัง สมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3



แผนภูมิที่ 4.6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิว (ΔT) บนแผงกันแดดกับอุณหภูมิผิวผนัง สมาร์ทบอร์ดบนกล่องทดลองที่ 2 และ 3

6) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศ (T_0) บนกล่องทดลองที่ 2 และ กล่องทดลองที่ 3

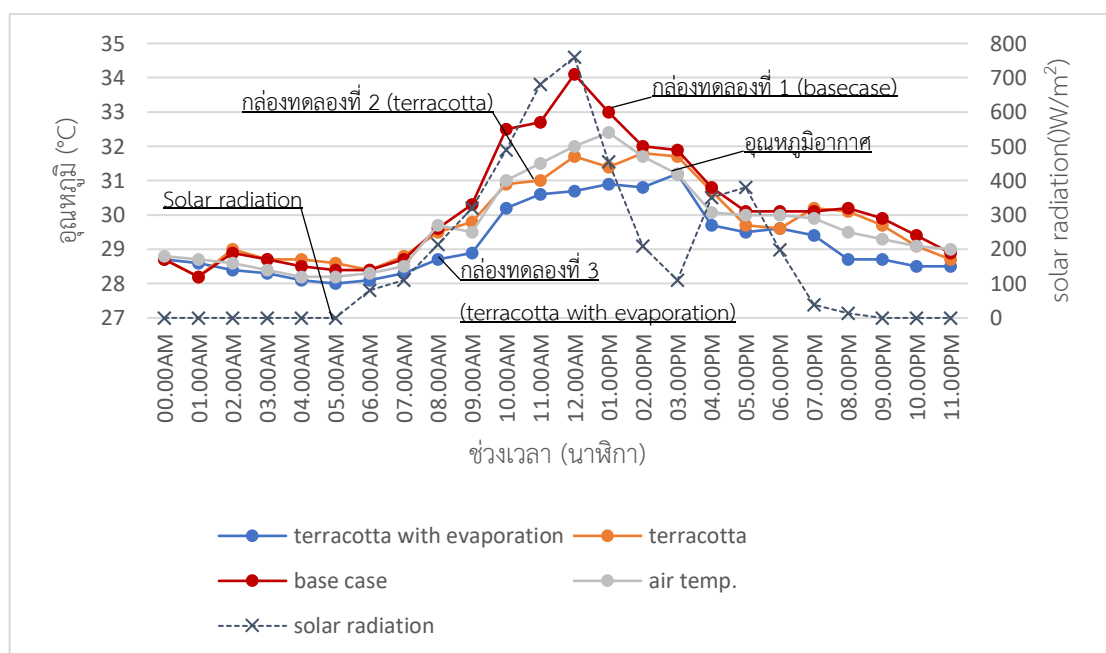


แผนภูมิที่ 4.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศ (T_0) บนกล่องทดลองที่ 2 และ 3

จากภาพที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนของแผงดินเผาพร้อมกับระเหยพบว่าอุณหภูมิหลังผ่านแผงกันแดดมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั้ง 2 กรณี ในช่วงเวลากลางวัน การใช้แผงกันแดดดินเผาพร้อมกับการระเหยของน้ำทำให้อุณหภูมิอากาศต่ำสุด 25.7°C ในช่วงเวลา 06.00 น. และสูงสุดที่ 28.9°C ในช่วงเวลา 11.00 น. โดยประสิทธิภาพของการใช้แผงกันแดดดินเผาพร้อมกับการระเหยสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายนอกได้เฉลี่ยถึง 4.7°C เนื่องจากการระเหยของน้ำสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้

ผลการทดลองส่วนที่ 1.2 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดด (Basecase) กล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta) และแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ (Terracotta with Evaporation) ในวันที่เมฆมากครึ้มฟ้าครึ้มฝน

1) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0)

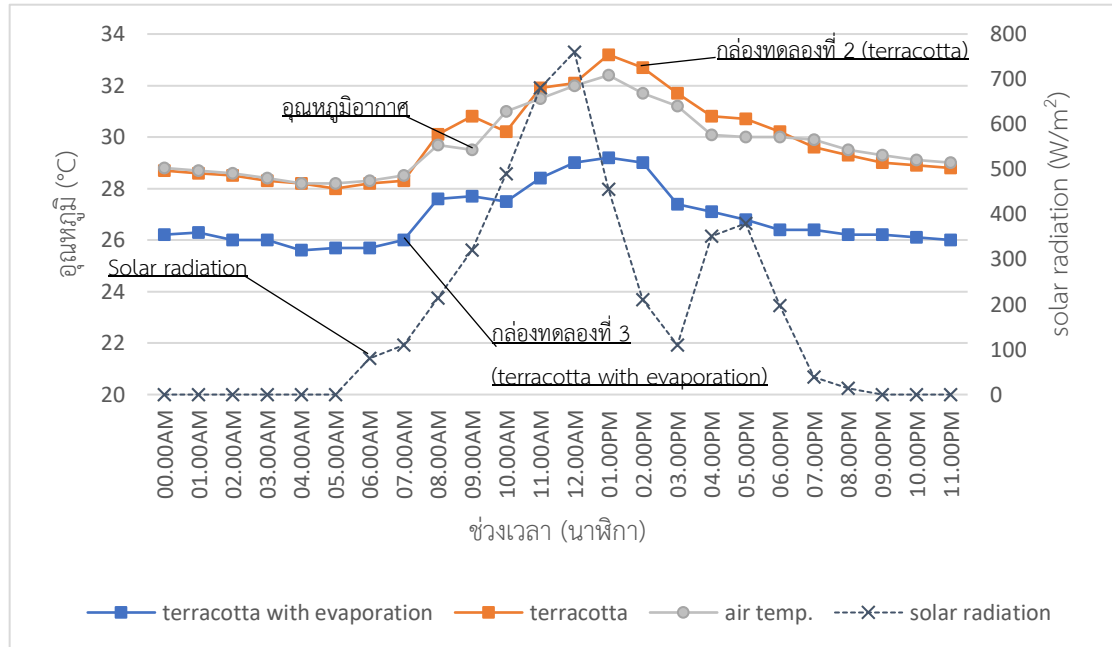


แผนภูมิที่ 4.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง (T_1) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากแผนภูมิข้างต้น เป็นการบันทึกอุณหภูมิในวันที่เมฆมากครึ้มฟ้าครึ้มฝน มีฝนตกเล็กน้อยในช่วงเวลา 14.00 น. พบว่าในช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิอากาศที่ไม่สูงนัก และมีแสงแดดช่วง 09.00 น. - 13.00 น. ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงที่มีแสงแดดออกคือ 09.00 น. - 13.00 น. โดยอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองที่ 3 มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกทั้งวันเฉลี่ยอยู่ที่ 29.7°C และต่ำกว่ากล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไปอยู่ที่ 13.3°C เนื่องจากเป็นวันครึ้มฟ้าครึ้มฝนจึงทำให้วัสดุไม่ได้ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จึงไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในกล่องทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและปัจจัยรังสีอาทิตย์มีผลโดยตรงกับอุณหภูมิ

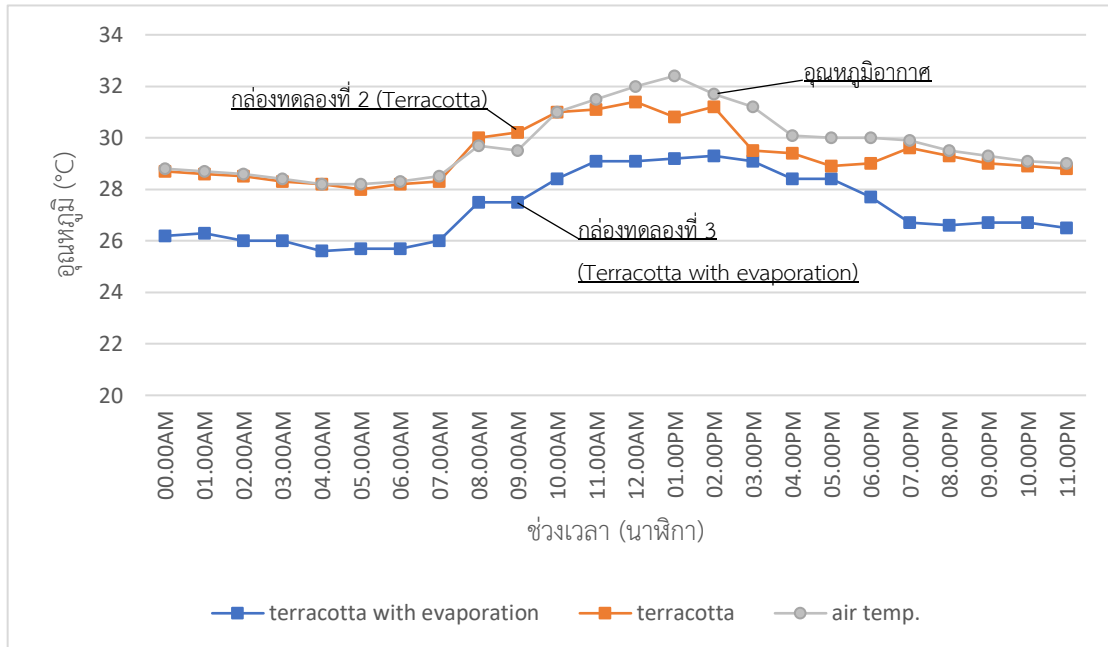
2) การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผา
ร่วมกับการระเหยน้ำ



แผนภูมิที่ 4.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อุณหภูมิผิวบนแผงกันแดดดิน
เผาร่วมกับการระเหยน้ำ

จากแผนภูมิที่ 4.9 สามารถสรุปได้ว่าวันครีမ်ฟ้าครีမ်ฝน มีฝนตกในช่วง 15.00 น. ส่งผลให้
อุณหภูมิผิวของแผงกันแดดทั้ง 2 แบบมีอุณหภูมิต่ำลงประมาณ 1.5 – 2 °C อุณหภูมิของแผงกันแดด
ดินเผาที่มีการระเหยของน้ำร่วมด้วยมีประสิทธิภาพในการลดการแผ่รังสีความร้อนบนวัสดุได้ดี ทำให้
อุณหภูมิผิววัสดุต่ำกว่าแบบทั่วไปถึง 2.9 °C ในช่วง 09.00 น. -13.00 น. มีแดดออกทำให้ช่วงเวลา
09.00 น. -13.00 น. อุณหภูมิผิววัสดุสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากรับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวง
อาทิตย์เท่านั้น ส่งผลให้ในวันครีမ်ฟ้าครีမ်ฝน พบว่าแผงกันแดดดินเผาทั่วไปมีอุณหภูมิแตกต่างจาก
อุณหภูมิอากาศเล็กน้อยมากเนื่องจาก วัสดุผนังไม่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ จึงไม่มีการถ่ายเทความ
ร้อนบนผิววัสดุ

3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T₂) บนกล่องทดลองที่ 2 และ กล่องทดลองที่ 3

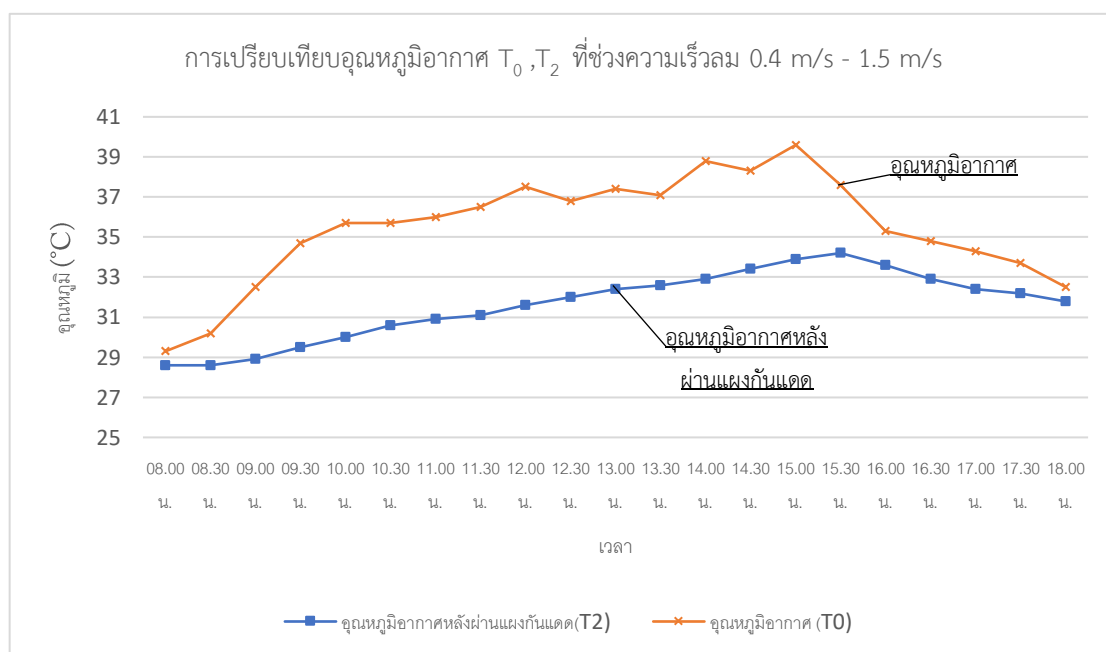


แผนภูมิที่ 4.10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T₂) กับอุณหภูมิอากาศ (T₀) บนกล่องทดลองที่ 2 และ 3

จากแผนภูมิที่ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนของแผงดินเผา ร่วมกับการระเหยในวันครีမ်ฟ้าครีမ်ฝน พบว่าอุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่านแผงกันแดดในกล่องทดลองที่ 3 มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 1.7 °C และในสภาพอากาศที่มีเมฆมาก และมีฝนตกช่วง 15.00 น. ทำให้อุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านแผงกันแดดทั้ง 2 แบบ มีอุณหภูมิลดต่ำลงเนื่องจากความชื้นในอากาศที่เพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองส่วนที่ 2 การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิหลังผ่านแผงกันแดด ร่วมกับการระเหยของน้ำใน 3 ช่วงความเร็วลม ได้แก่ ความเร็วลมที่ 0.4 m/s - 1.5 m/s , ความเร็วลมที่ 1.6 m/s - 2.5 m/s และความเร็วลมที่ 2.6 m/s - 3.0 m/s

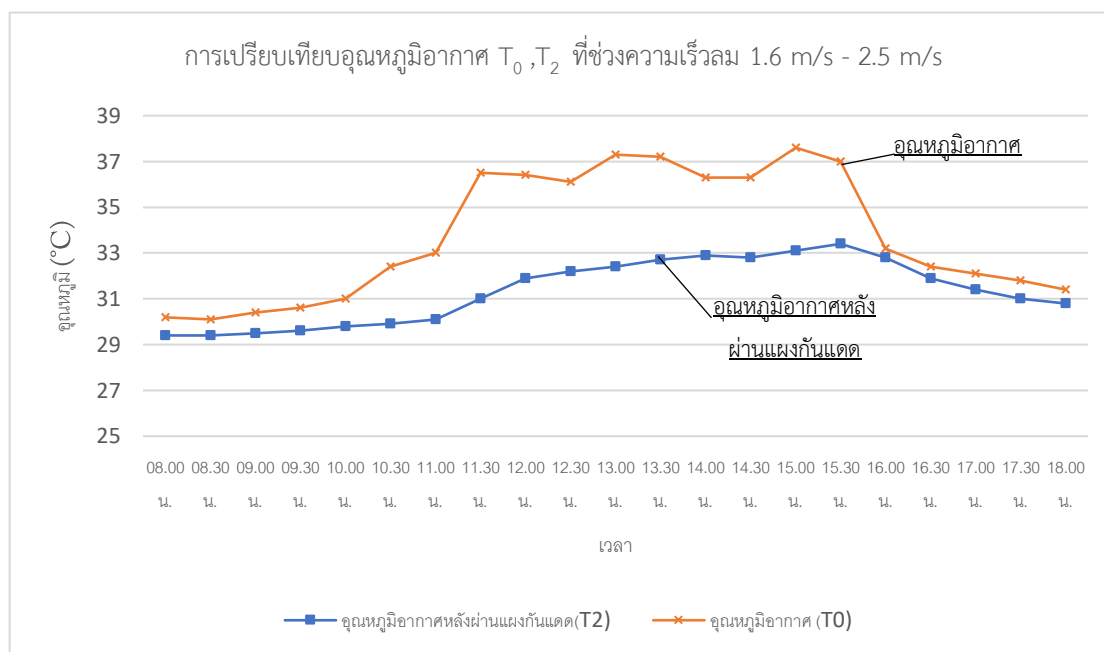
1) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2) วันที่ 1 ที่ความเร็วลม 0.4 m/s - 1.5 m/s



แผนภูมิที่ 4.11 เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศ (T_0) และอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด दिन เปร่วมกับการระเหยของน้ำในช่วงความเร็วลมที่ 0.4 - 1.5 m/s

การทดลองวันที่ 1 ช่วงความเร็วลม 0.4 m/s - 1.5 m/s มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 35.4 °C ค่ารังสีดวงอาทิตย์วัดได้ 757.2 W/m² พบว่าในช่วงเวลา 08.00 น. และ 18.00 น. อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่ที่ 29 °C และ 32 °C และตลอดทั้งวันอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดมีค่าสูงสุดที่ 34.2 °C ในช่วงเวลา 15.30 น. โดยที่อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกถึง 3.8 °C

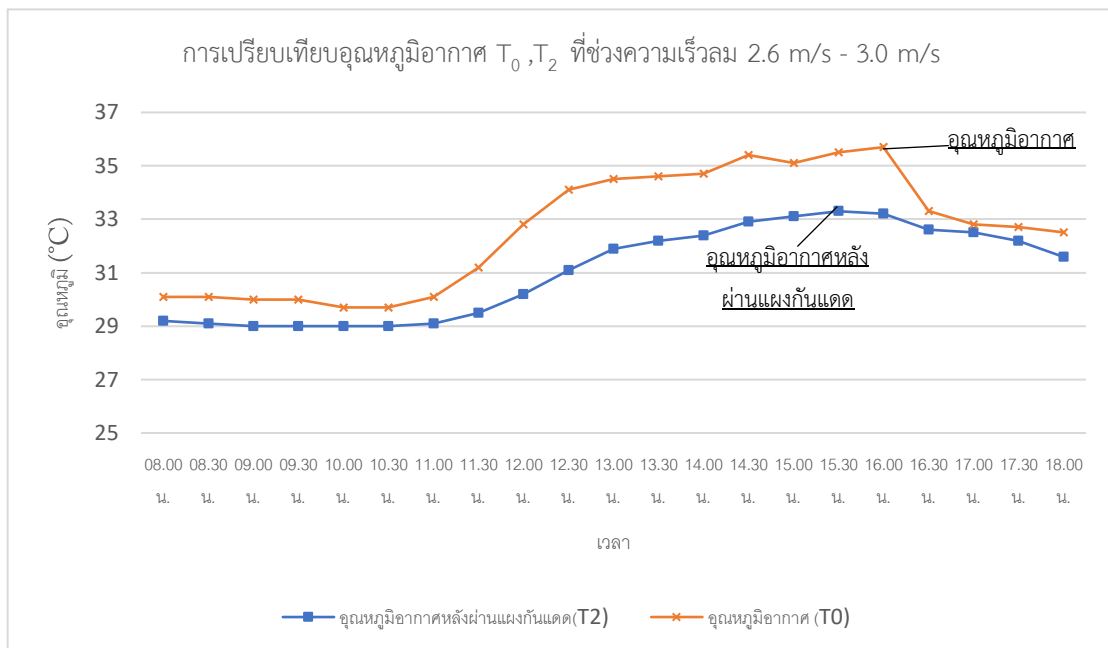
2) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2)
วันที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.6 m/s - 2.5 m/s



แผนภูมิที่ 4.12 เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศ (T_0) และอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดิน เฝาร่วมกับการระเหยของน้ำในช่วงความเร็วลมที่ 1.6 – 2.5 m/s

การทดลองวันที่ 2 ช่วงความเร็วลม 1.6 m/s – 2.5 m/s มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 33.7 °C ค่ารังสีดวงอาทิตย์วัดได้ 710 W/m² พบว่าอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผงกันแดดและหลังผ่านแผงกันแดดในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. มีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เท่ากับ 31 °C และช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 18.00 น. อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ตั้งแต่ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 15.30 น. อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดมีค่าสูงสุดที่ 33.4 °C โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 31.3 °C โดยใน 1 วัน อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดสามารถลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 2.6 °C

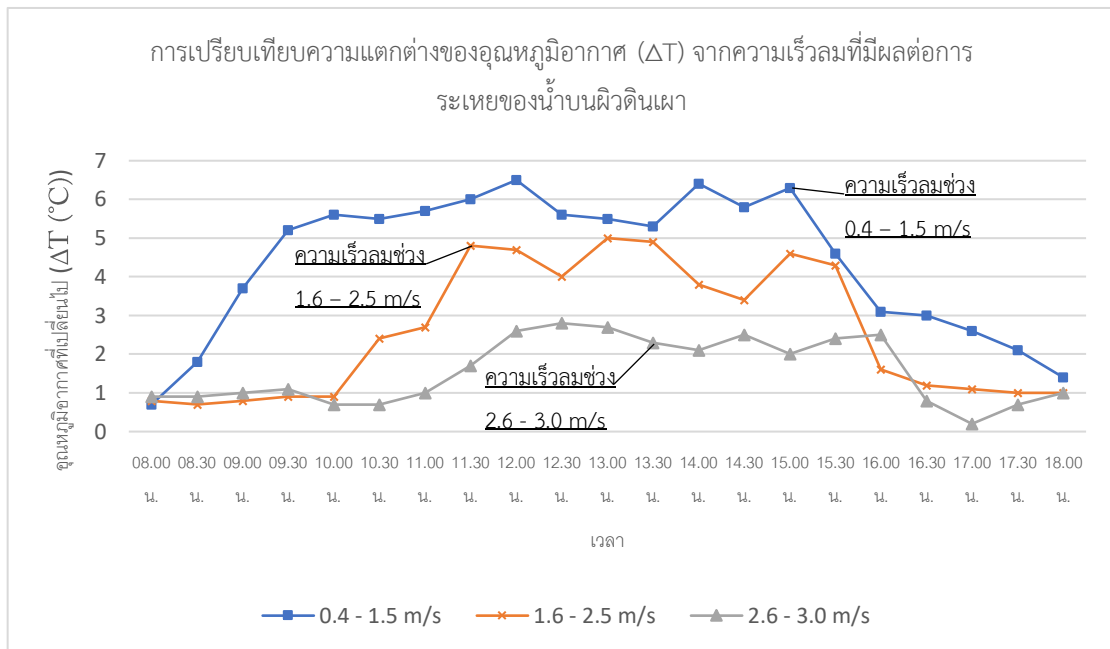
3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดด (T_2)
วันที่ 3 ที่ความเร็วลม 2.6 m/s - 3.0 m/s



แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศ (T_0) และอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดิน เมาว์ร่วมกับการระเหยของน้ำในช่วงความเร็วลมที่ 2.6 – 3.0 m/s

การทดลองวันที่ 3 ช่วงความเร็วลม 2.6 m/s – 3.0 m/s มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 32.6 °C ค่ารังสีดวงอาทิตย์วัดได้ 654.8 W/m² พบว่าอุณหภูมิอากาศมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดตลอดทั้งวัน โดยที่อุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผงกันแดดและหลังผ่านแผงกันแดดมีค่าเฉลี่ยต่างกันอยู่ที่ 2.1 °C และในช่วงเวลาตั้งแต่ 16.30 น. – 18.00 น. อุณหภูมิอากาศมีความใกล้เคียงกันที่ 33 °C โดยอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดมีค่าเฉลี่ยอยู่เท่ากับ 31 °C

4) การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ (ΔT) หลังผ่านแผงกันแดด (T_2) กับอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_0) ในช่วงความเร็วลม 0.4 m/s - 1.5 m/s, 1.6 m/s - 2.5 m/s และ 2.6 m/s - 3.0 m/s



แผนภูมิที่ 4.14 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ (ΔT) จากความเร็วลมที่มีผลต่อการระเหยของน้ำบนผิวดินเผา

จากแผนภูมิที่ 4.14 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำในช่วงความเร็วลมทั้ง 3 ช่วง พบว่าความเร็วลมมีผลต่อการเร่งอัตราการระเหยของน้ำบนผิววัสดุ โดยช่วงที่มีความเร็วลมที่ 0.4 – 1.5 m/s มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศมากกว่าความเร็วลมช่วงที่ 1.6 -2.5 m/s และ 2.6 – 3.0 m/s เฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 6.5 °C จะเห็นได้ว่าความเร็วลมที่สูงขึ้นกลับทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศน้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิอากาศของแผงดินเผา นี้ลดต่ำลงตามไปด้วย จึงสามารถอธิบายได้ว่า ความเร็วลมที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิอากาศของแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำอยู่ที่ 0.4 – 1.5 m/s และในช่วงความเร็วลมที่สูงขึ้น เช่น 1.6 - 2.5 m/s และ 2.6 – 3.0 m/s ส่งผลให้การระเหยของน้ำไม่สามารถระเหยเป็นไปได้อย่าง

4.2 ผลจากการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

ผลจากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากกล่องทดลอง สามารถนำค่าอุณหภูมิที่บันทึกได้มาเข้าสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ทราบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (U_{eff}) ของผนังอาคารที่มีแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ โดยพลังงานความร้อนรวมทั้งหมดที่เข้ามาในกล่องทดลอง (Q_1) มีความสมดุลเท่ากับพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาหลังแผงกันแดดโดยใช้พัดลมระบายอากาศไหลพัดเวียนออกจากช่องว่างระหว่างแผงกันแดดและกล่องทดลอง (Q_2) รวมกับพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่นสมาร์ทบอร์ดเข้ามาในกล่องทดลอง (Q_3) ในสมการที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ดังนี้

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (12)$$

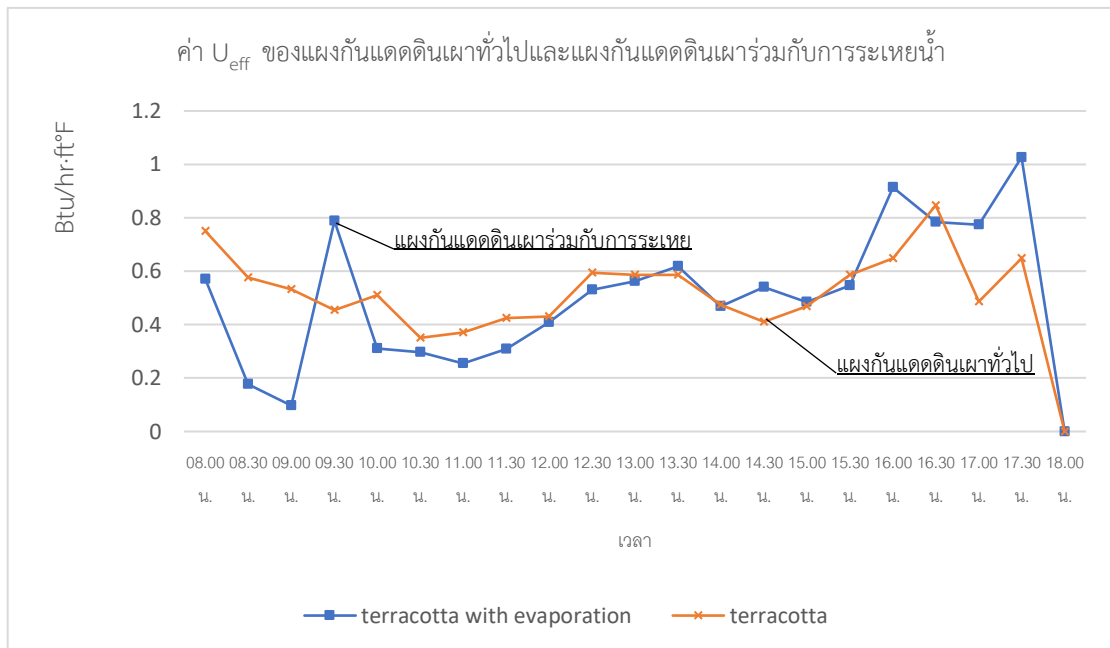
$$Q_1 = U_{\text{eff}} A (T_0 - T_2) \quad (13)$$

$$Q_2 = \text{CFM} (1.08) (T_3 - T_2) \quad (14)$$

$$Q_3 = U_{\text{smartboard}} A (T_2 - T_1) \quad (15)$$

$$U_{\text{eff}} A (T_0 - T_2) = [\text{CFM} (1.08) (T_0 - T_2)] + [U_{\text{smartboard}} A (T_2 - T_1)]$$

เมื่อแทนค่าในสมการแล้ว จะ สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U_{eff})



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงค่า U_{eff} ของกล่องทดลองที่ 2 และกล่องทดลองที่ 3

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_{eff}) ของกล่องทดลองต่างๆที่ได้จากการทดลอง

ประเภทของกล่องทดลอง	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U_{eff} ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
1.กล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดดดินเผา (Basecase)	5.20
2.กล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผา (Terracotta)	2.45
3.กล่องทดลองที่มีแผงกันแดดดินเผาพร้อมกับการระเหย (Terracotta with evaporation)	2.26

จากตารางที่ 4.2 พบว่าแผงกันแดดดินเผาพร้อมกับการระเหยของน้ำมีคุณสมบัติเป็นผนังป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่เข้าสู่อาคารต่ำกว่าแผงกันแดดดินเผาแบบทั่วไปเท่ากับ $0.2 W/m^2 \cdot ^\circ C$ และแบบไม่มีแผงกันแดดเท่ากับ $2 W/m^2 \cdot ^\circ C$ ดังนั้นการใช้แผงกันแดดดินเผาพร้อมกับการระเหยของน้ำมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และสามารถทำให้การถ่ายเทความร้อนบนผนังอาคารลดลงสำหรับอาคารที่ใช้งานในตอนกลางวันได้ดีกว่าการใช้แผงกันแดดดินเผาทั่วไป

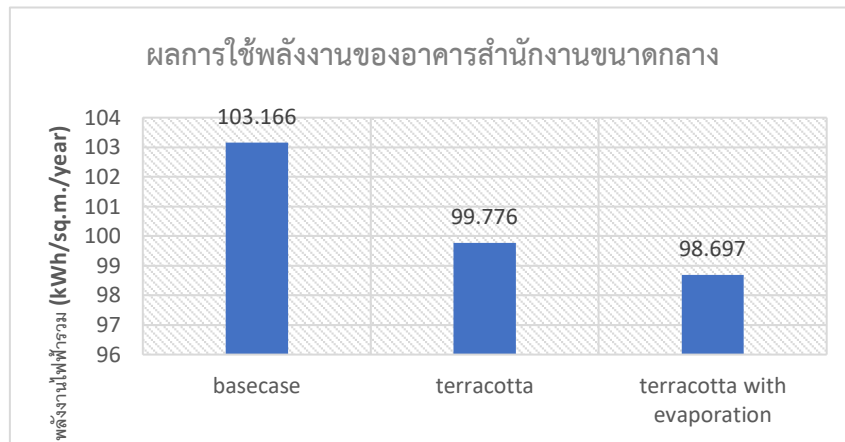
4.3 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการจำลองอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1

โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการทดลองมาคำนวณในสภาวะทางคณิตศาสตร์ มาใส่เป็นข้อมูลของผนังอาคารในอาคารสำนักงาน 3 แบบ คือ 1.แบบไม่มีแผงกันแดด (Basecase) 2.แบบมีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta) 3.แบบมีแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ (Terracotta with Evaporative cooling) โดยพิจารณาผลการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อ 1 หน่วยพื้นที่ภายใน 1 ปี ดังนี้

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

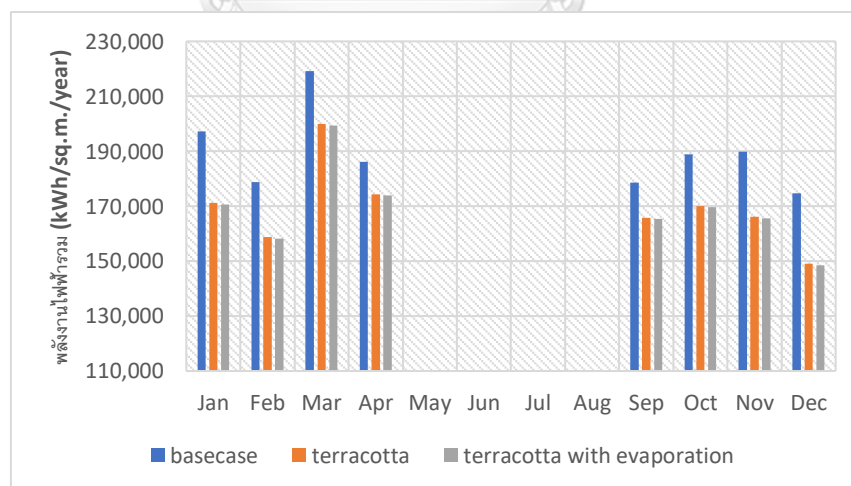
ประเภท	U_{eff} (W/m ² ·°C)	kWh/sq.m/year	พลังงานที่ประหยัดได้ (%)
1.แบบไม่มีแผงกันแดด (Basecase)	5.20	103.166	-
2.แบบมีแผงกันแดดดินเผาทั่วไป (Terracotta)	2.45	99.776	3.39
3.แบบมีแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำ (Terracotta with Evaporation)	2.26	98.697	4.47

เมื่อหาค่าการใช้พลังงานต่อปี ดังตารางที่ 4.2 พบว่า อาคารที่มีแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำในด้านทิศใต้ สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับแผงกันแดดดินเผาทั่วไป อยู่ที่ 98.697 kWh/sq.m. ต่อปี และสามารถประหยัดไฟฟ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 4.47% ของอาคารที่ไม่มีแผงกันแดด



แผนภูมิที่ 4.16 ผลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานขนาดกลาง

ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานขนาดกลางพื้นที่ 12,000 ตารางเมตร ใช้เครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ พบว่าอาคารที่ใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำในทางทิศใต้ใช้พลังงานต่ำกว่าเมื่อเทียบกับอาคารที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดและอาคารที่ใช้แผงกันแดดดินเผาทั่วไป เนื่องจากอาคารสำนักงานเน้นการใช้งานเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวัน อาคารที่ใช้แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพงต่ำ จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า

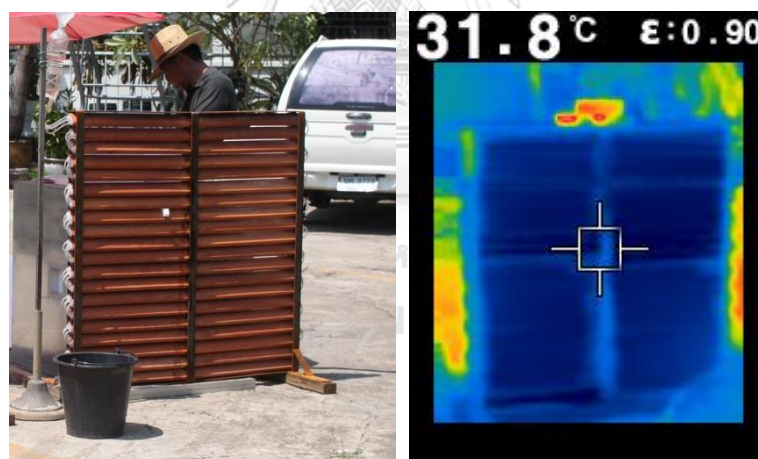


แผนภูมิที่ 4.17 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็นใน 1 ปีของอาคารที่ไม่มีแผงกันแดด อาคารที่มีแผงกันแดดดินเผาทั่วไปและแบบแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ

จากแผนภูมิที่ 4.17 พบว่าเดือนที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้านความเย็นมากที่สุดอยู่ที่เดือนมีนาคม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 219,111 kWh ส่วนเดือนที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำสุดคือเดือนธันวาคม เฉลี่ยอยู่ที่ 174,617 kWh เมื่อเทียบกับในแต่ละเดือนจะพบว่าแบบการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานสูงสุดคือ basecase ส่วนแบบการทดลองที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ terracotta with evaporation โดยในเดือนมีนาคมมีค่าแตกต่างกัน 19,785 kWh และเมื่อดูผลรวมของปริมาณการใช้ไฟฟ้าใน 8 เดือน โดยเปรียบเทียบระหว่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดดินเผาทั่วไปกับแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหย พบว่าแผงกันแดดดินเผาทั่วไปมีการใช้ไฟฟ้าด้านการทำความเย็นมากกว่าแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยเท่ากับ 4,294 kWh

จากการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE ด้วยการแทนค่า U_{eff} ที่ได้จากการทดลอง โดยเมื่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่มีแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยมี ประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการใช้พลังงานด้านการทำความเย็นของอาคารได้ร้อยละ 4.3 ต่อปี

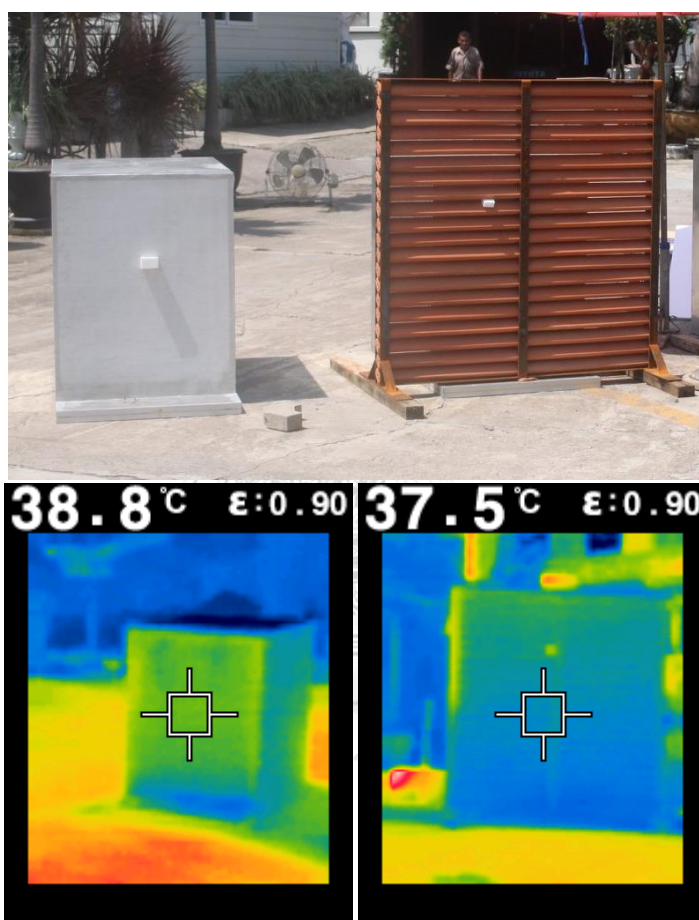
4.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์การแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ



ภาพที่ 4.2 การติดตั้งกล่องทดลอง และภาพถ่ายอินฟราเรดบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ

จากการทดลองเก็บข้อมูลการแผ่รังสีบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำด้วยกล้องอินฟราเรดในช่วงเวลา 12.00 น. พบว่าอุณหภูมิบนผิวดินเผาที่ใช้ทำแผงกันแดด ร้อมกับการระเหยของน้ำมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิบนผิววัสดุของสภาพแวดล้อม ดังภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิบนผิวดิน

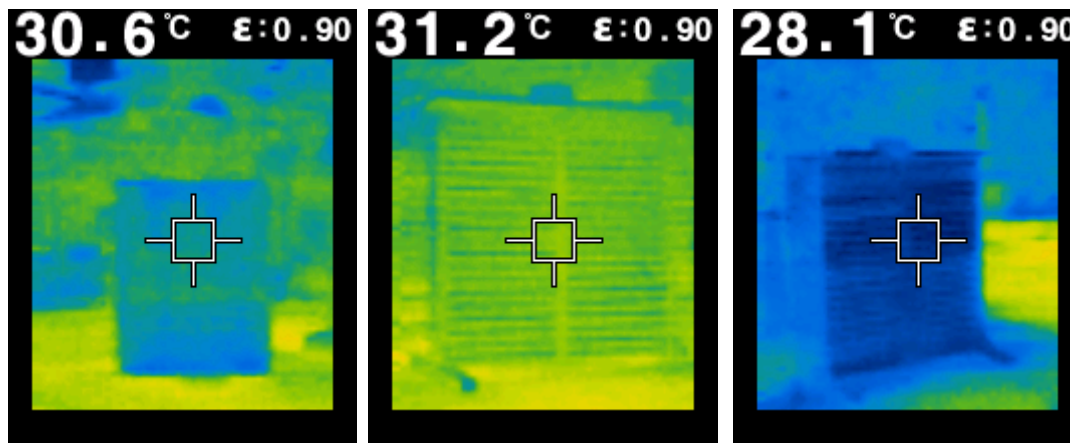
เผาไม้สีน้ำเงินเข้ม และวัสดุของสภาพแวดล้อมมีสีเขียวและเหลือง ซึ่งหมายถึงวัสดุมีอุณหภูมิที่สูงและมีการแผ่รังสีความร้อนออกมา เมื่อเปรียบเทียบแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยและแผงกันแดดดินเผาทั่วไป ดังภาพที่ 4.2 อุณหภูมิบนผิววัสดุของแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยมีค่าต่ำกว่าอยู่ที่ 5.7°C ในช่วงเวลา 12.00 น. และมีค่าต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีแผงกันแดด เท่ากับ 7°C ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้น



ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายอินฟราเรดบนกล่องทดลองที่ 1 แบบไม่มีแผงกันแดดและกล่องทดลองที่ 2 แบบมีแผงกันแดดดินเผาทั่วไปในตอน 12.00 น.

จากการทดลองการถ่ายภาพอินฟราเรดในตอนกลางคืนซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุคายความร้อนคืนสู่ชั้นบรรยากาศ (ภาพที่ 4.3) พบว่า ในช่วงเวลา 21.00 น. แผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยมี

อุณหภูมิผิวต่ำถึง 28.1 °C และสีของภาพถ่ายอินฟราเรดยังคงมีสีน้ำเงินเข้มอยู่ ต่างจากวัสดุสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนสีจากส้มกลายเป็นสีเขียว ซึ่งหมายความว่าวัสดุได้มีการคายความร้อน



ภาพที่ 4.4 (จากซ้ายไปขวา) ภาพถ่ายอินฟราเรดบนผิวสมาร์ทบอร์ดของกล่องทดลองที่ 1 ภาพถ่ายอินฟราเรดบนแผงกันแดดดินเผาทั่วไป และ ภาพถ่ายอินฟราเรดบนแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำ

เข้าสู่ชั้นบรรยากาศจริง แตกต่างจากแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยที่สามารถลดการสะสมความร้อนไว้ในวัสดุได้จริง ดังนั้นการใช้การระเหยร่วมกับแผงกันแดด สามารถเป็นแผงกันแสงแดดจากดวงอาทิตย์โดยที่วัสดุไม่อมความร้อนไว้ในตอนกลางวัน และสามารถลดการเกิดเกาะความร้อนเมืองได้จริง เนื่องจากสามารถลดการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุ จึงทำให้ลดการคายความร้อนออกสู่ชั้นบรรยากาศในตอนกลางคืน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดความร้อนให้กับอาคารโดยการใช้แผงกันแดดร่วมกับการระเหยของน้ำ ซึ่งการทบทวนวรรณกรรมพบสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับการใช้แผงกันแดดแบบใช้ไม้เลื้อยมีคุณสมบัติในการลดการถ่ายเทความร้อน ช่วยลดการเกิดการสะสมความร้อนไว้ในวัสดุและลดอุณหภูมิอากาศจากพืช แต่การใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยส่งผลให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนลดลงจากการระบายอากาศที่ไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลต่อขอบเขตในการออกแบบภาพลักษณ์อาคาร ร่วมกับระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำเพื่อลดอุณหภูมิอากาศพบว่ายังไม่มีการศึกษาเพื่อนำรูปแบบการระเหยของน้ำทางตรง (Direct Evaporation) มาใช้ร่วมกับแผงกันแดดเพื่อลดใช้พลังงานในอาคาร จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปัจจัยที่สำคัญที่ควรคำนึงในการใช้การระเหยของน้ำเพื่อลดภาระการทำความเย็นในอาคารซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของวัสดุผิวเปียกมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ โดยวัสดุผิวเปียกต้องมีความสามารถในการดูดซับน้ำในเนื้อวัสดุได้สูง และมีความหนาแน่นน้อยเพราะความหนาแน่นของเนื้อวัสดุมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ

2. ภูมิอากาศและสภาพที่ตั้ง มีผลต่อประสิทธิภาพของอัตราการระเหยของน้ำ โดยอากาศที่มีอุณหภูมิอากาศสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำสูง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย พบว่าการดำเนินงานสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลักๆด้วยกันคือ การทดลองจริง และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง หรือใช้ทั้ง 2 อย่างควบคู่กัน โดยข้อดีของการทดลองจริงคือ สามารถได้ข้อมูลที่ถูกต้องตามสภาพอากาศในพื้นที่ที่ทำการทดลองจริง ส่วนการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสามารถทำให้คาดการณ์ผลที่สามารถเกิดขึ้นในระยะยาวได้

4. ประสิทธิภาพด้านความร้อน พบว่าการบังแดดของแผงกันแดดบนกำแพงอาคารทุกแบบมีผลต่อการลดอุณหภูมิภายในอาคาร อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิของผนังอาคาร ซึ่งส่งผลทำให้ลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้

ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental Research) กำหนดให้มีการสร้างกล่องทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผงกันแดดดินเผาควบคู่กับการระเหยบนผิวดินเผา เพื่อใช้ในการออกแบบทางเลือกเปลือกอาคารที่มีส่วนช่วยลดการเก็บความร้อนบนผิววัสดุ อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านแผงบังแดด โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล่องทดลองขนาด

90 x 70 x 90 เซนติเมตร จำนวน 3 ก่อ่งซึ่งแต่ละก่่งมีการบุโพนด้านในหนา 3 นิ้ว 5 ด้านโดยมี 1 ด้านปิดด้วยแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 8 มิลลิเมตร หน้หน้าเข้าด้านทิศใต้ โดยก่่งทดลองที่ 2 และ 3 วางห่างจากแผ่กันแดดดินเผา 10 เซนติเมตร และนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) เพื่อนำค่าที่ได้ไปจำลองการใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงานทดลองหนึ่งปี ด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 นอกจากนั้นยังสามารถหาค่าการปล่อยความร้อน (emissivity) บนผิววัสดุเพื่อเป็นแนวทางในการลดการเกิดเกาะความร้อนเมือง

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของแผ่กันแดดดินเผาพบว่าการระเหยของน้ำบนผิวดินเผา มีผลต่อการลดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวดินเผาที่ใช้ทำแผ่กันแดด เนื่องจากการใช้การระเหยของน้ำสามารถเพิ่มความชื้นให้กับอากาศหลังผ่านแผ่กันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงเมื่อผ่านแผ่กันแดดถึง 7 องศาเซลเซียส อีกทั้งแผ่กันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำทำหน้าที่ลดความร้อนจากอุณหภูมิอากาศที่เข้ามาได้มากกว่าแผ่กันแดดดินเผาทั่วไป ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวผนังอาคารด้านในและอุณหภูมิภายในอาคารลดลงกว่าอาคารที่ติดแผ่กันแดดดินเผาทั่วไปอยู่ที่ 3 องศาเซลเซียส และแบบไม่มีแผ่กันแดดอยู่ที่ 6 องศาเซลเซียส และแผ่กันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำยังทำหน้าที่ลดการแผ่รังสีความร้อนโดยดูดซับความร้อนไว้ในเนื้อวัสดุ โดยอุณหภูมิมบนผิววัสดุแผ่กันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำจะมีค่าต่ำกว่าแผ่กันแดดดินเผาทั่วไปถึง 5.7 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองแบบไม่มีแผ่กันแดดเท่ากับ 7 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้ลดการสะสมความร้อนตลอดวัน ส่งผลในการช่วยลดการคายความร้อนที่สะสมไว้บนเนื้อวัสดุที่จะเกิดขึ้นในตอนกลางคืน ซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัสดุที่ช่วยลดการเกิดเกาะความร้อนเมือง ดังนั้นจึงช่วยลดการเกิดเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) ได้

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_{eff}) พบว่าแผ่กันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำมีคุณสมบัติเป็นผนังป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่เข้าสู่อาคารต่ำกว่าแผ่กันแดดดินเผาแบบทั่วไปเท่ากับ $0.2 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ และแบบไม่มีแผ่กันแดดเท่ากับ $2 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ ส่งผลให้การจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE โดยการแทนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมตามประเภทของก่่งทดลอง 3 ประเภท จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์พบว่าแผ่กันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยน้ำสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารได้ดีกว่าแผ่กันแดดดินเผาทั่วไป เมื่อเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในด้านการทำความเย็นของอาคารลงได้ร้อยละ 4.3 ต่อปี และสามารถลดการใช้ปริมาณไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีแผ่กันแดดอยู่ที่ 20.5 ต่อปี

ดังนั้นการนำแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยของน้ำบนผิววัสดุมาใช้เป็นแผงกันแดดให้กับอาคารที่ใช้งานในช่วงเวลากลางวันจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเหมาะสมกับการใช้งานเป็นแผงกันแดดเพื่อป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ในอาคารได้ในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาการลดความร้อนให้กับอาคารโดยการประยุกต์ใช้การระเหยของน้ำร่วมกับแผงกันแดดเป็นการศึกษาโดยมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาซึ่งไม่ครอบคลุมตลอดปี ควรทำการศึกษาเก็บข้อมูลเพิ่มตลอดปีเพื่อให้ทราบถึงแนวทางการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมในแต่ละฤดู จากการทำวิจัยได้พบข้อสังเกตในช่วงดำเนินงาน จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

5.2.1. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบเรื่องสีของดินเผาที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการดูดซับความร้อนของแผ่นดินเผา หรืออาจเพิ่มความหนาแน่นของชนิดดินเผา เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางด้านรูปลักษณะอาคาร

5.2.2. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านความร้อนระหว่างแผงกันแดดดินเผา ร่วมกับการระเหยกับแผงกันแดดไม้เลื้อย

5.2.3. ควรทำการศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับการใช้งานในระยะยาวของแผงกันแดดดินเผา รวมทั้งศึกษาเรื่องอายุการใช้งานที่ส่งผลต่อการลงทุนในระยะยาว รวมทั้งการคำนวณค่าใช้จ่ายเรื่องพลังงานที่สามารถประหยัดได้ตลอด 20 ปี

5.2.4. การทดลองในช่วงเวลาและทิศทางอื่น ๆ ที่การวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุม เช่น การทดลองในการตั้งแผงกันแดดในทิศเหนือ ตะวันออก ตะวันตก เป็นต้น ดังนั้นควรทำการศึกษาการจำลองทิศทาง การติดตั้งของแผงกันแดดที่ร่วมกับการระเหยของน้ำให้หลากหลายออกไป

5.2.5. การทำการทดลองกับอาคารจริง เนื่องจากผลที่ได้ อาจจะมี ความแตกต่างจากการทดลองด้วยขนาดของกล่องทดลองที่มีจำกัด

สุดท้ายนี้ทางผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยชิ้นนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางการศึกษา ประสิทธิภาพด้านความร้อนด้วยแผงกันแดดร่วมกับการระเหยน้ำให้แก่อาคารเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบรูปลักษณะอาคารที่หลากหลายและเป็นการประหยัดพลังงานควบคู่กัน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ณัฐภา ตระกูลไทย. (2558). ผลกระทบจากสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขต
ร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ตรึงใจ บุรณสมภพ. (2521). การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร
: นำอักษรการพิมพ์.
- รอยล จิตรดอน. (2556). โดมความร้อน (Heat Island). Bangkok . Hrdro and Agro Informatics
Institute.
- พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์. (2550). เรียนรู้การถ่ายเทความร้อนจากการถ่ายภาพรังสีอินฟราเรด
กรณีศึกษา: บ้านประหยัดพลังงาน. มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้าจั่ว. ฉบับที่22.
- พิสันต์ ไตรตานันท์. (2549). การออกแบบแผงกันแดดให้ผนังอาคารสูงไม่เกิน 8 ชั้น. ปริญญา
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาปัตยกรรมเขตร้อน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สันติภาพ เพียนอก และ ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์. (2558). ประสิทธิภาพวัสดุและการเว้นช่องว่างเพื่อ
การลดความร้อนด้วยระแนงแนวนอน. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่14, ฉบับที่1, 145-160.
- พงษ์ศักดิ์ ทงชนะสิทธิ์. (2547). การลดความร้อนให้กับผนังอาคารโดยการประยุกต์ใช้การระเหยของ
น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิริวรินทร์ เพชรรัตน์. (2545). อิทธิพลของการบังเงาต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.

อภิรักษ์ เกียรติวาทิรัตน์. (2554). ประสิทธิผลในการลดความร้อนให้กับผนังอาคารโดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปกรรม.

ภาษาอังกฤษ

Ahmad A.Y. Freewan. (2014). “Impact of external shading device on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions.” *Solar Energy* 102: 14-30.

Bass, B. & Baskaran, B. (2003). “Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas (Research report).” Toronto, Canada: National Research Council & Conseil national de recherches.

Cain et al. (1976). “Passive evaporative cooling using porous ceramic evaporative”.

Cook, Jeffery, ed. (1989). “Passive Cooling”. USA : MIT Press.

Despommier, Dickson D. (2011). “The vertical farm project : Agriculture for the 21st century and beyond.” Accessed October 18, 2011, from <http://verticalfarm.com>

H.F.Di, and D.N.Wang. (1999) “Cooling Effect of Ivy on a Wall”, Beijing: Thermal Engineering Department Tsinghua University, 240.

Hoyano A. (1988). “Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building.” *Energy and Building* 11: 181-189.

Joshua Schechter. (2015). “Cold Spot : Designing an oasis in the heat island of Cambridge”. From <https://www.climatecolab.org/contests/2014/urban-heat-island-effect/phase/1301601/proposal/1313914>

Ong B., (2009). “Green plot ration : an ecological measure for architecture and urban planning.” *Landscape and Urban Planning* 4, 63 :124-127.

Stec, W.J., and et al. (2005). “Modelling the double skin façade with plants.” USA :
Energy and Building, Elsevier publishing.

Yukari H and et al., (2014). “Thermal Performance of a Passive Cooling Louver System
to Form Cool Microclimate in Urban Residential Outdoor Spaces”.





ตารางการเก็บผลการทดลองที่ 1

วันที่ 13 เดือนมีนาคม พ.ศ.2561

กล่องทดลองที่ 1 (Base Case)	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
	00.00	28.8	81.0	0.12	0	28.7	-	-	29.1
	01.00	28.7	79.9	0.55	0	28.2	-	-	29.1
	02.00	28.6	76.1	1.05	0	28.9	-	-	28.8
	03.00	30.2	75.2	0.35	0	28.7	-	-	28.6
	04.00	30.2	74.8	1.03	0	28.5	-	-	28.4
	05.00	30.2	74.7	0.18	0	28.4	-	-	28.3
	06.00	30.3	74.6	1.08	85	28.4	-	-	28.3
	07.00	31.5	74.5	0.70	120	28.7	-	-	28.6
	08.00	32.2	74.9	1.07	216	28.6	-	-	29.3
	09.00	34	74.5	0.21	320	30.3	-	-	32.5
	10.00	36.5	69.9	0.51	490	34.3	-	-	35.5
	11.00	36.8	63.1	0.13	748	35.7	-	-	38.5
	12.00	36.4	59.8	0.70	880	37.1	-	-	40.9
	13.00	37.2	59.6	1.08	870	38	-	-	40.4
	14.00	37.4	60.7	0.55	800	38.7	-	-	40.2
	15.00	36.8	61.7	0.63	660	40.5	-	-	39.5
	16.00	36.6	63.7	1.13	472	38.4	-	-	38.5
	17.00	37.1	69.0	0.76	201	35.8	-	-	36.8
	18.00	37.4	72.4	1.37	40	34.1	-	-	33.2
19.00	33.2	77.7	0.30	11	32.1	-	-	30.6	

	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
	20.00	32.3	80.0	0.89	0	31.2	-	-	30
	21.00	32.1	81.3	1.51	0	30.8	-	-	29.6
	22.00	31.1	80.9	0.87	0	30.7	-	-	29.4
	23.00	30	80.2	0.90	0	30.4	-	-	29.3
กล่องทดลองที่ 2 (terracotta)	00.00	28.8	81.0	0.12	0	28.7	28.7	28.7	29.3
	01.00	28.7	79.9	0.55	0	28.2	28.6	28.6	29.2
	02.00	28.6	76.1	1.05	0	29	28.5	28.5	29
	03.00	30.2	75.2	0.35	0	28.7	28.3	28.3	28.8
	04.00	30.2	74.8	1.03	0	28.7	28.2	28.2	28.6
	05.00	30.2	74.7	0.18	0	28.6	28	28	28.6
	06.00	30.3	74.6	1.08	85	28.4	28.2	28.2	28.6
	07.00	31.5	74.5	0.70	120	28.8	28.3	28.3	28.7
	08.00	32.2	74.9	1.07	216	28.9	29	29	29.1
	09.00	34	74.5	0.21	320	29.4	31	31	30.7
	10.00	36.5	69.9	0.51	490	31.4	33.1	33.1	32.8
	11.00	36.8	63.1	0.13	748	34.5	34.6	34.6	34.3
	12.00	36.4	59.8	0.70	880	32.7	35.4	35.4	35.1
	13.00	37.2	59.6	1.08	870	34.6	34.8	34.8	34.4
	14.00	37.4	60.7	0.55	800	35	34.6	34.6	34.4
	15.00	36.8	61.7	0.63	660	36.1	34.8	34.8	35.1
16.00	36.6	63.7	1.13	472	35.7	34.9	34.9	35.7	
17.00	37.1	69.0	0.76	201	34.2	33.9	33.9	35.7	
18.00	37.4	72.4	1.37	40	33.4	31.4	31.4	32.4	

	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
		19.00	33.2	77.7	0.30	11	32.2	29.3	29.6
	20.00	32.3	80.0	0.89	0	31.5	29	29.3	30.1
	21.00	32.1	81.3	1.51	0	31.1	28.9	29	29.7
	22.00	31.1	80.9	0.87	0	30.9	28.8	28.9	29.6
	23.00	30	80.2	0.90	0	30.8	29.3	28.8	29.5
กล่องทดลองที่ 3 (Terracotta with Evaporation)	00.00	28.8	81.0	0.12	0	28.7	26.2	26.2	28.5
	01.00	28.7	79.9	0.55	0	28.6	26.3	26.3	28.5
	02.00	28.6	76.1	1.05	0	28.4	26	26	28.3
	03.00	30.2	75.2	0.35	0	28.3	26	26	28.1
	04.00	30.2	74.8	1.03	0	28.1	25.6	25.6	27.9
	05.00	30.2	74.7	0.18	0	28	25.7	25.7	27.8
	06.00	30.3	74.6	1.08	85	28.1	25.7	25.7	27.9
	07.00	31.5	74.5	0.70	120	28.3	26	26	28.1
	08.00	32.2	74.9	1.07	216	28.7	26.2	26.2	28.4
	09.00	34	74.5	0.21	320	28.9	27.1	27.1	29.6
	10.00	36.5	69.9	0.51	490	30.2	28.5	28.5	31.8
	11.00	36.8	63.1	0.13	748	30.9	28.9	28.9	33
	12.00	36.4	59.8	0.70	880	31.6	29	29	33.3
	13.00	37.2	59.6	1.08	870	32.4	28.9	28.9	33.1
	14.00	37.4	60.7	0.55	800	32.9	28.8	28.8	33.2
	15.00	36.8	61.7	0.63	660	33.9	28.6	28.6	33.6
	16.00	36.6	63.7	1.13	472	33.6	28.2	28.2	33.2
17.00	37.1	69.0	0.76	201	32.4	27.7	27.7	33.5	

เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
18.00	37.4	72.4	1.37	40	31.8	26.7	26.7	31.2
19.00	33.2	77.7	0.30	11	30.9	26.7	26.7	29.8
20.00	32.3	80.0	0.89	0	30.2	26.6	26.6	29.4
21.00	32.1	81.3	1.51	0	29.1	26.7	26.7	29.1
22.00	31.1	80.9	0.87	0	29.8	26.7	26.7	29
23.00	30	80.2	0.90	0	29.6	26.5	26.5	28.8

วันที่ 14 เดือนมีนาคม พ.ศ.2561

เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
00.00	29.8	80.3	0.55	0	28.9	-	-	29.0
01.00	29.7	81.2	0.20	0	28.7	-	-	29.0
02.00	29.6	80.9	0.25	0	28.5	-	-	28.4
03.00	29.4	81.1	1.10	0	28.7	-	-	28.5
04.00	29.2	81.3	1.37	0	28.6	-	-	28.4
05.00	29.2	81.0	0.23	0	28.8	-	-	28.3
06.00	29.3	81.3	0.30	80	28.9	-	-	28.3
07.00	29.5	81.6	0.15	134	29.0	-	-	28.7
08.00	29.2	79.0	0.41	246	29.5	-	-	29.6
09.00	32.0	69.9	1.51	370	30.3	-	-	32.4
10.00	34.5	65.7	1.87	520	34.5	-	-	35.5
11.00	35.2	63.0	1.50	727	35.4	-	-	38.9

กล่องทดลองที่ 1 (Base Case)

	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
	12.00	36.4	62.7	2.16	790	37.2	-	-	40.4
	13.00	37.2	59.0	0.36	760	38	-	-	40.2
	14.00	37.4	64.8	1.13	690	38.7	-	-	39.8
	15.00	37.8	64.3	0.89	526	40.8	-	-	39.5
	16.00	36.6	65.3	0.41	439	38.4	-	-	38.2
	17.00	32.1	71.4	0.20	193	35.2	-	-	36.4
	18.00	31.4	75.4	1.07	39	34.0	-	-	32.4
	19.00	30.9	76.1	0.42	14	32.7	-	-	30.1
	20.00	29.5	78.5	0.41	0	31.2	-	-	30
	21.00	29.3	80.6	1.87	0	30.4	-	-	29.4
	22.00	29.1	81.2	0.58	0	30.4	-	-	29.3
	23.00	29.0	81.6	0.51	0	30.2	-	-	29.1
กล่องทดลองที่ 2 (terracotta)	00.00	29.8	80.3	0.55	0	28.4	28.7	28.7	29.1
	01.00	29.7	81.2	0.20	0	28.2	28.6	28.6	28.3
	02.00	29.6	80.9	0.25	0	29	28.5	28.5	29
	03.00	29.4	81.1	1.10	0	28.7	28.3	28.3	28.8
	04.00	29.2	81.3	1.37	0	28.7	28.2	28.2	28.6
	05.00	29.2	81.0	0.23	0	28.6	28	28.0	28.6
	06.00	29.3	81.3	0.30	80	28.4	28.2	28.0	28.7
	07.00	29.5	81.6	0.15	134	28.8	28.3	28.1	28.9
	08.00	29.2	79.0	0.41	246	28.9	29	29.1	29.5
	09.00	32.0	69.9	1.51	370	29.4	31	31.5	31.0
	10.00	34.5	65.7	1.87	520	31.4	33.1	33.0	33.4

	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
	11.00	35.2	63.0	1.50	748	34.5	34.6	34.2	34.3
	12.00	36.4	62.7	2.16	790	32.7	35.4	35.7	35.4
	13.00	37.2	59.0	0.36	760	34.6	34.8	35.0	35.2
	14.00	37.4	64.8	1.13	690	35	34.6	34.8	34.7
	15.00	37.8	64.3	0.89	526	36.1	34.8	35.0	35.1
	16.00	36.6	65.3	0.41	439	35.7	34.9	35.1	35.7
	17.00	32.1	71.4	0.20	193	34.2	33.9	34.2	35.7
	18.00	31.4	75.4	1.07	39	33.4	31.4	31.5	32.4
	19.00	30.9	76.1	0.42	14	32.2	29.3	29.5	30.4
	20.00	29.5	78.5	0.41	0	31.5	29	29.1	30.0
	21.00	29.3	80.6	1.87	0	31.1	28.9	29	29.8
	22.00	29.1	81.2	0.58	0	30.9	28.8	28.7	29.1
	23.00	29.0	81.6	0.51	0	30.8	29.3	28.7	29.3
กล่องทดลองที่ 3 (Terracotta with Evaporation)	00.00	29.8	80.3	0.55	0	28.7	26.2	26.2	28.5
	01.00	29.7	81.2	0.20	0	28.6	26.3	26.3	28.5
	02.00	29.6	80.9	0.25	0	28.4	26	26	28.3
	03.00	29.4	81.1	1.10	0	28.3	26	26	28.1
	04.00	29.2	81.3	1.37	0	28.1	25.6	25.6	27.9
	05.00	29.2	81.0	0.23	0	28	25.7	25.7	27.8
	06.00	29.3	81.3	0.30	80	28.1	25.7	25.7	27.9
	07.00	29.5	81.6	0.15	134	28.3	26	26	28.1
	08.00	29.2	79.0	0.41	246	28.7	26.2	26.2	28.4
	09.00	32.0	69.9	1.51	370	28.9	27.1	27.1	29.6

เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
10.00	34.5	65.7	1.87	520	30.2	28.5	28.5	31.8
11.00	35.2	63.0	1.50	748	30.9	28.9	28.9	33
12.00	36.4	62.7	2.16	790	31.6	29	29	33.3
13.00	37.2	59.0	0.36	760	32.4	28.9	28.9	33.1
14.00	37.4	64.8	1.13	690	32.9	28.8	28.8	33.2
15.00	37.8	64.3	0.89	526	33.9	28.6	28.6	33.6
16.00	36.6	65.3	0.41	439	33.6	28.2	28.2	33.2
17.00	32.1	71.4	0.20	193	32.4	27.7	27.7	33.5
18.00	31.4	75.4	1.07	39	31.8	26.7	26.7	31.2
19.00	30.9	76.1	0.42	14	30.9	26.7	26.7	29.8
20.00	29.5	78.5	0.41	0	30.2	26.6	26.6	29.4
21.00	29.3	80.6	1.87	0	29.1	26.7	26.7	29.1
22.00	29.1	81.2	0.58	0	29.8	26.7	26.7	29
23.00	29.0	81.6	0.51	0	29.6	26.5	26.5	28.8

วันที่ 21 เดือนเมษายน พ.ศ.2561

กล่องทดลองที่ 1 (Base Case)	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
	00.00	28.8	80.7	0.12	0	28.7	-	-	29.1
	01.00	28.7	80.9	0.55	0	28.2	-	-	29.1
	02.00	28.6	80.3	1.05	0	28.9	-	-	28.8
	03.00	28.4	81.1	0.35	0	28.7	-	-	28.6
	04.00	28.2	80.4	1.03	0	28.5	-	-	28.4
	05.00	28.2	80.3	0.18	0	28.4	-	-	28.3
	06.00	28.3	80.1	1.08	80	28.4	-	-	28.3
	07.00	28.5	80.4	0.70	110	28.7	-	-	28.6
	08.00	29.7	77.4	1.07	214	29.6	-	-	29.3
	09.00	29.5	80.0	0.21	320	30.3	-	-	32.5
	10.00	31	74.5	0.51	490	32.5	-	-	35.5
	11.00	31.5	75.3	0.13	680	32.7	-	-	38.5
	12.00	32	77.3	0.70	760	34.1	-	-	40.9
	13.00	32.4	77.8	1.08	455	33	-	-	40.4
	14.00	31.7	79.9	0.55	210	32	-	-	40.2
	15.00	31.2	80.0	0.63	110	31.9	-	-	39.5
	16.00	30.08	79.0	1.13	351	30.8	-	-	38.5
	17.00	30	79.5	0.76	380	30.1	-	-	36.8
	18.00	30	79.8	1.37	198	30.1	-	-	33.2
19.00	29.9	80.2	0.30	39	30.1	-	-	30.6	

	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
	20.00	29.5	80.4	0.89	0	30.2	-	-	30
	21.00	29.3	80.6	1.51	0	29.9	-	-	29.6
	22.00	29.1	81.1	0.87	0	29.4	-	-	29.4
	23.00	29	80.7	0.90	0	28.9	-	-	29.3
กล่องทดลองที่ 2 (terracotta)	00.00	28.8	80.7	0.12	0	28.7	28.7	28.7	29.3
	01.00	28.7	80.9	0.55	0	28.2	28.6	28.6	29.2
	02.00	28.6	80.3	1.05	0	29	28.5	28.5	29
	03.00	28.4	81.1	0.35	0	28.7	28.3	28.3	28.8
	04.00	28.2	80.4	1.03	0	28.7	28.2	28.2	28.6
	05.00	28.2	80.3	0.18	0	28.6	28	28	28.6
	06.00	28.3	80.1	1.08	80	28.4	28.2	28.2	28.6
	07.00	28.5	80.4	0.70	110	28.8	28.3	28.3	28.7
	08.00	29.7	77.4	1.07	214	29.5	30	30.1	29.1
	09.00	29.5	80.0	0.21	320	29.8	30.2	30.8	30.7
	10.00	31	74.5	0.51	490	30.9	31	30.2	32.8
	11.00	31.5	75.3	0.13	680	31	31.1	31.9	34.3
	12.00	32	77.3	0.70	760	31.7	31.4	32.1	35.1
	13.00	32.4	77.8	1.08	455	31.4	30.8	33.2	34.4
	14.00	31.7	79.9	0.55	210	31.8	31.2	32.7	34.4
	15.00	31.2	80.0	0.63	110	31.7	29.5	31.7	35.1
16.00	30.08	79.0	1.13	351	30.7	29.4	30.8	35.7	
17.00	30	79.5	0.76	380	29.7	28.9	30.7	35.7	
18.00	30	79.8	1.37	198	29.6	29	30.2	32.4	

	เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
		19.00	29.9	80.2	0.30	39	30.2	29.6	29.6
	20.00	29.5	80.4	0.89	0	30.1	29.3	29.3	30.1
	21.00	29.3	80.6	1.51	0	29.7	29	29	29.7
	22.00	29.1	81.1	0.87	0	29.1	28.9	28.9	29.6
	23.00	29	80.7	0.90	0	28.7	28.8	28.8	29.5
กล่องทดลองที่ 3 (Terracotta with Evaporation)	00.00	28.8	80.7	0.12	0	28.7	26.2	26.2	28.5
	01.00	28.7	80.9	0.55	0	28.6	26.3	26.3	28.5
	02.00	28.6	80.3	1.05	0	28.4	26	26	28.3
	03.00	28.4	81.1	0.35	0	28.3	26	26	28.1
	04.00	28.2	80.4	1.03	0	28.1	25.6	25.6	27.9
	05.00	28.2	80.3	0.18	0	28	25.7	25.7	27.8
	06.00	28.3	80.1	1.08	80	28.1	25.7	25.7	27.9
	07.00	28.5	80.4	0.70	110	28.3	26	26	28.1
	08.00	29.7	77.4	1.07	214	28.7	27.49	27.6	28.4
	09.00	29.5	80.0	0.21	320	28.9	27.5	27.7	29.6
	10.00	31	74.5	0.51	490	30.2	28.4	27.5	31.8
	11.00	31.5	75.3	0.13	680	30.6	29.1	28.4	33
	12.00	32	77.3	0.70	760	30.7	29.1	29	33.3
	13.00	32.4	77.8	1.08	455	30.9	29.2	29.2	33.1
	14.00	31.7	79.9	0.55	210	30.8	29.3	29	33.2
	15.00	31.2	80.0	0.63	110	31.2	29.1	27.4	33.6
	16.00	30.08	79.0	1.13	351	29.7	28.4	27.1	33.2
17.00	30	79.5	0.76	380	29.5	28.4	26.8	33.5	

เวลา	T ₀ (°C)	RH (%)	Velocity (m/s)	Solar radiation (W/m ²)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	TSTemp. (°C)	SBSTemp. (°C)
18.00	30	79.8	1.37	198	29.6	27.7	26.4	31.2
19.00	29.9	80.2	0.30	39	29.4	26.7	26.4	29.8
20.00	29.5	80.4	0.89	0	28.7	26.6	26.2	29.4
21.00	29.3	80.6	1.51	0	28.7	26.7	26.2	29.1
22.00	29.1	81.1	0.87	0	28.5	26.7	26.1	29
23.00	29	80.7	0.90	0	28.5	26.5	26	28.8



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางการเก็บผลการทดลองที่ 2

เวลา	0.4 - 1.5 m/s		1.6 - 2.5 m/s		2.6 - 3.0 m/s	
	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)
08.00	29.3	28.6	30.2	29.4	30.1	29.2
08.30	30.2	28.6	30.1	29.4	30.1	29.1
09.00	32.5	28.9	30.4	29.5	30	29
09.30	34.7	29.5	30.6	29.6	30	29
10.00	35.7	30	31	29.8	29.7	29
10.30	35.7	30.6	32.4	29.9	29.7	29
11.00	36	30.9	33	30.1	30.1	29.1
11.30	36.5	31.1	36.5	31	31.2	29.5
12.00	37.5	31.6	36.4	31.9	32.8	30.2
12.30	36.8	32	36.1	32.2	34.1	31.1
13.00	37.4	32.4	37.3	32.4	34.5	31.9
13.30	37.1	32.6	37.2	32.7	34.6	32.2
14.00	38.8	32.9	36.3	32.9	34.7	32.4
14.30	38.3	33.4	36.3	32.8	35.4	32.9
15.00	39.6	33.9	37.6	33.1	35.1	33.1
15.30	37.6	34.2	37	33.4	35.5	33.3
16.00	35.3	33.6	33.2	32.8	35.7	33.2
16.30	34.8	32.9	32.4	31.9	33.3	32.6
17.00	34.3	32.4	32.1	31.4	32.8	32.5
17.30	33.7	32.2	31.8	31	32.7	32.2
18.00	32.5	31.8	31.4	30.8	32.5	31.6

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว กิตติสรา ปั้นประสม เกิดวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ.2535 ที่จังหวัดสมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมตกแต่งภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ ปีการศึกษา 2558 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY