

การศึกษารูปแบบการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

A STUDY OF PLANTS INTEGRATED COOLING OF BUILDINGS
CASE STUDY : RESIDENTIAL BUILDINGS IN BANGKOK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-9546-64-4

การศึกษาการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

A STUDY OF PLANTS INTEGRATED COOLING OF BUILDINGS
CASE STUDY : RESIDENTIAL BUILDINGS IN BANGKOK



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 44005
วัน, เดือน, ปี 1 ต.ค. 2545

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2545

ISBN 974-9546-64-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF PLANTS INTEGRATED COOLING OF BUILDINGS

CASE STUDY : RESIDENTIAL BUILDINGS IN BNGKOK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

ISBN 974-9546-64-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการใช้ พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยในเขต กทม.

A STUDY OF PLANTS INTEGRATED COOLING OF BUILDINGS
CASE STUDY : RESIDENTIAL BUILDINGS IN BANGKOK

ชื่อนักศึกษา นายอศวิน ไทรสาคร
รหัสประจำตัว 40063102
ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
รศ.ธีรมน	ไวโรจน์กิจ	
อาจารย์รัชยุทธ	ศรีเผด็จ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 29 พฤษภาคม 2545 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัคร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 21 เดือน 5 พ.ศ. 2545

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
นักศึกษา	นายอัศวิน ไทรสาคร
รหัสประจำตัว	40063102
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. สมชาย ศรีสมพงษ์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์สำคัญของการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้คือ การศึกษาข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพืชพรรณไม้กับการช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคาร และแนวทางการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารเพื่อช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มี การตรวจสอบประสิทธิภาพของพืชพรรณไม้ในการลดอุณหภูมิภายนอกที่เข้าสู่อาคาร เป็นแค่เพียงข้อมูลเบื้องต้นว่า ต้นไม้สามารถลดความร้อนได้ เนื้อหาของวิทยานิพนธ์จะนำเสนอถึงประสิทธิผลของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารใน 3 รูปแบบคือ การใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร การใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งบังผนังหรือเฉลียงอาคาร และการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบบังหน้าต่างหรือผนังอาคาร

วิธีดำเนินการวิจัย เป็นกรณีศึกษาทดลองกับอาคารตัวอย่างที่มีพืชพรรณไม้ประกอบอาคารในรูปแบบต่างๆดังกล่าวข้างต้น และใช้งานอยู่จริง โดยตรวจสอบค่าอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม การแผ่รังสี และอุณหภูมิการแผ่รังสีรวม เปรียบเทียบกับผนังและเฉลียงอาคารเดียวกันที่ไม่มีพืชพรรณไม้ประกอบ

ผลการตรวจสอบการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารทั้ง 3 แบบในสภาพอากาศต่างๆ ปรากฏว่า ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน การใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคารสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกได้ถึง 15 - 18 °C ส่วนการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง อุณหภูมิอากาศบริเวณเฉลียงที่มีแผงบังแดดลดต่ำกว่าส่วนที่ไม่มีแผงบังแดดประมาณ 14 °C และอุณหภูมิผิวผนังแตกต่างกันอยู่ประมาณ 10 °C อย่างไรก็ดี ผนังอาคารที่ใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งสามารถคายความร้อนในช่วงเย็นถึงค่าได้ดีกว่าผนังที่ใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุม ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่ผิวผนังในช่วงกลางวันจะไม่แตกต่างกันนักก็ตาม ส่วนการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกได้ถึง 18 °C ประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้ที่เหมาะสม โดยการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคารควรใช้กับผนังอาคารด้านทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะวันตกที่ไม่มีช่องเปิด แผลงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งเหมาะที่จะใช้กับหน้าต่างหรือเฉลียงอาคารด้านทิศตะวันตกเช่นกัน เพราะมุมของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำ ทำให้การบังแดดมีประสิทธิภาพ และการระบายอากาศเป็นไปได้ดี โดยแผลงบังแดดไม่ควรอยู่ห่างจากผนังมากนัก เนื่องจากรังสีความร้อนจะสะท้อนผ่านเข้าไปได้ ดังนั้นอาจประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนัง โดยทำเป็นแผลงบังแดดที่อยู่ห่างจากผนัง ส่วนการใช้แผลงบังแดดในแนวราบควรใช้กับหน้าต่างหรือผนังอาคารด้านทิศใต้เนื่องจากไม้บังลม และบังแดดในช่วงกลางวันได้ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา II และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study of Plants Integrated Cooling Buildings Case study : Residential Buildings in Bangkok
Student	Mr.Aswin Saisakorn
Student ID.	40063102
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
Year	2002
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Somchai Srisompong

ABSTRACT

The major objectives of this thesis are 1) to study the plants and their potential to reduce indoor temperature and 2) to explore the possibility to use plants as building components for reduce heat gain of building. Nowadays, Thailand has never been indepth investigate of plants due to their quality of heat gain reduction through the buildings. The thesis's structure will present the effectiveness of using the plants as building component those are: 1) Covered wall plantation 2) Vertically covered wall or terrace plantation sunshade 3) Horizontally covered wall or window plantation sunshade.

The research methodology is experiment with the case studies that has already have plants' patterns from the previous explanation by comparing these data (temperature, humidity, velocity, and heat radiation) with and without the plants.

The results of these patterns in the hottest time of the day will be conclude according to these:

1. Covered wall plantation can reduce temperature 15-18 °C at the surface of the envelope.
2. In ambient air, temperature of with and without vertically covered terrace plantation sunshade are different in 14 °C and 10 °C for sunshade temperature.

However, vertically covered terrace plantation sunshade can better release the heat than covered wall plantation in the evening to the night even the surface temperature in the day time of both are different. Horizontally covered plantation sunshade can reduce temperature 18 °C at the surface. The most effectiveness of using plants is very much depend on appropriate applying like 1) covered wall plantation should be placed at the south wall without openings, 2) Vertically covered plantation sunshade is appropriate to the window or terrace at the west because low

degree of altitude angle makes the effective shading and ventilating. The sunshade device should not much stay away the wall because heat radiation will diffuse or reflect through the buildings. Lastly, Horizontally covered plantation sunshade should apply for the south windows and wall because it does not obstruct natural ventilation. Moreover, it will very good shade the sunlight in the day time.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **IV** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษาและกำลังใจจาก รศ. ปรีชญา รังษิรักษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์เดิม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ในขั้นตอนสุดท้าย ผศ.ธีรমন โวโรจนกิจ และ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ และเป็นกรรมการร่วม ในการตรวจวิทยานิพนธ์ Prof. S. V. Zokolay ผู้ให้คำแนะนำในการกำหนดขอบเขตและวิธีวิจัย รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ทุกท่าน

ขอขอบพระคุณ ดร.ณัฐ พิษกรรม อาจารย์ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้อข้อมูลงานวิจัยของท่าน

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สุทธิพันธ์ สุจริตานนท์ คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม และคณาจารย์ในคณะทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุน

ขอขอบพระคุณ คุณชาญชัย เพชรอินทร์ คุณสุเมธ ชูณหงษ์ และอาจารย์มนต์ศกา วงษา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง วิทยานิพนธ์นี้จะไม่สำเร็จได้เลย หากขาดความอนุเคราะห์ จากท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณจักรพงษ์ ประถมพงษ์ ที่ช่วยทำการทดลองและเก็บข้อมูล คุณทวีพงษ์ ผาสุภาพ ที่ช่วยเขียนแบบสถาปัตยกรรม และนางสาวสุนตรา ชุ่มชื่น นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุมที่ช่วยบันทึกภาพประกอบ

ขอขอบคุณเพื่อนๆสถาปัตยกรรมเขตร้อนทุกท่าน โดยเฉพาะ คุณเสรี สว่างวรรณรัตน์ คุณอรวิไล อมรดิตระกูล คุณวิสุทธิ์ ธีประจุง และคุณรามณรงค์ ภูมิศกกาญจนา ที่ช่วยเหลือให้ข้อมูล และแจ้งข่าวสารอย่างสม่ำเสมอ

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณแม่สาคร ไทรสาคร คุณลุงคำนวณ วงษ์ถนอม คุณอรรดกิจ และคุณอรรดพล ไทรสาคร พี่ชายของข้าพเจ้า ที่ให้การสนับสนุนทั้งทุนทรัพย์และกำลังใจ รวมทั้งคุณพัชรินทร์ รวีพรสกุล ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ บัณฑิตวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยศรีปทุม

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อัศวิน ไทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย.....	4
1.4 สมมติฐานของการวิจัย.....	5
1.5 วิธีการวิจัย.....	5
1.6 ประโยชน์ที่พึงได้รับจากการศึกษา.....	6
บทที่ 2 การจำแนกประเภทและการใช้พืชพรรณไม้เพื่อลดความร้อน.....	7
2.1 ประเภทและลักษณะของพืชพรรณไม้.....	7
2.1.1 ประเภทของพืชพรรณไม้.....	7
2.1.2 ลักษณะและประเภทของพรรณไม้ที่นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ.....	7
2.2 รูปแบบการใช้พืชพรรณไม้เพื่อลดความร้อน.....	14
2.2.1 การใช้เรือนต้นไม้บังแดดให้กับบริเวณสนาม.....	14
2.2.2 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอนหรือแนวตั้งให้กับเฉลียง หรือผนังอาคาร.....	15
2.2.3 การใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร.....	18
2.2.4 การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังอาคาร.....	20
2.2.5 การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินในบริเวณพื้นรอบๆอาคาร.....	21
2.2.6 การปลูกหญ้าหรือจัดสวนบนหลังคาอาคาร.....	21
บทที่ 3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 ผลงานวิจัยเรื่อง Climatological Uses of plants for Solar Control and the Effect on the Thermal Environment of a Building โดย Akira Hoyano	23
3.2 ผลงานวิจัยเรื่อง An Investigation on the Effect of Shade Plant on Building to Solar Radition and Air Temperature in Summer โดย ดร.ณัฐพิชาคม และ Yorikazu Maruta.....	50
3.3 ผลงานวิจัยของ Parker, J.H.....	59
3.4 ผลงานวิจัยของ McPherson และคณะ	60
3.5 ประสิทธิภาพของพืชพรรณไม้ในการลดความร้อนจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	60
บทที่ 4 สภาวะสบาย.....	64
4.1 สภาวะสบายของมนุษย์ (Human Comfort)	64
4.2 การเพิ่มความร้อนในร่างกาย (The Body's Heat Production)	64
4.3 การรักษาสมดุลความร้อนในร่างกาย (The Body's Heat Balance)	65
4.4 มาตรฐานความสบาย (Comfort Scales).....	66
บทที่ 5 สภาพภูมิอากาศและค่าอุณหภูมิสบายของเขตกรุงเทพมหานคร.....	69
5.1 สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร	69
5.2 แนวทางการปรับความสบายของกรุงเทพมหานคร	74
บทที่ 6 การถ่ายเทและการป้องกันความร้อน.....	83
6.1 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร	83
6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน	85
6.3 การคายความร้อนจากอาคารสู่ภายนอก.....	86
6.4 การลดปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร.....	86
6.5 การป้องกันแสงแดด.....	87
6.6 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน	91
บทที่ 7 การดำเนินการวิจัยทดสอบจากอาคารตัวอย่าง	93
7.1 เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกอาคารตัวอย่าง.....	93
7.2 การทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคารตัวอย่าง	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.3 การทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง.....	111
7.4 การทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ	131
บทที่ 8 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	153
8.1 ประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	153
8.2 ประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง	155
8.3 ประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบ.....	157
บทที่ 9 การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบเพื่อลดความร้อน	160
9.1 แนวทางการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิ	160
9.2 ตัวอย่างอาคารพักอาศัยที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร	161
9.3 รูปแบบการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร	170
9.4 ลักษณะและชนิดของพรรณไม้ที่ใช้ประกอบอาคาร	173
บทที่ 10 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	176
10.1 สรุปผลการวิจัย	176
10.2 ข้อเสนอแนะ	178
บรรณานุกรม.....	180
ภาคผนวก.....	182
ประวัติผู้เขียน	203

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ [หน่วย : กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh).....	1
1.2 ประมาณการความต้องการไฟฟ้าในอนาคต.....	2
3.1 ค่าเฉลี่ยการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Mean Solar Transmittance) ของแนวต้นไม้	40
3.2 อัตราการระเหย การ ไหล และการระบายน้ำในแต่ละชั้นดิน (Layer)	48
3.3 ประสิทธิภาพของแผงบังแดดต่อค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่บริเวณ “out shade” และ “in shade” ในสภาพอากาศต่างๆ	53
3.4 ประสิทธิภาพของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศ ที่บริเวณ “out shade” และ “in shade” ในสภาพอากาศต่างๆ.....	54
3.5 ประสิทธิภาพของแผงบังแดดต่อพลังงานแสงอาทิตย์ (Total Solar Energy) ในสภาพอากาศต่างๆ	54
5.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514 – 2543).....	70
5.2 สถิติสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2541 โดยกรมอุตุนิยมวิทยา.....	80
6.1 มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับแนวคิงผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆของประเทศไทย	89
7.1 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล OPUS 200 (3 เครื่อง 6 ช่องสัญญาณ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	100
7.2 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล HOBO (2 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	100
7.3 สภาพอากาศในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนัง	101
7.4 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล OPUS 200 (4 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง.....	117
7.5 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล HOBO (2 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง.....	117
7.6 สภาพอากาศในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	118
7.7 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล OPUS 200 (3 เครื่อง 6 ช่องสัญญาณ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ.....	136
7.8 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล HOBO (2 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.9 สภาพอากาศในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยใน แนวราบ.....	137
9.1 สรุปลักษณะของอาคารในขั้นตอน Conventional Design ตามวิธีการของ Mahony.....	160
9.2 ขนาดพื้นที่ดินและพื้นที่ใช้สอยของบ้านประหยัดพลังงาน ของสำนักงานคณะ กรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ.....	162



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ไม้ต้นหรือไม้ยืนต้น (Trees).....	8
2.2 ไม้พุ่ม (Shurbs).....	10
2.3 ไม้เลื้อยหรือไม้เถา (Climbers)	12
2.4 ไม้คลุมดิน (Ground Cover)	13
2.5 การใช้เรือนต้นไม้บังแดดในบริเวณสนาม.....	14
2.6 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดสำหรับหน้าต่าง (Window awning)	15
2.7 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดที่บริเวณเฉลียง (Overhead canopy).....	16
2.8 การใช้ไม้เลื้อยหรือไม้พุ่มตัดแต่งเป็นแผงบังแดดให้กับผนังหรือหน้าต่างอาคาร	17
2.9 การใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร.....	18
2.10 ประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	19
2.11 การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังผนังอาคาร	20
2.12 การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินบริเวณรอบ ๆ อาคาร.....	21
2.13 การปลูกหญ้าหรือจัดสวนบนหลังคาอาคาร.....	22
3.1 เรือนต้นไม้และตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบ.....	24
3.2 ค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของเรือนต้นไม้.....	24
3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใบของเรือนต้นไม้ อุณหภูมิอากาศใต้เรือนต้นไม้ ที่มีความสูง 1.5 เมตร กับการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (Whole-sky horizontal solar radiation).....	25
3.4 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้เรือนต้นไม้กับบริเวณที่เปิดโล่ง.....	26
3.5 กราฟแสดงสภาพแวดล้อมภายใต้เรือนต้นไม้อันเนื่องมาจากการแผ่รังสี.....	26
3.6 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ใต้เรือนต้นไม้และอุณหภูมิในบริเวณที่เปิดโล่ง.....	27
3.7 รูปด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร 4 ชั้น ที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เลื้อยบริเวณเฉลียง.....	28
3.8 เฉลียงด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เลื้อยเพื่อการทดลอง.....	28
3.9 กราฟแสดงค่าการแปรเปลี่ยนของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่บริเวณเฉลียงที่มีแผงบังแดดและที่ไม่มีแผงบังแดด.....	29
3.10 กราฟแสดงค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่ใบไม้ของแผงบังแดดไม้เลื้อย.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา XI ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี ที่บริเวณเฉลียง	31
3.12 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเฉลียงทั้งสองแบบ	31
3.13 กราฟแสดงความผกผันของค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance).....	32
3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสภาพการเจริญเติบโตของไม้เกี่ยวกับการส่งผ่านรังสี แสงอาทิตย์ (Solar Transmittance).....	33
3.15 บ้านพักอาศัยใน Tokyo ที่ใช้ในการทดลอง	33
3.16 กราฟแสดงอุณหภูมิของผนังภายนอกที่มีและไม่มีไม้เคลือบปกคลุม.....	34
3.17 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิจากการแผ่รังสีที่ผนังด้านทิศตะวันตก	35
3.18 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของความร้อนที่ไหลผ่านผนังภายนอกและภายใน	36
3.19 กราฟแสดงความสมดุลความร้อน (Heat Balance) ที่ผิวผนังภายนอกที่ปกคลุม ด้วยไม้เคลือบในวันที่ท้องฟ้าปกติของฤดูร้อน	36
3.20 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนที่ผ่านผิวผนังภายนอกด้านทิศ ตะวันตกที่มีไม้เคลือบปกคลุม.....	37
3.21 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเทียบเท่า (Equivalent Shading Coefficient) ของไม้เคลือบที่ปกคลุมผนัง.....	37
3.22 การทดสอบการใช้ร่มเงาจากไม้คั่นบังผนังอาคารด้านทิศตะวันตก.....	38
3.23 แสดงรูปด้านทิศตะวันตกของแนวต้นไม้ที่ใช้ในการทดลอง.....	39
3.24 แสดงช่องว่างระหว่างแนวของต้นไม้กับผนังด้านทิศตะวันตก	39
3.25 กราฟแสดงการกระจายในแนวตั้งของค่าการส่งผ่านรังสีแสงแดดเทียบเท่า.....	40
3.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่รังสีแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิผิวของผนัง ด้านทิศตะวันตก	41
3.27 แสดงความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่มาจากทิศทางด้านบนซ้าย.....	42
3.28 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศในช่องว่างระหว่างผนังกับแนวต้นไม้ กับ อุณหภูมิอากาศภายนอก	42
3.29 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของความร้อนที่ไหลผ่านผิวผนังภายนอกและภายใน ด้านทิศตะวันตก	43
3.30 รูปตัดขวางของชั้นดินและตัวแปรที่ทำการตรวจวัด.....	44
3.31 การทดลองการใช้ชั้นหญ้าบนหลังคาแดดฟ้า	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา XII นี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.32 กราฟแสดงการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในรอบปี ของหญ้า คินและวัสดุอื่น.....	45
3.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ผิวหญ้า อุณหภูมิอากาศ และการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในแนวราบ	46
3.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ผิวหญ้า อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม.....	46
3.35 กราฟแสดงการกระจายในแนวตั้งของการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิในระหว่างวัน ภาย ในชั้นดินของชั้นหญ้า L1 และชั้นดินเปล่า S	47
3.36 ผนังอาคาร Matsunaga ด้านทิศตะวันตก.....	51
3.37 ตำแหน่งของการทดสอบบนชั้นที่ 9 ของอาคาร Matsunaga.....	52
3.38 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดที่บริเวณ “out shade” (a) และ “in shade” (b) ในวันที่ท้องฟ้าปกติ (31 Jul 1991) ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (1 Aug 1991) ท้องฟ้า มีเมฆมาก (30 Jul 1991) และวันฝนตก (7 Aug 1991)	53
3.39 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่ท้องฟ้าปกติ (31 Jul 1991).....	55
3.40 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่มีเมฆบางส่วน (1 Aug 1991).....	55
3.41 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่มีเมฆมาก (30 Jul 1991).....	56
3.42 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่ฝนตก (7 Aug 1991)	56
3.43 กราฟแสดงการลดการใช้ไฟฟ้าในการปรับอากาศ เมื่อใช้พืชพรรณไม้ปลูกรอบ อาคาร	59
4.1 อัตราการระบายความร้อนออกจากร่างกายโดยวิธีต่าง ๆ	65
5.1 กราฟแสดงสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครช่วงปี พ.ศ. 2514-2543.....	72
5.2 ผังลมของกรุงเทพฯ ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2524-2533).....	73
5.3 แผนภูมิชีวอากาศ (Bioclimatic Chart) แสดงเขตสบายและเทคนิควิธีการปรับแต่ง สภาพภูมิอากาศนอกเขตสบายในแต่ละโซน	74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 แผนภูมิชีวอากาศ (Bioclimatic Chart) แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือน ของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2538 เมื่อ ไม่มีอิทธิพลของลม.....	75
5.5 ทิศทางและความเร็วลมในแต่ละเดือนของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2538.....	77
6.1 รังสีจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร.....	84
6.2 ส่วนของอาคารที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์.....	88
6.3 ตำแหน่งและการ โคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบ 1 ปี.....	88
6.4 แนวโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่าง ๆ	89
6.5 ระยะยื่นอย่างน้อยของอุปกรณ์บังแดดสำหรับผนังด้านทิศเหนือและทิศใต้.....	90
7.1 อาคารตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลองประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	94
7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนัง.....	97
7.3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนัง	99
7.4 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่มีและ ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุม.....	103
7.5 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิผิวผนังภายนอก (Tso) ของการทดสอบไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร.....	104
7.6 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนังอาคารเฉลี่ยในหนึ่งวันของการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	105
7.7 กราฟแสดงความเร็วลมในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร	106
7.8 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนัง และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีของผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม	107
7.9 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนัง และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีของผนังที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม	108
7.10 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ในหนึ่งวัน	109
7.11 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ของผนังที่มีและไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม	110
7.12 อาคารตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งบังเฉียงและผนังอาคาร.....	111

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.13 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	114
7.14 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ (Ta) บริเวณระเบียงที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง (in shade และ out shade)	121
7.15 กราฟเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของระเบียงที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	122
7.16 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังอาคาร (Ts) ด้านทิศตะวันตกที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	123
7.17 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของระเบียงที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	124
7.18 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของระเบียงที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	125
7.19 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ของบริเวณที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	126
7.20 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนัง (Ts) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของผนังที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยคลุมในแนวตั้ง	127
7.21 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนัง (Ts) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของผนังที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยคลุมในแนวตั้ง	128
7.22 กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวม (Radiation) บนผนังด้านทิศตะวันตกที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	129
7.23 กราฟแสดงความเร็วลมของระเบียงที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง	130
7.24 อาคารที่ใช้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบ	131
7.25 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ	135
7.26 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้แผงบังแดด (Tpnt) และนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย (Tn/p)	141
7.27 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณที่มีแผงบังแดด (Tpnt) และไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย (Tn/p) ในแนวราบเฉลี่ยใน 1 วัน	142

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.28 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ได้แหวบั้งแคด (RH _{pnt}) และนอกแหวบั้งแคดไม้เลื้อย (RH _{n/p})	143
7.29 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนัง (Surface Temperature) ได้แหวบั้งแคด (T _{so pnt}) และนอกแหวบั้งแคดไม้เลื้อย (T _{so n/p})	144
7.30 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังที่มีแหวบั้งแคด (T _{so pnt}) และไม่มีแหวบั้งแคดไม้เลื้อย (T _{so n/p}) ในแนวราบเฉลี่ยใน 1 วัน	145
7.31 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนัง (T _{so pnt}) และอุณหภูมิอากาศ (T _{pnt}) ส่วนที่มีแหวบั้งแคดไม้เลื้อยในแนวราบคลุม เฉลี่ยใน 1 วัน	146
7.32 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนัง (T _{so pnt}) และอุณหภูมิอากาศ (T _{pnt}) ส่วนที่ไม่มีแหวบั้งแคดไม้เลื้อยในแนวราบคลุม เฉลี่ยใน 1 วัน	147
7.33 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ได้แหวบั้งแคด (GT _{pnt}) และนอกแหวบั้งแคดไม้เลื้อย (GT _{n/p})	148
7.34 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีบริเวณใต้แหวบั้งแคด (GT _{pnt}) และนอกแหวบั้งแคดไม้เลื้อย (GT _{n/p}) เฉลี่ยใน 1 วัน	149
7.35 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (T _a) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของบริเวณที่มีแหวบั้งแคดไม้เลื้อยคลุม เฉลี่ยใน 1 วัน	150
7.36 กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสี (Radiation) บนผนังด้านทิศตะวันตกใต้แหวบั้งแคดไม้เลื้อย (I _{pnt}) และนอกแหวบั้งแคดไม้เลื้อย (I _{n/p})	151
7.37 กราฟแสดงความเร็วลม (V _p) เฉลี่ยใน 1 วัน ของการทดสอบแหวบั้งแคดไม้เลื้อยในแนวราบ	152
9.1 แบบตัวอย่างบ้านประหยัดพลังงานของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.)	162
9.2 หุ่นจำลองตัวอย่างอาคารที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร	164
9.3 แบบสถาปัตยกรรมตัวอย่างอาคารที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร	166
9.4 การใช้ไม้ต้นบั้งแคดให้กับหลังคาและผนังอาคาร	170
9.5 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแหวบั้งแคดในแนวนอน	171
9.6 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแหวบั้งแคดในแนวตั้ง	171
9.7 การประยุกต์ใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร	172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

9.8 การใช้ไม้พุ่มปลูกติดกับผนังอาคาร.....173



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา XVII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตมนุษย์เราได้พยายามสร้างอาคารที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในที่ไม่รู้สึกร้อนหรือเย็นเกินไป เพื่อการอยู่อาศัยที่สบาย โดยได้ค้นหาและเลือกใช้วิธีการต่างๆ ในการออกแบบอาคาร และที่อยู่อาศัยที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศ เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่นนั้น ๆ ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยแก้ปัญหาจากธรรมชาติเพื่อทำให้อาคารอยู่อาศัยดีขึ้น ทำให้ผู้ออกแบบอาคารส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับการออกแบบโดยใช้ประโยชน์จากธรรมชาติมาแก้ปัญหา เช่นการใช้เครื่องปรับอากาศปรับความเย็นในอาคาร ซึ่งผลที่ตามมาคือ ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์และพลังงานไฟฟ้า เมื่อมองในระดับมหภาคจะเห็นว่า มีการใช้พลังงานเพื่อการนี้กันอย่างมหาศาล

ตารางที่ 1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ [หน่วย : กิกกะวัตต์ชั่วโมง (GWh)] (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2541 : 85)

พ.ศ. (ม.ค.-ก.ย.)	ที่อยู่อาศัย	ธุรกิจ-อุตสาหกรรม และอื่นๆ	เกษตรกรรม	ลูกค้าตรงของ กฟผ.	รวม
2535	10,200	37,289	118	1,725	49,331
2536	11,390	41,883	133	1,825	55,231
2537	12,867	47,621	95	1,974	62,558
2538	14,197	54,429	104	2,140	70,870
2539	15,999	58,920	121	2,042	77,083
2540	17,322	62,580	167	2,005	82,075
2541	14,510	45,046	171	1,197	60,925
อัตราเพิ่ม					
2536	11.7	12.3	13.2	5.8	12.0
2537	13.0	13.7	-28.1	8.1	13.3
2538	10.3	14.3	8.7	8.4	13.3
2539	12.7	8.3	16.6	-4.6	8.8
2540	8.3	6.2	37.7	-1.8	6.5
2541	11.9	-5.5	27.1	-22.2	-2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางแสดงให้เห็นว่าความต้องการการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นทุกๆปี แม้ว่าในปี พ.ศ.2541 จะมีอัตราเพิ่มลดลงในระดับคิดลยร้อยละ 2.2 ซึ่งเป็นผลมาจากภาวะเศรษฐกิจชะลอตัวของประเทศ แต่การใช้ไฟฟ้าในสาขาที่อยู่อาศัยกลับสูงขึ้น อาจเป็นเพราะประชาชนที่แยกเตร่นอกบ้านน้อยลง มีเวลาอยู่ในบ้านมากขึ้น หรือประกอบกิจการในครัวเรือนเพื่อเสริมรายได้แก่ครอบครัวมากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2541 : 85)

ความต้องการพลังงานในระยะยาวในช่วงปี พ.ศ.2545-2554 ซึ่งอยู่ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่9 และ 10 นั้น มีสมมติฐานว่าอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทยจะอยู่ในระดับร้อยละ 4.5 ต่อปี ส่งผลให้ความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ในช่วงแผนฯ 9 (2545-2549) มีอัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.9 ต่อปี และในช่วงแผนฯ 10 (2550-2554) มีอัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยร้อยละ 5.0 ต่อปี การพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศจะอยู่ในระดับที่สูง เนื่องจากการผลิตภายในประเทศและปริมาณสำรองของพลังงานมีน้อย โดยเมื่อสิ้นสุดแผนฯ 9 จะมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศในระดับร้อยละ 70.5 ของความต้องการใช้ภายในประเทศ และเมื่อสิ้นสุดแผนฯ 10 สัดส่วนการนำเข้าพลังงานจะสูงถึงระดับร้อยละ 79.5

ส่วนความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ในช่วง แผนฯ 9 จะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยปีละ 1,190 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.5 ต่อปี ในช่วง แผนฯ 10 จะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยปีละ 1,684 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.7 ต่อปี โดยในปี 2554 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของแผนฯ 10 ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจะอยู่ที่ระดับ 30,587 เมกะวัตต์

ในปีสุดท้ายของแผนฯ 9 ความต้องการไฟฟ้าจะอยู่ที่ระดับ 141,892 GWh เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยร้อยละ 6.4 ต่อปี และเมื่อสิ้นสุดแผนฯ 10 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มเป็น 196,668 GWh เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 6.7 ต่อปี (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2543 : 5-6)

ตารางที่ 1.2 ประมาณการความต้องการไฟฟ้าในอนาคต (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2543 : 5-6)

พ.ศ.	กำลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	พลังงานไฟฟ้า (กิกะวัตต์ชั่วโมง)
2543	15,254	97,759
2544	16,214	103,685
2545	17,308	110,436
2546	18,399	117,873
2547	19,611	124,969
2548	20,818	132,782
2549	22,168	141,892

ตารางที่ 1.2 (ต่อ)

พ.ศ.	กำลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	พลังงานไฟฟ้า (กิกกะวัตต์ชั่วโมง)
2550	23,728	151,990
2551	25,450	163,087
2552	27,232	174,209
2553	28,912	185,430
2554	30,587	196,667
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		
2544	6.3	6.1
2545-2549	6.5	6.5
2550-2554	6.7	6.7

จากการสำรวจการใช้ไฟฟ้าในอาคารในสาขาพักอาศัยและการพาณิชย์พบว่า ใช้ในการทำความเย็นถึง 60 % การให้แสงสว่าง 20 % อุปกรณ์สำนักงานและอุปกรณ์อื่นๆประมาณ 20 % ดังนั้น หากมีการลดการใช้ไฟฟ้าในอาคาร จะสามารถลดการใช้พลังงานได้เช่นกัน (สุนทร บุญญาธิการ .2541 : 1)

ปัญหาสำคัญคือความร้อนจากแสงแดด ซึ่งเป็นผลให้เกิดการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นในอาคาร ประเทศไทยมีอากาศที่ร้อน แดดจัด อุณหภูมิและความชื้นโดยทั่วไปค่อนข้างสูง ทำให้สภาพอากาศไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายเกือบตลอดทั้งปี และอีกประการหนึ่งคือความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละวันมีน้อย เป็นเหตุให้ความร้อนในเวลากลางวันไม่ลดลงมาก การใช้พลังงานโดยส่วนใหญ่จึงเกิดจากการใช้อุปกรณ์เครื่องกลเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศที่เกิดจากความร้อนผ่านเปลือกอาคารเข้ามา

แนวทางหนึ่งในการลดใช้พลังงานในอาคารคือ การออกแบบอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น รวมทั้งการใช้ธรรมชาติเป็นเครื่องมือในการออกแบบ (PASSIVE DESIGN) ซึ่งการใช้สภาพพืชพรรณไม้ธรรมชาติก็เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเรื่องความร้อนและความไม่สบายในอาคารได้ทางหนึ่ง เนื่องจากต้นไม้เปรียบเสมือนร่มบังแดด ช่วยลดอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ได้โดยตรง รศ.ดร.ตรีใจ นุรณสมภพ ได้บอกถึงคำกล่าวของ Ken Kern ว่า “สถาปนิกและวิศวกรชอบที่จะผลิตอาคารด้วยการต่อสู้อแทนที่จะทำงานร่วมกับธรรมชาติ อาคารกลายเป็นงานด้านวิศวกรรมและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสบายทางด้านเทคนิค ซึ่งขัดแย้งกับสภาพสามัญสำนึกในการให้ความสนใจในเรื่อง ที่ตั้ง ทิศทางอาคาร ระบบวงจรของดวงอาทิตย์ ทิศทางลม ที่วาง และการรู้จักการใช้ต้นไม้”

ถึงแม้ว่าจะได้มีการศึกษาและมีข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของต้นไม้กับอุณหภูมิที่ลดลงในแง่มุมต่าง ๆ แต่ก็ยังไม่มีการกล่าวถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยการนำพืชพรรณไม้มาประกอบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานอย่างจริงจัง เนื่องจากไม่สามารถให้คำตอบหรือมีข้อมูลเป็นที่แน่ชัดว่า การนำพืชพรรณไม้มาใช้แก้ปัญหาในทางสถาปัตยกรรมนั้นจะช่วยลดความร้อนลงไปได้เท่าไร พืชพรรณแต่ละแบบ แต่ละลักษณะ หรือแต่ละตำแหน่งจะให้ผลในการลดอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างไร และการนำพืชพรรณไม้มาประกอบอาคารในวิธีใด จะให้ประสิทธิผลในการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้สูงสุด

ปัญหาดังกล่าว หากได้มีการพิจารณาและวิเคราะห์องค์ประกอบและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของพืชพรรณไม้กับการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การระบายอากาศ การแผ่รังสี การคายความร้อน การลดความร้อน คุณลักษณะและการเจริญเติบโตของพรรณพืช เป็นต้น โดยศึกษาตามทฤษฎีต่าง ๆ แล้ว เชื่อว่าผลที่ได้จากการวิจัยที่น่าเสนอนี้ จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบอาคารโดยใช้ประโยชน์จากธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารเพื่อผลในการแก้ปัญหาการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง อันเนื่องมาจากการออกแบบสถาปัตยกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของพืชพรรณ ไม้ที่มีผลต่อการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
2. เพื่อศึกษาถึงวิธีการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคาร เพื่อการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อเสนอแนะรูปแบบและวิธีต่าง ๆ ของการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ในการออกแบบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

เนื้อหาในการวิจัยนี้จะทำการศึกษถึงการลดความร้อนจากภายนอกที่เข้าสู่อาคารโดยใช้พืชพรรณไม้มาประกอบอาคารเท่านั้น โดยจะศึกษาเฉพาะอาคารพักอาศัยในเขตกทม. เพื่อให้เห็นถึงแนวทางการแก้ปัญหาความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ในส่วนของผนังอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาสภาพภูมิอากาศของเขตกรุงเทพมหานคร
2. ศึกษาสภาวะสบายของผู้ใช้อาคาร
3. ศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของพืชพรรณ ไม้
4. ศึกษาประเภทของพืชพรรณไม้ในเขตร้อนที่นิยมใช้ปลูกประดับอาคาร

4. ศึกษาประเภทของพืชพรรณไม้ในเขตร้อนที่นิยมใช้ปลูกประดับอาคาร
5. ศึกษารูปแบบต่าง ๆ ของการปลูกพืชพรรณไม้ที่ให้ผลในการช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
6. ศึกษาตำแหน่งและขนาดของพืชพรรณไม้ประกอบอาคารที่เหมาะสมในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน
7. ศึกษาการปลูกพืชพรรณไม้ที่สามารถช่วยลดความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และสอดคล้องกับการปรับอุณหภูมิในอาคาร
8. ศึกษาเทคนิค วิธีการต่าง ๆ ในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารโดยใช้พืชพรรณไม้เป็นส่วนประกอบในการทำความเย็น
9. ศึกษาข้อดี และข้อเสียของการออกแบบอาคาร โดยใช้พืชพรรณไม้ประกอบกับอาคาร
10. ศึกษาการลงทุนและความเป็นไปได้

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

การนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคาร จะต้องีผลทำให้อุณหภูมิอากาศของเฉลียงหรืออุณหภูมิผิวผนังอาคารที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบ มีค่าลดลงแตกต่างจากอุณหภูมิของผนังที่ไม่ได้ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอย่างชัดเจน นอกจากนี้อาคารที่ออกแบบโดยใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร จะได้รับผลคุ้มกับการลงทุน

1.5 วิธีการวิจัย

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลซึ่งใช้ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร
2. ค้นคว้า และสำรวจข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ของต้นไม้กับอุณหภูมิที่ลดลงจากเอกสาร บทความ สถิติ รายงานการวิจัย ตลอดจนบทความสัมมนาทางวิชาการต่าง ๆ
3. ศึกษารายละเอียดของอาคารที่จะนำมาศึกษา (CASE STUDY) โดยการสำรวจและเก็บข้อมูลทั้งทางด้านสถาปัตยกรรม โครงสร้าง รายละเอียดของกรอบอาคาร ลักษณะ และประเภทของพืชพรรณไม้ที่ประกอบอาคาร
4. สำรวจและตรวจสอบอุณหภูมิ ความชื้น การแผ่รังสี และตัวแปรต่างๆจากอาคารตัวอย่างที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารในรูปแบบวิธีต่างๆ โดยใช้เครื่องมือ DATA LOGGER ตรวจสอบ

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

1. บันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพของการนำพืชพรรณไม้ไปประกอบอาคารจากอาคารตัวอย่างตามหลักการ และทฤษฎีต่างๆ
2. วิเคราะห์รูปแบบและลักษณะทางสถาปัตยกรรม ความสัมพันธ์กับพืชพรรณไม้ที่ใช้ผลในการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร
3. วิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ ประเภทของพืชพรรณ วิธีการนำพืชพรรณไม้มาประกอบอาคารที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นภายในอาคาร
4. นำผลที่ได้จากการทดสอบอาคารตัวอย่างมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีพืชพรรณไม้ประกอบ
5. วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร
6. นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาประกอบการออกแบบอาคารพักอาศัยโดยใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
7. วิเคราะห์การลงทุนและผลคุ้มค่า

1.6 ประโยชน์ที่พึงได้รับจากการศึกษา

ในการศึกษาวิจัย มุ่งเน้นถึงผลที่ได้รับจากอิทธิพลของพืชพรรณไม้ในการนำมาใช้ลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารเพื่อให้ผู้ออกแบบได้นำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบได้เป็นสำคัญ ซึ่งคาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ทำให้ทราบถึงวิธีการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคาร เพื่อการลดความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร
2. ทำให้ผู้ออกแบบเห็นว่า การออกแบบอาคารเพื่อให้ผู้อาศัยได้รับความสบายทางอุณหภูมินั้นจำเป็นต้องออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำธรรมชาติมาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา โดยผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปพิจารณาและปรับปรุงให้เหมาะสมต่อไป
3. ชี้ให้เห็นว่า การออกแบบที่สอดคล้องกับธรรมชาติจะสามารถทำให้ลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานลงได้ แม้จะมีค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพแวดล้อมรอบอาคาร แต่จะคุ้มค่าในระยะเวลานานสมควร อีกทั้งได้รับผลข้างเคียงจากการสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีนั้นด้วย

บทที่ 2

การจำแนกประเภท และการใช้พืชพรรณไม้เพื่อลดความร้อน

2.1 ประเภทและลักษณะของพืชพรรณไม้

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและประเภท รวมทั้งคุณสมบัติต่างๆของพืชพรรณไม้

2.1.1 ประเภทของพืชพรรณไม้

พืชพรรณไม้ต่างๆที่นำมาปลูกประดับตกแต่งภูมิทัศน์หรืออาคารบ้านเรือนนั้น มีมากมายหลายประเภท การนำมาใช้ในงานต่างๆจึงมีข้อพิจารณาต่างๆกันมากมายเช่น ชนิด ประเภท ขนาด อุณหภูมิ การเจริญเติบโต ระยะการปลูก รูปทรง สีต้น การให้ดอกให้ผล สภาพที่ปลูก การทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ฯลฯ ดังนั้นการจำแนกพืชพรรณไม้เพื่อความเหมาะสมกับการใช้งานจะทำให้การนำพันธุ์ไม้นั้นมาใช้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้ใช้ได้มากยิ่งขึ้น หลักเกณฑ์จำแนกพรรณไม้ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในทางพฤกษศาสตร์คือ การจำแนกตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (Botanical character) แบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ

1. ไม้ยืนต้น (Trees) ขนาดเล็กสูง 4-6 เมตร ขนาดกลางสูง 7-15 เมตร ขนาดใหญ่สูง 16 เมตรขึ้นไป มีกิ่งก้านลำต้นแผ่สาขากว้างใหญ่ เช่น ประดู่ สน อินทนิล ฯลฯ
2. ไม้พุ่ม (Shrubs) แผ่กิ่งก้านสาขาขนาดเล็กในระดับใกล้ผิวดินเป็นกลุ่มกอ ไม้พุ่มเตี้ยสูง 40-90 ซม. ไม้พุ่มกลางสูง 1-2 เมตร ไม้พุ่มใหญ่สูง 3-5 เมตร เช่น เข็ม ทรงบาดาล โกสน ฯลฯ
3. ไม้เลื้อย ไม้เถา (Climbers) มีเถาเลื้อยเกาะเกี่ยววัตถุอื่นไปตามความยาวของยอด อาจมีหนามหรือมือจับช่วย เช่น อัญชัน พวงชมพู ฯลฯ
4. ไม้รื้อเลื้อย (Scandents) กำกึ่งระหว่างไม้เลื้อยกับไม้พุ่ม คือหากมีหลักยึดเกาะพักพิงก็จะเลื้อยไปตาม หากไม่มีหลักยึดเกาะก็ตัดแต่งเป็นไม้พุ่มได้ เช่น เฟื่องฟ้า สายหยุด ฯลฯ
5. ไม้ล้มลุก (Herbs) มีลำต้นขนาดเล็ก อ่อน อายุสั้น เช่น ดาวเรือง ดาวกระจาย บานชื่น (มานพ สุภาพิ่ง. 2542 : 20)

ในการศึกษาวิจัยนี้ จะมุ่งศึกษาข้อมูลของพรรณไม้ที่นิยมนำมาปลูกเลี้ยงเป็น "ไม้ประดับ" ตามที่สาธารณะ อาคารสำนักงาน และบ้านพักอาศัยที่อยู่ในเขตเมืองโดยทั่วไปเท่านั้น ไม่รวมถึงพรรณไม้ที่จัดเป็น ไม้ป่าหรือ ไม้ผลที่ปลูกเพื่อผลทางการเกษตร

2.1.2 ลักษณะและประเภทของพรรณไม้ที่นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ

พรรณไม้ต่างๆที่นิยมนำมาปลูกในลักษณะเป็นไม้ประดับนั้นแยกเป็น 4 ประเภทได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ไม้ต้น (Trees)
2. ไม้พุ่ม (Shurbs) ในที่นี้หมายถึง ไม้พุ่มกลางและไม้พุ่มเตี้ย
3. ไม้เลื้อยหรือไม้เถา (Climbers) จะหมายรวมไปถึงไม้รอเลื้อย
4. ไม้คลุมดิน (Ground Cover)

ไม้ต้น (Trees)

ไม้ต้น หมายถึงพืชที่มีเนื้อไม้ อาจเป็นไม้เนื้ออ่อนหรือไม้เนื้อแข็ง มีลำต้นเดี่ยวและตั้งตรง สูงขึ้นโดยมีคอกอิงอาศัยผู้อื่น แตกกิ่งก้านสาขาในระดับสูงจากพื้นดินค่อนข้างมาก ทำให้เห็นลำต้น (TRUNK) ชัดเจน เรือนยอดมีรูปทรงต่างๆกันไป นิยมใช้เป็นไม้ประดับที่เน้นความสวยงามของลำต้น เปลือกต้น ทรงต้น ลักษณะใบ รูปทรงเรือนยอดหรือทรงพุ่มใบ รูปร่างและสีต้น ช่อดอก ดอก ผล หรือหลายอย่างประกอบกัน (วชิรพงศ์ หวลบุตตา, 2542 : 8)

ลักษณะการผลัดใบของไม้ต้นแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. **ไม้ผลัดใบ (DECIDUOUS TREE)** ส่วนใหญ่เป็นพืชในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว ในฤดูร้อนหรือในช่วงที่อากาศแห้งแล้ง ใบจะร่วงทั้งต้นหรือเกือบทั้งต้น แล้วผลิดอกทั่วทั้งต้น ดอกมักมีขนาดใหญ่ สีสันสะดุดตา เช่นทองกวาว ราชพฤกษ์ ทองกลางด่าง ไม้ผลัดใบที่ปลูกในเขตร้อนมักมีช่วงระยะทิ้งใบสั้นมาก
2. **ไม้ไม่ผลัดใบ (EVERGREEN TREE)** มักเป็นพืชที่อยู่ในเขตร้อน นิยมปลูกเพื่อให้ร่มเงา มีใบสีเขียวตลอดปี บางชนิดมีสีของใบอ่อนและใบแก่ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ไม้จำพวกนี้ ดอกมักมีขนาดเล็ก สีไม่สวยงาม



รูปที่ 2.1 ไม้ต้นหรือไม้ยืนต้น (Trees)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้ต้นที่นำมาปลูกเป็นไม้ประดับนั้นผู้ปลูกควรมีวัตถุประสงค์ของการปลูกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาพืชพรรณไม้ที่นิยมปลูกจึงต้องแยกประเภทของพรรณไม้ต้นตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ดังนี้

1. ปลูกเพื่อบังแสงแดดให้แก่อาคาร หรือเพื่อลดความร้อนในบริเวณที่ต้องการ

ลักษณะของพรรณไม้ นิยมใช้ไม้ไม่ผลัดใบ เรือนยอดแผ่กว้าง ใบค่อนข้างดก ไม่มีหนาม หรือน้ำยางเป็นพิษ ไม่มีระบบรากลอยหรือรากแข็งแรง

พรรณไม้ที่นิยมใช้ ได้แก่ กระจ่าง งามจูลี งามจูลีสีทอง ชมพูพันธุ์ทิพย์ ตะแบก นนทรี ประดู่ กระจ่าง พิกุล อโศกสปีน

2. ปลูกเพื่อสร้างบรรยากาศ เช่น บริเวณที่พักผ่อนหรือสนามกีฬา วัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการร่มเงา ให้ความร่มรื่น สร้างบรรยากาศเงียบสงบ มีความสวยงามสบายตา

ลักษณะของพรรณไม้ ไม้ที่เลือกใช้ส่วนใหญ่เป็นไม้ชนิดที่มีดอก มีกลิ่นหอม เป็นไม้ไม่ผลัดใบ แดกกิ่งก้านในระดับสูงเหนือศีรษะ กิ่งก้านไม่เปราะหักง่าย ไม่มีหนามหรือน้ำยางเป็นพิษ ระบบรากที่เป็นรากลอยจะปลูกในที่โล่งแจ้งไม้ ห่างจากตัวอาคาร ส่วนไม้ที่มีระบบรากอากาศห้อยย้อยเช่น ไทร หนวดปลาหมึก ก็นิยมปลูกเช่นกัน

พรรณไม้ที่นิยมใช้ ได้แก่ กระจ่างฉัตร กระจ่างหางกระรอก กัลปพฤกษ์ ชงโค ตะแบก ต้นหยง นนทรี ประดู่ พิกุล ลำควน อโศกระยา อโศกสปีน อินทนิลน้ำ

3. ปลูกบริเวณลานจอดรถ วัตถุประสงค์เพื่อต้องการร่มเงา มีความสะอาดสวยงาม เป็นระเบียบเรียบร้อยและปลอดภัย

ลักษณะของพรรณไม้ มักเป็นไม้ไม่ผลัดใบ เรือนยอดแผ่กว้าง แดกกิ่งก้านในระดับสูง กิ่งก้านไม่เปราะหักหรือฉีกขาดง่าย ใบและดอกไม่ร่วงมากนัก ไม่มีผลหรือส่วนใดๆ ที่นกหรือสัตว์อื่นชอบ ไม่มีน้ำยาง ไม่มีระบบรากลอยหรือรากแข็งแรง

พรรณไม้ที่นิยมใช้ เช่น ประดู่

4. ปลูกเป็นไม้ถนน วัตถุประสงค์เพื่อต้องการร่มเงาและให้ความสวยงามสบายตาแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน

ลักษณะของพรรณไม้ เป็นไม้ไม่ผลัดใบ เรือนยอดหนาทึบ ไม่มีกิ่งห้อยย้อย ใบมีขนาดค่อนข้างเล็ก เป็นไม้ที่โตช้า มีระบบรากแก้วที่แข็งแรง ไม่มีระบบรากลอย

พรรณไม้ที่นิยมใช้ ได้แก่ ตะแบก ประดู่ กระจ่าง พิกุล เสลา อินทนิลน้ำ ปาล์มบางชนิด

5. ปลูกเพื่อบังลม วัตถุประสงค์เพื่อลดความแรงของลม

ลักษณะของพรรณไม้ เรือนยอดค่อนข้างแคบสูง เช่นรูปพีระมิด ทรงกระบอก ลำต้น กิ่งก้านอ่อนและเหนียว ลู่ลมได้ดี มีใบตั้งแต่โคนถึงยอด ใบมีขนาดเล็กหรือใบเป็นเส้นห้อยย้อย

พรรณไม้ที่นิยมใช้ ได้แก่ แปรงล้างขวด รัตมา หลิว อโศกอินเดีย สนทะเล สนประติพัทธ์

6. ปลูกเพื่อบังสายตาหรือเพื่อการตัดแต่งรูปทรง

ลักษณะของพรรณไม้ เป็นไม้ต้นที่มีรูปร่างลักษณะเรื้อนยอด ใบ การแตกกิ่งก้านที่สวยงาม แปลกตา หรือเป็นไม้ต้นที่สามารถตัดแต่งรูปทรงตามต้องการได้

พรรณไม้ที่นิยมใช้ เป็นไม้ที่ต้องการรูปทรงสวยงามเป็นพิเศษเช่น ดินเบ็ดเสร็จ พิกุล หลิว หลิวทอง รัตมา น้ำเต้าต้น ทองหลางค่าง กระทิง สัตตบรรณ สนฉัตร ส่วนไม้ที่ตัดแต่งรูปทรงได้ตามต้องการเช่น กระจดิน มะขามเทศค่าง สนประติพัทธ์ ไทร (วชิรพงศ์ หวลบุตดา, 2542 : 15-19)

ไม้พุ่ม (Shurbs)

ไม้พุ่ม หมายถึงพืชที่มีเนื้อไม้ทรงพุ่มเล็กหรือสูงไม่เกิน 5 เมตร แตกกิ่งก้านใกล้กับผิวดิน ไม้เห็นลำต้นที่สูงชูด มักมีลำต้นขนาดเล็กอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งต่างจากไม้ต้นที่มีลำต้นเพียงต้นเดียว



รูปที่ 2.2 ไม้พุ่ม (Shurbs)

ไม้พุ่มกลาง หมายถึงไม้พุ่มที่มีความสูงประมาณ 1-2 เมตร มักนิยมปลูกเพื่อใช้บังสายตา กำหนดขอบเขต หรือปลูกประดับร่วมกับไม้ต้น ส่วนไม้ที่มีการตัดแต่งรูปทรงมักใช้กับสวนประดิษฐ์

พรรณไม้ที่นิยมใช้ เช่น กัลยาด่าง กัลยาดง ก้ามกุ้ง โกสน ขาไก่เขียว ขาไก่ค่าง ขาไก่ไทย ข้าวดอกพระร่วง เข็มเขียวใหม่และเข็มอื่นๆ ชบา ขวนชม ช้องนาง ซา เทียนทอง เทียนหยด ปัตตาเวีย ประทัดได้หวัน พัดโบก บานบุรี แคระ ผกากรองต้น ผีเสื้อแสนสวย พยับเมฆ พยับหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พวงแสด พุด แยมปีนัง ราตรี ระฆังทอง ลิ่นกระบือ เล็บครุฑ สาวน้อยประแป้ง แสยก หูปลาช่อน
หนวดปลาช่อนแคระ หวายไทย หีบไม้งาม อังกาบ กนกกลายไทย

ไม้พุ่มเตี้ย หมายถึง ไม้พุ่มที่มีความสูงไม่เกินครึ่งเมตร มักนิยมปลูกเป็นไม้คลุมดิน
หรือปลูกประดับร่วมกับไม้พุ่มกลาง

พรรณไม้ที่นิยมใช้ เช่น กาบหอยแครงแคระ การะเกดหนู กำแพงเงิน เดหลี เขียวหมื่นปี
พลับพลึง ชุ่มกระต่ายเขียว คล้า เคยหอม ผักโขมแดง หลิวญี่ปุ่น แพงพวยฝรั่ง เฟิร์นก้างปลา
เฟิร์นใบมะขาม ข้าหลวงหลังลาย ว่านรางเงิน ว่านสี่ทิศ แววมยุรา เศรษฐีไซ่ง่อน แอหนัง ฤๅษีผสม
หลิวญี่ปุ่น หลิวไต้หวัน (นายผล คนสวน. 2542 : 19)

ไม้เลื้อย (Climbers)

ไม้เลื้อยหรือไม้เถา หมายถึง ไม้ล้มลุกและไม้เนื้อแข็งที่ลำต้นจะใหญ่โตตามอายุในขณะที่
กิ่งก้านจะยึดเกาะกับสิ่งอื่นเช่น หลักหรือร้าน เปลือกของลำต้น กิ่งไม้ กำแพง ฯลฯ ไม้เลื้อยที่เป็นไม้
ดอกไม้ประดับนั้นมีอยู่จำนวนมากหลายร้อยชนิด ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆคือ

1. ไม้รื้อเลื้อย (Scandents)

ไม้ประเภทนี้บ้างเรียกว่า ไม้พุ่มกิ่งเลื้อยหรือ ไม้พุ่มรื้อเลื้อย เป็นพรรณไม้ที่มีลักษณะเป็นพุ่ม
ในระยะแรก ต่อมาเมื่อมีความสมบูรณ์พร้อมจะแตกกิ่งกระโดงยาวออกจากทรงพุ่ม เมื่อมีหลักหรือ
ร้านให้พาดพัน กิ่งนั้นก็จะกลายเป็นเถาเลื้อยไปทันที

พรรณไม้ที่เป็น ไม้รื้อเลื้อยเช่น เฟื่องฟ้า บานบุรี สายหยุด การเวก รวมทั้งมะลิพันธุ์ต่างๆ

ไม้รื้อเลื้อยมีประโยชน์ใช้สอยค่อนข้างกว้าง โดยสามารถตัดแต่งควบคุมให้เป็นแค้ไม้พุ่ม
หรือปล่อยให้เลื้อยขึ้นชุ่มเพื่อให้ร่มเงาได้ดีกว่าไม้เลื้อยธรรมดาทั่วไป

2. ไม้เถาเลื้อย (Climbers , Vines)

หมายถึง พรรณไม้ที่มีลำต้นเป็นเถาเลื้อยต่างๆไป มีทั้งที่เป็นไม้เลื้อยล้มลุกอายุสั้นและไม้
เลื้อยยืนต้นอายุยืน

พรรณไม้เลื้อยอายุสั้น ได้แก่ ไม้เลื้อยในวงศ์แตงและฟักชนิดต่างๆ ไม้เลื้อยในวงศ์ผักบุ้งเช่น
เถารกฟ้าและมอร์นิงกลอรีที่มีดอกสวยงาม ไม้จำพวกนี้อาจอยู่ได้หนึ่งถึงสามปี จากนั้นเถาลำต้นก็จะ
โทรมไป

พวกที่เป็นไม้เลื้อยยืนต้นอายุยืน มีตั้งแต่ขนาดเล็กเช่น สายน้ำผึ้ง ขจร พวงชมพู พวงแสด
มะลิวัลย์ ลัดดาวัลย์ ฯลฯ จนถึงขนาดกลางเช่น สร้อยอินทนิล เล็บมือนาง ฯลฯ และขนาดใหญ่เช่น
โยทะกา เถากระไดลิง และเถาโบสีทอง เป็นต้น

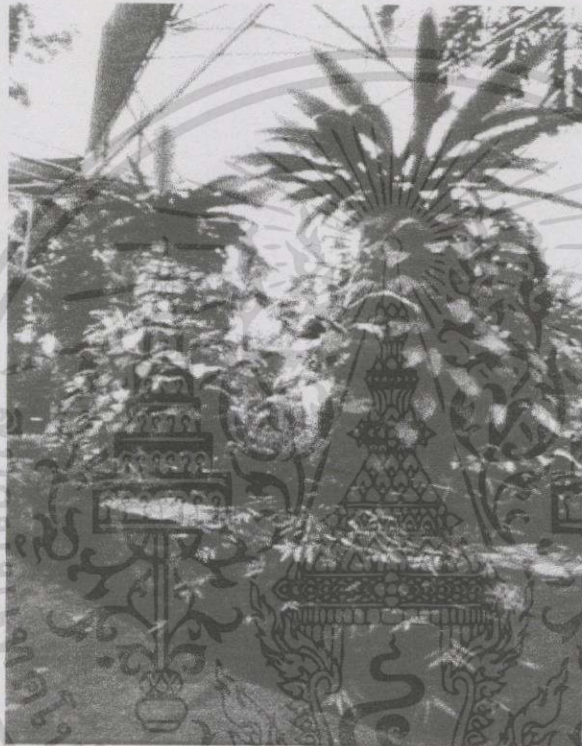
ไม้เลื้อยในกลุ่มนี้จะมีอวัยวะพิเศษช่วยในการยึดเกาะเพื่อพยุงเถาลำต้นให้สามารถไต่พัน
ยึดเหนี่ยวบนวัตถุที่ไม้เลื้อยพักพิงอยู่ได้ เช่น พวกแตงจะมีหนวดหรือมือจับ (tendrill) เป็นเส้นขด
คล้ายสปริงออกมาจากข้อใบช่วยในการยึดพัน หรือมีลักษณะคล้ายตะขอในไม้เลื้อยในวงศ์กระดังงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม้เลื้อยอิงอาศัย (Epiphytic climber)

หมายถึง พรรณไม้เลื้อยที่สามารถขึ้นเกาะอิงอาศัยบนพื้นผิววัตถุอื่น ๆ ที่ไม่ใช่พื้นดิน เช่น อาจเป็นบนเปลือกของลำต้นและกิ่งไม้ บนก้อนหิน หรือแม้แต่บนกำแพงคอนกรีตของอาคาร

พรรณไม้เลื้อยประเภทนี้ได้แก่ ตีนตุ๊กแก ต้นพลูด่าง พิไลเดนครอนพันธุ์ต่างๆ เงินไหลมา ต้นแคป สร้อยใบโพธิ์ สักวาลย์พระอินทร์ โฮย่าหรือนมตำเลีย และเฟิร์นหลายชนิดก็เป็นไม้เลื้อยอิงอาศัยเช่นกัน อาทิ เฟิร์นนาคราชที่มีลำต้นเป็นเถายาว (พฤกษชน. 2542 : 78)



รูปที่ 2.3 ไม้เลื้อยหรือไม้เถา (Climbers)

ไม้คลุมดิน

ในที่นี้หมายถึง ไม้ใบคลุมดิน เป็นพันธุ์ไม้ที่มีพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 0.30 เมตร ลักษณะการเจริญของพุ่มต้นค่อนข้างไปทางเลื้อย มีอายุอยู่ได้นาน ต้องการการดูแลรักษาไม่มากนัก (เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ. 2539 : A) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ไม้ดอกและไม้ใบ ไม้ดอกส่วนใหญ่ชอบแสงแดดจัดเช่น พิทูเนีย บานชื่น ดาวเรือง สร้อยไก่ คุณนายต้นสาย ไม้ดอกดังกล่าวส่วนใหญ่มีอายุไม่ยาวนาน เมื่อหมดอายุการใช้งานจะต้องรื้อแปลงและปลูกใหม่ ไม้ดอกที่มีอายุหลายปีเช่น ย่ำเหย้า กระดุมทองเลื้อย เข็ม เข็มเขียงใหม่ เข็มอินเดีย

ส่วนไม้ใบจะแตกต่างกันไป บางชนิดชอบแสงรำไร หากได้รับแสงแดดจัดใบจะกร้านไหม้หรือตาย บางชนิดชอบแสงแดดจัดจึงจะมีสีต้นสวยงามเช่น ฤๅสีผสม เทียนทอง แอหนัง แดง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาลี ผักโขมแดง ผักเป็ด คาดตะกั่ว คาดทับทิม เป็นต้น หากปลูกในที่ร่มต้นมักจะยืดยาว ใบน้อย และไม่เกิดสีส้ม (นายผล คนสวน. 2542: 62)



รูปที่ 2.4 ไม้คลุมดิน (Ground Cover)

นอกจากพืชพรรณไม้ต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีไม้ผลบางชนิดที่นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับตามอาคารบ้านเรือนทั่วไปด้วยเช่นกัน ซึ่งจัดอยู่ในประเภทไม้ผลประดับ (Fruit Ornamental Plants) มักเป็นไม้ที่มีรูปทรงสีสันสวยงาม บางชนิดรับประทานได้ เช่น ส้มจี๊ด ทับทิม หนุ เซอร์รี่ ไม้ผลที่เป็นไม้ต้น เช่น มะม่วง มะยม มะขามเทศ พวกไม้ล้มลุกได้แก่ มะละกอ ตำลึง

ไม้ผลเหล่านี้ไม่ได้ปลูกเพื่อวัตถุประสงค์ในการเก็บผลเพื่อจำหน่าย แต่นิยมปลูกตามบริเวณบ้านพักอาศัยเพียงเพื่อเก็บผลตามฤดูกาลสำหรับรับประทานในครัวเรือน หรือเพื่อให้ร่มเงาแก่บริเวณเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รูปแบบการใช้พืชพรรณไม้เพื่อลดความร้อน

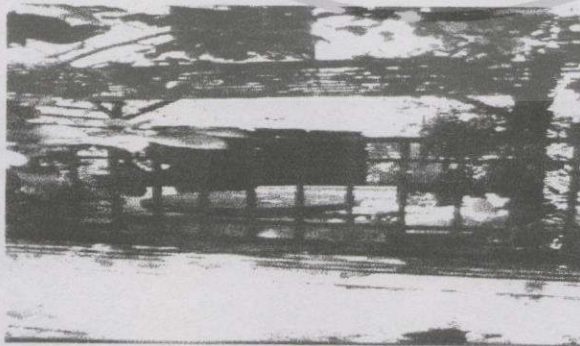
พืชพรรณไม้ที่นำมาปลูกประดับรอบๆอาคารบ้านเรือนนั้น ไม่เพียงแต่เพื่อสร้างความรู้สึกร่มรื่น สวยงามแล้ว อีกวัตถุประสงค์หนึ่งก็คือการใช้ต้นไม้บังแสงแดดเพื่อให้ร่มเงาแก่อาคารหรือบริเวณที่ต้องการ การนำต้นไม้ไปใช้ในการควบคุมปริมาณแสงอาทิตย์นี้ได้มีการนำไปใช้ในหลายวิธี ที่พอจะพบได้ทั่วไปมีรูปแบบต่างๆดังนี้

1. การใช้เรือนต้นไม้บังแดดให้กับบริเวณสนาม
2. การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอนหรือแนวตั้งให้กับบริเวณเฉลียงหรือหน้าต่างอาคาร
3. การใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร
4. การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังอาคาร
5. การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินในบริเวณรอบๆอาคาร
6. การปลูกหญ้าหรือจัดสวนบนหลังคาอาคาร

2.2.1 การใช้เรือนต้นไม้บังแดดให้กับบริเวณสนาม

การนำพืชพรรณไม้ไปใช้ในการควบคุมปริมาณแสงอาทิตย์ในลักษณะนี้คือ การทำโครงสร้างเป็นเรือนโปร่งโล่ง ไม่มีผนังและหลังคา ส่วนใหญ่นิยมใช้วัสดุที่เป็นไม้ ปลูกสร้างไว้บริเวณนอกอาคารให้ต้นไม้เลื้อยขึ้นปกคลุมส่วนหลังคาที่เป็นระแนงโปร่งๆ มักจะสร้างไว้ในสนามหรือในสวนนอกอาคาร ผลในการลดความร้อนของการใช้พืชพรรณไม้ในลักษณะนี้เนื่องมาจากการหายใจพร้อมกับการคายความชื้นให้อากาศของต้นไม้มีผลทำให้อากาศเย็นลง ทำให้อุณหภูมิของอากาศในร่มลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยทั่วไป และเมื่อลมที่เย็นนี้พัดผ่านเข้าไปในอาคารจึงทำให้ความร้อนที่เข้าสู่อาคารลดลงด้วย (ตริงใจ บูรณสมภพ. 2539 : 27)

พรรณไม้ที่นิยมใช้ทำเรือนต้นไม้เป็นไม้ไม่ผลัดใบ (Evergreen) จำพวกไม้เลื้อยหรือไม้เถา (Climbers, Vines) เช่น เฟื่องฟ้า การเวก พวงแสด พวงชมพู บานบุรี สายหยุด



รูปที่ 2.5 การใช้เรือนต้นไม้บังแดดในบริเวณสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอนหรือแนวตั้งให้กับบริเวณเฉลียงหรือหน้าต่างอาคาร

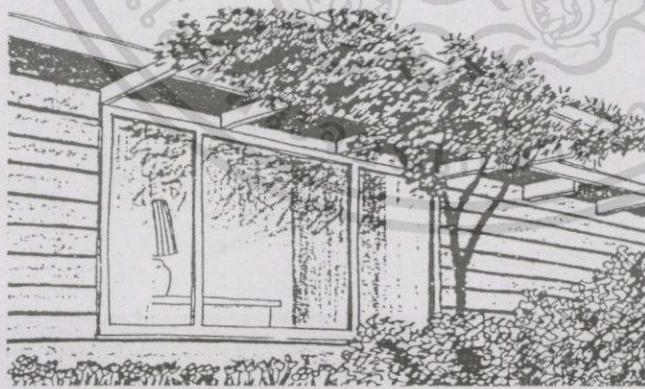
2.2.2.1 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอน (Canopy-like shelter)

หน้าต่างหรือผนังอาคารที่ต้องการบังแดดที่พบในเขตกรุงเทพฯ ส่วนใหญ่มักนิยมทำแผงบังแดดด้วยวัสดุถาวรเช่น คอนกรีต เหล็ก หรือลูมินีเยม ในส่วนเฉลียงมักต่อเป็นหลังคาออกมาเพื่อใช้ประโยชน์จากพื้นที่ใต้หลังคานั้น แต่ก็ยังพบบอาคารที่ใช้ไม้เลื้อยทำเป็นแผงบังแดดอยู่พอสมควร ลักษณะเป็นการทำโครงสร้างโปร่งโล่ง อาจเป็นระแนงเหล็กหรือไม้ ยื่นออกจากผนังอาคารและปลูกต้นไม้ให้เลื้อยปกคลุมโครงสร้างนี้

ข้อดีของแผงบังแดดลักษณะนี้คือ อากาศสามารถไหลผ่านแผงบังแดดนี้ได้ จึงทำให้มีการถ่ายเทอากาศ ซึ่งแตกต่างจากแผงบังแดดที่ทำด้วยวัสดุสังเคราะห์อื่นๆหรือแม้กระทั่งหลังคา นอกจากนี้ยังสร้างความรู้สึกสดชื่น และสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับอาคาร

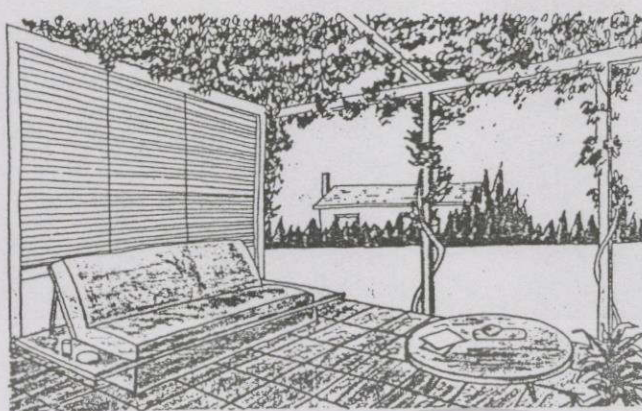
แต่มีข้อเสียอยู่บ้างคืออาจเพิ่มความชื้นให้แก่อาคาร และความหนาแน่นของใบเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของการบังแดด รวมถึงการผลัดใบตามฤดูกาล ดังนั้นในการเลือกใช้พรรณไม้จึงต้องคำนึงถึงขนาดของใบ กิ่งก้าน การเจริญเติบโต และการผลัดใบของพืชพรรณไม้นั้นด้วย (CLARK, 1981 : 38)

พรรณไม้ที่ใ้ซ้่มักเป็น ไม้ไม่ผลัดใบจำพวกไม้เลื้อย เจริญเติบโตในขนาดที่จำกัด เช่น การเวก พวงแสด พวงชมพู บานบุรี สายหยุด



รูปที่ 2.6 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดสำหรับหน้าต่าง (Window awaning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



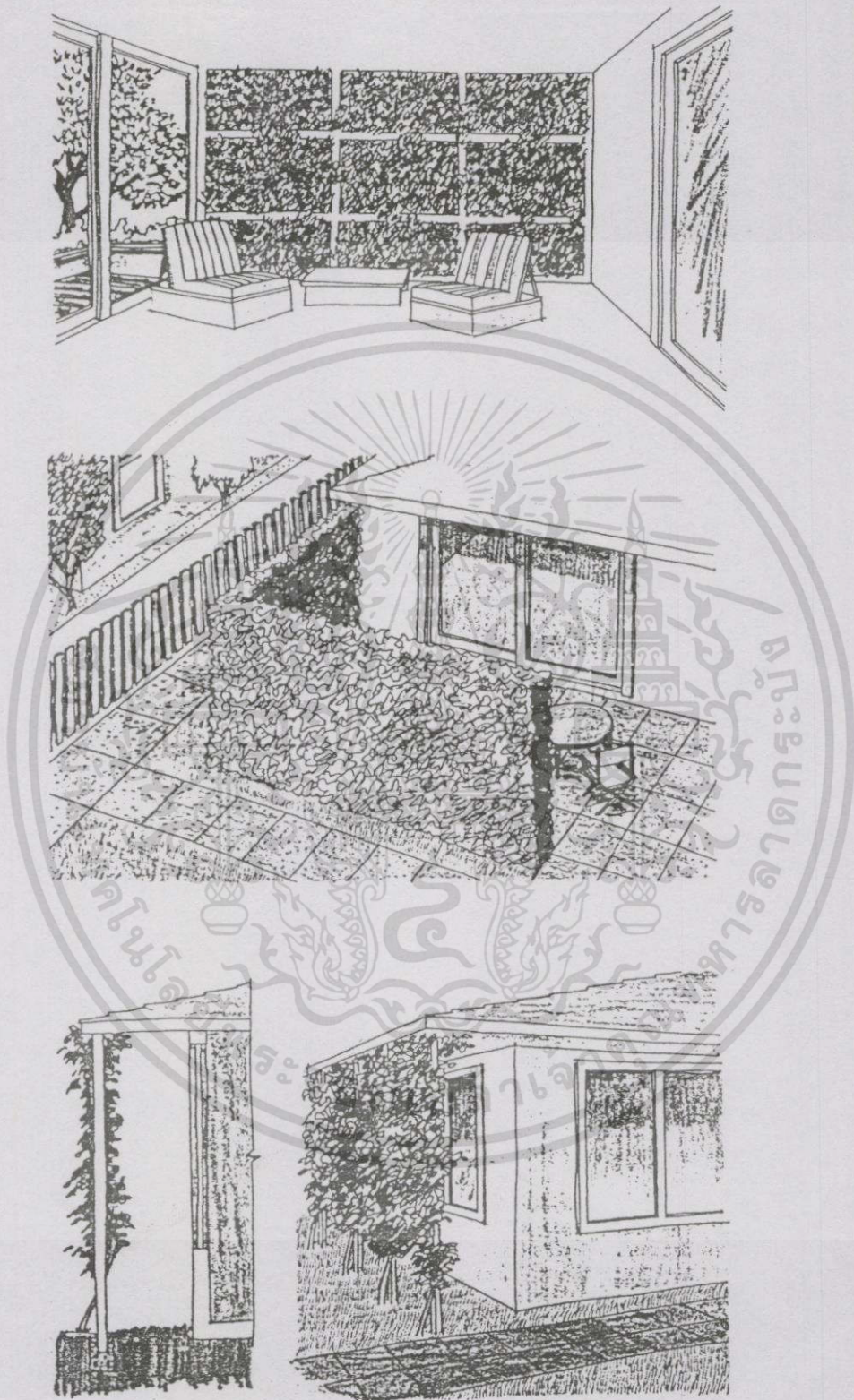
รูปที่ 2.7 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดที่บริเวณเฉลียง (Overhead canopy)

2.2.2.2 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง (Vertical Screens)

การทำแผงบังแดดในลักษณะนี้คือ การทำโครงสร้างโปร่งโล่งในแนวตั้งคล้ายรั้วในแนวตั้ง ถัดจากผนังหรือหน้าต่างอาคารออกไปโดยเว้นระยะห่างตามความเหมาะสม และปลูกไม้เลื้อยให้เลื้อยปกคลุมแผงโครงสร้างนี้ ทำให้ดูเหมือนเป็นรั้วต้นไม้ หรือการปลูกไม้พุ่ม (Shurbs) แล้วตัดแต่งเป็นรั้วหรือแผงบังอาคาร วิธีนี้สามารถบังแดดในช่วงบ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมุม ALTITUDE ของดวงอาทิตย์อยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้ยังช่วยสร้างความเป็นส่วนตัว และสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับอาคารด้วย

ในพื้นที่ที่มีลมแรง แผงไม้เลื้อยในแนวตั้งนี้สามารถช่วยบังลมได้อย่างดี ในทางกลับกัน ถ้านำมาใช้บังหน้าต่างแผงบังแดดจะบังลมด้วย จึงอาจเป็นอุปสรรคในการระบายอากาศ ดังนั้นระยะห่างจากผนังและความหนาของต้นไม้จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการนำพืชพรรณไม้มาใช้บังแดดในลักษณะนี้

พรรณไม้ที่ใช้ นอกจากจะใช้พรรณไม้เลื้อยแล้วยังสามารถใช้ไม้พุ่มปลูกตัดแต่งเป็นแนวรั้วหรือเป็นแผง เช่น ข่อย ชาปีตดาเวีย ชาข่อย แก้ว ขาไก่ เข็ม ชบา เทียนทอง เทียนหยด ไทรทอง เป็นต้น (เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ. 2539 : 318)



รูปที่ 2.8 การใช้ไม้เลื้อยหรือไม้พุ่มตัดแต่งเป็นแผงบังแดดให้กับผนังหรือหน้าต่างอาคาร (Clark. 1981 : 30,39)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

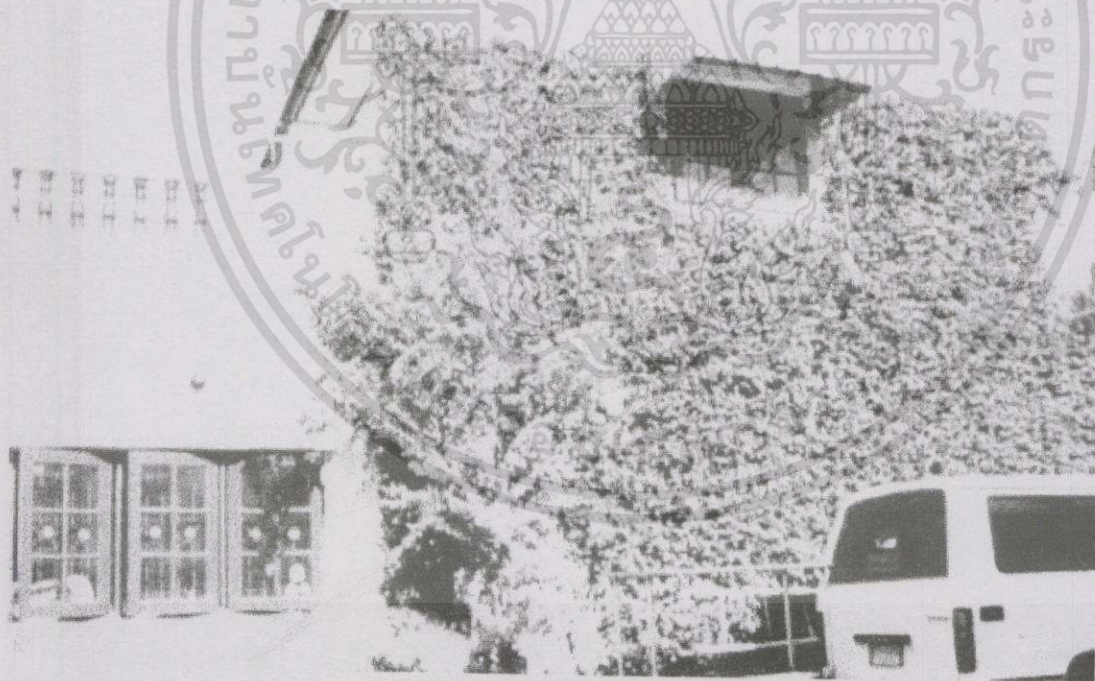
2.2.3 การใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร

พืชพรรณไม้ที่นำไปใช้ประกอบอาคารในลักษณะนี้ เป็นการปลูกต้นไม้ประเภทไม้เลื้อยให้เกาะคลุมกำแพงหรือผนังอาคาร ส่วนใหญ่ที่พบเห็นในประเทศไทยจะใช้ในวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสวยงามร่มรื่น จึงมักนำไปใช้ในส่วนรั้วมากกว่าที่จะใช้กับผนังอาคาร ทั้งยังเชื่อว่ารากหรือกิ่งก้านจะทำลายโครงสร้างอาคาร หรือจะทำให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์เลื้อยคลาน

ต้นไม้พวก IVY ที่เลื้อยเกาะกับผนังอาคารมีความสามารถในการขัดขวางการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ ก่อนที่จะกระทบผิวผนังอาคาร จึงทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังและความร้อนที่จะผ่านเข้าสู่ภายในอาคารลดลง ในบางกรณีสามารถลด Solar irradiation ได้ถึง 50% ซึ่งหมายความว่าลดความร้อนที่ได้รับที่ผิวผนังด้านทิศตะวันตกถึง 57 Btu/Ft^2

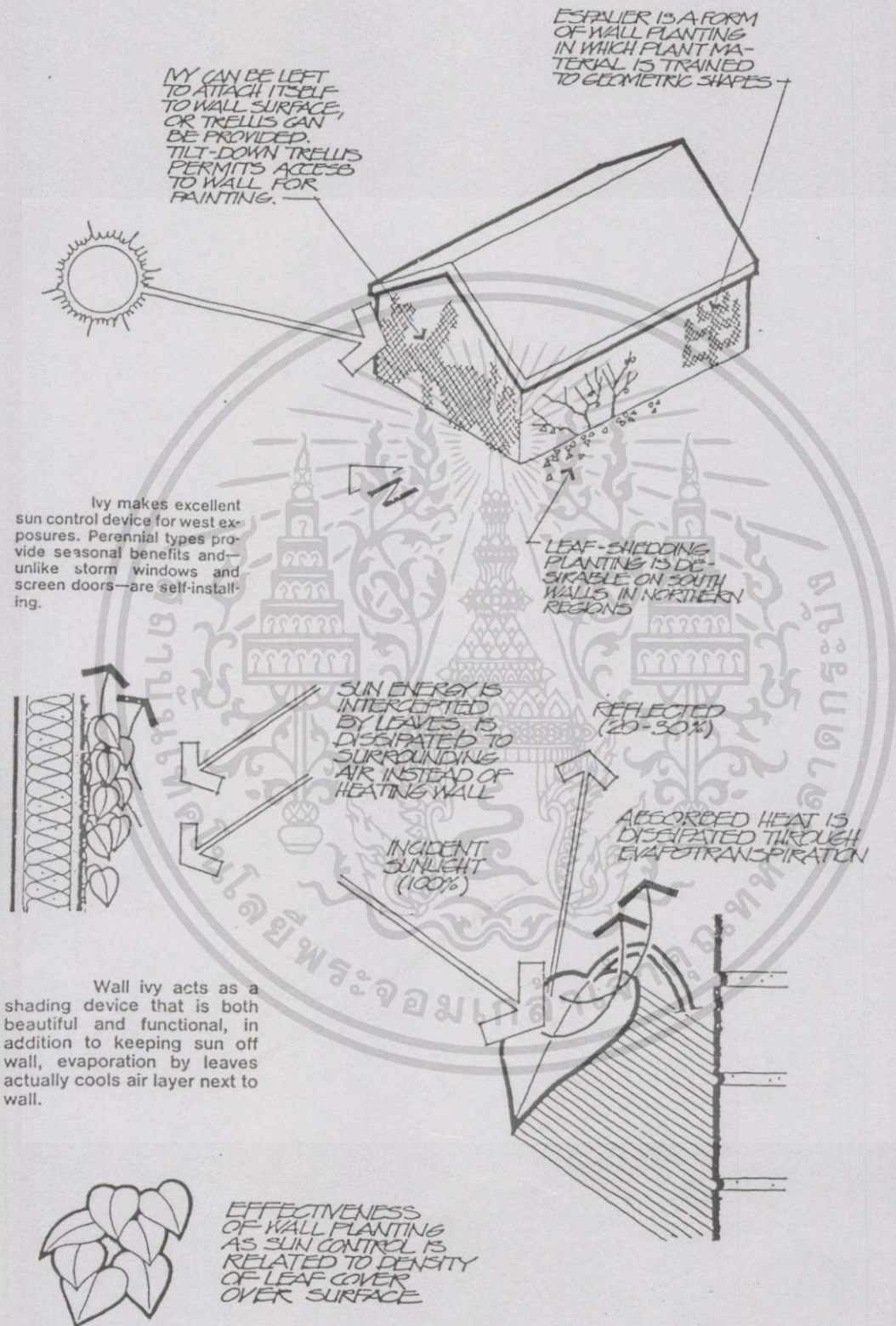
ข้อเสียบางประการของการใช้พืชพรรณไม้ลักษณะนี้คือ อากาศที่ถูกกักเก็บไว้ใต้ผิวไม้เลื้อยไม่สามารถระบายออกไปได้หรือระบายออกไปได้ช้า (Watson, 1983 : 165)

พรรณไม้ที่ใช้เป็นประเภทไม้เลื้อยอิงอาศัย (Epiphytic climber) เช่น ต้นตุ๊กแก พุด่างฟีโลเดนดรอน เงินไหลมา เป็นต้น



รูปที่ 2.9 การใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ประสิทธิภาพผลของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร (Watson et. al. 1983 : 164-165)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังอาคาร

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมและพบได้มากที่สุด เป็นการปลูกไม้ต้นรวมไปถึงไม้พุ่มบริเวณรอบๆ อาคารเพื่อใช้ร่มเงาจากกิ่งก้านสาขาที่แผ่ขยายของต้นไม้บังอาคาร หากเป็นอาคารพักอาศัยสูง 1-2 ชั้น การใช้ไม้ต้นขนาดใหญ่จะให้ร่มเงาแก่หลังคาซึ่งเป็นส่วนที่รับแสงมากที่สุดด้วย ลักษณะของต้นไม้ที่มีลำต้นสูงและมีการแผ่กิ่งก้านไปในแนวกว้าง เป็นลักษณะที่เหมาะสมในการนำมาใช้ลดความร้อน เนื่องจากสามารถให้ร่มเงาที่ดีแต่ไม่กีดขวางทางลม (Givoni.2000 : 42)

การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลางปลูกในบริเวณรอบๆอาคาร นอกจากจะช่วยให้สภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้เย็นกว่าอากาศภายนอกทั่วไปเนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชแล้ว ใบของต้นไม้ยังช่วยกรองแสงแดดที่จะส่องลงมายังผิวดินโดยตรง เป็นการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากแสงแดดโดยตรงสู่ดิน และช่วยในการบังแสงแดดที่จะส่องเข้าสู่ช่องเปิดของตัวอาคารในบางมุมหรือบางช่วงเวลาที่ไม่ต้องการแสง เป็นการลดความร้อนที่เกิดจากแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Radition) (สุนทร บุญญาธิกร. 2541 : 19)

พรรณไม้ที่นิยมใช้เป็นไม้ไม้ผลัดใบ ใบค่อนข้างดก ไม่มีหนามหรือน้ำยางและระบบรากลอย เช่น กระทิง ชมพูพันธุ์ทิพย์ ประดู่ อโศก เป็นต้น นอกจากนี้ไม้ผลบางชนิดเช่น มะม่วง ชมพู ก็นิยมเช่นกัน

พรรณไม้ที่ไม่ควรนำมาใช้ในลักษณะนี้ตามที่สมาคมภูมิสถาปนิก ประเทศไทย ได้แนะนำไว้ เนื่องจากเป็นอันตรายต่ออาคารคือ จามจุรี ไทรใบช้อยใบแหลม ปาล์มขวด ปาล์มน้ำมัน พญาสัตบรรณ โพธิ์ ยางอินเดีย หางนกยูงฝรั่ง หูกวาง (เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ. 2539 : 318)



รูปที่ 2.11 การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังผนังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินในบริเวณรอบ ๆ อาคาร (Ground Cover)

นอกจากไม้ต้น ไม้เลื้อยและไม้พุ่ม ได้มีการนำไปใช้เพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ในรูปแบบต่าง ๆ แล้ว พืชพรรณไม้ขนาดเล็ก เช่น ไม้คลุมดินก็มีประโยชน์สูงเช่นเดียวกัน การปลูกพืชคลุมดิน ช่วยเปลี่ยนแปลงความร้อนและความชื้นที่ผิวดิน ช่วยบังแสงที่ส่องต่อผิวดิน และเพิ่มความชื้นให้กับผิวดิน แต่อาจมีปัญหาจากความชื้นที่ผิวดินจะมีมากเกินไป ในกรณีที่แสงแดดส่องไม่ถึงและลมพัดผ่านไม่ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความสกปรกหมักหมม เป็นที่อาศัยของสัตว์เลื้อยคลาน และทำให้มีกลิ่น อากาศไม่บริสุทธิ์ (ตรึงใจ บูรณสมภพ.2539:27)

อย่างไรก็ดี การใช้พืชคลุมดินสามารถทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบของพุ่มไม้ อาจมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) นอกจากนี้ยังพบว่าในบริเวณสนามหญ้าก็มีอุณหภูมิเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ จึงทำให้ลมที่พัดผ่านมาเย็นลง และทำให้เกิดผิวของสภาพแวดล้อมที่เย็น การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินเป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนให้กับดิน อีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นต่อสายตา ป้องกันการสะท้อนของแสงจ้า (Glare) และป้องกันฝุ่นที่เกิดจากดินที่แห้งได้อีกด้วย (สุนทร บุญญาริกการ.2541: 20)

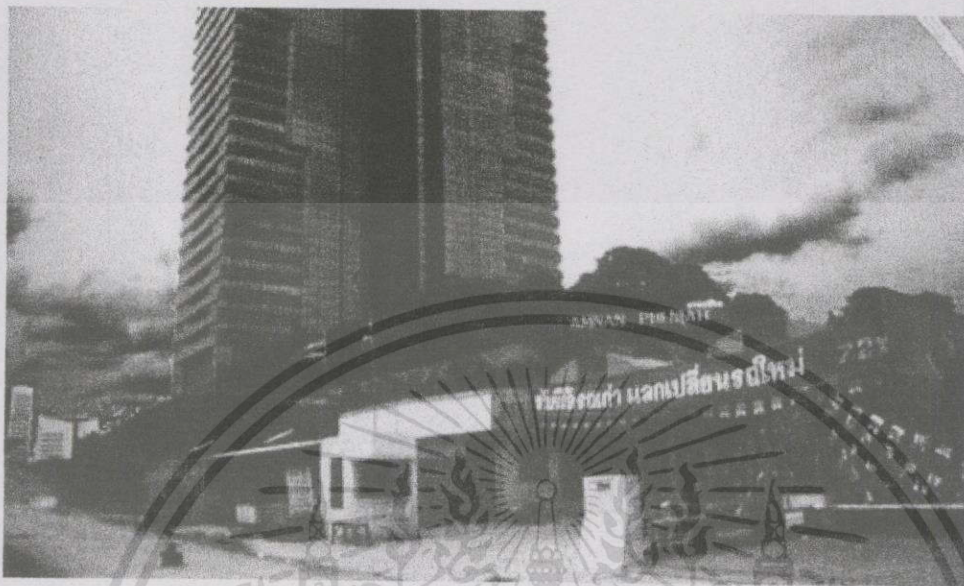


รูปที่ 2.12 การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินบริเวณรอบ ๆ อาคาร

2.2.6 การปลูกหญ้าหรือจัดสวนบนหลังคาอาคาร

รูปแบบของการใช้พืชพรรณไม้เพื่อลดความร้อนในลักษณะนี้ มีหลักการเดียวกันกับการปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินในบริเวณรอบ ๆ อาคาร แตกต่างกันที่การปลูกหญ้าหรือจัดสวนบนหลังคาอาคารเป็นการลดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Radiation) ที่ต้องเอ็กซเรย์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมมายังหลังคาอาคาร ฟ้า หญ้าหรือพืชคลุมดินจะทำหน้าที่เสมือนฉนวนกันความร้อนที่หลังคา ก่อนที่ความร้อนจะผ่านพื้นอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร



รูปที่ 2.13 การปลูกหญ้าหรือจัดสวนบนหลังคาอาคาร

ทั้ง 6 รูปแบบวิธีการของการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนดังกล่าวมานี้ ล้วนมีข้อแตกต่างของการนำไปใช้อย่างเด่นชัด ซึ่งให้ผลในการป้องกันความร้อนในรูปแบบที่แตกต่างกันด้วย แม้ว่าบางวิธีจะไม่ได้ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารโดยตรง หากมีการศึกษาในรายละเอียดของแต่ละรูปแบบ รวมทั้งการนำไปใช้ผสมผสานกัน เชื่อว่าการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร โดยใช้พืชพรรณไม้นี้ น่าจะให้ประสิทธิผลที่สมบูรณ์อย่างยิ่ง

บทที่ 3

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ผลงานวิจัยเรื่อง Climatological Uses of Plants for Solar Control and the Effects on the Thermal Environment of a Building โดย Akira Hoyano

ในงานวิจัยของ Akira Hoyano แห่ง Tokyo Institute of Technology, Nagatula, Midoriku, Yokohama, Kanakawa 227, Japan ในปี 1988 ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิผลของการใช้ภูมิอากาศวิทยาของพืชพรรณไม้ไว้ในรูปแบบต่างๆ 5 แบบด้วยกันคือ

1. การใช้เรือนไม้เลื้อย (pergola) เป็นแผงบังแดดไม้เลื้อย (wisteria) ในแนวราบ
2. การใช้แผงบังแดดเถาไม้เลื้อย (vine sunscreen) บังเฉียงด้านทิศตะวันตก
3. การใช้ไม้เลื้อย (ivy) เกาะคลุมผนังด้านทิศตะวันตก
4. การใช้ร่มเงาจากไม้ยืนต้น (evergreens) บังผนังด้านทิศตะวันตก
5. การปลูกหญ้า (turf-planting layers) บนดาดฟ้าอาคาร

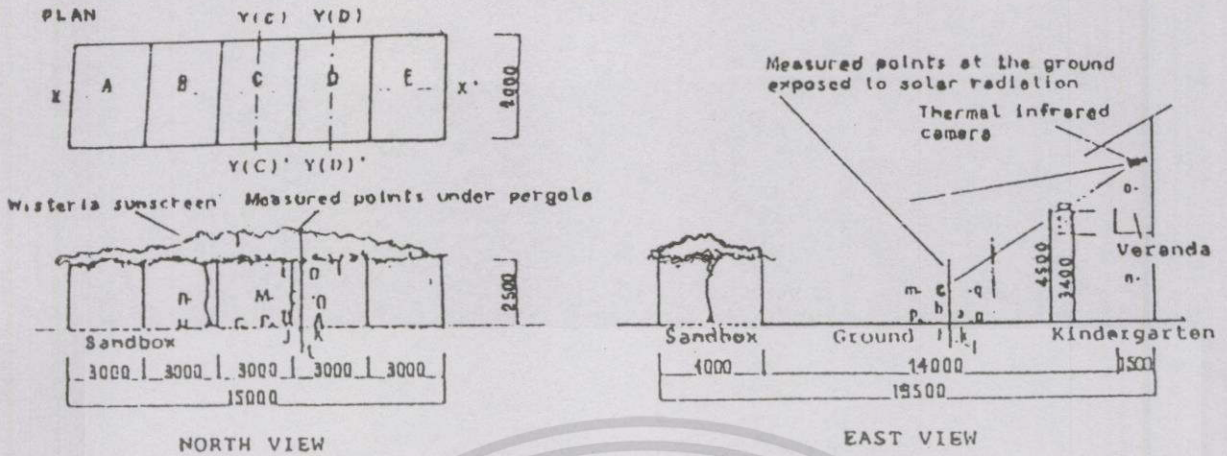
แต่ละแบบของการใช้พืชพรรณไม้เพื่อลดความร้อน Akira ได้แสดงถึงวิธีการตรวจสอบและประสิทธิผลของการควบคุมแสงอาทิตย์ไว้ดังนี้

3.1.1 การใช้เรือนไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบ

จากการศึกษาของ Akira Hoyano ได้ทำการตรวจวัดค่าต่างๆที่เรือนต้นไม้บนอาคารที่สร้างขึ้นที่โรงเรียนอนุบาล A ที่เมืองฟูกุโอกะ ซึ่งมีขนาด 4.00×15.00 เมตร สูงจากพื้นดิน 2.50 เมตร ใบของไม้เลื้อยมีลักษณะหนาแน่น ซ้อนกันหลายชั้น ตัวอาคารโรงเรียนอนุบาลอยู่ห่างจากเรือนต้นไม้ไปทางทิศเหนือ 14 เมตร ด้านทิศใต้ของเรือนต้นไม้เปิดโล่ง ส่วนใต้เรือนต้นไม้เป็นกระบะทรายขนาดเดียวกันกับเรือนต้นไม้ การตรวจสอบของ Akira ได้ทำการตรวจวัดค่าต่างๆดังนี้

1. อุณหภูมิที่ใบของไม้เลื้อย
2. ค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของเรือนไม้
3. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในแนวราบ
4. ความเร็วลมที่ความสูงจากพื้นดิน 1.00 เมตร
5. อุณหภูมิการแผ่รังสีรวม (Globe Temperature) ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.00 เมตร
6. การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในบริเวณรอบๆเรือนต้นไม้ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.00 เมตร
7. การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในแนวราบบนกระบะทรายและผิวดิน
8. อุณหภูมิที่ผิวดินและผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



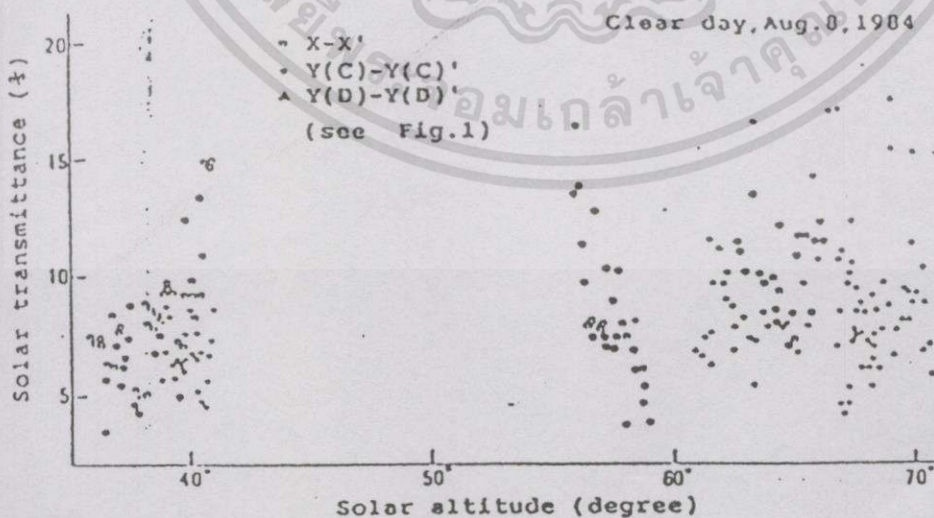
Measured items under pergola and at open ground

- 1 Leaf temp. of wisteria screen
- 2 Solar transmittance of screen
- 3 Horizontal distribution of air temp.
- 4 Wind velocity at 1.0m height
- 5 Globe temperature at 1.0m height
- 6 Solar radiation from the surrounding at 1.0m height
- 7 Horizontal solar radiation on sandbox and ground
- 8 Surface temp. of sandbox and ground

รูปที่ 3.1 เรือนต้นไม้และตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบ

1) ค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (SOLAR TRANSMITTANCE) ของเรือนต้นไม้

จุดที่ทำการตรวจสอบ จะทำทั้งในด้านกว้างและด้านยาวโดยแต่ละช่วงห่างกัน 15 ซม. และทำการตรวจสอบในแบบเดียวกันในพื้นที่เปิดโล่ง แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ค่าความเบี่ยงเบนระหว่างจุดที่วัดมีค่า 7-8 % โดยไม่มีความแตกต่างที่เกิดจากมุมของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude) ในช่วงมุม 40°-70° ส่วนค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) บริเวณส่วนกลางของเรือนต้นไม้มีค่าประมาณ 10% เท่านั้น

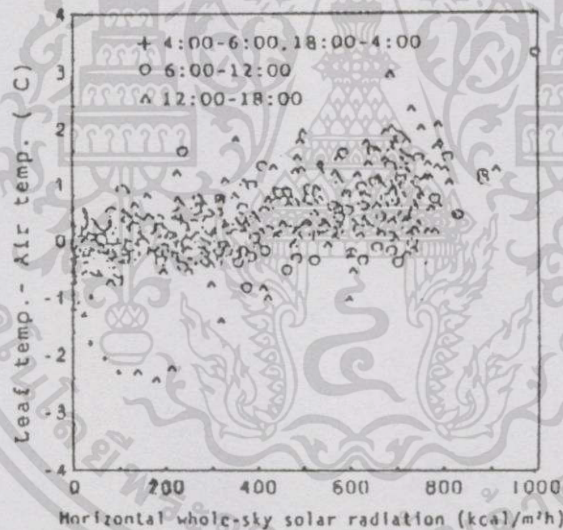


รูปที่ 3.2 ค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของเรือนต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อุณหภูมิที่ผิวใบของต้นไม้

ในการตรวจสอบได้ใช้ Infrared Thermometer ตรวจวัดอุณหภูมิ ปรากฏว่าในวันที่ท้องฟ้าปกติ อุณหภูมิที่ใบของซุ้มไม้เลื้อยด้านบนสูงกว่าอุณหภูมิด้านล่าง แต่ในวันที่มีเมฆมากอุณหภูมิที่ผิวใบทั้งสองด้านเกือบจะเท่ากัน ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิที่ผิวใบด้านบนจะลดลงต่ำกว่าผิวใบด้านล่างอันเนื่องมาจาก การแผ่รังสีจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Radiation) อย่างไรก็ตาม ตลอดทั้งวันแล้วอุณหภูมิที่ผิวใบด้านบนกับด้านล่างมีค่าต่างกันสูงสุดเพียง 2°C เท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นคือค่าความสัมพันธ์ระหว่างความแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิ (อุณหภูมิที่ผิวใบกับอุณหภูมิอากาศ ภายใต้เรือนไม้ที่ความสูง 1.00 เมตร) กับการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในแนวราบซึ่งแสดงในกราฟ เมื่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ $400 \text{ kcal} / \text{m}^2\text{h}$ อุณหภูมิที่ใบกับอุณหภูมิอากาศจะมีค่าต่างกันอยู่เพียง $\pm 1^{\circ}\text{C}$ คือแทบจะไม่ต่างกัน ถึงแม้ว่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) มีค่า $800 \text{ kcal} / \text{m}^2\text{h}$ ก็มีความแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิเพียง 2°C

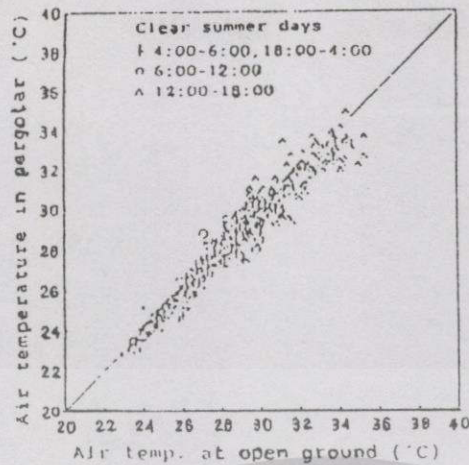


รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใบของเรือนต้นไม้ อุณหภูมิอากาศใต้เรือนต้นไม้ที่ความสูง 1.5 เมตร กับ การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (whole-sky horizontal solar radiation)

3) สภาวะแวดล้อม (MICROCLIMATE) ภายใต้เรือนต้นไม้

จะเห็นได้ว่าค่าความร้อน (Thermal images) ในช่วงเวลากลางวันของวันที่ท้องฟ้าปกติ ซึ่งแสดงในรูป 3.3 อุณหภูมิที่ผิวพื้นทรายใต้เรือนต้นไม้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใบ (อุณหภูมิอากาศ) เมื่อผิวดินได้รับความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์เกิน 50°C และไม่มี ความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างอุณหภูมิอากาศที่ความสูงจากพื้นดิน 1.00 เมตร ภายใต้เรือนต้นไม้กับส่วนที่เปิดโล่ง

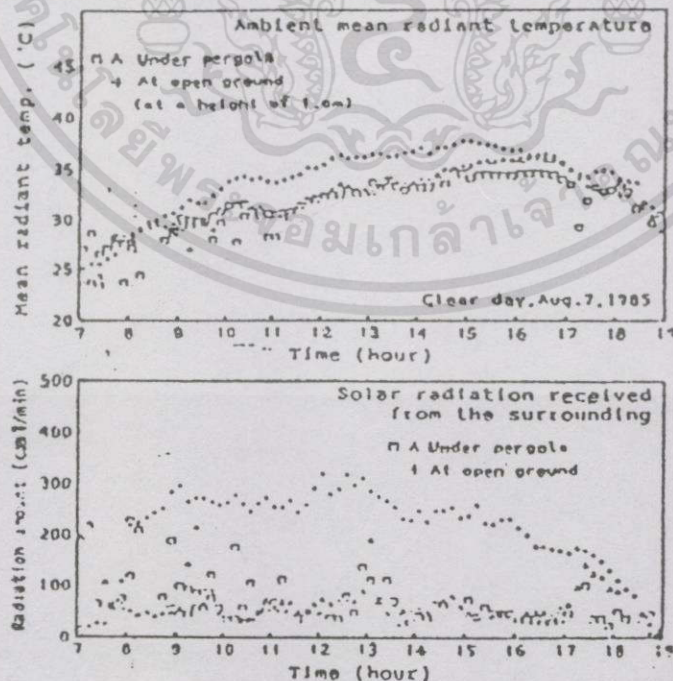
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้เรือนต้นไม้กับบริเวณที่เปิดโล่ง

4) สภาพการแผ่รังสีความร้อนภายใต้เรือนต้นไม้

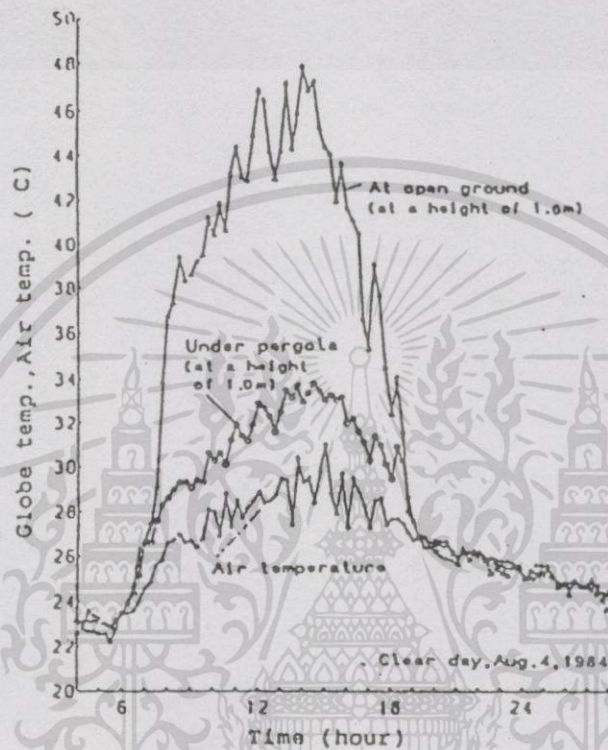
ในช่วงกลางวัน บริเวณรอบๆ เรือนไม้มีค่าการแผ่รังสีตรงจากแสงแดด (Direct Solar Radiation) $250 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ขณะที่ใต้เรือนต้นไม้มีค่าประมาณ $60 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ หรือน้อยกว่าประมาณ 1 ใน 4 ความแตกต่างของอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean Radiation Temperature) ใต้เรือนต้นไม้กับพื้นที่เปิดโล่งต่างกันถึง $6 - 8 \text{ }^\circ\text{C}$ และอุณหภูมิใต้เรือนต้นไม้เกือบจะเท่ากับกับอุณหภูมิของอากาศ ค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean Radiation Temperature) ทั้งสองเกือบจะเท่ากันในช่วงเวลาประมาณ 17.00 น. เนื่องจากอุณหภูมิที่ผิวดินลดลงและอิทธิพลของการแผ่รังสีของชั้นบรรยากาศ ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะตรงข้ามกันในเวลากลางคืน



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงสภาพแวดล้อมภายใต้เรือนต้นไม้ อันเนื่องมาจากการแผ่รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 ซึ่งให้เห็นผลของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อนจากบริเวณโดยรอบซึ่งมี 2 จุดที่เหมือนกัน ถึงแม้ว่าอุณหภูมิ Globe Temperature ได้เริ่มต้นไม้จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 2°C อันเนื่องมาจากการแผ่รังสีความร้อนจากบริเวณโดยรอบ แต่ก็ยังต่ำกว่าอุณหภูมิ Globe Temperature ในพื้นที่เปิดโล่งประมาณ 7°C ดังนั้นสภาพแวดล้อมอันพึงปรารถนาจึงเกิดขึ้นได้เริ่มต้นไม้นี้



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิ Globe Temperature ได้เริ่มต้นไม้และอุณหภูมิในบริเวณที่เปิดโล่ง

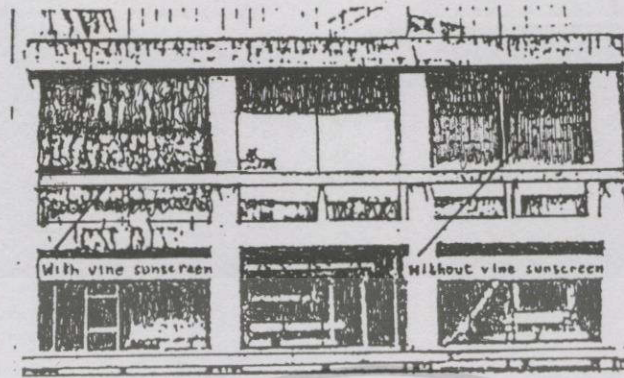
3.1.2 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดให้กับหน้าต่างหรือเฉลียงอาคาร AKIRA HOYANO ได้ทำการศึกษาแผงบังแดดในลักษณะนี้ไว้ดังนี้

1) กรอบการทดลอง

1.1) การออกแบบแผงบังแดดไม้เลื้อย

แผงบังแดดไม้เลื้อยที่ทำการออกแบบ ติดตั้งที่เฉลียงชั้นบนสุดของอาคารคอนกรีต 4 ชั้นใน CAMPUS ของมหาวิทยาลัย กิวชู ส่วนเฉลียงหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีพื้นที่ 2.94 ตารางเมตร (รูปที่ 3.7) แผงบังแดดไม้เลื้อยประกอบด้วยแผงในแนวตั้งด้านหน้าเฉลียงและแผงที่เอียง 35 องศา ทั้งนี้เพื่อบังแสงอาทิตย์จากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ใบของไม้เลื้อยปกคลุมแผงบังแดดประมาณ 55%

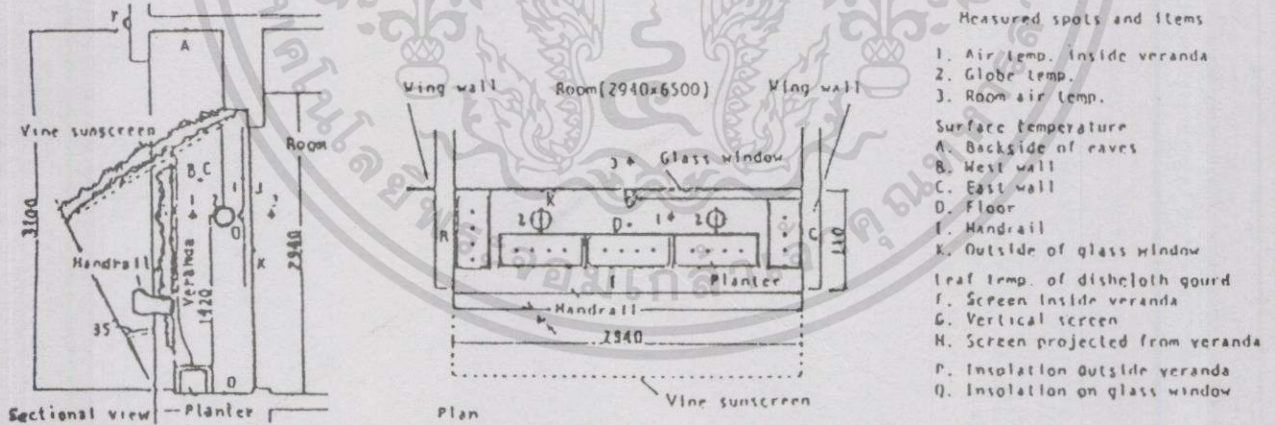
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 รูปด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร 4 ชั้น ที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เลื้อยบริเวณเฉลียง

1.2) วิธีการตรวจวัด

รูปที่ 3.8 แสดงจุดที่ทำการตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิที่ใบไม้ อุณหภูมิที่พื้นเฉลียง สำหรับการวัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิว ใช้ T Thermocouple เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 มม. การวัดอุณหภูมิใบไม้ใช้ T Thermocouple ติดที่ด้านหลังใบไม้ด้วยเทปใส ส่วน Infrared Thermometer ใช้วัดอุณหภูมิพื้นผิว



รูปที่ 3.8 เฉลียงด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เลื้อยเพื่อการทดลอง

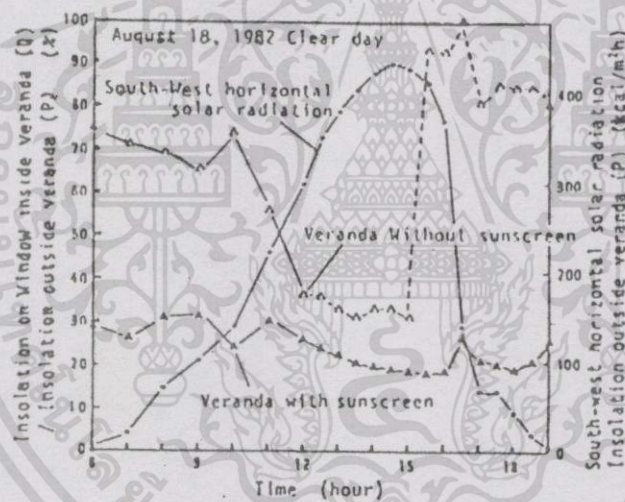
1.3) ช่วงเวลาและสภาพการณ์ในการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ตรวจวัดได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างเฉลียงที่มีแผงบังแดดกับแบบที่ไม่มีแผงบังแดด ซึ่งทำการทดลองในวันที่ท้องฟ้าปกติในหน้าร้อน หน้าคางและประตูที่เปิดออกสู่ระเบียงถูกปิดไว้เมื่อทำการตรวจวัดจึงเปิด

2) ความแปรเปลี่ยนของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่หน้าต่างในช่วงระหว่างวัน

รูปที่ 3.9 แสดงค่าความแปรเปลี่ยนของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่เฉลียงที่มีแผงบังแดดกับเฉลียงที่ไม่มีแผงบังแดดในช่วงเวลาระหว่างวัน แบบที่มีแผงบังแดดจะมีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 25% เปรียบเทียบกับแบบที่ไม่มีแผงบังแดด จะมีค่าต่ำกว่าประมาณ 60% ในช่วง 6.00 น.-11.00 น. หลังจากเวลา 15.00 น. เมื่อแสงแดดส่องเข้ามาโดยตรง จะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 60-70% สรุปได้ว่า แผงบังแดดไม่เลื้อยจะเป็นอุปกรณ์บังแดดที่มีประสิทธิภาพเมื่อมุมของดวงอาทิตย์ (SOLAR ALTITUDE) อยู่ในมุมต่ำ

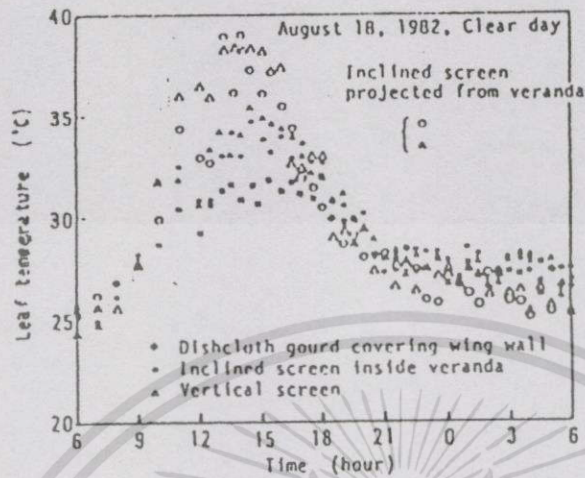


รูปที่ 3.9 กราฟแสดงค่าการแปรเปลี่ยนของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่บริเวณเฉลียงที่มีแผงบังแดดและที่ไม่มีแผงบังแดด

3) อุณหภูมิที่ผิวใบของไม้เลื้อยและอุณหภูมิอากาศที่เฉลียง

รูปที่ 3.10 แสดงความแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่ใบไม้กับอุณหภูมิอากาศที่เฉลียงในช่วงเวลาระหว่างวัน อุณหภูมิที่ใบไม้ของแผงบังแดดที่เอียงจะเริ่มสูงขึ้นเมื่อเวลา 9.00 น. และสูงจนเกือบถึง 40°C เมื่อเวลาประมาณ 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุด ในทางกลับกัน อุณหภูมิที่ผิวใบของแผงบังแดดในแนวตั้งอยู่ที่ $30-32^{\circ}\text{C}$ แม้จะเป็นช่วงเวลากลางวัน และเกือบจะเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในเฉลียง เมื่อถูกบังด้วยแผงบังแดดที่เอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



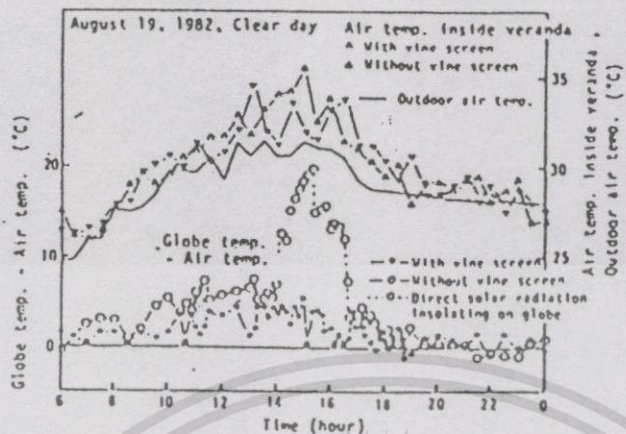
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่ใบ ไม้ของแผงบังแดด ไม้เลื้อย

ส่วนเคลือบที่ไม่มีแผงบังแดด พื้นที่ส่วนใหญ่ของเคลือบจะถูกแสงแดดโดยตรง อุณหภูมิที่พื้นเคลือบสูงกว่า 45°C ถึงแม้จะเป็นช่วงเย็นจนถึงเช้า เพราะพื้นและผนังด้านทิศตะวันตกที่ถูกแสงจะยังคงเก็บอุณหภูมิที่สูงไว้ ส่วนเคลือบที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า เพราะถูกบังแสงแดดไว้ในช่วงกลางวัน จึงชี้ชัดได้ว่า แผงบังแดด ไม้เลื้อยสามารถลดความร้อนจากแสงแดดได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการสะท้อนความร้อนจากพื้นเคลือบ

4) สภาพแวดล้อม (Thermal Environment) ภายในเคลือบ

การทดสอบสภาพแวดล้อม (Thermal Environment) ภายในเคลือบที่มีแผงบังแดดกับแบบที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย ทำการเปรียบเทียบกันโดยการวัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์

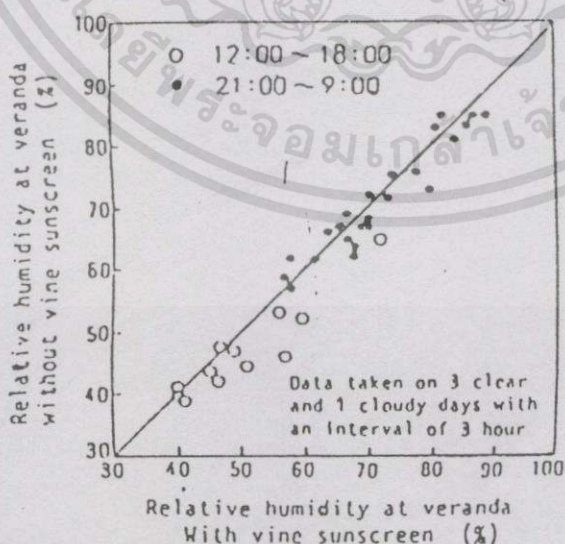
รูปที่ 3.11 อุณหภูมิอากาศภายในเคลือบทั้งสองแบบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วง 12.00 น.-15.00 น. แบบที่ไม่มีแผงบังแดดอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยสูงกว่าแบบที่มีแผงบังแดด $1-3^{\circ}\text{C}$ เมื่อสังเกตดูความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิอากาศภายในเคลือบ จากรูปที่ 3.11 จะเห็นผลของแบบที่มีแผงบังแดดได้ชัดเจน อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันจะต่ำกว่า $2-4^{\circ}\text{C}$ อธิบายได้ว่า อุณหภูมิห้องที่ไม่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากความเร็วลมภายในเคลือบลดลงเมื่อผ่านแผงบังแดดทางตั้ง



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี Globe Temperature ที่บริเวณเฉลียง

อย่างไรก็ตาม หลังเวลา 18.00 น. อุณหภูมิอากาศของเฉลียงแบบที่มีแผงบังแดดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าแบบที่ไม่มีแผงบังแดด ทั้งนี้เนื่องจากแผงบังแดดไม่เคี้ยวทางตั้งไปบังการคายความร้อนและการระบายอากาศจากเฉลียงสู่ภายนอก

รูปที่ 3.12 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ของเฉลียงทั้งสองแบบ โดยการบันทึกข้อมูลในวันที่ท้องฟ้าปกติ 3 วัน และวันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก 1 วัน ในทุกๆ 3 ชั่วโมง แม้จะพอคาดเดาได้ว่า ความชื้นของเฉลียงที่มีแผงบังแดดจะสูงกว่าแบบที่ไม่มีอันเนื่องมาจากการคายน้ำของใบไม้ แต่จากการตรวจวัด กลับไม่ได้แสดงให้เห็นความแตกต่างเท่าใดนัก



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเฉลียงทั้งสองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในการระบายอากาศตามขวาง (Cross Ventilation)

ในการวัดความเร็วลมที่หน้าต่างและประตูเฉลี่ยที่เปิดไปสู่ทางเดิน อัตราส่วนระหว่างความเร็วลมที่จุดศูนย์กลางของหน้าต่างที่เปิดไว้กับจุดที่วัดที่หลังคาอาคารฟ้าได้นำมาคำนวณเป็นอัตราการระบายอากาศตามขวาง

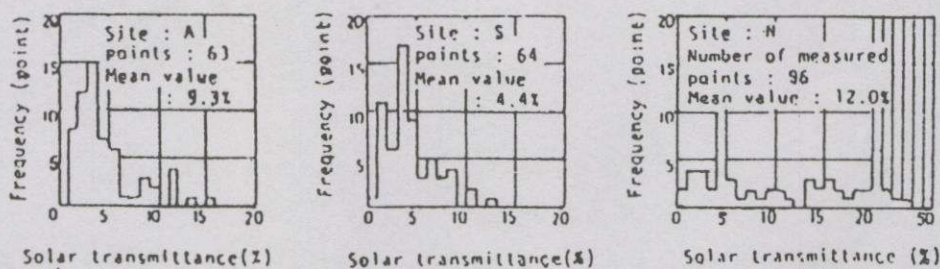
อัตราการระบายอากาศตามขวางของแบบที่ไม่มีแผงบังแดดมีค่าประมาณ 46% ขณะที่แบบที่มีแผงบังแดดจะลดลงเหลือ 17% ฉะนั้น แผงบังแดดทางตั้งที่บังเฉลี่ยไว้นั้น จึงเป็นปัญหาในการระบายอากาศในหน้าร้อน

3.1.3 การใช้ไม้เลื้อยปลูกขึ้นปกคลุมผนังด้านทิศตะวันตก

ในฤดูร้อน การจะบังแดดที่ผนังด้านทิศตะวันตกได้อย่างสมบูรณ์นั้นค่อนข้างยาก เพราะผนังในด้านทิศตะวันตกจะรับรังสีแสงอาทิตย์ที่แผ่มามากกว่าผนังด้านทิศใต้เนื่องจาก มุมของดวงอาทิตย์ (Altitude) ที่ต่ำกว่า ความร้อนจากแสงแดดจึงถูกดูดซับไว้ที่ผนังด้านทิศตะวันตกในช่วงบ่าย แล้วไหลถ่ายเทเข้าสู่ภายในห้องจากช่วงเย็นจนถึงกลางคืน ซึ่งทำให้เกิดสภาพอากาศที่ไม่พึงประสงค์ในอาคาร ดังนั้น AKIRA จึงได้ทำการทดลอง โดยให้ผนังคอนกรีตด้านทิศตะวันตกของบ้านพักอาศัยปลูกไม้เลื้อยขึ้นปกคลุมไว้เต็มผนัง

1) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการเจริญเติบโตของไม้เลื้อยและการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ของไม้เลื้อย

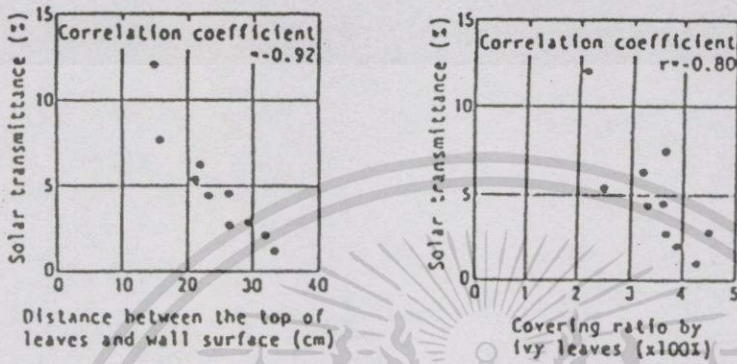
การตรวจวัดการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ของไม้เลื้อยได้ทำไว้ตามสถานที่ (SITE) ต่างๆ ที่ TOKYO โดยได้แสดงไว้เป็นอัตราส่วนของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์บนผิวผนังหลังไม้เลื้อยที่กำหนดให้เป็นอุปกรณ์บังแดด การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละสถานที่ วัดไว้ได้ประมาณ 60 จุด ซึ่งจะนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการคำนวณ รูปที่ 3.13 เป็นผลการตรวจวัดจากบางตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ในทุกพื้นที่อยู่ที่ 2-7%



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงการผกผันของค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ Solar Transmittance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

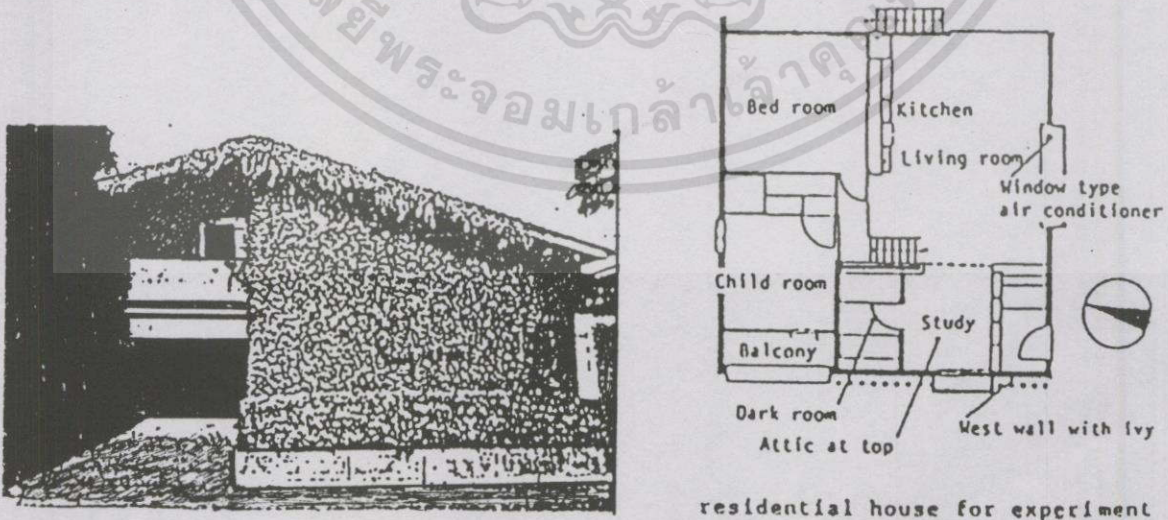
จากนั้นทำการตรวจสอบการเจริญเติบโตของไม้เลื้อยและความสัมพันธ์กับแสงแดด ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.14 ผลปรากฏว่า การส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ของไม้เลื้อยมีค่าเป็นส่วนกลับที่สูง เมื่อเทียบกับระยะระหว่างผิวของผนังกับส่วนยอดสุดของไม้เลื้อยและอัตราการปกคลุมของใบไม้เลื้อยที่ผิวผนัง



รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสภาพการเจริญเติบโตของไม้เลื้อยกับการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance)

2) การอบการทดลอง

การตรวจวัดในรายละเอียดทำในฤดูร้อนในสถานที่ทดสอบ ที่การเจริญเติบโตของไม้เลื้อยเป็นไปโดยปกติซึ่งเป็นบ้าน 2 ชั้นในย่านพักอาศัยของ TOKYO (รูปที่ 3.15) ผนังด้านทิศตะวันตกเป็นผนังคอนกรีตหนา 15 ซม. ปกคลุมไปด้วยไม้เลื้อย หันหน้าเข้าหาถนนและรับแสงแดดตลอดวัน ห้องด้านทิศตะวันตกของบ้านนี้ใช้เป็นห้องเรียนและห้องมีด



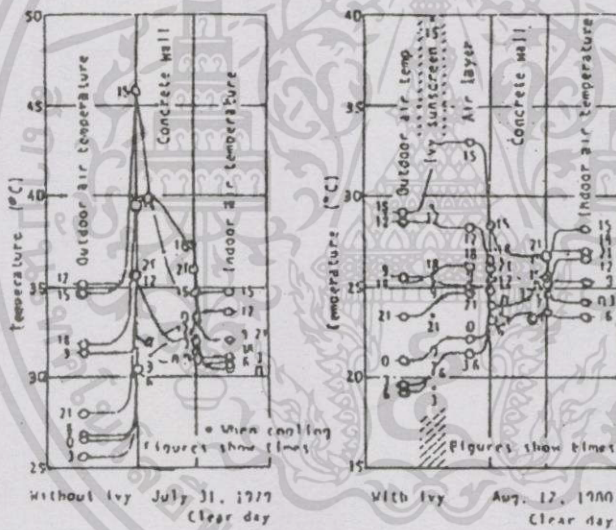
รูปที่ 3.15 บ้านพักอาศัยใน Tokyo ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตรวจวัดได้ทำการบันทึกอุณหภูมิที่ใบของไม้เลื้อย อุณหภูมิที่ผิวผนังทั้งภายนอกและภายในอาคาร อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) อุณหภูมิอากาศ (Ambient air temperature) ที่ล้อมรอบ และการไหลของอากาศระหว่างไม้เลื้อยกับผนังภายนอก การแผ่รังสีแสงอาทิตย์บนผิวผนังภายใต้ไม้เลื้อย การแผ่รังสีแสงอาทิตย์บนไม้เลื้อยและองค์ประกอบอื่นๆ

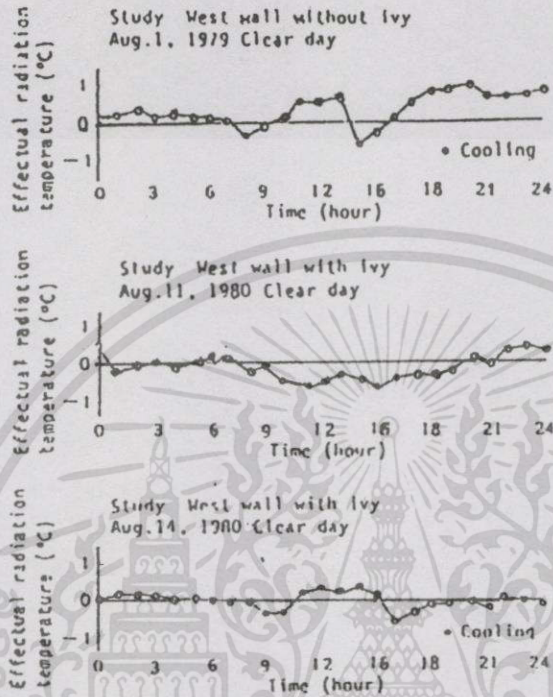
3) การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิของไม้เลื้อยและอุณหภูมิผนังภายนอก

รูปที่ 3.16 แสดงการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิผนังภายนอกที่มีไม้เลื้อยขึ้นปกคลุมกับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อย ในช่วงเวลา 15.00 น. ของวันที่ท้องฟ้าปกติ อุณหภูมิที่ผิวผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยด้านทิศตะวันตกสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเกือบ 10°C และยังคงสูงเช่นนี้ไปจนถึงกลางคืนขณะที่อุณหภูมิภายนอกลดลง อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในจะสูงสุดในเวลา 18.00 น. เนื่องจากผลของการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ไว้ที่ผนัง



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงอุณหภูมิของผนังภายนอกที่มีและไม่มีไม้เลื้อยปกคลุม

ส่วนผนังด้านที่มีไม้เลื้อยขึ้นปกคลุม ในวันที่ท้องฟ้าปกติอุณหภูมิภายใต้ไม้เลื้อยจะสูงขึ้นบ้างเล็กน้อยเนื่องจากอุณหภูมิของผนังภายนอก ในช่วงเย็นจนถึงกลางคืนอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในจะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเมื่ออุณหภูมิผนังภายใต้ไม้เลื้อยสูงขึ้น ซึ่งสังเกตได้อย่างชัดเจนจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในบ้านกับอุณหภูมิห้องด้านทิศตะวันตกดังแสดงในรูปที่ 3.17

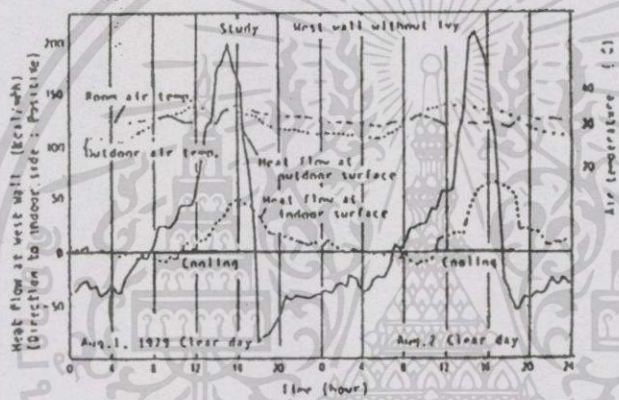
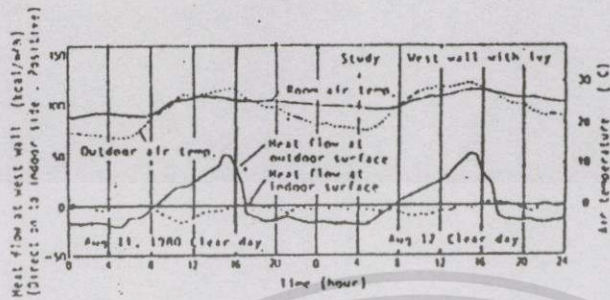


รูปที่ 3.17 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิจากการแผ่รังสีที่ผนังด้านทิศตะวันตก

4) การแปรเปลี่ยนของความร้อนที่ไหลผ่านผนังด้านทิศตะวันตกในช่วงระหว่างวัน

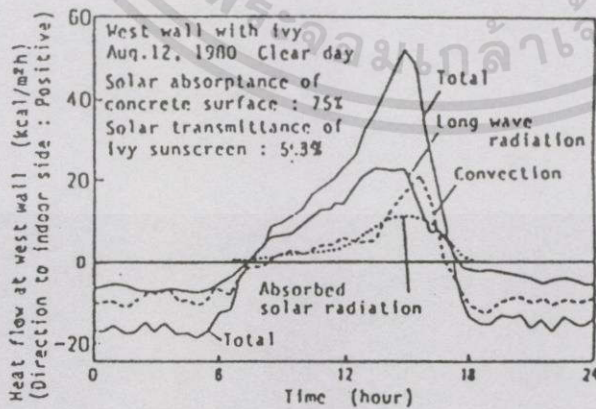
ความร้อนที่ไหลผ่านผนัง (Heat flow) ได้นำมาคำนวณโดยวิธี response factor method ค่าการนำความร้อนของผนังคอนกรีตเป็น $1.4 \text{ kcal / mh}^{\circ}\text{C}$ และค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat) ที่ปริมาตรคงที่เป็น $481 \text{ kcal / m}^3\text{C}$

รูปที่ 3.18 แสดงความแตกต่างของ Heat Flow ที่ผิวผนังภายในและภายนอกในช่วงระหว่างวัน ผนังที่ไม่มีไม้ฉนวนปกคลุมความร้อนสูงสุดที่ไหลผ่านคือ $200 \text{ kcal / m}^2\text{h}$ ส่วนผนังที่มีไม้ฉนวนปกคลุมจะลดความร้อนลงได้ประมาณ 1 ใน 4 ที่เดียว ความร้อนที่ไหลผ่านผนังด้านในจะมีค่าลดลงอยู่ใกล้ๆ เส้น 0 เพราะฉะนั้น อิทธิพลของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่มีต่อสภาพความร้อนภายในอาคารสามารถจำกัดได้โดยการใช้ไม้ฉนวนปกคลุมผนัง



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของความร้อนที่ไหลผ่านผนังภายนอกและภายใน

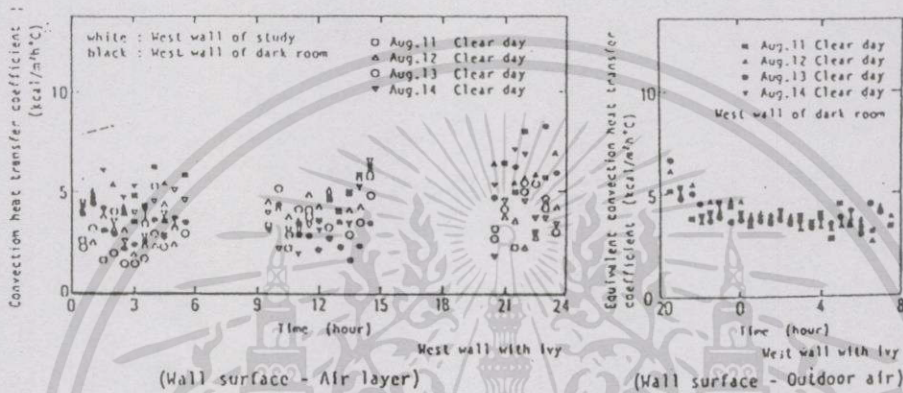
5) ประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณแสงแดดของไม้เลื้อย



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความสมดุลทางความร้อน (Heat Balance) ที่ผิวผนังภายนอกที่ปกคลุมด้วย ไม้เลื้อยในวันที่ท้องฟ้าปกติของฤดูร้อน

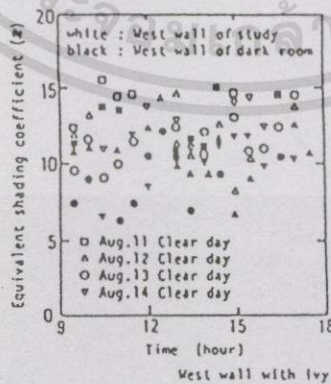
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 ความร้อนที่ไหลผ่านโดยการพาความร้อนเกิดจากการลดการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์และการไหลของความร้อนจากการแผ่รังสีคลื่นยาวระหว่างใบไม้กับผิวผนังจากความร้อนรวมที่ไหลสู่ผิวผนัง การพาความร้อนนี้ได้เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างอากาศภายนอกและผิวผนังภายนอกไปเพียง $4 \text{ kcal} / \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$ และกราฟข้างล่างเล็กน้อยในรูปที่ 3.20 แสดงว่าปริมาตรอากาศที่ถูกกักเก็บไว้ภายใต้ไม้เลื้อยไม่เอื้ออำนวยต่อการพาความร้อน แต่ก็มีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะในตอนกลางคืน อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกของผนังที่มีไม้เลื้อยจะต่ำกว่าผนังที่ไม่มีไม้เลื้อย



รูปที่ 3.20 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนที่ผ่านผิวผนังภายนอกด้านทิศตะวันตกที่มีไม้เลื้อยปกคลุม

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเทียบเท่า Equivalent Shading Coefficient ของไม้เลื้อยที่แสดงในรูปที่ 3.21 คำนวณมาจากอัตราส่วนระหว่าง การแผ่รังสีของผนังด้านทิศตะวันตก เมื่อการส่งผ่านความร้อนของรังสีแสงอาทิตย์ผ่านไม้เลื้อยเป็น 5% ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเทียบเท่า จะเป็น 12%



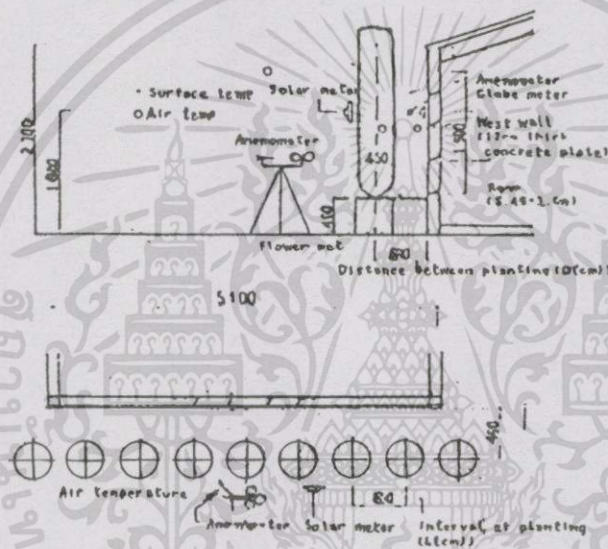
รูปที่ 3.21 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเทียบเท่า (Equivalent Shading Coefficient) ของไม้เลื้อยที่ปกคลุมผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การใช้ร่มเงาจากต้นไม้บังผนังอาคารด้านทิศตะวันตก

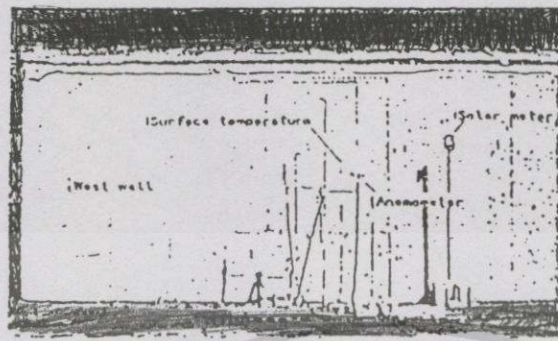
จากที่ได้กล่าวมาแล้วถึงประสิทธิผลของการบังแดด โดยใช้ไม้เลื้อยคลุมผนังด้านทิศตะวันตก แสดงให้เห็นถึงการเป็น “อุปกรณ์บังแดด” ที่ยังไม่สมบูรณ์ เพราะอากาศที่ถูกขังไว้ในชั้นอากาศระหว่างไม้เลื้อยกับผนังจะเพิ่มสูงขึ้น และการลดความร้อนจากผนังในช่วงกลางวันก็จะไม่ค่อยเป็นผล เนื่องจากมีไม้เลื้อยคลุมไว้ ดังนั้นอีกวิธีหนึ่งที่จะแก้ไขสถานการณ์นี้คือ ใช้วิธีปลูกต้นไม้เรียงแถวเป็นแนวรั้วยาวตลอดผนัง และทำการตรวจสอบผลของ การบังแดด

1) กรอบการทดลอง

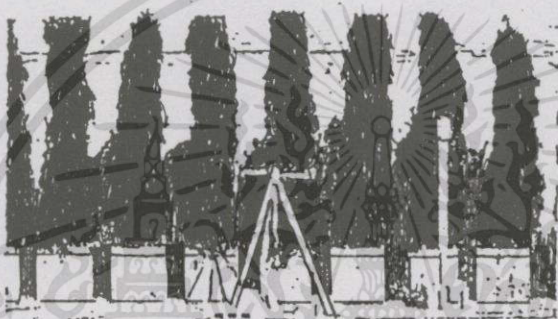


รูปที่ 3.22 การทดสอบการใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังผนังอาคารด้านทิศตะวันตก

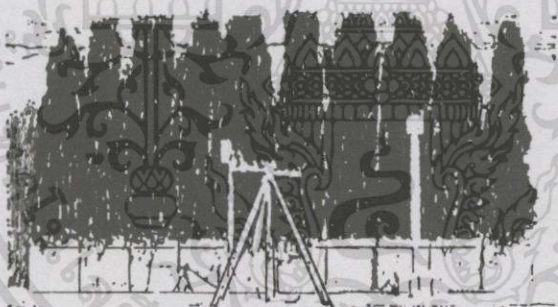
กรอบการทดลองแสดงในรูปที่ 3.22 ใช้ผนังด้านทิศตะวันตกของบ้านชั้นเดียว ภายนอกทดลองใช้ต้นไม้แบบต่างๆดังแสดงในตารางที่ 1 มีความสูง L (cm) ระยะระหว่างแนวต้นไม้กับผนังเป็น D (cm) รวมทั้งแบบที่ไม่มีแนวต้นไม้ ต้นไม้เป็นไม้กระถางเคลื่อนย้ายได้ อาคารที่ทำการทดลองมี 1 ห้อง พื้นที่ 20 ตารางเมตร ไม่ปรับอากาศ ผนังด้านตะวันตกเป็นคอนกรีตหนา 12 cm. สูง 2.3 m. กว้าง 5.4 m. รูปแบบต้นไม้รูปที่ 3.23 ช่องว่างระหว่างต้นไม้กับผนังรูปที่ 3.24 เงาของต้นไม้บนผนังด้านทิศตะวันตกขึ้นอยู่กับแบบต้นไม้ เหนือผนังขึ้นไป 0.7 m. เกิดร่มเงา (Shading) ได้ทั้งแบบ L 65 D 60



Without Planting Row

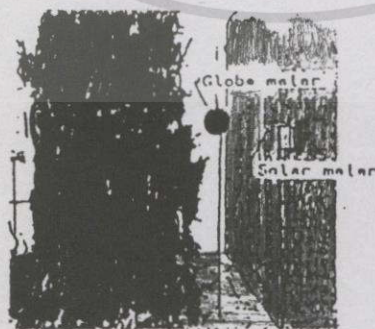


Planting Pattern (L65, D60)



Planting Pattern (L45, D20)

รูปที่ 3.23 แสดงรูปด้านทิศตะวันตกของแนวต้นไม้ที่ใช้ในการทดลอง



Planting Pattern (L45, D60)

รูปที่ 3.24 แสดงช่องว่างระหว่างแนวของต้นไม้กับผนังด้านทิศตะวันตก

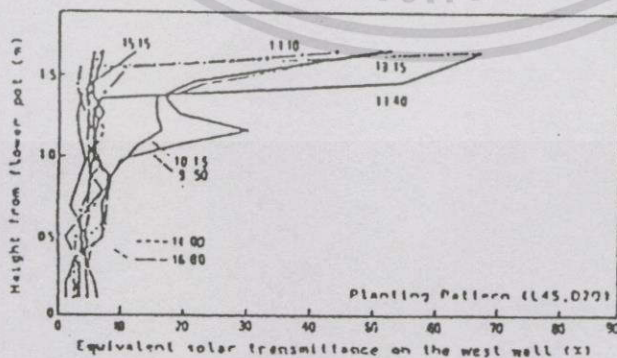
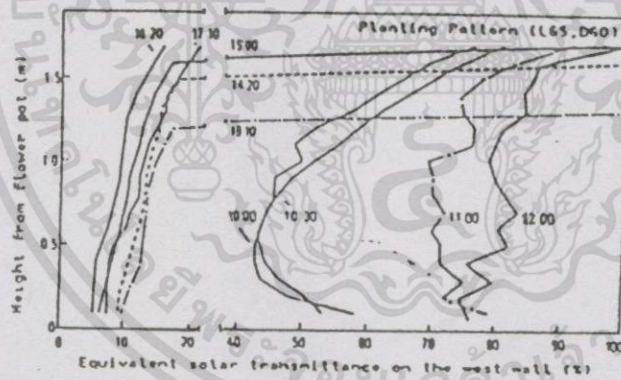
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การส่งผ่านรังสีแสงแดดเทียบเท่า (Equivalent Solar Transmittance) ของแนวต้นไม้

อัตราการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่ผนังด้านทิศตะวันตกไปสู่การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่แนวต้นไม้ในแนวตั้ง และอัตราส่วนที่ถูกออกแบบไว้เป็นการส่งผ่านความร้อนที่เท่ากัน รูปที่ 3.25 แสดงค่าการแปรเปลี่ยนในแนวตั้งบนผนังด้านทิศตะวันตกของต้นไม้ตัวอย่าง 2 แบบ ในเวลา 10.30 น. เมื่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ไม่เป็นปกติ ค่าการแปรเปลี่ยนในแนวตั้งแสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างขึ้นอยู่กับแบบของต้นไม้ ส่วนในตอนเที่ยงรังสีแสงอาทิตย์จะลอดผ่านช่องว่างระหว่างแนวต้นไม้กับผนังด้านทิศตะวันตก ซึ่งจะทำให้ผนังได้รับรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น หลังจาก 13.00 น. เมื่อได้รับแสงอาทิตย์อย่างเต็มที่แล้ว การแปรเปลี่ยนในแนวตั้งเกือบจะคงที่

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (Mean Solar Transmittance) ของแนวต้นไม้

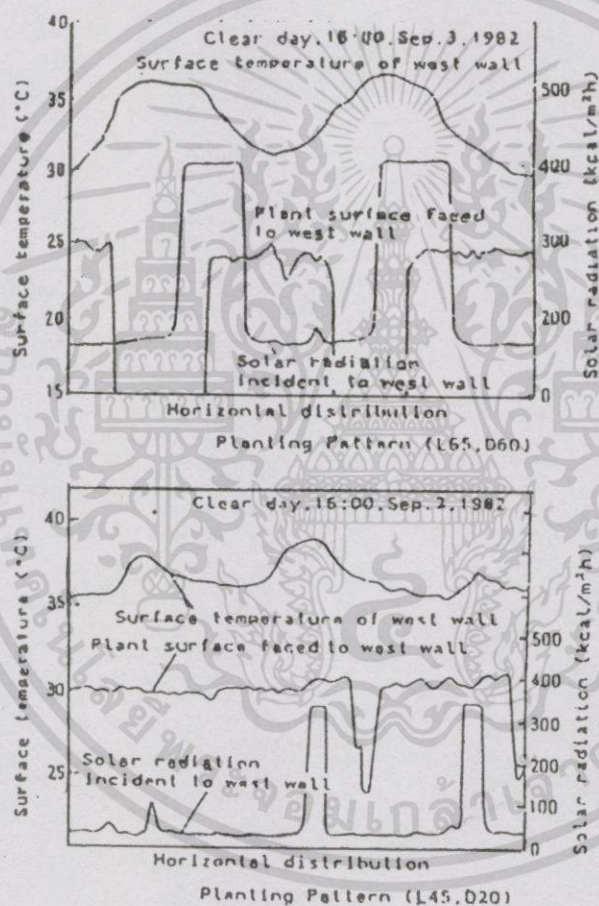
Planting pattern	Equivalent solar transmittance (%)		
	6:00 - 11:00	11:00 - 13:00	13:00 - 18:00
(L 45, D 20)	6.0	9.5	3.3
(L 65, D 20)	13.6	13.8	7.5
(L 45, D 60)	34.8	26.5	6.4
(L 65, D 60)	35.8	27.0	8.1



รูปที่ 3.25 กราฟแสดงการกระจายในแนวตั้งของค่าการส่งผ่านรังสีแสงแดดเทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสังเกตผลการแปรเปลี่ยนของค่าการแผ่รังสีแสงแดดเทียบเท่า (Equivalent Solar Transmittance) บนผิวผนังด้านตะวันตก ค่าการส่งผ่านความร้อนเฉลี่ยในตารางที่ 1 สูงกว่า 95% เมื่อช่องว่างของต้นไม้กว้าง อัตราการแผ่รังสีแสงอาทิตย์บนผนังจะยิ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ลอดผ่านช่องว่างระหว่างต้นไม้ อย่างไรก็ตาม ส่วนที่รับแสงโดยตรงก็เปลี่ยนไปตามการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ ความห่างของการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิที่ผิวผนังก็ไม่กว้างนัก รูปที่ 3.26 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการแปรเปลี่ยนของรังสีแสงอาทิตย์บนผนังกับการกระจายของอุณหภูมิผิวในแนวราบ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวของส่วนที่รับแดดสูงกว่าส่วนอื่นประมาณ 3°C



รูปที่ 3.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่รังสีแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิผิวของผนังด้านทิศตะวันตก

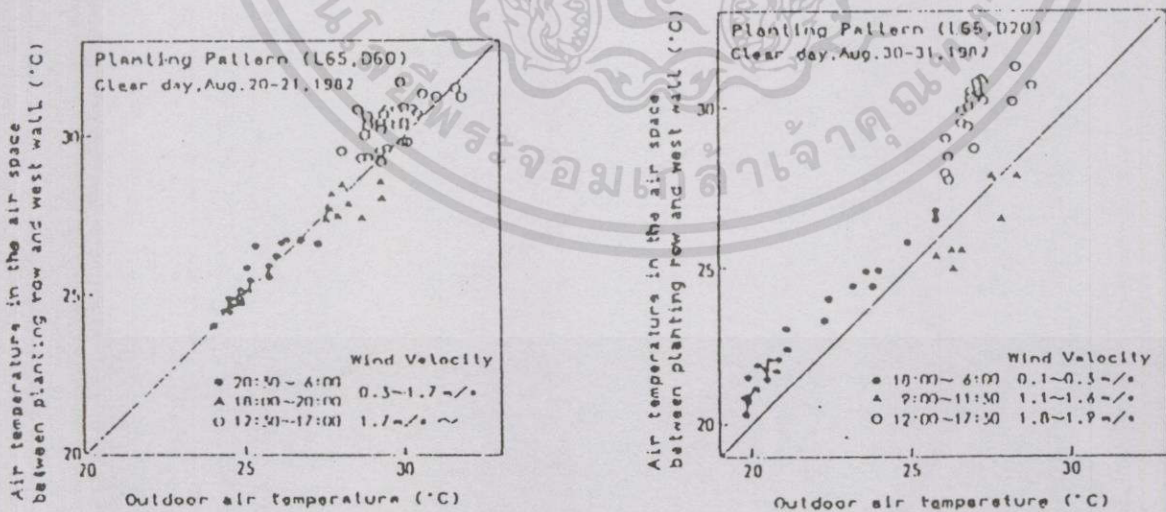
3) การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิรอบๆแนวต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แสดงความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่มาจากทิศทางด้านบนซ้าย

รูปที่ 3.27 อุณหภูมิของใบไม้ด้านบนที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้น ส่วนด้านบนร่มอุณหภูมิเกือบจะเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ แสดงว่าการคายความร้อนของผนังที่ได้รับความร้อนทางทิศตะวันตกที่มีแนวต้นไม้จะต่ำกว่าที่ได้รับจากพื้นดินที่ร้อนซึ่งปราศจากแนวต้นไม้ดังแสดงในรูปที่ 3.28 เมื่อระยะเวลาระหว่างผนังด้านตะวันตกกับแนวต้นไม้แคบ อากาศจะถูกกักไว้ในช่องอากาศ และอุณหภูมิจะสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกหลายองศาในช่วงบ่าย แต่อุณหภูมิของช่องอากาศยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในตอนเช้า เนื่องจากอากาศเย็นในตอนกลางคืนยังคงอยู่ในนั้น

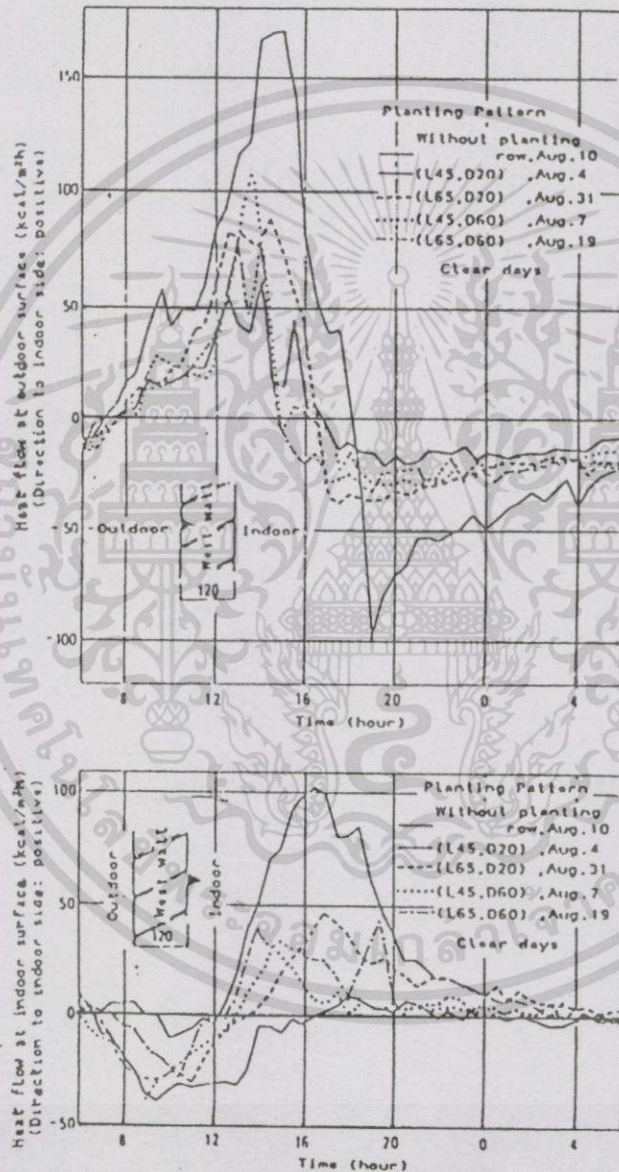


รูปที่ 3.28 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศในช่องว่างระหว่างผนังกับแนวต้นไม้ กับอุณหภูมิอากาศภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ความแตกต่างของ ความร้อนที่ไหลผ่านผนังด้านตะวันตกในช่วงระหว่างวัน

โดยการใช้ผลการวัดอุณหภูมิของผนังภายนอกทั้งภายในและภายนอกอาคาร ความร้อนที่ไหลผ่านผนังด้านตะวันตกนำมาคำนวณโดย วิธี Response Factor Method รูปที่ 3.29 แสดงผลการคำนวณของต้นไม้แบบต่าง ๆ ในวันที่ท้องฟ้าปกคลุม ถึงแม้ว่าปริมาณการไหลของความร้อนไม่สามารถเทียบได้โดยตรง เนื่องจากความแตกต่างของสภาพอากาศ แต่ประสิทธิภาพของแนวต้นไม้ก็ได้รับการทดสอบอย่างได้ผล



รูปที่ 3.29 กราฟแสดงการแปรเปลี่ยนของความร้อนที่ไหลผ่านผิวผนังภายนอกและภายในด้านทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไม่มีแนวต้นไม้ ความร้อนที่ไหลผ่านด้านในผนังด้านตะวันตกในช่วงเวลา 16.00 น. จะสูงถึง $100 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ เนื่องจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งแท้จริงแล้วสามารถควบคุมให้ลดลงได้ต่ำกว่า $50 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ โดยใช้แนวต้นไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นไม้แบบ L 45 D 20 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในตอนบ่ายแทบจะไม่มีอิทธิพลใดๆ ระยะห่างระหว่างต้นไม้กับผนังที่แคบจะก่อให้เกิดการลดความร้อนที่มากจากภายในสู่ภายนอก เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพจากการทำความเย็นโดยวิธีธรรมชาติ (Passive Cooling Effect) น่าจะเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ ซึ่งเป็นที่ชัดเจนแล้วว่า ประสิทธิภาพในการบังแดด (Solar Shading Effect) จะมีประสิทธิภาพ เมื่อช่องว่างระหว่างต้นไม้กับผนังแคบ ทั้งนี้การดูแลรักษาและความคงทนของอาคารควรจะนำมาพิจารณาด้วย ถ้ามีหน้าต่างที่ผนังด้านทิศตะวันตก จะทำให้ได้รับรังสีแสงอาทิตย์ที่กระจายในท้องฟ้าอย่างเต็มที่ ขณะที่การแผ่รังสีแสงอาทิตย์จากทางทิศตะวันตกถูกกักไว้โดยการปรับเปลี่ยนระยะระหว่างต้นไม้กับผนัง

3.1.5 ชั้นของหญ้าบนหลังคา (ROOFTOP TURF LAYER)

1) กรอบการทดลอง

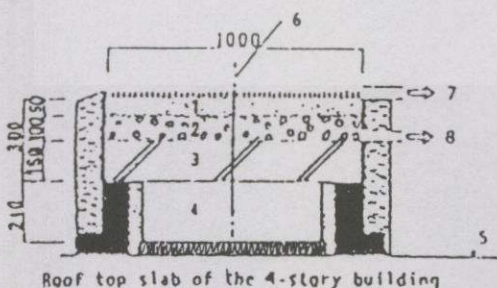
1.1) ชั้นของต้นไม้บนหลังคาที่ทำการทดลอง

ผู้ทำการทดลองทำแบบจำลอง ขึ้นมา 3 แบบ คือ

แบบ A ชั้นพืชที่เป็นหญ้า (L1) ปลูกบนดินที่ผสมปุ๋ยหนา 34 cm. บนหลังคาแบน (Flat Roof)

แบบ B ชั้นพืชที่เป็นหญ้า (L2) เนื่องจากชั้นดินที่หนาและหนักจะทำลายโครงสร้างของอาคาร แบบจำลองนี้จึงสร้างขึ้นโดยดินที่ผสมปุ๋ยและชั้นของดินจะทำให้บางเพื่อลดน้ำหนัก

แบบ C ชั้นดิน (S) แบบจำลองนี้ใช้ดินเดียวกันกับชั้น L1 แต่ไม่ปลูกหญ้า รูปที่ 3.30 แสดงรูปตัดของชั้น L2 บริเวณโดยรอบและส่วนล่างสุดของชั้นหญ้า ซึ่งถือว่าเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อว่าชั้นของดินจะสามารถรับการส่งผ่านความร้อนในแนวตั้งเท่านั้น ส่วนเรื่องน้ำจะทำการวัดทั้งปริมาณน้ำฝนที่ไหลผ่านจากพื้นผิวและปริมาณน้ำที่ระบายออก



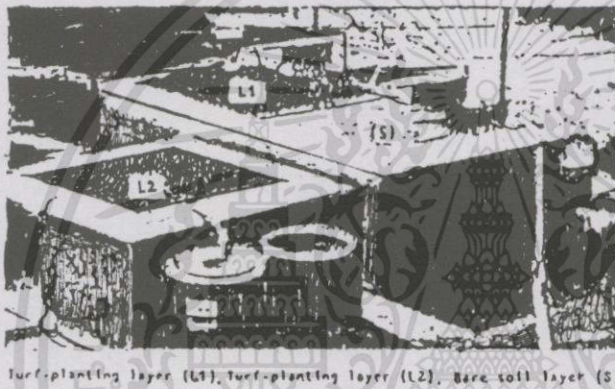
- 1 Foam-perlite mixture (Volume ratio 1:1)
- 2 Perlite with relatively large particle size
- 3 Asbestos-slate board (16mm thick, 3 boards)
- 4 Air layer
- 5 Mortar surface
- 6 Temperature measurement with thermocouples
- 7 Measurement of water run-off from the layer surface
- 8 Measurement of drainage from the layer bottom

รูปที่ 3.30 รูปตัดขวางของชั้นดินและตัวแปรที่ทำการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) กรรมวิธีและการวัด

- ก. วัดอุณหภูมิที่ผิวของหญ้าและดิน อุณหภูมิภายในดินและอุณหภูมิผิวอื่น ๆ
- ข. วัดค่าการสะท้อนรังสี (Spectral reflect) บนผิวหญ้า ดิน และวัสดุอื่น ๆ โดยใช้ Spectrophometer วัดปริมาณน้ำฝน 2 ครั้ง ต่อวัน ในเวลา 10.00 น. และ 17.00 น.
- ค. การอุ้มน้ำของชั้นดิน
- ง. องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม ความเร็วลม และการแผ่รังสีแสงอาทิตย์
- จ. การทดสอบการรับแสงภายนอกอาคาร โดยทำชั้นดินที่จะทำการทดสอบบนหลังคาอาคาร 4 ชั้นดังแสดงในรูปที่ 3.31

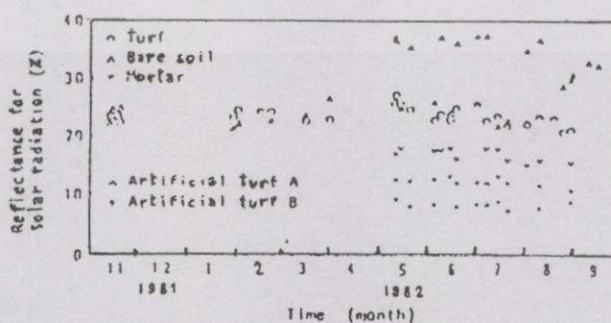


Turf-planting layer (L1), Turf-planting layer (L2), Bare soil layer (S)

รูปที่ 3.31 การทดลองการใช้ชั้นหญ้าบนหลังคาอาคาร

2) การสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (SPECTRAL REFLECTANCE)

คำนวณจากผลของการวัดการสะท้อนรังสี (Spectral Reflectance) กับการกระจายรังสี (Spectral Distribution) ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ รูปที่ 3.32 แสดงค่าความแปรเปลี่ยนแต่ละปีในการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของวัสดุต่าง ๆ ที่นำมาทดลองในสถานการณ์เดียวกัน การสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของหญ้าเกือบจะได้ค่าคงที่ประมาณ 20-26 % ตลอดทั้งปี

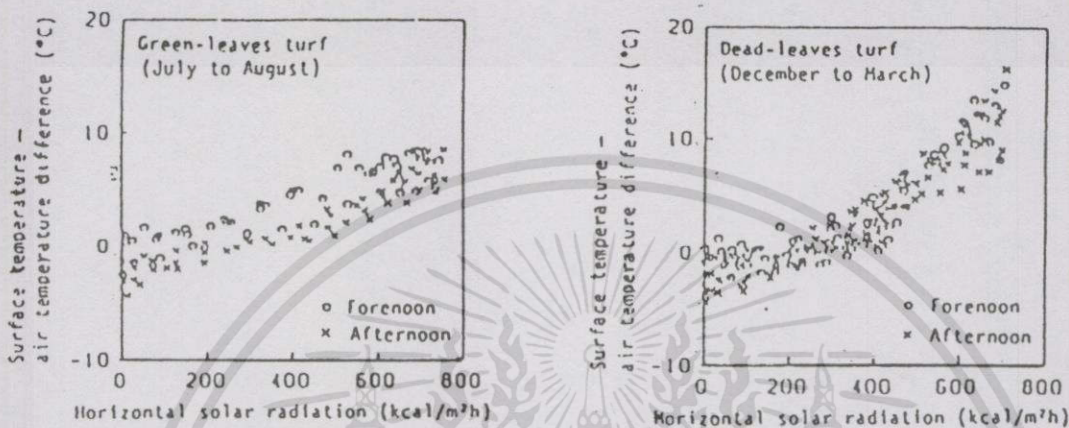


รูปที่ 3.32 กราฟแสดงการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในรอบปีของหญ้า ดินและวัสดุอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ผลกระทบของปัจจัยทางสภาพอากาศและคุณสมบัติของวัสดุที่มีต่ออุณหภูมิผิว

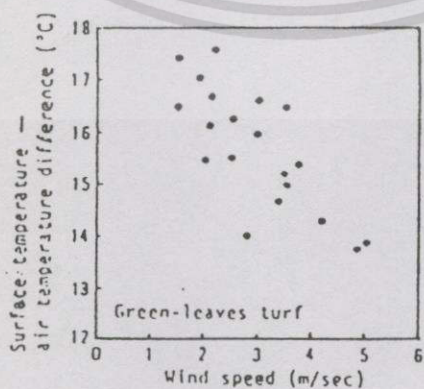
อุณหภูมิผิวสัมผัสเปลี่ยนแปลงอย่างมากตามสภาพอากาศและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ สภาพของหญ้าถูกแบ่งเป็นส่วนที่ยังเขียวกับส่วนที่แห้งตาย ซึ่งจะนำมาใช้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศกับพื้นผิวและการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในท้องฟ้า



รูปที่ 3.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ผิวหญ้า อุณหภูมิอากาศ และการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในแนวราบ

เห็นได้จากรูปที่ 3.33 ปัจจัย 2 อย่างนี้มีความเกี่ยวพันกันอย่างสูง เมื่อต้นหญ้าตายแล้ว การแผ่รังสีแสงอาทิตย์มีค่า $600 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ อุณหภูมิของผิวหญ้าจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ประมาณ 10°C ขณะที่หญ้าที่ยังเขียวมีอุณหภูมิสูงกว่าเพียง 6°C

รูปที่ 3.34 แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมมีผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวหญ้าในการลดการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ ช่วงเวลาที่เที่ยงเมื่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เป็น $700\text{-}750 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ความสัมพันธ์ในทางลบระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวกับอากาศ กับความเร็วลมซึ่งเพิ่มจาก 1.5 m/s เป็น 5 m/s คืออุณหภูมิที่ผิวลดลง 3.5°C (ความเร็วลมเพิ่ม อุณหภูมิลดลง)



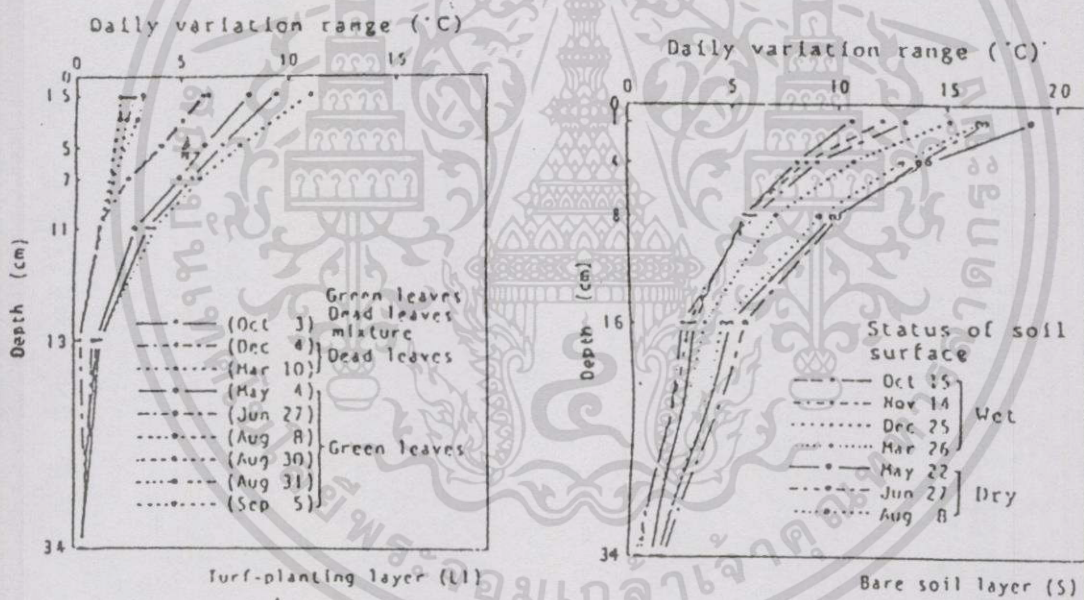
รูปที่ 3.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ผิวหญ้า อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสภาพทางกายภาพอื่น ๆ ของหญ้าและผิวดิน เช่นอุณหภูมิผิวกับอากาศ ทำการทดสอบโดยใช้ปัจจัยทางสภาพอากาศต่าง ๆ กัน ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของผลการวิเคราะห์ โดยการใช้อีกรุปประกอบทางอุณหภูมิมิวิทยา 3 ปัจจัย คือการแผ่รังสีแสงอาทิตย์โดยรวม อุณหภูมิอากาศและความเร็วลม จะเกิดความคลาดเคลื่อนไปประมาณ 1-2°C

4) การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิภายในชั้นดินและผลกระทบของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

สำหรับชั้นของหญ้า L1 และ L2 และชั้นดินเปล่า ๆ S จะทำการบันทึกค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่แต่ละความลึกในชั้นดิน เพื่อนำมาพิจารณาช่วงความแตกต่างในช่วงระหว่างวัน รูปที่ 3.35 การกระจายตัวในแนวตั้งของช่วงอุณหภูมิในแต่ละวัน จะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละฤดู คุณสมบัติทางกายภาพของผิววัสดุและการอุ้มน้ำของดิน ช่วงการแปรเปลี่ยนของชั้นหญ้าจะน้อยกว่าชั้นดินเปล่า โดยเฉพาะ L1 ช่วงกราฟ รอบ ๆ บริเวณรากจะลดลงทันที ช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันของผิวพื้นคอนกรีตภายใต้ชั้นดินนี้อยู่ที่ 1°C



รูปที่ 3.35 กราฟแสดงการกระจายในแนวตั้งของการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิในระหว่างวัน ภายในชั้นดินของชั้นหญ้า L1 และชั้นดินเปล่า S

สำหรับความแตกต่างในแต่ละปี ช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละวัน ของชั้นหญ้าในฤดูหนาวจะมากกว่าในฤดูร้อน ขณะที่ชั้นดินเปล่าอุณหภูมิในฤดูร้อนจะสูงกว่า

การเปรียบเทียบระหว่างชั้นพื้น L1 กับ L2 ทำให้เห็นว่า ช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิในระหว่างวัน ใกล้เคียง ๆ กับผิวของชั้นดินที่มีปู L1 นั้น มีค่าความแตกต่างเพียงเล็กน้อย แต่ผิวของ

คอนกรีตที่อยู่ลึกลงไป 15 cm. ช่วงกราฟจะลดลงไปถึง 1°C หรือน้อยกว่านั้น ซึ่งหมายความว่ามีความแตกต่างของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ระหว่างชั้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5) การระเหยของน้ำที่ผิวของชั้นพืชและการกักเก็บน้ำ

การกักเก็บน้ำที่พื้นผิวเป็นสิ่งสำคัญในการทดสอบการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ การกระจายตัวของอุณหภูมิที่พื้นผิว และการสำรองน้ำโดยชั้นของพืช ความแตกต่างในปริมาณการระเหยในแต่ละวัน (รวมทั้งปริมาณของการกลายเป็นไอ) มีประมาณ 50 L / m² ต่อวันในฤดูร้อน ในฤดูหนาวมีประมาณ 20 L / m² ต่อวัน ค่าของชั้นพืชจะน้อยกว่าของดินเปล่า อัตราการระเหย อัตราการไหลของน้ำผ่านชั้นดิน และอัตราการระบายน้ำที่แสดงในตารางที่ 2.2 เพื่อที่จะได้ทราบถึงปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 3.2 อัตราการระเหย การไหล และการระบายน้ำในแต่ละชั้นดิน

Ratio — to rainfall	Test layer			
	Bare soil layer (S)	Planting layer (L1)		Planting layer (L2) Aug. - Oct.
		Green leaves June - Oct.	Dead leaves Nov. - May	
Ratio of evaporation	0.54	0.65	0.58	0.60
Ratio of water run-off from layer surface W_s	0.34	0.05	0.06	0.05
Ratio of drainage from layer bottom W_b	0.12	0.30	0.36	0.35
$W_s + W_b$	0.46	0.35	0.42	0.40

3.1.6 สรุป

จากการทดลองของ AKIRA HOYANO ได้ข้อสรุปดังนี้

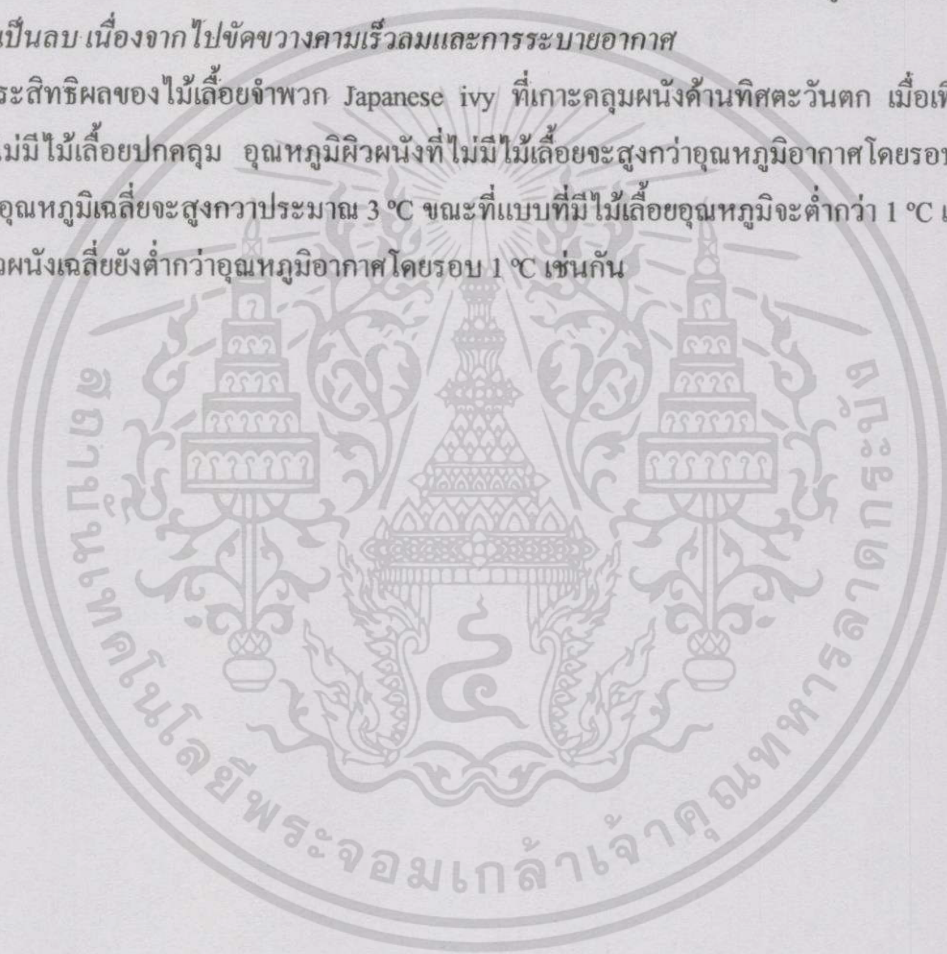
1. การใช้เรือนต้นไม้ที่ประกอบด้วย ไม้เลื้อยในแนวราบ สามารถให้ร่มเงาได้มากกว่าต้นไม้ยืนต้นเดี่ยว ๆ
2. แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบเป็นเทคนิคในการควบคุมแสงแดดที่บริเวณระเบียงที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแบบอื่น
3. ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในการควบคุมสภาวะแวดล้อม (Thermal Environment) และภาระการทำความเย็น (Cooling Load) เป็นที่ยอมรับได้ คุณสมบัติการควบคุมความร้อนนี้ยังควบคุมความสมดุลย์ทางความร้อน (Heat Balance) ที่ผนังภายนอกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ Givoni (1994) ได้กล่าวถึงข้อสรุปงานวิจัยของ Hoyano ไว้ว่า การใช้ไม้เลื้อยในแนวตั้งที่บริเวณเฉลียงอาคารด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีผลทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณเฉลียงนี้ลดต่ำกว่าเฉลียงที่ไม่มีแผงบังแดด แต่ว่าอุณหภูมิที่ใบไม้และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลียงที่มีแผงบังแดดจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ แต่กระนั้นก็ยังต่ำกว่าอุณหภูมิของเฉลียงที่ไม่มีแผงบังแดด

แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งจะลดความเร็วลมและการระบายอากาศ (cross ventilation) ที่หน้าต่างเฉลียงและห้องที่อยู่ถัดจากแผงบังแดดด้วย ความเร็วลมเฉลี่ยที่ศูนย์กลางหน้าต่างของเฉลียงที่ไม่มีแผงบังแดดประมาณ 45% ของลมภายนอก ขณะที่แบบที่มีแผงบังแดดมีความเร็วลมประมาณ 17% ดังนั้น ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งในด้านความสบายของภูมิอากาศแบบร้อนชื้นจึงเป็นลบ เนื่องจากไปขัดขวางความเร็วลมและการระบายอากาศ

ประสิทธิภาพของไม้เลื้อยจำพวก Japanese ivy ที่เกาะคลุมผนังด้านทิศตะวันตก เมื่อเทียบกับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุม อุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบถึง 10°C และอุณหภูมิเฉลียงจะสูงกว่าประมาณ 3°C ขณะที่แบบที่มีไม้เลื้อยอุณหภูมิจะต่ำกว่า 1°C และอุณหภูมิผิวผนังเฉลียงยังต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ 1°C เช่นกัน



3.2 ผลการวิจัยเรื่อง An Investigation on the Effect of Shade Plant on Building to Solar Radiation and Air Temperature in Summer. โดย ดร.ณัฐ พิษกรรม และ Yorikazu Maruta

ในช่วงฤดูร้อนของประเทศญี่ปุ่น ความชื้นและอุณหภูมิจะมีค่าค่อนข้างสูง อันเนื่องมาจากรูปแบบความกดอากาศที่เป็นรูปแบบเฉพาะซึ่งเกิดขึ้นในเขตมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือในช่วงฤดูร้อน ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงถึง 70-80% และมีความร้อนที่สูงอันเนื่องมาจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ด้วยการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เป็นตัวการอันหนึ่งที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในที่ปกออาศัย ดังนั้นอุณหภูมิในเขตเมืองจึงสูงกว่าพื้นที่ที่อยู่รอบนอก

ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิในเมืองคือ ความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงในเมืองหมอกและควันพิษ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงความร้อนอันเนื่องมาจากวัสดุและรูปร่างของอาคารต่างๆ ที่มีเพิ่มขึ้น ปัจจัยสุดท้ายซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญคือ วัสดุและรูปร่างของอาคารสามารถดูดซับรังสีแสงอาทิตย์ไว้ในปริมาณมาก รังสีแสงอาทิตย์ในช่วงบ่ายและอิทธิพลจากการใช้พลังงานในการทำ ความเย็นในอาคารทำให้อุณหภูมิที่ผนังด้านทิศตะวันตกของอาคารเพิ่มสูงขึ้น ถ้าหากว่ามีแผงบังแดดผนังด้านนี้ จะสามารถช่วยบังแสงแดดและลดปริมาณความร้อนโดยสะท้อนความร้อนสู่บรรยากาศ ดังนั้น แผงบังแดดจึงช่วยลดการใช้พลังงานในการทำ ความเย็นในอาคารได้ ซึ่งมีวัสดุหลายชนิด หลายแบบที่นำมาใช้เป็นแผงบังแดด เช่น คอนกรีต ไม้ เหล็ก และต้นไม้ แต่เนื่องจากต้นไม้ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ดูดซับรังสีแสงอาทิตย์ให้กับผนังอาคาร ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิผลของพืชพรรณไม้ ที่ใช้เป็นแผงบังแดดของอาคารว่า พืชพรรณไม้มิมีอิทธิพลต่อรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศบนผนังด้านทิศตะวันตกของอาคารอย่างไร

3.2.1 วัสดุและวิธีการทดสอบ

1) การทดสอบ

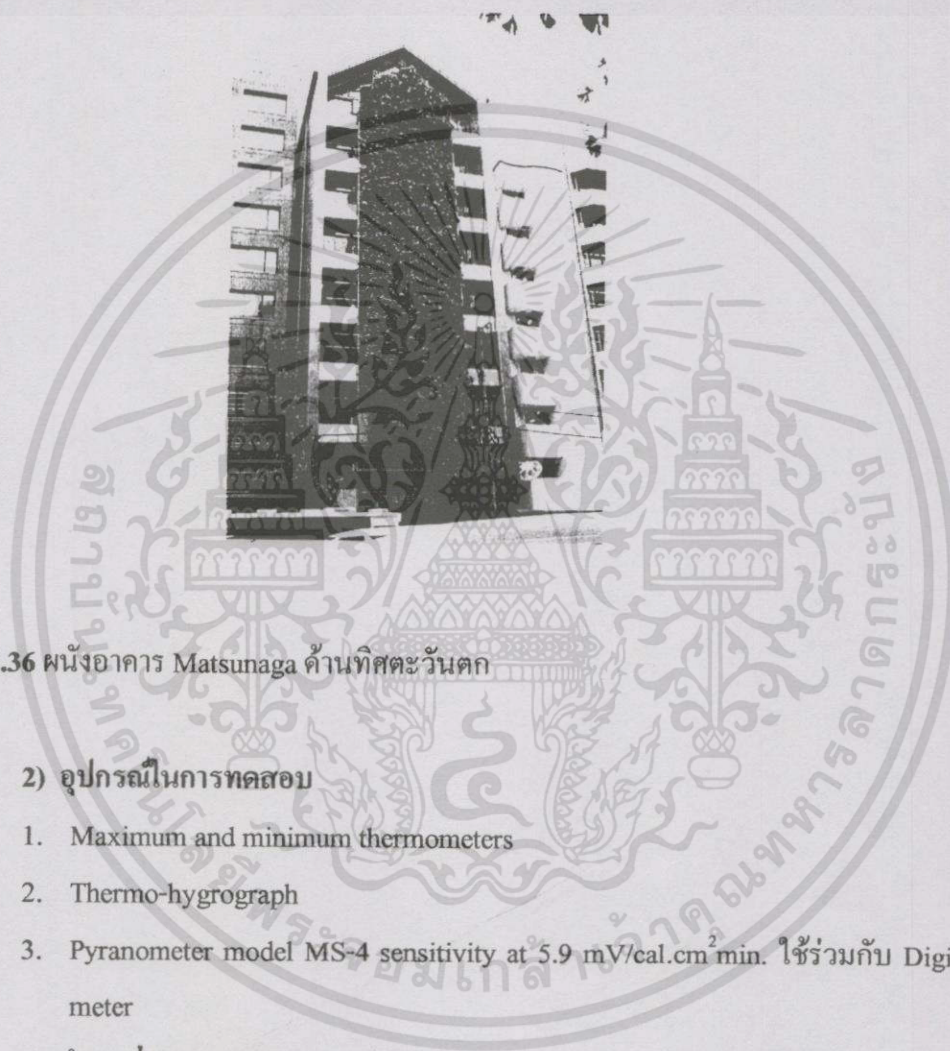
กระทำขึ้นที่อาคาร Matsunaga (รูปที่ 2.46) Hamamatsu-cho, Tokyu ในวันที่ 29 กรกฎาคม 1991 และวันที่ 9 สิงหาคม 1991 แผงบังแดดติดตั้งที่ผนังด้านทิศตะวันตก ตั้งแต่ชั้น 3 ถึง ชั้น 9 ในเดือนกันยายน 1986

โครงสร้างของแผงบังแดดเป็นตาข่ายสแตนเลสซึ่งติดตั้งอยู่ด้านนอกของผนังกระจก ขนาดของแผงบังแดด กว้าง 6.5 เมตร สูง 25.7 เมตร ปลุกไม้เลื้อย 7 ชนิดในกระบะต้นไม้ที่ชั้น 3 5 7 และ 9 ให้เลื้อยขึ้นปกคลุมแผงบังแดด

แผงบังแดดนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับเมืองใหญ่

2. เพื่อบังแสงแดดในช่วงบ่ายเพราะผนังด้านทิศตะวันตกจะรับแสงแดดบ่ายโดยตรง ซึ่งในหน้าร้อนจะมีความร้อนที่สูงมาก นอกจากนี้แผงบังแดดยังช่วยบังแสงที่ผ่านเข้ามาในอาคารซึ่งทำให้เกิดแสงจ้า (glares) รบกวนในส่วนทำงาน
3. เพื่อกันเศษกระจกตกหล่นในกรณีกระจกแตกเนื่องจากแผ่นดินไหว



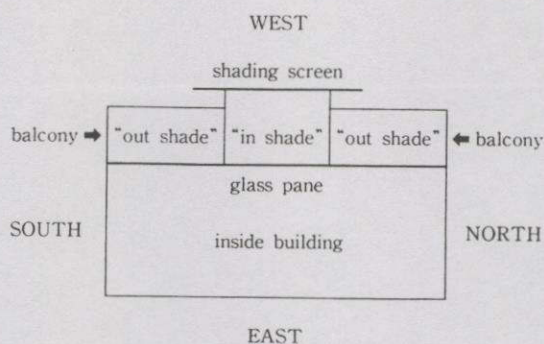
รูปที่ 3.36 ผนังอาคาร Matsunaga ด้านทิศตะวันตก

2) อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. Maximum and minimum thermometers
2. Thermo-hygrograph
3. Pyranometer model MS-4 sensitivity at $5.9 \text{ mV/cal.cm}^2 \text{ min.}$ ใช้ร่วมกับ Digital mV meter

3) ตำแหน่งของการทดสอบ

สำหรับการวัดการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศกระทำที่ระเบียงชั้นที่ 9 ส่วนที่อยู่นอกพื้นที่บังแดดเรียกว่า “out shade” ส่วนที่อยู่ระหว่างแผงบังแดดกับผนังกระจกเรียกว่า “in shade” อุปกรณ์ Maximum and minimum thermometers ติดตั้งในบริเวณ “out shade” ส่วนอุปกรณ์ Thermo-hygrograph ติดตั้งในบริเวณ “in shade” (รูปที่ 3.37)



รูปที่ 3.37 ตำแหน่งของการทดสอบบนชั้นที่ 9 ของอาคาร Matsunaga

4) วิธีการทดสอบ

1. ค่าความแปรผันของรังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation) ในระหว่างวัน จะทำการตรวจวัดทุก ๆ ชั่วโมง (10.00-17.00 น.) ด้วย pyranometer
2. ค่าความแปรผันของอุณหภูมิอากาศ (air temperature) ในระหว่างวันจะทำการวัดทุก ๆ ชั่วโมง (10.00-17.00น.) ด้วย maximum and minimum thermometers ที่ส่วน "out shade" และส่วน "in shade" ใช้ thermo-hygrograph
3. ข้อมูลการแผ่รังสีแสงแดด (Solar radiation) ของบริเวณที่ถูกบังด้วยแผงบังแดด จะถูกนำมาคำนวณเป็นพลังงานและแปลงค่าเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบทำความเย็น

Solar energy	: 4500 (kcal / h)	=	cooling capacity
Cooling capacity	: 5 kW	=	electric power consumption
Electric power consumption	: 2.08 kW		(Toshiba Co., 1991)
4. ทุกๆข้อมูลของวันที่ท้องฟ้าปกติ (clear day) ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy day) ท้องฟ้ามีเมฆมาก (cloudy day) และวันที่ฝนตก (rainy day) จะถูกนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อศึกษาถึงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่อการลดการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ

3.2.2 ผลการทดสอบ

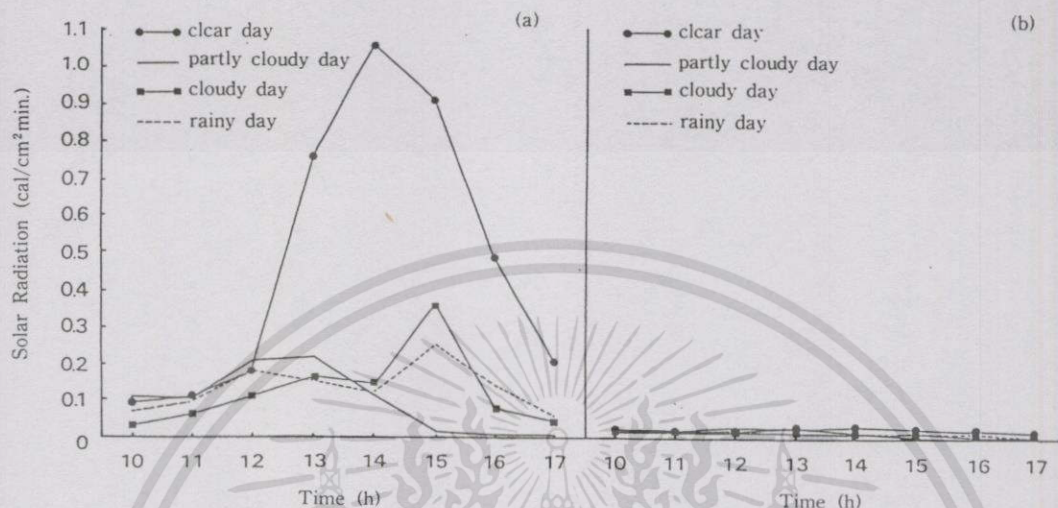
1) การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radition)

การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในสภาพอากาศต่างๆ ที่บริเวณ "out shade" แสดงในรูป 3-a ในวันที่ท้องฟ้าปกติ (clear day) ช่วงเวลา 10.00 - 14.00 น. การแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสูงสุดที่ $1.055 \text{ cal / cm}^2 \text{ min}$. ขณะที่ในวันที่มีเมฆบางส่วนมีเมฆมากและวันฝนตก รูปแบบของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะคล้ายกันกับในวันที่ท้องฟ้าปกติแต่มีค่าต่ำกว่า

ในวันที่มีเมฆบางส่วน (partly cloudy day) ในตอนเช้าของวันที่ท้องฟ้าปกติ การแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะค่อยๆเริ่มสูงขึ้น แต่ในช่วงบ่ายจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งแตกต่างจากค่าการแผ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสีแสงอาทิตย์ของวันที่มีเมฆ (cloudy day) และวันฝนตก (rainy day) อันเนื่องมาจากปริมาณของเมฆที่เพิ่มขึ้นในช่วงบ่าย ดังนั้นรังสีแสงอาทิตย์จึงลอดผ่านเมฆมาได้เพียงเล็กน้อย ในเวลา 13.00 น. ของวันที่มีเมฆบางส่วน (partly cloudy day) การแผ่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดที่ 0.219 cal /cm² min.



รูปที่ 3.38 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดที่บริเวณ “out shade” (a) และ “in shade” (b) ในวันที่ท้องฟ้าปกติ (31 Jul 1991) ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (1 Aug 1991) ท้องฟ้ามีเมฆมาก (30 Jul 1991) และวันฝนตก (7 Aug 1991)

ส่วนในกรณีของวันที่มีเมฆมาก (cloudy day) และวันฝนตก (rainy day) ค่าการแปรผันของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะไม่แน่นอน (fluctuated) เนื่องจากปริมาณของเมฆและฝนที่ไม่คงที่ในเวลา 15.00 น. ของวันเมฆมาก (cloudy day) และวันฝนตก (rainy day) การแผ่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดที่ 0.358 cal /cm² min. และ 0.246 cal /cm² min. ตามลำดับ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของแผงบังแดดต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) (cal /cm² min.) ที่บริเวณ “out shade” และ “in shade” ในสภาพอากาศต่างๆ

Time (h)	Out shade				In shade			
	Clear day (31 JUL 1991)	Partly cloudy day (1 AUG. 1991)	Cloudy day (30 JUL 1991)	Rainy day (7 AUG. 1991)	Clear day (31 JUL 1991)	Partly cloudy day (1 AUG. 1991)	Cloudy day (30 JUL 1991)	Rainy day (7 AUG. 1991)
10	0.091	0.106	0.032	0.071	0.010	0.019	0.008	0.010
11	0.108	0.105	0.062	0.094	0.013	0.016	0.012	0.012
12	0.181	0.208	0.106	0.179	0.020	0.025	0.014	0.019
13	0.759	0.219	0.161	0.148	0.023	0.023	0.013	0.014
14	1.055	0.108	0.141	0.118	0.030	0.012	0.009	0.011
15	0.906	0.014	0.358	0.246	0.026	0.003	0.015	0.016
16	0.484	0.007	0.075	0.137	0.026	0.0	0.004	0.014
17	0.201	0.007	0.042	0.057	0.014	0.0	0.006	0.004

ตารางที่ 3.4 ประสิทธิภาพของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$) ที่บริเวณ “out shade” และ “in shade” ในสภาพอากาศต่างๆ

Time (h)	Clear day (31 JUL. 1991)		Partly cloudy day (1 AUG. 1991)		Cloudy day (30 JUL. 1991)		Rainy day (7 AUG. 1991)	
	Out shade	In shade	Out shade	In shade	Out shade	In shade	Out shade	In shade
10	32.3	32.3	32.8	32.8	31.3	31.0	21.9	22.8
11	32.8	32.7	33.6	33.6	30.9	31.4	22.4	23.0
12	34.3	33.4	36.7	34.1	29.7	30.4	22.8	23.2
13	36.5	34.2	37.3	35.5	30.0	30.2	23.8	23.8
14	37.9	34.5	39.1	35.8	30.3	30.7	24.6	24.8
15	38.9	35.2	34.7	30.0	30.6	30.4	25.8	25.6
16	37.0	34.9	26.1	26.1	29.4	29.9	25.9	26.3
17	35.5	34.0	26.0	26.0	29.4	30.0	25.9	26.3

แผงบังแดดสามารถบังแดดในวันท้องฟ้าปกติได้ 96% ในวันที่มีเมฆบางส่วน 89% ในวันที่มีเมฆมาก 92% และในวันฝนตก 91% (ตารางที่ 3.5) ซึ่งอาจพูดได้ว่าประสิทธิภาพของแผงบังแดดขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ

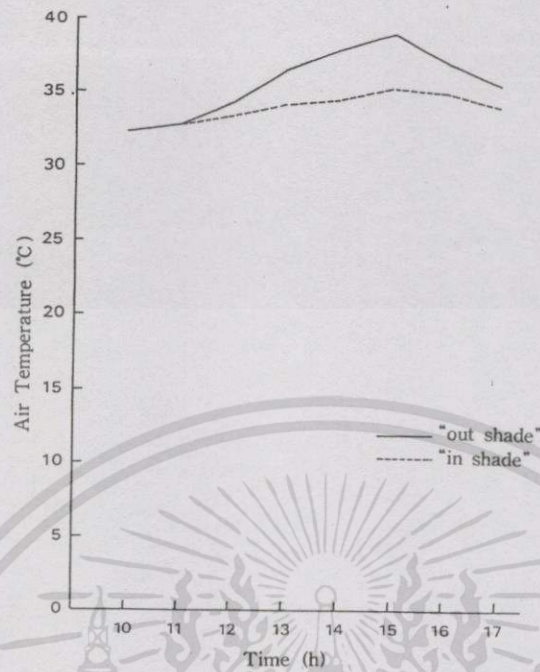
ตารางที่ 3.5 ประสิทธิภาพของแผงบังแดดต่อพลังงานแสงอาทิตย์ (Total Solar Energy) ในสภาพอากาศต่างๆ

Weather conditions	Total solar energy	Electric power consumption	Percentage (%)
	(kcal)	(kW)	
Clear day (31 July 1991)	3.28×10^5	151.82	96
Partly cloudy day (1 August 1991)	5.92×10^4	27.37	89
Cloudy day (30 July 1991)	8.13×10^4	37.59	92
Rainy day (7 August 1991)	8.40×10^4	38.81	91

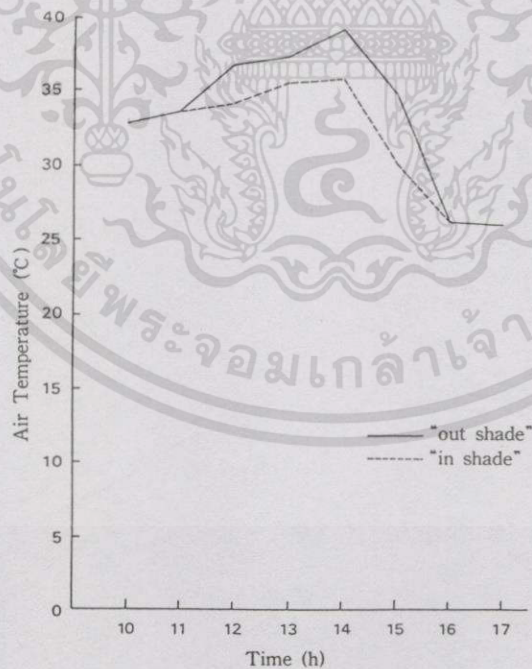
รูปแบบของกราฟการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ระหว่างแผงบังแดดกับผนังกระจกในสภาพอากาศต่างๆ เกือบจะเท่ากันและค่อนข้างคงที่ (รูป 3-b) เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่อยู่นอกแผงบังแดด ความแตกต่างของส่วน “out shade” กับ “in shade” แสดงให้เห็นว่า แผงบังแดดสามารถบดบังรังสีแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)

ในเวลา 10.00 น. และ 12.00 น. ของวันฟ้าปกติ อุณหภูมิอากาศของพื้นที่ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 33°C หลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศของส่วน “out shade” จะเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าสูงที่สุดที่ 38.9°C ในเวลา 15.00 น. ขณะที่อุณหภูมิของส่วน “in shade” จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อย อุณหภูมิในส่วน “out shade” กับ “in shade” แตกต่างกันอยู่ $0.1-3.7^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 17.00 น. (ตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.39)

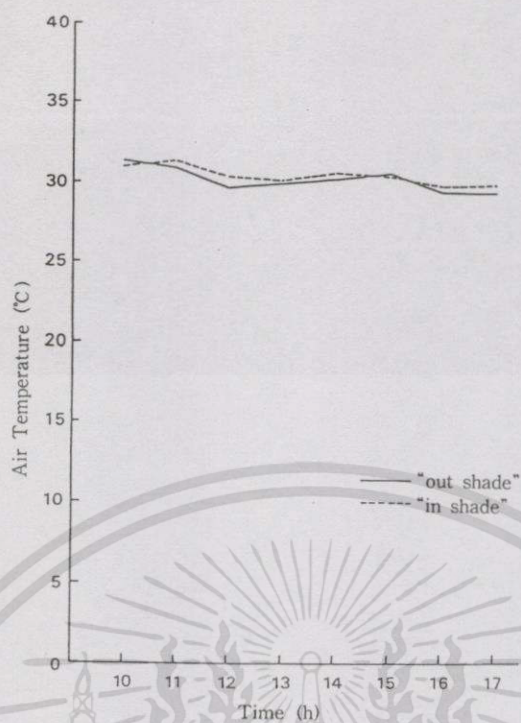


รูปที่ 3.39 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่ท้องฟ้าปกติ (31 Jul 1991)

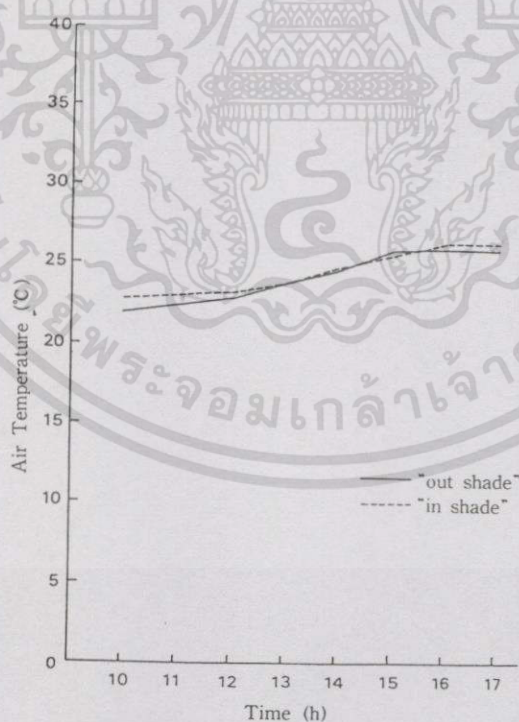


รูปที่ 3.40 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่มีเมฆบางส่วน (1 Aug 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.41 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่มีเมฆมาก (30 Jul 1991)



รูปที่ 3.42 กราฟแสดงประสิทธิผลของแผงบังแดดต่ออุณหภูมิอากาศในวันที่ฝนตก (7 Aug 1991)

ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันที่มีเมฆบางส่วน (partly cloudy day) กราฟอุณหภูมิอากาศของพื้นที่ทั้งสองมีค่าคล้ายคลึงกับวันที่ท้องฟ้าปกติ (clear day) อุณหภูมิอากาศที่ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“out shade” เพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 39.1°C ในเวลา 14.00 น. หลังจากนั้นกราฟอุณหภูมิอากาศของบริเวณทั้งสองลดลงอย่างรวดเร็วจนอยู่ที่ 26°C อุณหภูมิของบริเวณทั้งสองแตกต่างกันอยู่ $0 - 3.3^{\circ}\text{C}$ ในช่วง 10.00 น. ถึง 17.00 น. (ตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.40)

ในวันที่มีเมฆมาก (cloudy day) กราฟอุณหภูมิของบริเวณทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันและค่อนข้างคงที่ ที่อุณหภูมิประมาณ 31°C ในช่วง 10.00 น. ถึง 17.00 น. มีอุณหภูมิแตกต่างกันไม่มากนัก ประมาณ $0.2-0.7^{\circ}\text{C}$ (ตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.41)

ในวันฝนตก (rainy day) กราฟของอุณหภูมิอากาศมีรูปแบบที่คล้ายกันกับวันที่มีเมฆมาก มีความแตกต่างของอุณหภูมิเพียง $0.2-0.9^{\circ}\text{C}$ ในช่วง 10.00 น. ถึง 17.00 น. (ตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.42) ถึงแม้ว่าทั้งวันที่มีเมฆมากและวันฝนตกจะไม่ปรากฏให้เห็นประสิทธิภาพของแผงบังแดด แต่ในวันที่ท้องฟ้าปกติและวันที่มีเมฆบางส่วนก็ปรากฏให้เห็นประสิทธิภาพของแผงบังแดดอย่างเด่นชัด

3.2.3 การอภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าในช่วง 10.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันที่ท้องฟ้าปกติ (clear day) ผนังอาคารด้านทิศตะวันตกไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงและอุณหภูมิอากาศของทั้งสองบริเวณก็ไม่แตกต่างกัน หลังจาก 12.00 น. แสงแดดตกลงบนผนังอาคารและแผงบังแดดโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ที่อยู่นอกแผงบังแดด พลังงานถูกดูดซับและเปลี่ยนเป็นความร้อนซึ่งทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่วนบริเวณที่อยู่ระหว่างแผงบังแดดและผนังกระจกได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้อยกว่า เนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานไปเมื่อรังสีผ่านแผงบังแดด บางส่วนของรังสีแสงอาทิตย์ถูกดูดซับไว้โดยไม้เลื้อย เพื่อให้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น การแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศในบริเวณ “in shade” จึงมีค่าต่ำกว่าบริเวณ “out shade”

ในสภาพอากาศแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงบ่าย การแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศของวันที่มีเมฆบางส่วน วันที่มีเมฆมาก และวันฝนตก จะมีค่าต่ำกว่าวันที่ท้องฟ้าปกติ เนื่องจากเมฆสามารถลดการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง (direct beam radiation) ที่ส่องมายังพื้นผิวโลก ในวันที่มีเมฆมากอัตราส่วนของรังสีกระจาย (diffusion radiation) ต่อรังสีตรง (direct radiation) อาจมีค่าเพียง 0.15 ใดๆก็ดีปริมาณการแผ่รังสีรวมที่ได้รับในวันที่มีเมฆมากก็ยังน้อยกว่าปริมาณการแผ่รังสีรวมของวันที่ท้องฟ้าปกติ

ดังนั้น แผงบังแดดจะมีประสิทธิภาพที่สุดในวันที่ท้องฟ้าปกติแต่จะด้อยประสิทธิภาพลงในวันที่มีเมฆบางส่วน มีเมฆมากและวันฝนตกตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นในเรื่องของพลังงานในวันที่ท้องฟ้าปกติระหว่างเวลา 10.00 น. ถึง 17.00 น. แผงบังแดดสามารถกักพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถึง 3.28×10^7 kcal หรือเทียบเท่ากับปริมาณการใช้ไฟฟ้า 151.82 kW ขณะที่ในวันที่มีเมฆบางส่วน วันที่มีเมฆมากและวันฝนตก แผงบังแดดสามารถกักพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 5.92×10^4 kcal (27.37

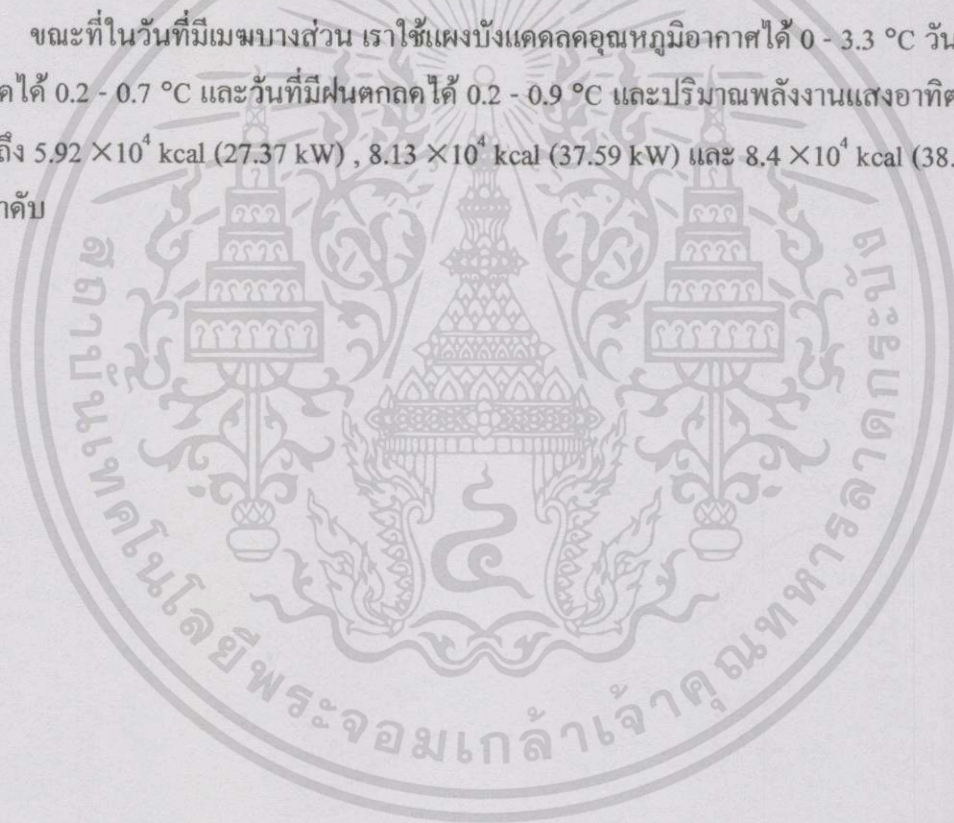
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

kW) , 8.13×10^4 kcal (37.59 kW) และ 8.4×10^4 kcal (38.81 kW) ตามลำดับ หากปราศจากแผงบังแดด พลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้จะผ่านเข้าสู่อาคาร ซึ่งทำให้สภาวะในการทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้น เพราะระบบทำความเย็นจะต้องสูญเสียพลังงานบางส่วนเพื่อที่จะกำจัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามา แผงบังแดดนี้จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าใช้จ่ายในการปรับอากาศในระยะยาว

3.2.4 ข้อสรุป (Conclusion)

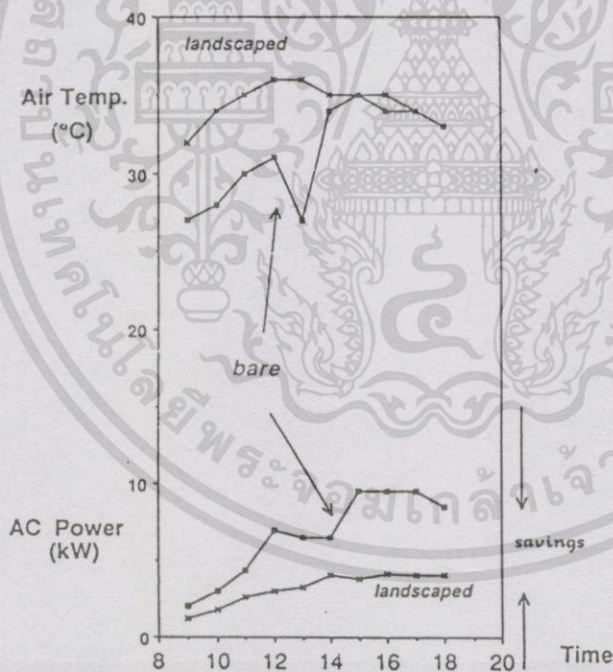
การวิจัยนี้ได้ศึกษาให้เห็นถึงประสิทธิผลของแผงบังแดดว่ามีผลต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศโดยการวัดช่วงพลังงานแสงอาทิตย์ก่อนที่จะกระทบผนังอาคารในช่วงบ่าย ยิ่งไปกว่านั้นแผงบังแดดจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในวันที่ท้องฟ้าปกติของฤดูร้อน กล่าวคือ แผงบังแดดสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ $0.1 - 3.7$ °C ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 17.00 น. เช่นเดียวกับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกขัดขวางไว้ 3.28×10^7 kcal (151.82 kW)

ขณะที่ในวันที่มีเมฆบางส่วน เราใช้แผงบังแดดลดอุณหภูมิอากาศได้ $0 - 3.3$ °C วันที่มีเมฆมากลดได้ $0.2 - 0.7$ °C และวันที่มีฝนตกลงได้ $0.2 - 0.9$ °C และปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ถูกบดบังไว้ถึง 5.92×10^4 kcal (27.37 kW) , 8.13×10^4 kcal (37.59 kW) และ 8.4×10^4 kcal (38.81 kW) ตามลำดับ



3.3 ผลงานวิจัยของ Parker, J.H.

งานวิจัยของ Parker, J.H. ปี 1983, 1987, 1989 ทำขึ้นที่ Miami, Florida ซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ต้องการการปรับอากาศมากกว่าครึ่งปี Parker ได้ทำการสำรวจการประหยัดพลังงานในการทำความเย็นจากการใช้พืชพรรณไม้โดยรอบบริเวณ โรงเรียนแห่งหนึ่ง ซึ่งตั้งอยู่ในที่โล่งแจ้ง ปลูกไม้พุ่มและไม้ต้นขนาดกลาง (2 – 8 เมตร) รอบอาคาร พืชพรรณไม้ที่ปลูกนี้มีจุดประสงค์ที่จะให้ร่มเงาแก่ผนังและหน้าต่าง สร้างสภาวะแวดล้อม (Micro-climate) ที่เย็นขึ้นในส่วนผนัง และปกป้องอาคารจากความร้อนในช่วงบ่าย ในวันที่ร้อนที่สุดของฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวผนังที่ได้ร่มเงาของต้นไม้ ลดลงตั้งแต่ 13.5 ถึง 15.5 °C ถ้าหากเป็นไม้เดี่ยวประกอบอาคาร อุณหภูมิที่ผิวผนังจะลดลง 10 ถึง 12 °C อัตราเฉลี่ยของการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศในฤดูร้อนต่อวัน หากไม่มีพืชพรรณไม้ประกอบจะใช้พลังงานประมาณ 5.56 kW ส่วนที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบจะลดลงเหลือ 2.28 kW ประสิทธิภาพของการใช้ต้นไม้ประกอบอาคาร ไม่เพียงแต่ช่วยลดความร้อนในช่วงบ่าย (peak load period) แต่ยังลดอัตราเฉลี่ยของการใช้พลังงานจาก 8.65 kW ลงเหลือ 3.67 kW (Givoni, 1994 : 34-35)



รูปที่ 3.43 กราฟแสดงการลดการใช้ไฟฟ้าในการปรับอากาศ เมื่อใช้พืชพรรณไม้ปลูกรอบอาคาร

จากรูปที่ 3.43 แสดงให้เห็นความแตกต่างของการใช้พลังงานในการปรับอากาศ ก่อนและหลังปลูกต้นไม้ในช่วง 2 วัน ในสภาพอากาศที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถลดพลังงานในการปรับอากาศลงได้กว่า 50% ในวันที่ร้อนจัด ซึ่งในระยะยาวจะประหยัดพลังงานลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 25% หมายความว่าอุณหภูมิภายในอาคารจะสามารถปรับลดได้ต่ำกว่าปกติ หรืออีกนัยหนึ่งคือเราสามารถใช้อุปกรณ์ปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลงกว่าปกติได้

นอกจากนี้ Parker ยังสรุปไว้ด้วยว่า การให้ร่มเงาแก่เครื่องปรับอากาศในส่วน Condensing Unit (CDU) จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ร่มเงาจากต้นไม้และไอน้ำจากการระเหยของต้นไม้ ในบริเวณรอบๆ Condensing Unit จะทำให้อุณหภูมิในบริเวณนั้นลดลงไปประมาณ 4 °C

3.4 ผลงานวิจัยของ Mc Pherson, et. at. 1989

McPherson และคณะ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของภูมิสถาปัตยกรรมกับการทำความเย็น โดยสร้างหุ่นจำลองบ้านพักอาศัยขนาดมาตราส่วน 1 : 75 ที่มีพืชพรรณไม้ประกอบอาคารในลักษณะต่างๆ และทำการทดลองตรวจวัดการใช้พลังงานในการทำความเย็น การทดลองนี้ทำขึ้นที่ Arizona ซึ่งมีภูมิอากาศแบบทะเลทราย จุดประสงค์หลักคือการใช้พืชพรรณไม้ที่สามารถลดภาระการทำความเย็น แต่ไม่ต้องการน้ำมากนัก หุ่นจำลองแบบแรกทำเป็นลาน (Yard) ที่ปูพื้นแกรนิตหนา 5 ซม. อีกแบบหนึ่งทำการทดสอบเปรียบเทียบกันปูพื้นด้วยหญ้าเบอร์มิวด้ารอบ ๆ อาคาร และใช้ไม้พุ่มบังแดดให้ผนังอาคาร ผลการทดสอบปรากฏว่า พื้นหญ้าสามารถลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้ประมาณ 25% ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ให้ร่มเงาแก่อาคารเลยก็ตาม

การลดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าคือการใช้ไม้พุ่ม ไม้พุ่มจะช่วยลดความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ (Solar heat gain) เป็นการให้ร่มเงาโดยตรง และสร้างสภาวะแวดล้อม (Micro-climate) รอบๆอาคาร โดยมีการคายน้ำของพืชช่วยสร้างความเย็นร่วมด้วยเล็กน้อย ส่วนพื้นหญ้า (Turf) สามารถลดการสะท้อนและความร้อนจากรังสีคลื่นยาว (longwave radiant heat gain) และอุณหภูมิอากาศโดยรอบ (ambient air Temperature) ที่ใกล้กับผนังอาคารจากการระเหยของน้ำ ในบริเวณที่แผ่กว้างกว่า แต่พื้นหญ้าก็ต้องการน้ำมากกว่าไม้พุ่มถึง 10 เท่า

การใช้หุ่นจำลองนั้นอาจทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่เที่ยงตรงนัก เพราะกระบวนการทางกายภาพก็มีสัดส่วนที่แตกต่างกันด้วย

3.5 ประสิทธิภาพของพืชพรรณไม้ในการลดความร้อนจากงานวิจัยอื่นๆ

3.5.1 ประสิทธิภาพของพืชพรรณไม้โดยทั่วไป

ในส่วนของผลกระทบทางภูมิอากาศอันเนื่องมาจากพรรณพืชรอบ ๆ อาคาร Givoni ได้สรุปไว้ว่า

พืชพรรณไม้ (Plants) ไม่ว่าจะเป็นในรูปของ ไม้ต้น (Trees) ไม้เลื้อย (Vines) ไม้พุ่มสูง (High Shurbs) หรือเรือนต้นไม้ (Pergolas) ล้วนสามารถให้ร่มเงาแก่ผนังและหน้าต่างอาคาร สำหรับอาคารขนาดเล็ก ไม้ต้นสามารถให้ร่มเงาแก่หลังคาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชพรรณไม้ มีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารและภาวะการทำความร้อนในอาคารได้หลายทาง ดังนี้

1. ต้นไม้ที่ทำเป็นหลังคาบังแดด (High Canopies) และเรือนต้นไม้ (Pergolas) ติดกับผนัง และหน้าต่าง จะให้ร่มเงาและลดความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ หรือให้ประสิทธิผลในการบังแดด (Shading Effect)

2. ไม้เลื้อยเกาะผนังและไม้พุ่มสูงที่ปลูกใกล้กับผนัง นอกจากจะให้ร่มเงาแล้ว ยังช่วยลดแรงลมอีกด้วย

3. ต้นไม้ที่อยู่ใกล้กับอาคาร สามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังอาคาร ดังนั้นจึงเป็นการลดการนำความร้อน (Conductive) และการซึมผ่านของความร้อน (Infiltration) และในหน้าหนาวยังสามารถลดความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์อีกด้วย

4. บริเวณรอบ ๆ อาคารที่ปกคลุมด้วยหญ้าหรือพืชคลุมดิน สามารถลดการสะท้อนของรังสีแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีคลื่นยาวที่แผ่มาซึ่งผิวผนังอาคารจากบริเวณโดยรอบ ดังนั้นพืชพรรณไม้จึงช่วยลดแสงแดดและความร้อนจากรังสีคลื่นยาวในหน้าร้อนด้วย

5. ต้นไม้ที่อยู่รอบ ๆ condensing unit ของเครื่องปรับอากาศ สามารถลดอุณหภูมิอากาศโดยรอบได้ (Ambient Temperature) นั่นหมายถึงว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความร้อนให้กับอาคารก็ลดลงด้วย

นอกจากต้นไม้จะให้ร่มเงาแก่อาคารแล้ว ยังช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีด้วย หากปลูกไม้พุ่มเป็นแนวรั้วที่หนาแน่นพอก็จะช่วยป้องกันเสียงได้ส่วนหนึ่ง พุ่มใบของต้นไม้ช่วยดักจับฝุ่นละอองและกรองอากาศ อีกทั้งยังสามารถสร้างความเป็นส่วนตัวและลดแสงจ้าได้อีกด้วย

ประสิทธิผลที่สำคัญยิ่งก็คือ คุณสมบัติในการควบคุมอุณหภูมิ (Thermal Performance) ในฤดูร้อนใบไม้ใบหญ้าจะดูดซับเอารังสีความร้อนไว้ และกระบวนการหายใจพร้อมกับการคายความชื้นให้อากาศของพืชมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศเย็นลง การใช้ไม้ดินผลัดใบปลูกในตำแหน่งที่เหมาะสม จะช่วยบังแสงแดดในหน้าร้อน แต่ให้แสงส่องผ่านได้ในฤดูหนาวจากการผลัดใบของต้นไม้ นอกจากนั้นไม้เลื้อยก็เป็นอุปกรณ์บังแดดตามธรรมชาติที่ดี เนื่องจากทำให้อากาศเย็นจากการระเหยของน้ำจากใบ และให้ร่มเงาจากการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดด

ทั้งไม้ดินและไม้เลื้อยควรนำมาใช้ร่วมกันในการลดความร้อนและให้ร่มเงาแก่อาคาร สิ่งที่ต้องระลึกเสมอ 2 สิ่งคือรูปร่าง รูปทรง รวมทั้งคุณสมบัติของพืชพรรณไม้ในฤดูร้อนและฤดูหนาว และรูปทรงของพืชพรรณไม้ในการเป็นอุปกรณ์บังแดดตามธรรมชาติ เพื่อให้ร่มเงาแก่ส่วนต่างๆ ของอาคาร (Victor Olgyay. 1993 : 74)

3.5.2 ประสิทธิภาพของไม้ต้น

อิทธิพลของพืชพรรณไม้ในการลดความร้อนโดยเฉพาะไม้ต้น อ.สุนทร บุญญาธิการ ได้กล่าวไว้ว่า การมีต้นไม้ขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะต้นไม้จะใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิต โดยการดูดเอาน้ำใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำออกทางปากใบ กระบวนการสังเคราะห์แสงดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 220 BTU เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตรเปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งสามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้วแปลงสภาพน้ำให้เป็นไอน้ำในอัตราประมาณ 130 ลิตรต่อวัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมเทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน (12,000 BTU)

ต้นไม้ใหญ่นอกจากจะช่วยบังเงาให้แก่อาคารแล้ว ยังทำให้เกิดการระเหยของน้ำโดยการแปลงสภาพรังสีจากดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำก่อนที่จะผ่านลงมายังอาคาร การใช้ต้นไม้สูงเพื่อกรองแสงแดดหรือสกัดกั้นแสงแดดจากด้านบน โดยมีพุ่มใบของต้นไม้เป็นตัวแปลงสภาพแวดล้อมให้เย็นจากการใช้รากดูดน้ำและคายน้ำที่ใบ ผลที่ได้ก็คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่เหนือและใต้พุ่มใบ โดยที่บริเวณใต้พุ่มใบจะมีอุณหภูมิที่เย็นกว่าอุณหภูมิด้านบนเหนือพุ่มใบมาก (สุนทร บุญญาธิการ . 2541 : 20)

3.5.3 ประสิทธิภาพของพืชคลุมดิน

พืชคลุมดินจะทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบอาจมีอุณหภูมิลดลงถึงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) ซึ่งจะช่วยให้ดินบริเวณนั้นเย็น โดยความเย็นนั้นจะดูดซึมเข้าสู่ผิวดินและส่งผ่านความเย็นต่อเนื่องไปถึงพื้นที่ใต้อาคารได้นอกจากนี้ยังพบว่าในบริเวณสนามหญ้าก็มีอุณหภูมิเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศจึงทำให้ลมที่พัดผ่านมายังเย็นลง เมื่อลมที่เย็นนี้พัดเข้าสู่อาคารจึงทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบาย

3.5.4 ประสิทธิภาพในการลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (S.C)

ไม้ต้นจำพวกไม้ผลัดใบ (Deciduous Tree) สามารถให้ร่มเงาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะในฤดูร้อนไม้ใหญ่จำพวกนี้จะบังแดดได้ดี และในช่วงฤดูหนาวเมื่อไม้จำพวกนี้ผลัดใบจึงทำให้แสงแดดสามารถส่องผ่านลงมาได้ หากปลูกในตำแหน่งที่เหมาะสมไม้ต้นขนาดใหญ่จะสามารถลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดหรือ Shading Coefficients (S.C.) จาก 0.25 ลงเหลือ 0.20 (M. David Egan . 1983 :28)

3.5.5 ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาโดมความร้อนในเขตเมือง (Urban Heat Island)

โดมความร้อนในเขตเมือง (Urban Heat Island) คือปรากฏการณ์ของอุณหภูมิที่สูงขึ้นในเขตเมืองอันเนื่องมาจากการเผาผลาญเชื้อเพลิง ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effects) โดยอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเมืองจะสูงกว่าในเขตชนบทหรือชานเมืองในช่วงหน้าร้อน 1.5 - 2 °C และในช่วงหน้าหนาวจะสูงกว่า 0.5 - 1 °C

การปลูกต้นไม้ในเมืองสามารถแก้ปัญหาโคมความร้อนในเขตเมืองได้วิธีหนึ่ง เนื่องจากต้นไม้จะนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศมาใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลดลง และด้วยการคายน้ำออกทางใบของพืชยังช่วยทำให้อากาศเย็นขึ้น ต้นไม้ใหญ่เพียงต้นเดียวสามารถคายน้ำได้ถึง 400 แกลลอนต่อวัน เทียบเท่ากับการใช้ความร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับดวงไฟ 100 วัตต์ จำนวน 100 ดวงโคม ที่ใช้ในเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยประสิทธิภาพดังกล่าวจึงทำให้การใช้ไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศลดลงไปด้วย (พงศเทพ วิวรรณนะ เลข . 2543 : 211-214)



บทที่ 4

สภาวะสบาย (Human Comfort)

เป้าหมายของการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้พีชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ก็เพื่อที่จะสร้างหรือก่อให้เกิดความสบายสูงสุดแก่ผู้ใช้อาคาร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงองค์ประกอบที่สำคัญที่จะมีผลกระทบต่อระดับของภาวะความสบาย ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับความสบาย เพื่อนำมากำหนดบรรทัดฐานสภาวะความสบาย (Comfort Effective Temperature)

4.1 สภาวะสบายของมนุษย์ (Human Comfort)

สภาวะสบาย หมายถึง สภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่พอเหมาะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนหรือหนาวเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศที่มากเกินไปจนชื้น หรือน้อยเกินไปจนแห้งหายใจไม่สะดวก อัตราความเร็วลมที่พอเหมาะไม่รบกวนจนรู้สึกได้ (มาลินี ศรีสุวรรณ : 1) สภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบายนั้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่กว้างและมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น กลิ่น คว้น เสียง แสง มิใช่จำกัดอยู่เพียงสภาวะใดสภาวะหนึ่งเท่านั้น บุคคลที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันจะมีความรู้สึกไม่เหมือนกันก็ได้ ซึ่งเนื่องมาจากความแตกต่างในอัตราการเผาผลาญของร่างกาย (Metabolism) ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงจากอัตราการเคลื่อนไหว ทำงาน สภาพร่างกาย รวมถึงสภาพสุขภาพ อายุ ความเหนื่อยล้า และปัจจัยทางด้านวัฒนธรรมกับจิตวิทยา (ชนิด จินดาวนิก : 11)

ดังนั้น กระบวนการสร้างความร้อนและจับความร้อนในร่างกายจึงมีส่วนอย่างยิ่งในการพิจารณาเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อควบคุมให้อาคารอยู่ในภาวะสบาย

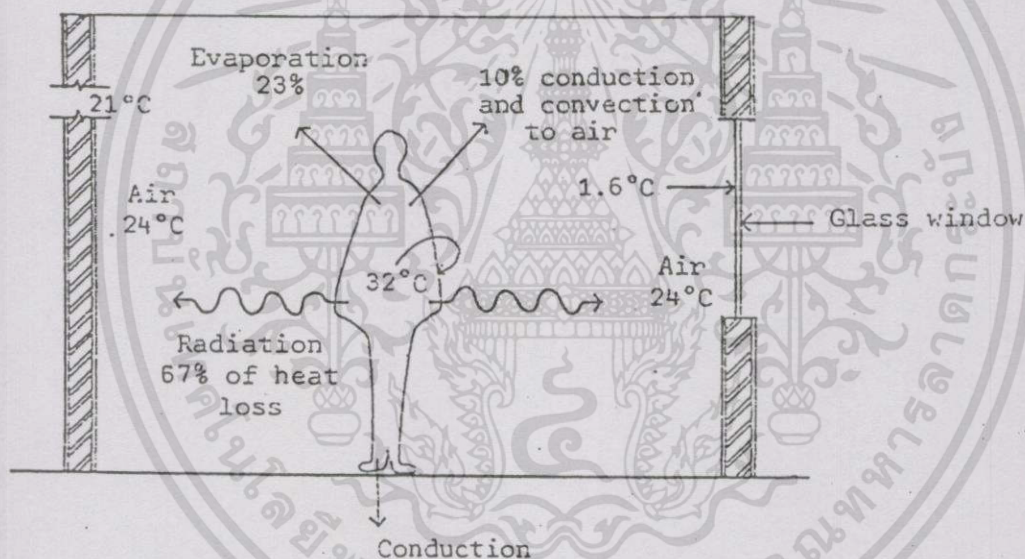
4.2 การเพิ่มความร้อนในร่างกาย (The Body's Heat Production)

ร่างกายของมนุษย์สามารถที่จะสร้างความร้อนได้ตลอดเวลาจากกิจกรรมต่างๆ จากการทำงาน การออกกำลังกาย จากการใช้พลังงาน จากการทำงานของกล้ามเนื้อ จากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จากไฟฟ้าหรือรังสีความร้อนอื่นๆ จากการสัมผัสวัตถุที่ร้อนกว่า หรือจากอากาศอบชื้น เหล่านี้ล้วนแต่เป็นการสร้างความร้อนให้เกิดแก่ร่างกายทั้งสิ้น พลังงานทั้งหมดนี้ได้มาจากการบริโภคและย่อยอาหารหรือการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) พลังงานดังกล่าวในร่างกายจะใช้เพียงส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งจะสูญเสียออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การรักษาสสมดุลความร้อนในร่างกาย (The Body's Heat Balance)

โดยปกติร่างกายมนุษย์จะผลิตความร้อนอยู่ตลอดเวลา และก็สามารถที่จะลดความร้อนได้ โดยมีอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิในร่างกาย ซึ่งจะถูกควบคุมให้อยู่ในอุณหภูมิไม่เกิน 37.5°C การควบคุมอุณหภูมิให้คงที่นี้ทำให้เกิดความสมดุลทางความร้อน (Heat Balance) ขึ้น ร่างกายมนุษย์ใช้พลังงานจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) เพียง 20% ที่เหลือเป็นพลังงานความร้อนที่ร่างกายต้องขับออกไปถึง 4 เท่าของพลังงานที่ใช้ เพื่อที่จะรักษาสสมดุลของอุณหภูมิภายในให้คงที่ ในการระบายความร้อนของร่างกายให้กับสิ่งแวดล้อมนี้ 80% เป็นการระบายความร้อนโดยการพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) ส่วนที่เหลือ 20% จะระบายออกไปโดยการระเหย (Evaporation) และเพียงเล็กน้อยโดยการนำ (Conduction) สัดส่วนของการระบายความร้อนด้วยวิธีต่างๆ จะแปรผันตามสภาวะแวดล้อมของอากาศ (ปรีชญา รังสิรักษ์: 3)



รูปที่ 4.1 อัตราการระบายความร้อนออกจากร่างกายโดยวิธีต่างๆ

จะเห็นได้ว่าหากสภาพแวดล้อมมีความสมดุลกับกระบวนการรักษาความร้อนและการถ่ายเทความร้อนในร่างกายมนุษย์ก็จะรู้สึกสบาย ซึ่งปัจจัยหลักทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่ออัตราการระบายความร้อนจากร่างกาย และความรู้สึกต่อภาวะความสบายคือ

1. อุณหภูมิของอากาศ
2. ความชื้นของอากาศ (วัดได้โดยอุณหภูมิเปียก)
3. การเคลื่อนไหวของลม
4. การแผ่รังสีจากบริเวณรอบๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 มาตรฐานความสบาย (Comfort Scales)

ได้มีความพยายามที่จะคิดค้นวิธีการที่จะรวมเอาองค์ประกอบของสภาวะอากาศอันได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้น ความเร็วลม และการแผ่รังสี ซึ่งมีผลต่อระดับของภาวะความสบาย โดยให้แสดงด้วยตัวเลขเพียงค่าเดียวเพื่อว่ามาตรฐานความสบายจะเป็นผลรวมของปฏิกิริยาระหว่าง ตัวแปรทางภูมิอากาศ มาตรฐานนี้เรียกว่า “ดัชนีอุณหภูมิ (Thermal Indices)” หรือ “มาตรฐานความสบาย (Thermal Comfort Scales)” ต่อมาได้มีการรวมเอาอัตราการเผาผลาญ (Metabolism) และเสื้อผ้าที่สวมใส่มาคิดรวมไปด้วย การทดลองหามาตรฐานความสบายนี้ได้ทำการวัดและสังเกตการณ์ในห้องปฏิบัติการที่สามารถปรับระดับภาวะของอากาศภายในห้องได้ ลักษณะความสบายของมนุษย์หรือเขตความสบายของมนุษย์จะถูกบันทึกและเปรียบเทียบกับสภาวะภูมิอากาศเพื่อพิสูจน์ความต้องการและชนิดของการควบคุมความร้อน มาตรฐานดัชนีที่ชี้ถึงขนาดของอุณหภูมินี้มีอยู่หลายแบบ แต่ในการศึกษาวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบที่สำคัญและมีผลต่อการวิจัยเท่านั้น

4.5.1 The Effective Temperature Index (ET)

โดย Haughten yaglou และ Miller ปี ค.ศ. 1923-1925 ในสหรัฐอเมริกา ผลการทดลองได้บันทึกลงไปในแผนภูมิ ซึ่งใช้วัดด้านของจิตใจ ทำให้เกิดเส้นความสบาย (Equal Comfort Lines) อุณหภูมินี้ได้มาโดยการปรับสภาวะอากาศในห้องทดลองที่เดิมมีอากาศนิ่งและมีความชื้น 100% มีตัวแปร 3 ตัว คือ อุณหภูมิ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศ

4.5.2 The Corrected Effective Temperature Index (CET)

โดย Vernon ปี ค.ศ. 1962 พัฒนามาจากมาตรฐาน E.T. ซึ่งได้เพิ่มตัวแปรอีกตัวหนึ่งคือการแผ่รังสี วิธีการแก้ไขคือ การใช้อุณหภูมิจาก Globe Thermometer มาใช้ใน Nomogram แทนที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

4.5.3 The Equivalent Warmth Index (EW)

โดย Bedford ปี ค.ศ. 1936 ในประเทศอังกฤษ ใช้คนงานโรงงานอุตสาหกรรม 200 คน ในการทำงานเบา ๆ ตัวแปรที่บันทึกได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม (Mean radiant temperature) รวมทั้งการตอบสนองของบุคคล อุณหภูมิผิวหนังและเสื้อผ้า มาตรฐานนี้มีความแม่นยำเฉพาะช่วงระดับความสบายที่สูงกว่า 35°C ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และระดับความสบายที่สูงกว่า 30°C ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูง โดยไม่ได้ให้ความสำคัญกับผลกระทบจากความเย็นของการเคลื่อนไหวของอากาศที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง

4.5.4 The Operative Temperature Index (OT)

โดย Winslow , Herrington และ Gagge ปี ค.ศ. 1937 ในสหรัฐอเมริกา หลักเกณฑ์คล้ายกับมาตรฐาน EW คือรวมเอาผลกระทบจากการแผ่รังสีและอุณหภูมิของอากาศเข้าด้วยกัน แต่ก็ยังไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ความสำคัญกับความชื้นและอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศ เนื่องจากการทดลองทำขึ้นในบริเวณพิเศษ ที่มีภาวะอากาศเย็นจึงไม่เหมาะสมกับสภาพอุณหภูมิที่สูงกว่า 27°C

4.5.5 The Equivalent Temperature Index (EQT)

โดย Dufton ปี ค.ศ. 1932 มาตรฐานนี้ไม่ได้นำผลกระทบของความชื้นมารวมด้วย จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 24°C ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 24°C การระบายความร้อนโดยการระเหยจะชัดเจน(ปรีชญา รังสิรักษ์: 19)

4.5.6 The Resultant Temperature Index (RT)

โดย Missenard ปี ค.ศ. 1948 ในประเทศฝรั่งเศส เป็นการปรับปรุงจากมาตรฐาน ET เล็กน้อย มีความน่าเชื่อถือในสภาพอุณหภูมิระดับปานกลางแต่ไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศเมืองร้อน เนื่องจากมาตรฐานนี้ไม่รวมผลกระทบจากความชื้นของการเคลื่อนไหวของอากาศเกินกว่า 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

4.5.7 The Predicted Four Hour Sweat Rate Index (P4SR)

โดย Mcardle และผู้ร่วมงาน ปี ค.ศ. 1947 ในประเทศอังกฤษ ได้มาจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกของผู้ถูกทดลองกับการวัดอุณหภูมิ โดยอาศัยอัตราการไหลของเหงื่อ การเต้นของชีพจรและอุณหภูมิภายในร่างกาย มาตรฐานนี้เชื่อถือได้สำหรับภาวะอุณหภูมิที่สูง แต่ไม่เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 28°C รวมทั้งไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบจากความชื้นของการเคลื่อนไหวของอากาศภายใต้ความชื้นสูง (ประทีป มาลากุล : 4)

4.5.8 The Heat Stress Index (HSI)

โดย Belding , H.S. และ Hacth , T.F. ปี ค.ศ. 1955 ในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้การคำนวณความเครียดที่เกิดจากความร้อนภายนอกที่กำหนดให้ จากความร้อนที่เกิดขึ้นโดยขบวนการ Metabolism จากการทำกิจกรรมที่มีความหนักเบาในระดับต่าง ๆ และจากปริมาณการระบายความร้อนด้วยการระเหย คู่สิ่งแวดล้อม (ปรีชญา รังสิรักษ์ : 23) ค่า HSI นี้เชื่อถือได้สำหรับอากาศระหว่าง 27 และ 35°C ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 30 ถึง 80% และสำหรับความชื้นในระดับต่ำหากอุณหภูมิสูง แต่ไม่เหมาะสมกับระดับความสบาย (Comfort Zone) (ประทีป มาลากุล : 4)

4.5.9 The Index of Thermal Stress (ITS)

โดย Givoni , B. ปี ค.ศ. 1969 ปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณได้แก่ ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมและปัจจัยความรู้สึกของมนุษย์ โดยคำนวณจากอัตราความเย็นที่เป็นผลมาจากการไหลของเหงื่อ มีขอบเขตตั้งแต่ ชีตความสบายจนถึงภาวะที่ร้อนเกินขีดความอดทน ดัชนีมีค่าเป็นลบหมายถึงภาวะเครียดอันเกิดจากความหนาวเกินไป

4.5.10 The Bioclimatic Chart

โดย Olgay , V. ปี ค.ศ. 1963 มีแนวความคิดว่า องค์ประกอบทางสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ประการที่มีผลต่อสภาวะของอากาศถูกควบคุมด้วยวิธีที่แตกต่างกันจึงไม่มีจุดหนึ่งจุดใดที่จะสร้างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีที่มีรูปลักษณะเดียว เขาจึงสร้าง “ Bioclimatic Chart “ เป็นแผนภาพที่กำหนดช่วงความสบาย (Comfort Zone) และความต้องการตัวแปรเพิ่มเติมเมื่ออยู่นอกเขตความสบาย

4.5.11 The Equatorial Comfort Index (ECI)

โดย Webb , C.G. ปี ค.ศ. 1960 ในประเทศสิงคโปร์ ค่าที่ได้มาจากการตอบสนองความเคยชินของอากาศพร้อมกับการวัดอุณหภูมิของอากาศ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศ ความสัมพันธ์ของตัวแปรสามารถจัดเป็นสูตรและแผนภูมิ Nomogram ที่ได้คล้ายคลึงกับ Nomogram ของมาตรฐาน ET แตกต่างกันตรงที่ Nomogram ของ ET จะมีตารางเปิดออก ส่วนของ ECI ตารางจะมาบรรจบเข้าหากันสำหรับค่าอุณหภูมิสูงซึ่งแสดงว่าผิวหนังที่เปียกชื้นจะมีความรู้สึกมากขึ้นต่อการเคลื่อนไหวของอากาศในสภาพอุณหภูมิคงกล่าว (ปริชญา รังสิรักษ์ : 21)

Webb ได้ทำการทดลองและพบว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบที่สามารถจัดเป็นสูตรได้ดังนี้

$$ECI = tw + 0.447(t-tw) - 0.241\sqrt{v}$$

โดยที่

ECI = ค่าอุณหภูมิความสบายในประเทศแถบเมืองร้อน (°F)

tw = อุณหภูมิกระเปาะเปียก(°F)

t = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°F)

v = ความเร็วของการเคลื่อนไหวของอากาศ (ft / min)

บทที่ 5

สภาพภูมิอากาศและค่าอุณหภูมิสบาย ของเขตกรุงเทพมหานคร

5.1 สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่ ละติจูด 13 องศา 44 ลิปดาเหนือ และ ลองจิจูด 100 องศา 34 ลิปดาตะวันออก บนพื้นที่ราบลุ่มตอนกลางของประเทศไทย มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นหรือ (Hot Humid Climate) หมายถึง บริเวณที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 18 °C และมีฝนตกชุก ฝนที่ตกในแต่ละปี จะมากกว่าจำนวนน้ำระเหยต่อปี อัตราของน้ำในคลองคดปีมากกว่า 784.4 นิ้ว มีความชื้นสูงมาก ความชื้นสัมพัทธ์ 55 – 100 % มีความแตกต่างในฤดูกาลน้อย ในฤดูร้อนอากาศร้อนจัด ไม่มีฤดูหนาว สภาพพื้นดินเขียวชะอุ่ม มีป่าทึบ มีพันธุ์ไม้ต่างๆมากมายและงอกงามตลอดปี ระดับน้ำใต้ดินสูง สภาพท้องฟ้ามีเมฆมากแต่ในฤดูร้อนมีเมฆน้อยลง ท้องฟ้าสว่าง แดดแรงกล้า มักมีแสงแดดและฝนสลับกัน

ในตารางที่ 5.1 เป็นสถิติภูมิอากาศของกรุงเทพ ฯ ในรอบ 30 ปี ของกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

อุณหภูมิ เฉลี่ยประจำเดือนอยู่ระหว่าง 24.6 – 33 °C อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีคือ 28.2 °C

ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยประจำเดือนอยู่ระหว่าง 57 – 89 % และเฉลี่ยทั้งปีคือ 75 %

ดัชนีปริมาณเมฆอยู่ที่ 5.8 – 8.9 (เต็ม 10) เป็นลักษณะของท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน

ความเร็วลม เฉลี่ยประจำเดือนอยู่ระหว่าง 1.9 – 4.7 นอต โดยมีทิศทางลมประจำพัดผ่าน 2 ทิศทางคือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดมาจากมหาสมุทรอินเดียในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดมาจากประเทศจีนในช่วงฤดูหนาว

ฤดู ในรอบปีแบ่งออกเป็น 3 ฤดูคือ

1. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม โดยได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดพาเอาฝนมาจากมหาสมุทรอินเดีย ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 1500 ม.ม. ต่อปี ความร้อนไม่สูงมากแต่จะมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น โดยความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 78 %

2. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมกราคม โดยได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะนี้จะมีฝนตกน้อยมากแม้จะเป็นฤดูหนาว แต่ความแตกต่างของอุณหภูมิในเขตกรุงเทพ ฯ เมื่อเทียบกับฤดูต่าง ๆ แล้วมีน้อย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 71 %

3. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน เป็นช่วงที่โลกส่วนประเทศไทย เอียงเข้าไปใกล้ดวงอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูง ในปลายฤดูที่คาบเกี่ยวกับฤดูฝน อุณหภูมิจะ ลดต่ำลงและเริ่มมีฝนตก

ตำแหน่งทิศทางการเดินของดวงอาทิตย์ ช่วงกลางเดือนเมษายน ถึงเดือนสิงหาคม ดวงอาทิตย์จะ โคจรเอียงไปทางเหนือ โดยจะอ้อมทางเหนือสุดในวันที่ 22 มิถุนายน ช่วงเวลาที่เหลืออีก 8 เดือน จะ โคจรเอียงไปทางทิศใต้ และอ้อมใต้สุดในวันที่ 22 ธันวาคม

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในคาบ 30ปี (พ.ศ.2514-2543)

(Computer Section, Climatology Division, Meteorological Department)

Station	BANGKOK METROPOLIS											
Index station	48455											
Latitude	13 44 N											
Longitude	100 34 E											
Elevation of station above MSL	2	Meters										
Height of barometer above MSL	20	Meters										
Height of thermometer above ground	1.25	Meters										
Height of wind vane above ground	33.10	Meters										
Height of rain gauge	1.00	Meters										

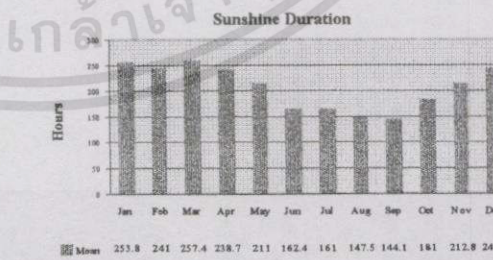
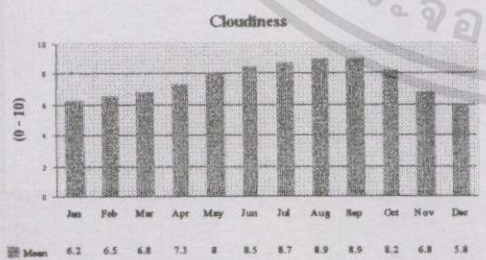
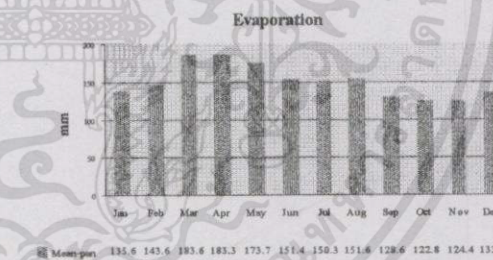
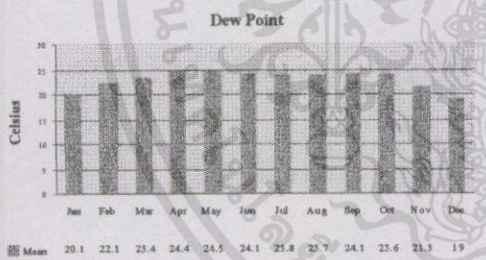
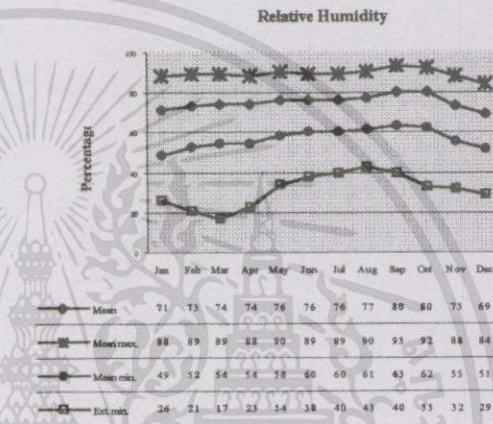
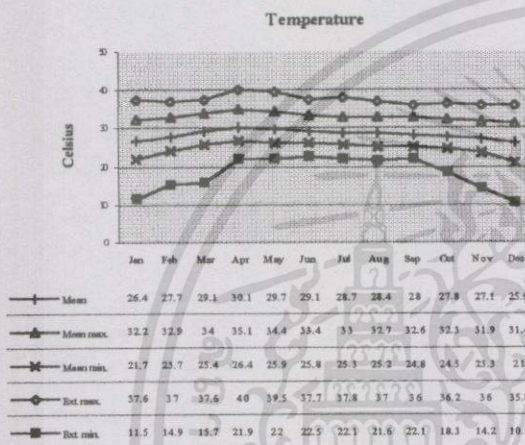
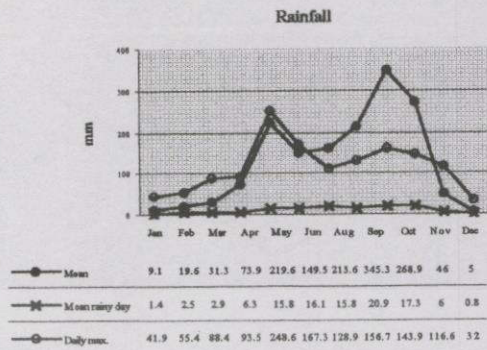
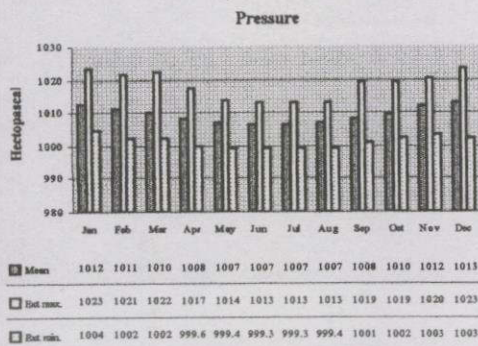
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Pressure (Hectopascal)													
Mean	1012.4	1011.2	1010	1008.4	1007.2	1006.5	1006.7	1006.9	1008	1009.8	1011.6	1013.2	1009.3
Ext. max.	1023.1	1021.3	1022	1017.1	1014	1013	1013	1013.2	1019	1019	1020.4	1023.3	1023.3
Ext. min.	1004.4	1002.3	1002	999.6	999.4	999.32	999.3	999.38	1001	1002	1003.3	1002.6	999.3
Mean dialy range	4.73	4.73	4.8	4.8	4.38	3.75	3.71	3.92	4.47	4.55	4.43	4.61	4.41
Temperature (Celsius)													
Mean	26.4	27.7	29.1	30.1	29.7	29.1	28.7	28.4	28	27.8	27.1	25.9	28.2
Mean max.	32.2	32.9	34	35.1	34.4	33.4	33	32.7	32.6	32.3	31.9	31.4	33
Mean min.	21.7	23.7	25.4	26.4	25.9	25.8	25.3	25.2	24.8	24.5	23.3	21	24.4
Ext. max.	37.6	37	37.6	40	39.5	37.7	37.8	37	36	36.2	36	35.8	40
Ext. min.	11.5	14.9	15.7	21.9	22	22.5	22.1	21.6	22.1	18.3	14.2	10.5	10.5
Relative Humidity (%)													
Mean	71	73	74	74	76	76	76	77	80	80	73	69	75
Mean max.	88	89	89	88	90	89	89	90	93	92	88	84	89
Mean min.	49	52	54	54	58	60	60	61	63	62	55	51	57
Ext. min.	26	21	17	23	34	38	40	43	40	33	32	29	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Dew Point (Celsius)													
Mean	20.1	22.1	23.4	24.4	24.5	24.1	23.8	23.7	24.1	23.6	21.3	19	22.8
Evaporation(mm)													
Mean-pan	135.6	143.6	183.6	183.3	173.7	151.4	150.3	151.6	128.6	122.8	124.4	133.6	1782.8
Cloudiness (0-10)													
Mean	6.2	6.5	6.8	7.3	8	8.5	8.7	8.9	8.9	8.2	6.8	5.8	7.6
Sunshine Duration (hr.)													
Mean	253.8	241	257.4	238.7	211	162.4	161	147.5	144.1	181	212.8	243.3	2454
Visiblity (km.)													
0700 L.S.T.	5.6	5.9	6.8	7.9	9	9.2	9.3	9.1	8.8	8.3	8.4	7.9	8
Mean	8.1	8.3	8.5	9.4	10.3	10.6	10.6	10.5	10	9.8	10	9.3	9.6
Wind (Knots)													
Mean wind speed	2.3	3.8	4.7	4.1	3.3	3.5	3.4	3.4	2.2	1.9	2.2	2.4	
Prevailing wind	E,S	S	S	S	S	S,SW	S,SW	SW	W	NE	NE	NE	
Max. wind speed	25	32	34	45	38	35	40	42	36	42	30	28	45
Rainfall (mm)													
Mean	9.1	19.6	31.3	73.9	219.6	149.5	161.4	213.6	345.3	268.9	46	5	1543.2
Mean rainy day	1.4	2.5	2.9	6.3	15.8	16.1	17.3	15.8	20.9	17.3	6	0.8	127.1
Daily max.	41.9	55.4	88.4	93.5	248.6	167.3	108.6	128.9	156.7	143.9	116.6	32	248.6
Number of days with													
Haze	23.7	19	19	13.7	5.7	2.2	1.7	1.3	1.9	4.1	9.9	18	120.2
Fog	2.9	0.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.6	5
Hail	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0.6
Thunderstorm	0.5	0.5	2.3	6.4	14.6	9.8	10.2	10.7	17.5	14.5	3.6	4	91
Squall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครช่วงปี พ.ศ. 2514 – 2543

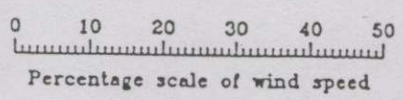
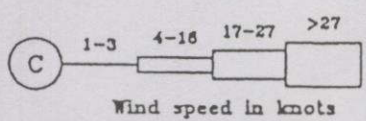
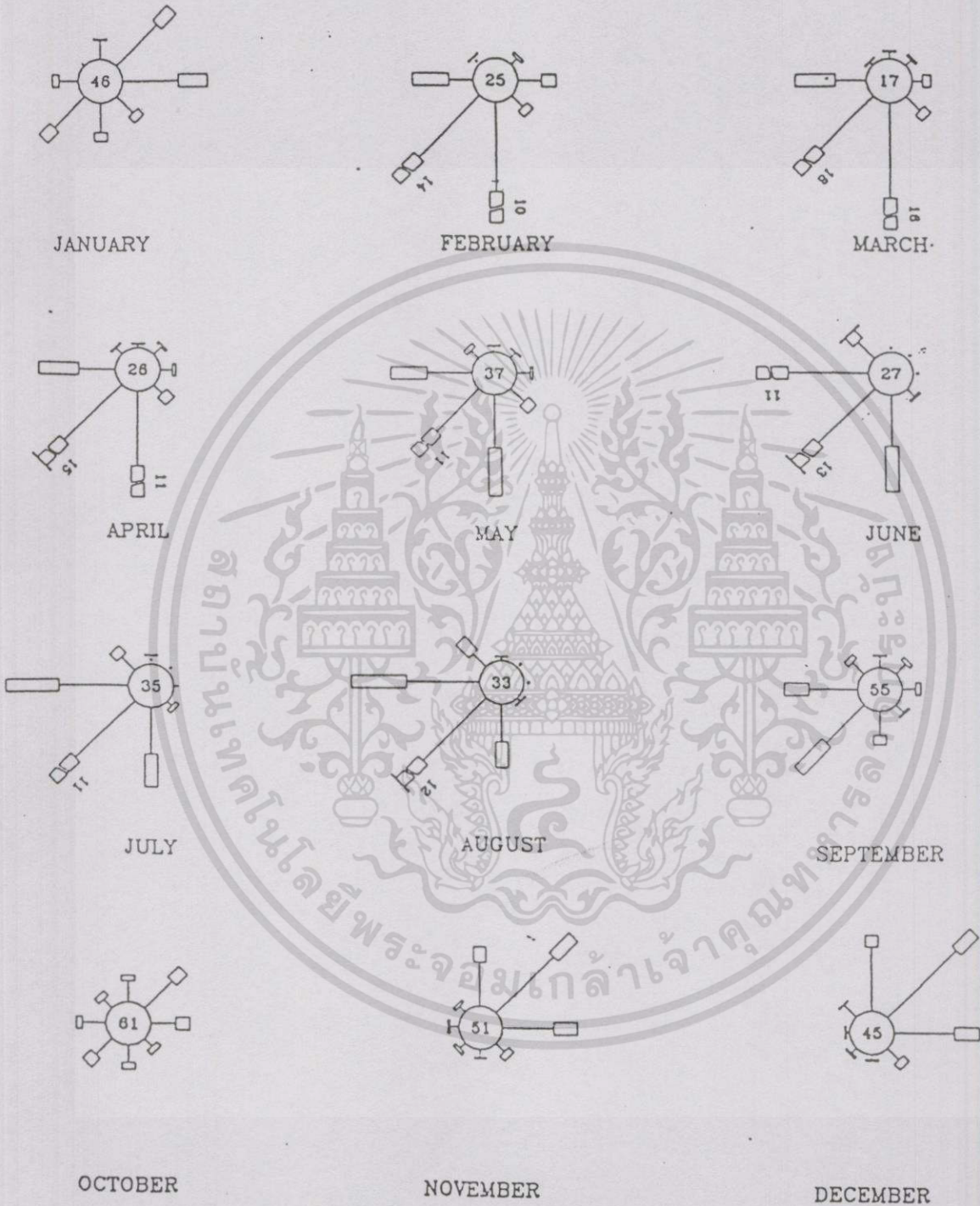
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BANGKOK METROPOLIS

Lat. 13° 44' N. Long. 100° 34' E.

Height of wind vane above ground 10.00 m

Height of anemometer above ground 10.00 m



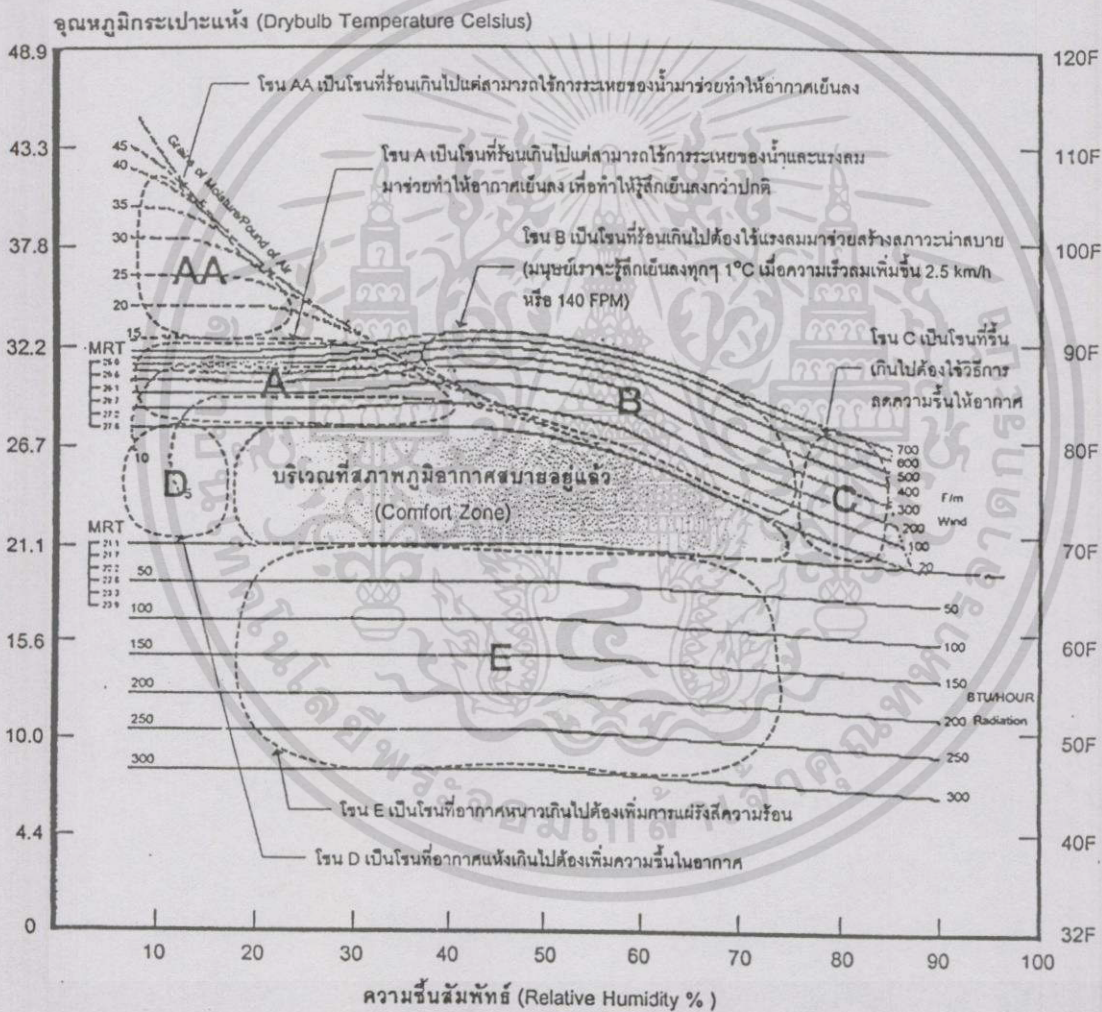
รูปที่ 5.2 ผังลมของกรุงเทพในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2524 - 2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางการปรับความสบายของเขตกรุงเทพมหานคร

5.2.1 แนวทางการปรับความสบายโดยใช้ Bioclimatic Chart

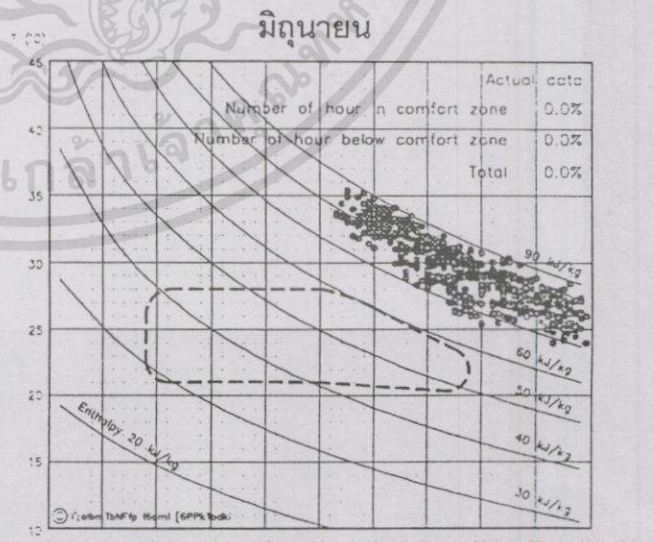
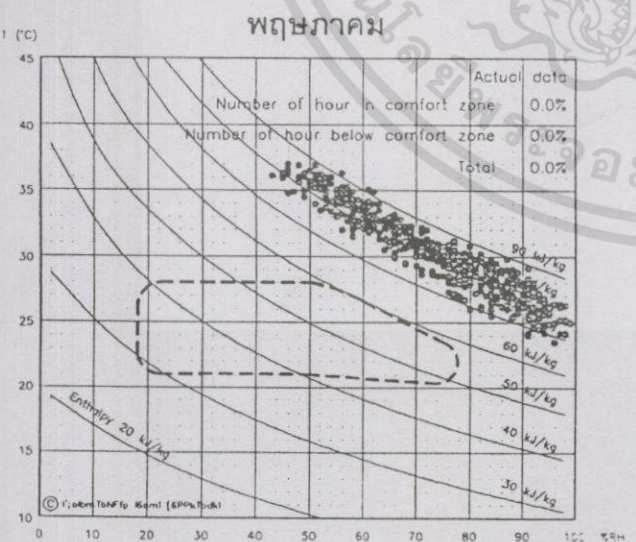
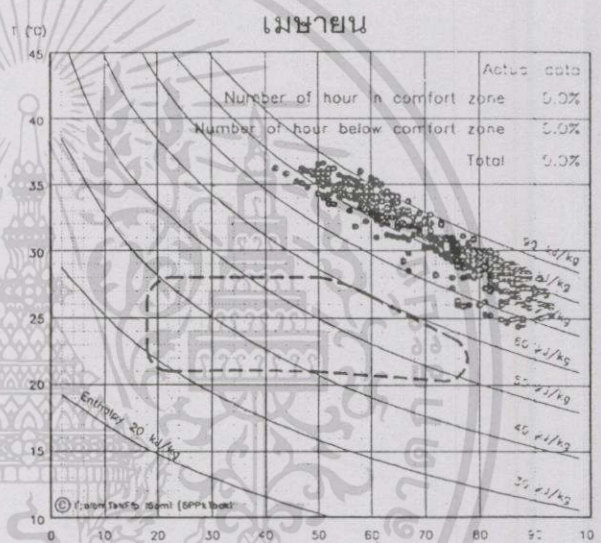
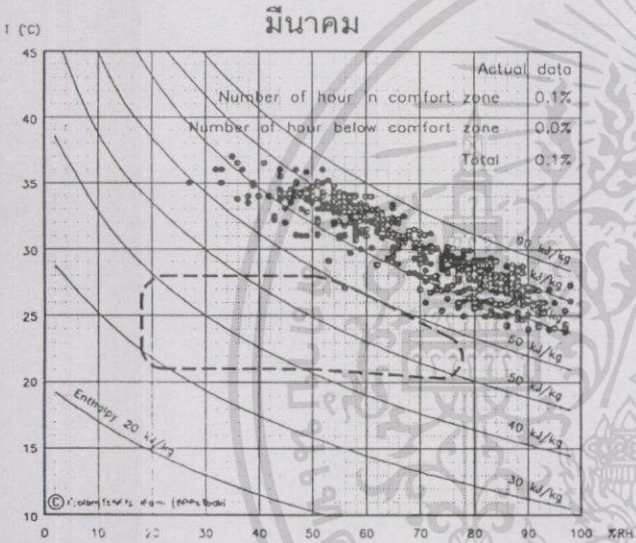
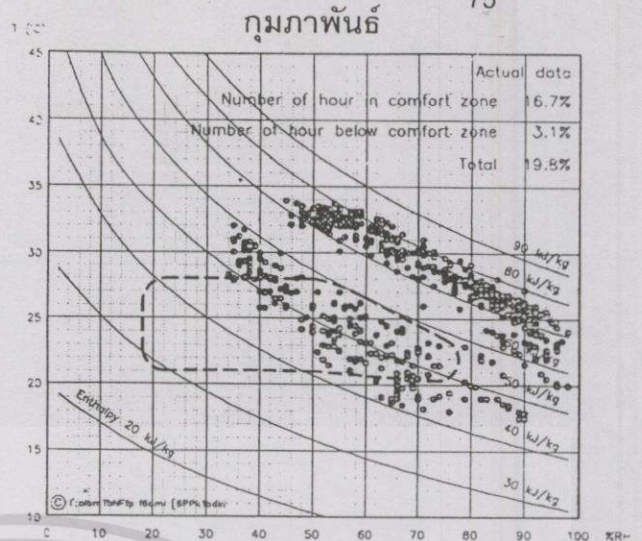
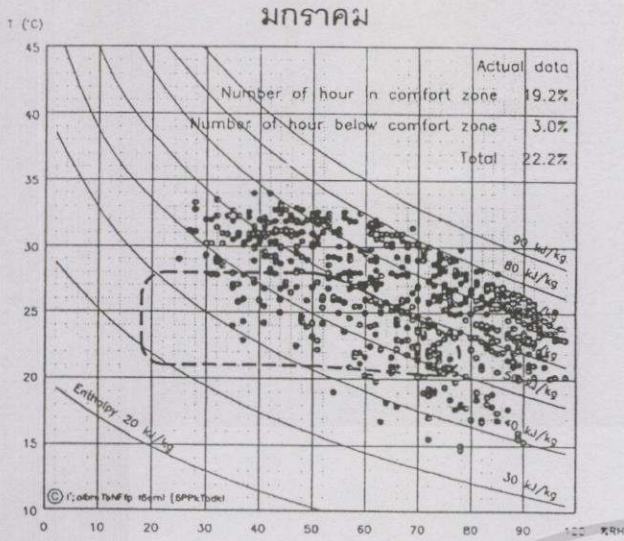
จากการศึกษาและวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของ กรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2538 โดยรศ. ดร.สุนทร บุญญาริการ ซึ่งใช้แผนภูมิชีวอากาศ (Bioclimatic Chart) บันทึกรูปภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือน ดังแสดงในรูปที่ 5.4 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผนภูมิในรูปที่ 5.3 พบว่า ภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์โดยทั่วไปค่อนข้างสูง ทำให้สภาพอากาศโดยรวมไม่อยู่ในสถานะที่น่าสบายเกือบตลอดทั้งปี



รูปที่ 5.3 แผนภูมิชีวอากาศ (Bioclimatic Chart) แสดงเขตสบายและเทคนิควิธีการปรับแต่งสภาพภูมิอากาศนอกเขตสบายในแต่ละโซน

โซน A, AA, B, C, D และ E เป็นบริเวณที่อยู่นอกขอบเขตของสภาวะนำสบาย โดยโซน A, AA และ B มีสภาพภูมิอากาศที่ร้อนเกินไป โซน C ชื้นเกินไป โซน D แห้งเกินไป และโซน E หนาวเกินไป

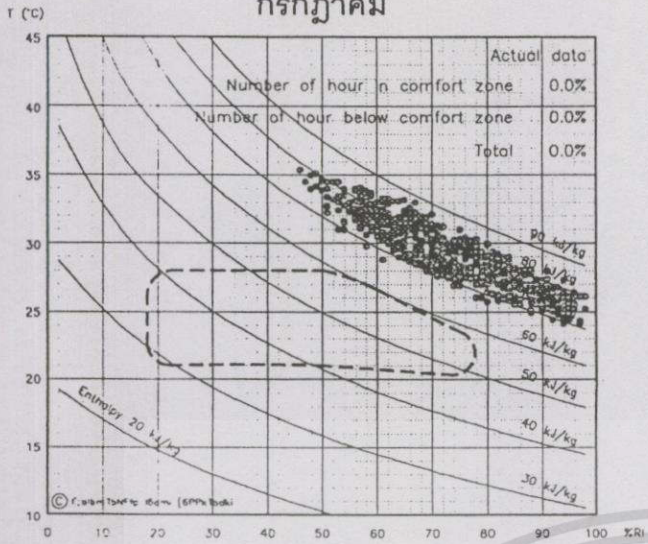
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



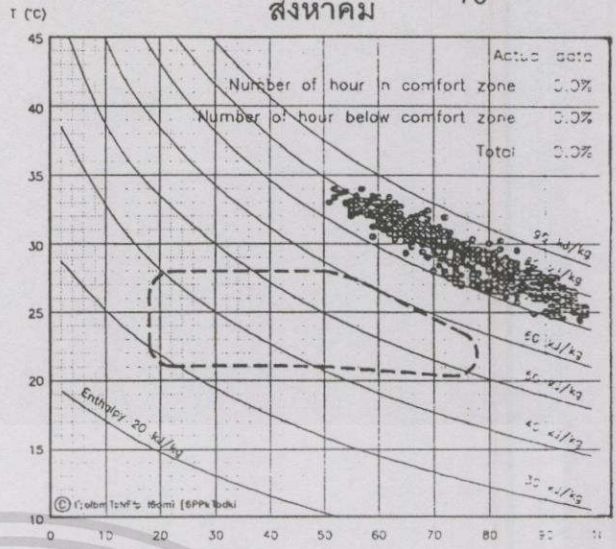
รูปที่ 5.4 แผนภูมิชีวอากาศ (Bioclimatic Chart) แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของกรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2538 เมื่อไม่มีอิทธิพลของลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

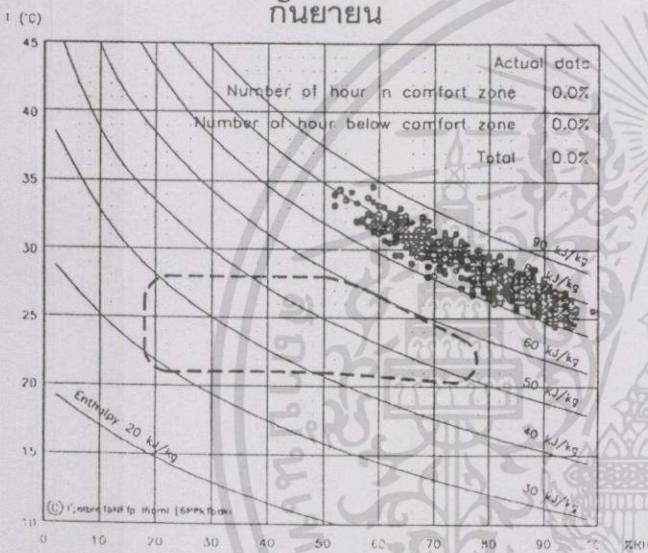
กรกฎาคม



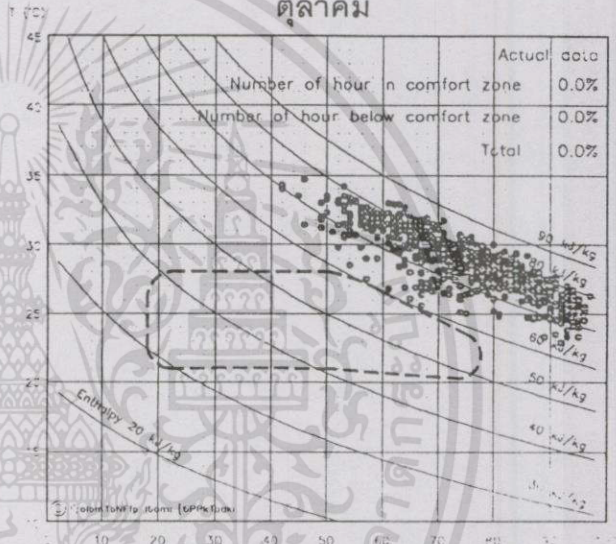
สิงหาคม



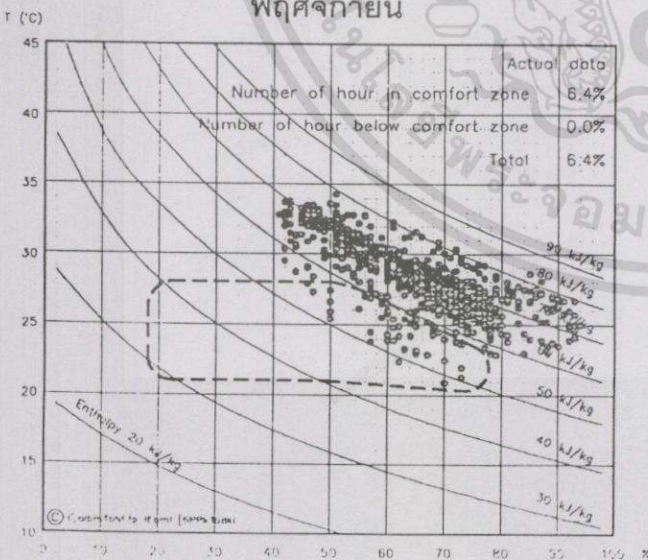
กันยายน



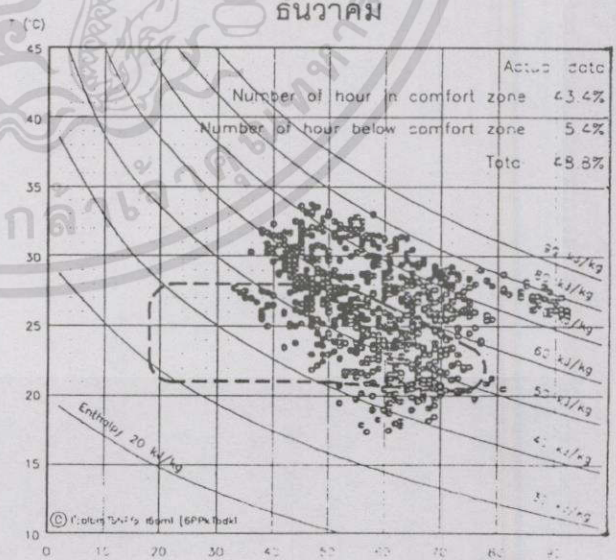
ตุลาคม



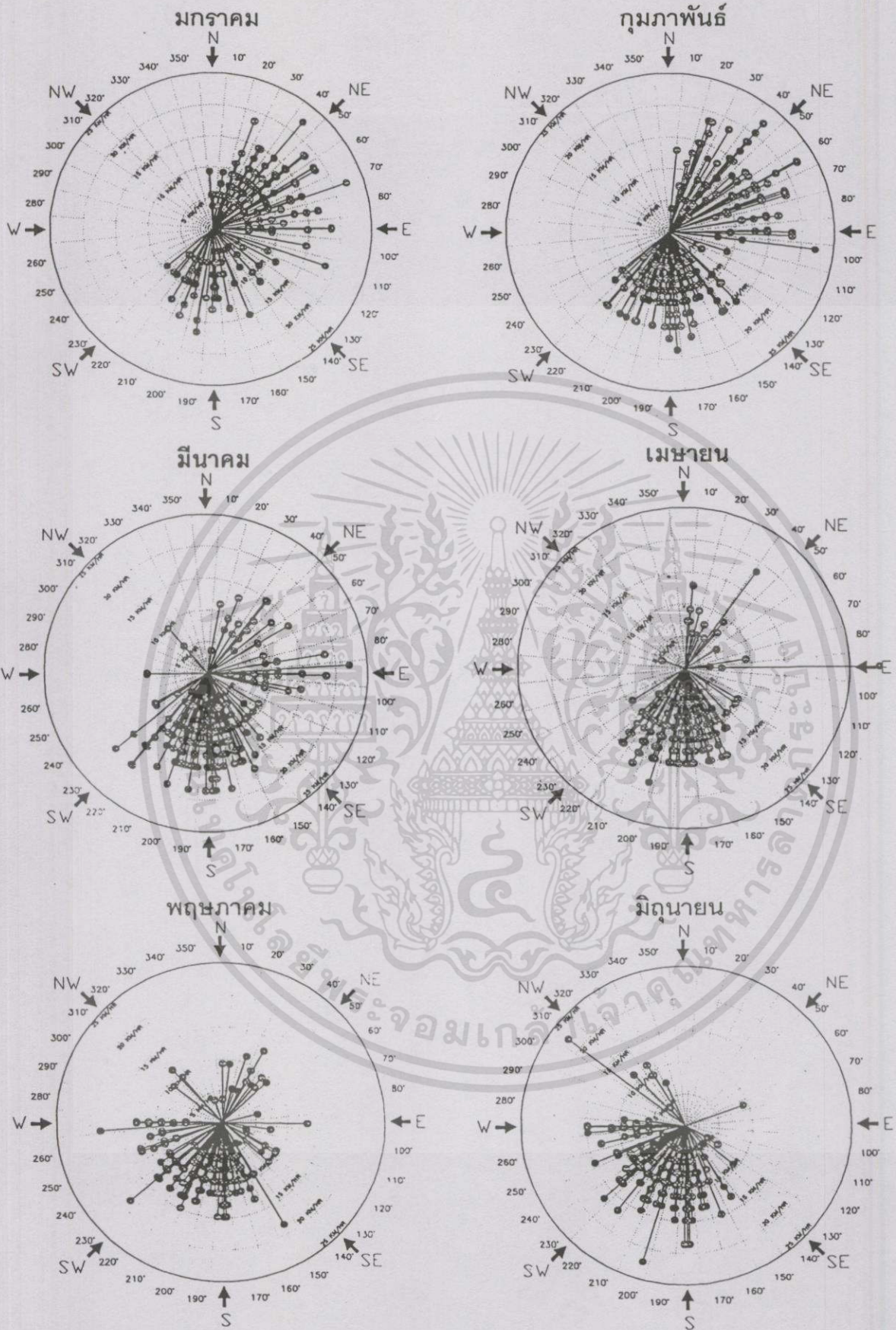
พฤศจิกายน



ธันวาคม

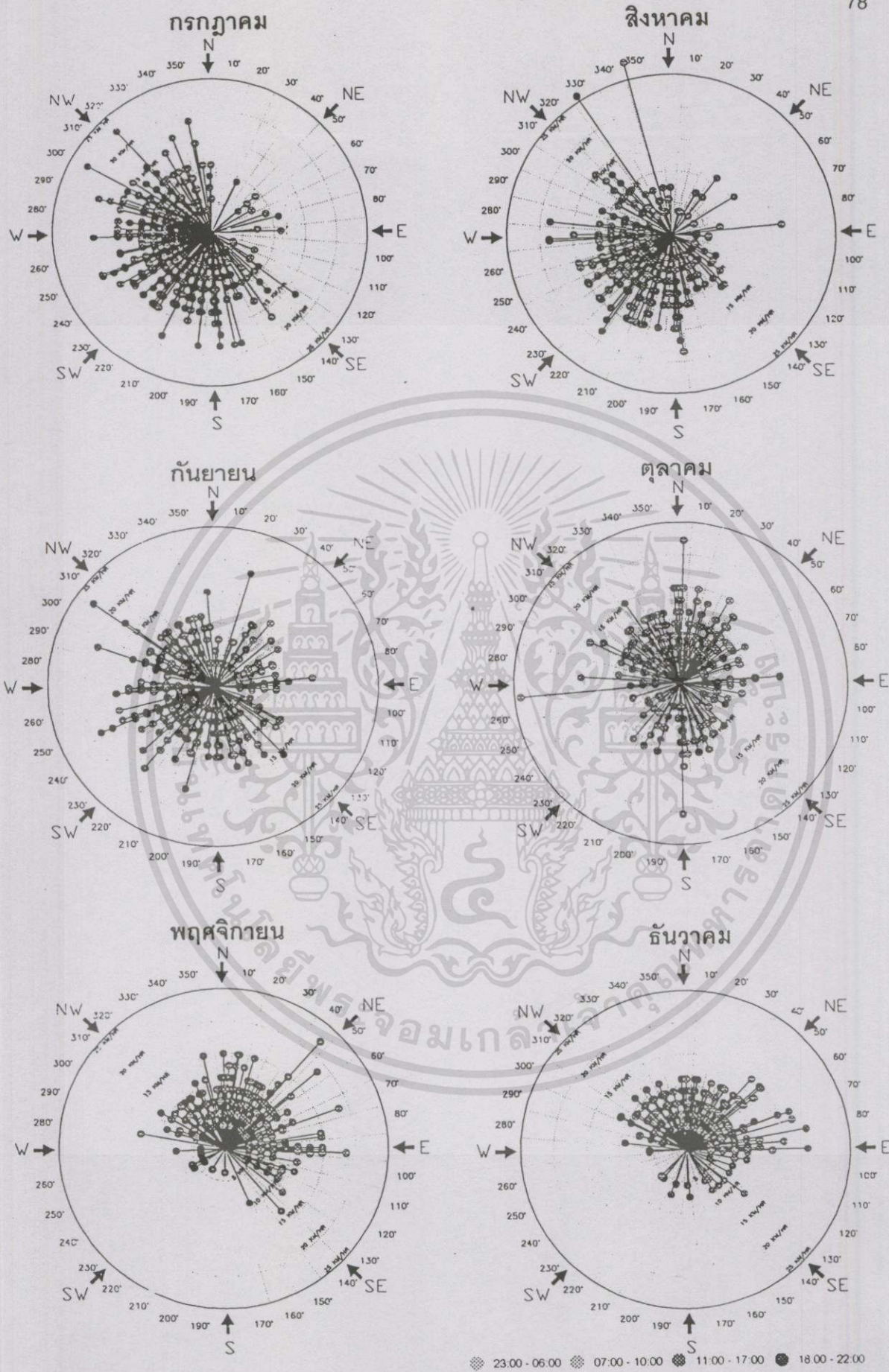


Legend for data points: 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105, 107, 109, 111, 113, 115, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 139, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177, 179, 181, 183, 185, 187, 189, 191, 193, 195, 197, 199, 201, 203, 205, 207, 209, 211, 213, 215, 217, 219, 221, 223, 225, 227, 229, 231, 233, 235, 237, 239, 241, 243, 245, 247, 249, 251, 253, 255, 257, 259, 261, 263, 265, 267, 269, 271, 273, 275, 277, 279, 281, 283, 285, 287, 289, 291, 293, 295, 297, 299, 301, 303, 305, 307, 309, 311, 313, 315, 317, 319, 321, 323, 325, 327, 329, 331, 333, 335, 337, 339, 341, 343, 345, 347, 349, 351, 353, 355, 357, 359, 361, 363, 365, 367, 369, 371, 373, 375, 377, 379, 381, 383, 385, 387, 389, 391, 393, 395, 397, 399, 401, 403, 405, 407, 409, 411, 413, 415, 417, 419, 421, 423, 425, 427, 429, 431, 433, 435, 437, 439, 441, 443, 445, 447, 449, 451, 453, 455, 457, 459, 461, 463, 465, 467, 469, 471, 473, 475, 477, 479, 481, 483, 485, 487, 489, 491, 493, 495, 497, 499, 501, 503, 505, 507, 509, 511, 513, 515, 517, 519, 521, 523, 525, 527, 529, 531, 533, 535, 537, 539, 541, 543, 545, 547, 549, 551, 553, 555, 557, 559, 561, 563, 565, 567, 569, 571, 573, 575, 577, 579, 581, 583, 585, 587, 589, 591, 593, 595, 597, 599, 601, 603, 605, 607, 609, 611, 613, 615, 617, 619, 621, 623, 625, 627, 629, 631, 633, 635, 637, 639, 641, 643, 645, 647, 649, 651, 653, 655, 657, 659, 661, 663, 665, 667, 669, 671, 673, 675, 677, 679, 681, 683, 685, 687, 689, 691, 693, 695, 697, 699, 701, 703, 705, 707, 709, 711, 713, 715, 717, 719, 721, 723, 725, 727, 729, 731, 733, 735, 737, 739, 741, 743, 745, 747, 749, 751, 753, 755, 757, 759, 761, 763, 765, 767, 769, 771, 773, 775, 777, 779, 781, 783, 785, 787, 789, 791, 793, 795, 797, 799, 801, 803, 805, 807, 809, 811, 813, 815, 817, 819, 821, 823, 825, 827, 829, 831, 833, 835, 837, 839, 841, 843, 845, 847, 849, 851, 853, 855, 857, 859, 861, 863, 865, 867, 869, 871, 873, 875, 877, 879, 881, 883, 885, 887, 889, 891, 893, 895, 897, 899, 901, 903, 905, 907, 909, 911, 913, 915, 917, 919, 921, 923, 925, 927, 929, 931, 933, 935, 937, 939, 941, 943, 945, 947, 949, 951, 953, 955, 957, 959, 961, 963, 965, 967, 969, 971, 973, 975, 977, 979, 981, 983, 985, 987, 989, 991, 993, 995, 997, 999, 1001, 1003, 1005, 1007, 1009, 1011, 1013, 1015, 1017, 1019, 1021, 1023, 1025, 1027, 1029, 1031, 1033, 1035, 1037, 1039, 1041, 1043, 1045, 1047, 1049, 1051, 1053, 1055, 1057, 1059, 1061, 1063, 1065, 1067, 1069, 1071, 1073, 1075, 1077, 1079, 1081, 1083, 1085, 1087, 1089, 1091, 1093, 1095, 1097, 1099, 1101, 1103, 1105, 1107, 1109, 1111, 1113, 1115, 1117, 1119, 1121, 1123, 1125, 1127, 1129, 1131, 1133, 1135, 1137, 1139, 1141, 1143, 1145, 1147, 1149, 1151, 1153, 1155, 1157, 1159, 1161, 1163, 1165, 1167, 1169, 1171, 1173, 1175, 1177, 1179, 1181, 1183, 1185, 1187, 1189, 1191, 1193, 1195, 1197, 1199, 1201, 1203, 1205, 1207, 1209, 1211, 1213, 1215, 1217, 1219, 1221, 1223, 1225, 1227, 1229, 1231, 1233, 1235, 1237, 1239, 1241, 1243, 1245, 1247, 1249, 1251, 1253, 1255, 1257, 1259, 1261, 1263, 1265, 1267, 1269, 1271, 1273, 1275, 1277, 1279, 1281, 1283, 1285, 1287, 1289, 1291, 1293, 1295, 1297, 1299, 1301, 1303, 1305, 1307, 1309, 1311, 1313, 1315, 1317, 1319, 1321, 1323, 1325, 1327, 1329, 1331, 1333, 1335, 1337, 1339, 1341, 1343, 1345, 1347, 1349, 1351, 1353, 1355, 1357, 1359, 1361, 1363, 1365, 1367, 1369, 1371, 1373, 1375, 1377, 1379, 1381, 1383, 1385, 1387, 1389, 1391, 1393, 1395, 1397, 1399, 1401, 1403, 1405, 1407, 1409, 1411, 1413, 1415, 1417, 1419, 1421, 1423, 1425, 1427, 1429, 1431, 1433, 1435, 1437, 1439, 1441, 1443, 1445, 1447, 1449, 1451, 1453, 1455, 1457, 1459, 1461, 1463, 1465, 1467, 1469, 1471, 1473, 1475, 1477, 1479, 1481, 1483, 1485, 1487, 1489, 1491, 1493, 1495, 1497, 1499, 1501, 1503, 1505, 1507, 1509, 1511, 1513, 1515, 1517, 1519, 1521, 1523, 1525, 1527, 1529, 1531, 1533, 1535, 1537, 1539, 1541, 1543, 1545, 1547, 1549, 1551, 1553, 1555, 1557, 1559, 1561, 1563, 1565, 1567, 1569, 1571, 1573, 1575, 1577, 1579, 1581, 1583, 1585, 1587, 1589, 1591, 1593, 1595, 1597, 1599, 1601, 1603, 1605, 1607, 1609, 1611, 1613, 1615, 1617, 1619, 1621, 1623, 1625, 1627, 1629, 1631, 1633, 1635, 1637, 1639, 1641, 1643, 1645, 1647, 1649, 1651, 1653, 1655, 1657, 1659, 1661, 1663, 1665, 1667, 1669, 1671, 1673, 1675, 1677, 1679, 1681, 1683, 1685, 1687, 1689, 1691, 1693, 1695, 1697, 1699, 1701, 1703, 1705, 1707, 1709, 1711, 1713, 1715, 1717, 1719, 1721, 1723, 1725, 1727, 1729, 1731, 1733, 1735, 1737, 1739, 1741, 1743, 1745, 1747, 1749, 1751, 1753, 1755, 1757, 1759, 1761, 1763, 1765, 1767, 1769, 1771, 1773, 1775, 1777, 1779, 1781, 1783, 1785, 1787, 1789, 1791, 1793, 1795, 1797, 1799, 1801, 1803, 1805, 1807, 1809, 1811, 1813, 1815, 1817, 1819, 1821, 1823, 1825, 1827, 1829, 1831, 1833, 1835, 1837, 1839, 1841, 1843, 1845, 1847, 1849, 1851, 1853, 1855, 1857, 1859, 1861, 1863, 1865, 1867, 1869, 1871, 1873, 1875, 1877, 1879, 1881, 1883, 1885, 1887, 1889, 1891, 1893, 1895, 1897, 1899, 1901, 1903, 1905, 1907, 1909, 1911, 1913, 1915, 1917, 1919, 1921, 1923, 1925, 1927, 1929, 1931, 1933, 1935, 1937, 1939, 1941, 1943, 1945, 1947, 1949, 1951, 1953, 1955, 1957, 1959, 1961, 1963, 1965, 1967, 1969, 1971, 1973, 1975, 1977, 1979, 1981, 1983, 1985, 1987, 1989, 1991, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, 2023, 2025, 2027, 2029, 2031, 2033, 2035, 2037, 2039, 2041, 2043, 2045, 2047, 2049, 2051, 2053, 2055, 2057, 2059, 2061, 2063, 2065, 2067, 2069, 2071, 2073, 2075, 2077, 2079, 2081, 2083, 2085, 2087, 2089, 2091, 2093, 2095, 2097, 2099, 2101, 2103, 2105, 2107, 2109, 2111, 2113, 2115, 2117, 2119, 2121, 2123, 2125, 2127, 2129, 2131, 2133, 2135, 2137, 2139, 2141, 2143, 2145, 2147, 2149, 2151, 2153, 2155, 2157, 2159, 2161, 2163, 2165, 2167, 2169, 2171, 2173, 2175, 2177, 2179, 2181, 2183, 2185, 2187, 2189, 2191, 2193, 2195, 2197, 2199, 2201, 2203, 2205, 2207, 2209, 2211, 2213, 2215, 2217, 2219, 2221, 2223, 2225, 2227, 2229, 2231, 2233, 2235, 2237, 2239, 2241, 2243, 2245, 2247, 2249, 2251, 2253, 2255, 2257, 2259, 2261, 2263, 2265, 2267, 2269, 2271, 2273, 2275, 2277, 2279, 2281, 2283, 2285, 2287, 2289, 2291, 2293, 2295, 2297, 2299, 2301, 2303, 2305, 2307, 2309, 2311, 2313, 2315, 2317, 2319, 2321, 2323, 2325, 2327, 2329, 2331, 2333, 2335, 2337, 2339, 2341, 2343, 2345, 2347, 2349, 2351, 2353, 2355, 2357, 2359, 2361, 2363, 2365, 2367, 2369, 2371, 2373, 2375, 2377, 2379, 2381, 2383, 2385, 2387, 2389, 2391, 2393, 2395, 2397, 2399, 2401, 2403, 2405, 2407, 2409, 2411, 2413, 2415, 2417, 2419, 2421, 2423, 2425, 2427, 2429, 2431, 2433, 2435, 2437, 2439, 2441, 2443, 2445, 2447, 2449, 2451, 2453, 2455, 2457, 2459, 2461, 2463, 2465, 2467, 2469, 2471, 2473, 2475, 2477, 2479, 2481, 2483, 2485, 2487, 2489, 2491, 2493, 2495, 2497, 2499, 2501, 2503, 2505, 2507, 2509, 2511, 2513, 2515, 2517, 2519, 2521, 2523, 2525, 2527, 2529, 2531, 2533, 2535, 2537, 2539, 2541, 2543, 2545, 2547, 2549, 2551, 2553, 2555, 2557, 2559, 2561, 2563, 2565, 2567, 2569, 2571, 2573, 2575, 2577, 2579, 2581, 2583, 2585, 2587, 2589, 2591, 2593, 2595, 2597, 2599, 2601, 2603, 2605, 2607, 2609, 2611, 2613, 2615, 2617, 2619, 2621, 2623, 2625, 2627, 2629, 2631, 2633, 2635, 2637, 2639, 2641, 2643, 2645, 2647, 2649, 2651, 2653, 2655, 2657, 2659, 2661, 2663, 2665, 2667, 2669, 2671, 2673, 2675, 2677, 2679, 2681, 2683, 2685, 2687, 2689, 2691, 2693, 2695, 2697, 2699, 2701, 2703, 2705, 2707, 2709, 2711, 2713, 2715, 2717, 2719, 2721, 2723, 2725, 2727, 2729, 2731, 2733, 2735, 2737, 2739, 2741, 2743, 2745, 2747, 2749, 2751, 2753, 2755, 2757, 2759, 2761, 2763, 2765, 2767, 2769, 2771, 2773, 2775, 2777, 2779, 2781, 2783, 2785, 2787, 2789, 2791, 2793, 2795, 2797, 2799, 2801, 2803, 2805, 2807, 2809, 2811, 2813, 2815, 2817, 2819, 2821, 2823, 2825, 2827, 2829, 2831, 2833, 2835, 2837, 2839, 2841, 2843, 2845, 2847, 2849, 2851, 2853, 2855, 2857, 2859, 2861, 2863, 2865, 2867, 2869, 2871, 2873, 2875, 2877, 2879, 2881, 2883, 2885, 2887, 2889, 2891, 2893, 2895, 2897, 2899, 2901, 2903, 2905, 2907, 2909, 2911, 2913, 2915, 2917, 2919, 2921, 2923, 2925, 2927, 2929, 2931, 2933, 2935, 2937, 2939, 2941, 2943, 2945, 2947, 2949, 2951, 2953, 2955, 2957, 2959, 2961, 2963, 2965, 2967, 2969, 2971, 2973, 2975, 2977, 2979, 2981, 2983, 2985, 2987, 2989, 2991, 2993, 2995, 2997, 2999, 3001, 3003, 3005, 3007, 3009, 3011, 3013, 3015, 3017, 3019, 3021, 3023, 3025, 3027, 3029, 3031, 3033, 3035, 3037, 3039, 3041, 3043, 3045, 3047, 3049, 3051, 3053, 3055, 3057, 3059, 3061, 3063, 3065, 3067, 3069, 3071, 3073, 3075, 3077, 3079, 3081, 3083, 3085, 3087, 3089, 3091, 3093, 3095, 3097, 3099, 3101, 3103, 3105, 3107, 3109, 3111, 3113, 3115, 3117, 3119, 3121, 3123, 3125, 3127, 3129, 3131, 3133, 3135, 3137, 3139, 3141, 3143, 3145, 3147, 3149, 3151, 3153, 3155, 3157, 3159, 3161, 3163, 3165, 3167, 3169, 3171, 3173, 3175, 3177, 3179, 3181, 3183, 3185, 3187, 3189, 3191, 3193, 3195, 3197, 3199, 3201, 3203, 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215, 3217, 3219, 3221, 3223, 3225, 3227, 3229, 3231, 3233, 3235, 3237, 3239, 3241, 3243, 3245, 3247, 3249, 3251, 3253, 3255, 3257, 3259, 3261, 3263, 3265, 3267, 3269, 3271, 3273, 3275, 3277, 3279, 3281, 3283, 3285, 3287, 3289, 3291, 3293, 3295, 3297, 3299, 3301, 3303, 3305, 3307, 3309, 3311, 3313, 3315, 3317, 3319, 3321, 3323, 3325, 3327, 3329, 3331, 3333, 3335, 3337, 3339, 3341, 3343, 3345, 3347, 3349, 3351, 3353, 3355, 3357, 3359, 3361, 3363, 3365, 3367, 3369, 3371, 3373, 3375, 3377, 3379, 3381, 3383, 3385, 3387, 3389, 3391, 3393, 3395, 3397, 3399, 3401, 3403, 3405, 3407, 3409, 3411, 3413, 3415, 3417, 3419, 3421, 3423, 3425, 3427, 3429, 3431, 3433, 3435, 3437, 3439, 3441, 3443, 3445, 3447, 3449, 3451, 3453, 3455, 3457, 3459, 3461, 3463, 3465, 3467, 3469, 3471, 3473, 3475, 3477, 3479, 3481, 3483, 3485, 3487, 3489, 3491, 3493, 3495, 3497, 3499, 3501, 3503, 3505, 3507, 3509, 3511, 3513, 3515, 3517, 3519, 3521, 3523, 3525, 3527, 3529, 3531, 3533, 3535, 3537, 3539, 3541, 3543, 3545, 3547, 3549, 3551, 3553, 3555, 3557, 3559, 3561, 3563, 3565, 3567, 3569, 3571, 3573, 3575, 3577, 3579, 3581, 3583, 3585, 3587, 3589, 3591, 3593, 3595, 3597, 3599, 3601, 3603, 3605, 3607, 3609, 3611, 3613, 3615, 3617, 3619, 3621, 3623, 3625, 3627, 3629, 3631, 3633, 3635, 3637, 3639, 3641, 3643, 3645, 3647, 3649, 3651, 3653, 3655, 3657, 3659, 3661, 3663, 3665, 3667, 3669, 3671, 3673, 3675, 3677, 3679, 3681, 3683, 3685, 3687, 3689, 3691, 3693, 3695, 3697, 3699, 3701, 3703, 3705, 3707, 3709, 3711, 3713, 3715, 3717, 3719, 3721, 3723, 3725, 3727, 3729, 3731, 3733, 3735, 3737, 3739, 3741, 3743, 3745, 3747, 3749, 3751, 3753, 3755, 3757, 3759, 3761, 3763, 3765, 3767, 3769, 3771, 3773, 3775, 3777, 3779, 3781, 3783, 3785, 3787, 3789, 3791, 3793, 3795, 3797, 3799, 3801, 3803, 3805, 3807, 3809, 3811, 3813, 3815, 3817, 3819, 3821, 3823, 3825, 3827, 3829, 3831, 3833, 3835, 3837, 3839, 3841, 3843, 3845, 3847, 3849, 3851, 3853, 3855, 3857, 3859, 3861, 3863, 3865, 3867, 38



รูปที่ 5.5 ทิศทางและความเร็วลมในแต่ละเดือนของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิในรูปที่ 5.4 และ 5.5 สามารถแยกแนวทางการปรับความสบายออกตามกลุ่มของเดือนได้ดังนี้

ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์

ทิศทางการพัดของกระแสลมของกลุ่มเดือนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ทิศทางคือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กระแสลมร้อน) และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (กระแสลมหนาว) และค่าเฉลี่ยของความเร็วลมมีค่าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน ประกอบกับช่วงนี้เป็นฤดูหนาว อุณหภูมิส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำ บางช่วงจะต่ำกว่าเขตสบาย ซึ่งสามารถใช้อิทธิพลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ช่วยปรับอุณหภูมิให้เข้าไปอยู่ในเขตสบายได้ แต่จะต้องระวังเรื่องการกันแดดทางด้านทิศใต้ เพราะหากกันแดดได้น้อยเกินไปอาจทำให้อุณหภูมิร้อนจนเกินเขตความสบายได้

ตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน

กระแสลมส่วนใหญ่มาจากด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ และค่าเฉลี่ยของความเร็วลมมีค่าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน โดยช่วงนี้เป็นช่วงฤดูร้อน และมีระยะเวลาค่อนข้างยาวนานถึงประมาณ 4 เดือน สภาพภูมิอากาศในกลุ่มนี้เป็นช่วงเดือนที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูง และอยู่ห่างจากเขตสบายมาก ถึงแม้จะนำกระแสลมมาช่วยเพื่อให้รู้สึกเย็นขึ้น แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะเหนี่ยวนำให้เข้าอยู่ในเขตสบายได้ การควบคุมสภาวะภายในอาคารจึงอาจจำเป็นต้องใช้ระบบเครื่องกลเพื่อช่วยปรับแต่งสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบาย

ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม

ในช่วงนี้ลมค่อนข้างจะแปรปรวนและมีลมมาจากทุกทิศทาง สภาพภูมิอากาศในกลุ่มนี้มีอุณหภูมิสูงมากเกือบตลอดเวลา แต่จะมีบางช่วงเวลาที่สามารถนำความเร็วลมมาช่วยทำให้อุณหภูมิอยู่ในเขตสบายได้ จากแผนภูมิในรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าเป็นช่วงเดือนที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าปานกลางค่อนข้างสูงและอยู่นอกเหนือเขตสบาย

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม

ทิศทางการพัดของกระแสลมในกลุ่มเดือนนี้จะพัดมาจาก 3 ทิศทางคือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นกระแสลมหนาว สภาพภูมิอากาศในกลุ่มนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ กล่าวคือ มีบางชั่วโมงที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ต่ำกว่าเขตสบาย และสามารถนำอิทธิพลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และอิทธิพลของกระแสลมมาช่วยปรุงแต่งอุณหภูมิให้อยู่ในเขตสบายได้ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

5.2.2 การหาค่าความสบายของกรุงเทพฯ โดยวิธีของ Prof. S.V. Szokolay

เนื่องจากดัชนีวัดความสบายดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ล้วนมีข้อจำกัดของการปรับใช้ในทางปฏิบัติ และใช้ได้ในสภาวะที่แตกต่างกัน แต่สำหรับค่าความสบายเฉพาะของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรุงเทพมหานครนั้นยังไม่มีดัชนีที่กำหนดให้เป็นที่ยอมรับอย่างเด็ดขาด ถึงแม้จะมีการศึกษาค้นคว้าที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยแล้วก็ตาม

สำหรับการศึกษาค่าอุณหภูมิสบายของเขตกรุงเทพฯ นี้ เป็นการศึกษาเพื่อหามาตรฐานดัชนีวัดความสบายเพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการวิจัย และเพื่อกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันความร้อนที่ก่อให้เกิดภาวะไม่สบายโดยเฉพาะของกรุงเทพฯ เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

การกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากสภาพอากาศที่สูงเกินเขตความสบายของกรุงเทพฯ นี้ ในงานวิจัยนี้จะยอมรับเอาวิธีวัดค่าความสบายของ Prof. S.V. Szokolay & AULICIEMS, 1981 เพราะได้มีการทำวิจัยสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น และวิธีการวัดครอบคลุมตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ประการ

ในการหาค่าความสบายตามวิธีของ Prof. S.V. Szokolay & AULICIEMS จะใช้การอ่านค่าจากแผนภูมิ Psychrometric Chart โดยคำนวณจากสูตรที่กำหนดไว้ดังนี้

COMFORT ZONE LIMIT

$$T_n = 17.6 + 0.31 \times T_m \quad (T_n = \pm 2 \text{ Comfort Scale Max \& Min})$$

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

โดยที่ T_n = อุณหภูมิที่เหมาะสม (Neutrality Temperature)

T_m = อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี (Mean Temperature)

AH = ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity)

ในการวิจัยนี้จะใช้ค่าสถิติสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครเฉลี่ยปี พ.ศ. 2541 มาคำนวณค่า Comfort Scale

ตารางที่ 5.2 สถิติสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2541 โดย กรมอุตุนิยมวิทยา กทม.

Air Temperature (°C)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Extreme Maximum	36.0	36.4	37.4	38.0	38.0	35.3	37.1	36.0	34.4	35.7	35.3	35.0	38.0
Mean Maximum	33.2	33.7	34.9	35.1	35.5	33.7	33.4	32.1	31.2	32.4	31.6	31.0	33.3
Mean	29.1	30.0	30.8	31.6	31.4	30.4	29.9	29.2	28.4	29.0	27.8	27.2	29.6
Mean Minimum	25.9	27.3	28.0	29.1	28.8	27.7	27.2	26.8	26.1	26.2	25.1	23.7	23.7
Extreme Minimum	22.9	24.6	20.2	24.5	24.0	24.2	23.5	23.6	23.6	24.7	22.8	19.8	19.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comfort Zone in Bangkok

จากสูตร	$T_n = 17.6 + 0.31 \times T_m$ ($T_n = \pm 2$)
	$T_m = 29.6$ (จากตาราง 3.1)
แทนค่า	$T_n = 17.6 + 0.31 \times 29.6 = 26.7 (\pm 2)$
Mean	$= 26.7^\circ\text{C RH } 50\%$
Maximum	$= 28.7^\circ\text{C RH } 50\%$
Minimum	$= 24.7^\circ\text{C RH } 50\%$

Set Line Slope

Maximum	:	$0.025 \times (28.7 - 14) \times 12.6 = 4.6\text{ET}^*$ (AH / Psychrometric Chart)
Minimum	:	$0.025 \times (24.7 - 14) \times 9.7 = 2.5\text{ET}^*$ (AH / Psychrometric Chart)

ในการหาค่า AH (Absolute Humidity) ต้องนำค่าตัวเลขของ $T_n - 14$ ไปเขียนลงใน Psychrometric Chart โดยที่มีค่า RH = 50%

Comfort Zone ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว

สำหรับการหาเขตความสบาย (Comfort Zone) ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวของกรุงเทพฯ ต้องนำค่าจากตารางที่ 3.1 มาหาค่าเฉลี่ยดังนี้

ฤดูร้อน นำค่า Mean ตั้งแต่เดือน Apr ถึง Sep มาหาค่า Mean ได้ 30.1

ฤดูหนาว นำค่า Mean ตั้งแต่เดือน Oct ถึง Mar มาหาค่า Mean ได้ 28.9

นำไปแทนค่าในสูตร

T_n ฤดูร้อน	$= 17.6 + 0.31 \times 30.1$	$= 26.9 (\pm 2)$
Mean	$= 26.9^\circ\text{C RH } 50\%$	
Maximum	$= 28.9^\circ\text{C RH } 50\%$	
Minimum	$= 24.9^\circ\text{C RH } 50\%$	

Set Line Slope

Maximum	:	$0.025 \times (28.9 - 14) \times 12.8 = 4.7\text{ET}^*$ (AH / Psychrometric Chart)
Minimum	:	$0.025 \times (24.9 - 14) \times 9.9 = 2.6\text{ET}^*$ (AH / Psychrometric Chart)

T_n ฤดูหนาว	$= 17.6 + 0.31 \times 28.9$	$= 26.5 (\pm 2)$
Mean	$= 26.5^\circ\text{C RH } 50\%$	
Maximum	$= 28.5^\circ\text{C RH } 50\%$	
Minimum	$= 24.5^\circ\text{C RH } 50\%$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Set Line Slope

Maximum : $0.025 \times (28.5 - 14) \times 12.4 = 4.5 \text{ET}^*$ (AH / Psychrometric Chart)

Minimum : $0.025 \times (24.5 - 14) \times 9.5 = 2.4 \text{ET}^*$ (AH / Psychrometric Chart)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การถ่ายเทและการป้องกันความร้อน

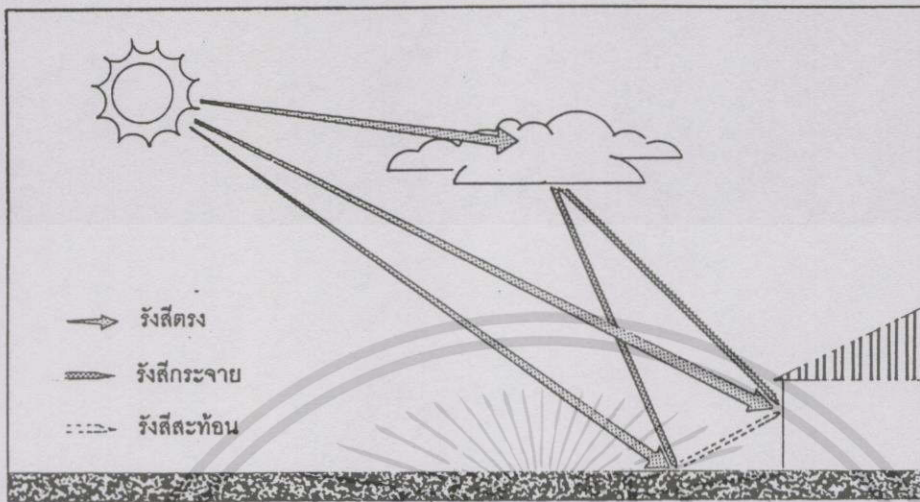
6.1 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

โดยทั่วไปความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารเกิดได้ 3 วิธีคือ การนำ (Conduction) การพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation)

1. การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Heat Transfer by Conduction) คือการส่งผ่านความร้อนจากอนุภาคหนึ่งไปยังอีกอนุภาคหนึ่งของวัสดุที่สัมผัสกัน โดยอนุภาคเหล่านั้นยังคงอยู่ในตำแหน่งเดิม หรือการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านตัวกลางหรือมวลวัสดุ เช่นการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังหรือกำแพง เป็นต้น

2. การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Heat Transfer by Convection) คือการส่งผ่านความร้อนจากส่วนหนึ่งของของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) ไปยังอีกส่วนหนึ่งซึ่งมีความหนาแน่นแตกต่างกัน โดยการผสมผสานของอนุภาคที่ร้อนกว่ากับอนุภาคที่เย็นกว่า ความร้อนจะเคลื่อนที่ไปตามการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นสื่อกลาง เช่นภายในอาคารความร้อนจะผ่านผนังเข้ามาโดยการนำ (Conduction) จากนั้นผิวของผนังด้านในจะร้อนขึ้น ทำให้อากาศรอบๆ กำแพงด้านในร้อนขึ้นด้วย อากาศที่ร้อนนี้มีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา จะลอยตัวสูงขึ้น อากาศภายในห้องที่อุณหภูมิต่ำกว่า จะหมุนเวียนไปแทนที่ เกิดการถ่ายเทความร้อนแบบการพา

3. การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (Heat Transfer by Radiation) คือการส่งผ่านความร้อนจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งด้วยการแผ่รังสี (Emitting) และการรับรังสี (Absorbing) โดยไม่ต้องมีสื่อหรือตัวกลางใดๆ เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านอากาศหรือสุญญากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) ความถี่ของคลื่นนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุที่แผ่รังสีออกมา สสารทุกชนิดสามารถแผ่รังสีความร้อนออกมา และความมากน้อยของการแผ่รังสีนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุและจากรวมชาติของผิววัตถุ เช่นความร้อนจากดวงอาทิตย์ถ่ายเทผ่านสุญญากาศมายังโลก เป็นต้น อาคารต่างๆ จะได้รับความร้อนโดยการแผ่รังสีทั้งจากรังสีตรง และรังสีกระจาย ซึ่งเป็นรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ และจากรังสีความร้อนคลื่นยาวที่แผ่มาจากวัตถุหรืออาคารอื่นรอบๆ



รูปที่ 6.1 รังสีจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร

แหล่งกำเนิดความร้อนจากภายนอกอาคารที่สำคัญที่สุดคือดวงอาทิตย์ ซึ่งถ่ายเทพลังงานมายังโลกโดยการแผ่รังสี (Radiation) ซึ่งประกอบด้วยรังสีตรง (Direct Radiation) รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) และรังสีที่สะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียง (Reflected Radiation) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุต่างๆบนพื้นโลก จะทำให้วัตถุเหล่านั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น และแผ่ออกมาในรูปของ “รังสีความร้อน” หรือรังสีอินฟราเรด (Infrared) ซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆคือ

1. รังสีคลื่นสั้น (Short Wave) คือความร้อนที่มีอยู่ในแสงสว่าง เป็นรังสีที่มองเห็นได้ มีอุณหภูมิสูง เช่นความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ หรือจากการสะท้อนโดยผิวที่มีสีอ่อนและผิวที่เป็นมัน รังสีนี้จะถูกดูดซึมโดยสีดำ แต่สามารถผ่านทะลุกระจกได้
2. รังสีคลื่นยาว (Long Wave) เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็น มีอุณหภูมิต่ำ เกิดขึ้นเมื่อแสงอาทิตย์ส่งผ่านวัตถุเช่น หลังคา ผนัง ซึ่งจะทำให้วัตถุนั้นร้อนขึ้น และถ่ายความร้อนออกไปสู่ผิวที่เย็นกว่า รังสีนี้จะสะท้อนโดยผิวมันและกระจก แต่จะไม่สะท้อนโดยผิวที่มีสีอ่อน

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารประกอบด้วย

1. การนำความร้อนผ่านผนังทึบ
2. การนำความร้อนผ่านกระจกหน้าต่างหรือผนัง โปร่งแสง
3. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจกหน้าต่างหรือผนัง โปร่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางผนัง

พลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารจะแปรไปกับ คุณสมบัติเชิงความร้อนของ วัสดุผนัง (ความเป็นฉนวนความร้อนของผนัง) สีและความหนาแน่นของมวลผนัง กล่าวคือหาก วัสดุมีค่าความต้านทานความร้อนที่ดี มีผนังที่หนา สีผิวของผนังเป็นสีอ่อนและมีมวลของผนังมาก ก็จะสามารถต้านทานพลังงานความร้อนดังกล่าวได้ดี

ความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางกระจก

พลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้าสู่อาคารนั้นมี 2 ลักษณะคือ

1. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีนำความร้อน ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารใน ส่วนนี้ จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของกระจก และค่าอุณหภูมิแตกต่างภายในและภายนอกอาคาร

2. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีส่งผ่านความร้อนรังสีแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร ซึ่ง ปริมาณความร้อนส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) ของกระจก อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร และค่ารังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละทิศทางที่กระจกรับรังสีแสงอาทิตย์

สำหรับกระจกที่ใช้กันทั่วไป จะมีระดับของพลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาใน อาคารแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกที่ใช้ และทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของ กระจก อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง

6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

สภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยการนำความร้อนขึ้นกับสภาพการนำความร้อนของ วัสดุ วัสดุที่นำความร้อนได้ดีจะมีค่าสภาพการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ หิน และคอนกรีต เป็นต้น วัสดุที่ช่วยลดการนำความร้อนต้องมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำ เช่น โยเกิร์ต และฉนวนกันความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้การนำความร้อนยังขึ้นกับความหนาแน่นของวัสดุ ความชื้นของวัสดุ และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวทั้งสองด้านของวัสดุที่ความร้อนถ่ายเท ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า สภาพการนำความร้อน เกิดจากปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. ความหนาแน่น (Density)
2. ความชื้นในสสาร (Moisture Content)
3. ความแตกต่างของระดับความร้อน

ความสามารถในการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนของวัสดุหรือลักษณะผิวที่โดนรังสีความร้อน ขึ้นอยู่กับความสามารถ ในการถ่ายเทความร้อน 3 ประการคือ

1. ความสามารถในการดูดซึม (Absorbitivity)
2. การสะท้อน (Reflectivity)
3. การแผ่หรือการคายความร้อน (Emissivity)

นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ

ความต้านทาน (Resistance)

การส่งหรือถ่ายความร้อน (Transmittance)

ความโปร่งใสของวัสดุที่รังสีคลื่นยาวผ่านไปได้

อัตราการพาความร้อนที่ผิว

ความจุความร้อน

6.3 การคายความร้อนจากอาคารสู่ภายนอก (Heat Lost from Exterior Materials)

เมื่อผนังหรือส่วนใดของอาคาร ได้รับความร้อนจากแสงแดด ความร้อนจะถูกคายออกจากบริเวณนั้น โดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน ในเวลากลางวันวัสดุจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ และคายความร้อนออกแต่เพียงเล็กน้อย ซึ่งทำให้ผิวนอกของตัวอาคารร้อนกว่าอากาศภายนอก แต่จะคายความร้อนมากในเวลากลางคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใส ซึ่งจะทำให้วัสดุเย็นกว่าอากาศภายนอก

ลมมีส่วนในการคายความร้อนของวัสดุ เพราะลมจะทำให้วัสดุคายความร้อนโดยการพา มากขึ้นกว่าโดยการแผ่รังสี ในฤดูร้อนขณะที่ไม่มีลมหรือมีน้อยความร้อนจะสามารถคายออกได้เพียงเล็กน้อย

นอกจากนี้วัสดุที่ถูกแดดจะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่าวัสดุในร่ม

6.4 การลดปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร

สภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะร้อนเกือบตลอดทั้งปี สาเหตุสำคัญที่ทำให้รู้สึกไม่สบายคือความร้อนจากแสงแดด ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศและสภาพแวดล้อมสูงเกินขีดความสบาย จากการศึกษาของนักวิชาการหลายท่านพบว่า การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารนั้น มีผลมากต่อขนาดเครื่องปรับอากาศและการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศ การลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารปรับอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็น และเป็นสิ่งที่ทำได้ตั้งแต่การออกแบบอาคาร โดยเฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกอาคาร แต่เนื่องจากเราไม่สามารถหยุดการถ่ายเทความร้อนได้ ทางที่ดีที่สุดคือทำให้ความร้อนผ่านได้ช้าลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. รูปร่างและเส้นรอบรูปของกรอบอาคาร ควรมีเส้นรอบรูปที่น้อยในพื้นที่ใช้สอยที่เท่าๆ กัน ปกติอาคารรูปทรงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีพื้นที่ของกรอบอาคารน้อยกว่ารูปทรงอื่น แต่

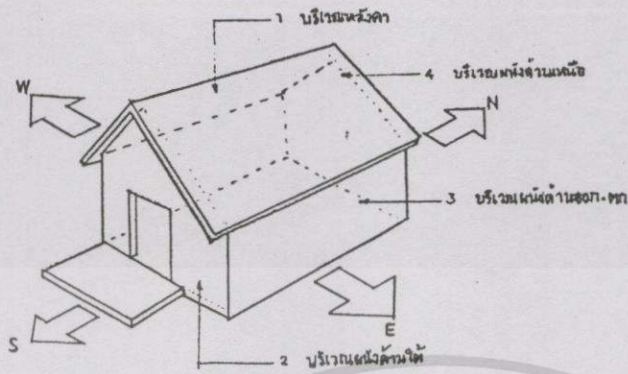
เนื่องจากมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องเช่น ทิศทางแดด ลม อาคารรูปทรงที่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีสัดส่วนกว้างยาวเหมาะสม จะประหยัดพลังงานมากกว่า

2. วางอาคารให้ถูกทิศทาง เช่นให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศที่รับแดดบ่าย คือทิศตะวันตกหรือตะวันตกเฉียงใต้
3. ให้กรอบอาคารได้รับร่มเงา ซึ่งอาจจะได้จากแผงบังแดด จากส่วนอื่นของอาคาร หรือจากต้นไม้ใหญ่ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ผิววัสดุที่โดนแดดกับที่อยู่ในร่มจะแตกต่างกันมาก
4. ใช้วัสดุที่ไม่สะสมความร้อนและกันความร้อนได้ดี หรือมีฉนวนกันความร้อนกั้นระหว่างผนังและหลังคา กับฝ้าเพดาน
5. ใช้วัสดุที่มีผิวสะท้อนความร้อนหรือผิวที่มีสีอ่อน
6. เพิ่มมวลหรือความหนาของวัสดุ จะทำให้ความร้อนผ่านสู่ภายในได้ช้าลง และทำให้อุณหภูมิในที่เดียวกันแตกต่างกันได้
7. ลดปริมาณการใช้กระจกในด้านที่รับแดด การใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่างควรจำกัดส่วนโปร่งใสของผนังหรือหลังคา ให้แสงอาทิตย์เข้าได้เท่าที่จำเป็นสำหรับการส่องสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ
8. ใช้ที่ว่างสำหรับให้อากาศเป็นตัวป้องกันความร้อนหรือพาความร้อนออกไป โดยอาจจะทำหลังคาหรือผนังสองชั้นที่มีที่ว่างตรงกลางให้อากาศช่วยดักความร้อน หรือให้อากาศระบายถ่ายเทออกได้ โดยมีช่องเปิดทำให้ระบายอากาศโดยรอบฝ้าชายคาบ้านด้วยการตีระแนงไม้โปร่ง หรือทำช่องลมระบานอากาศร้อนออกทางหน้าจั่ว
9. หลีกเลี่ยงวัสดุปูพื้นที่เป็นพื้นแข็ง (Hard Scape) ในบริเวณภายนอกอาคาร

6.5 การป้องกันแสงแดด

การควบคุมแสงแดดที่ส่องกระทบอาคารเป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน กรอบอาคารจึงเป็นส่วนที่ต้องการการบังแดดเพื่อลดความร้อนที่จะผ่านเข้ามาในอาคาร ซึ่งสามารถจำแนกบริเวณส่วนประกอบของอาคารที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงได้เป็น 4 ส่วนคือ

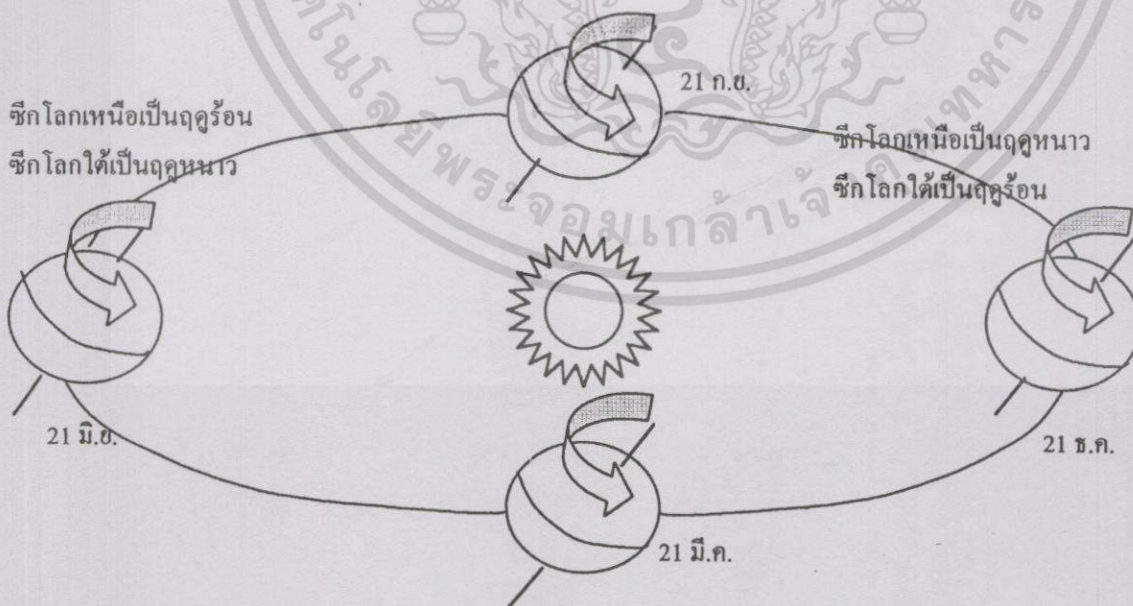
1. บริเวณหลังคา
2. ผนังด้านทิศใต้
3. ผนังด้านทิศเหนือ
4. ผนังด้านทิศตะวันออกและตะวันตก



รูปที่ 6.2 ส่วนของอาคารที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

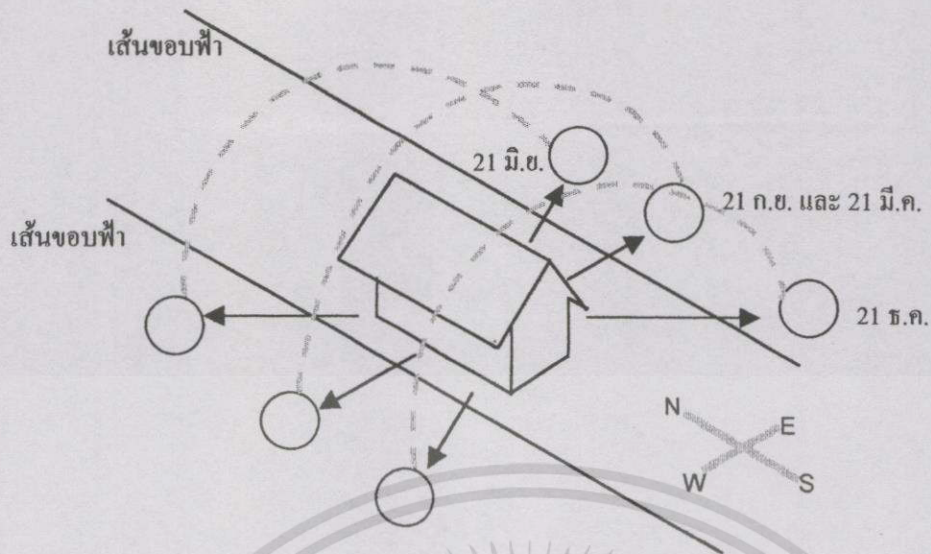
ในการที่จะหาทางป้องกันแดดให้แก่ส่วนต่างๆของอาคารนั้น เบื้องต้น จะต้องเลือกวันและเดือนที่ต้องการการกันแดด โดยตรวจสอบดูในแผนภาพซึ่งแสดงเขตความสบายดังแสดงในบทที่ 5 ในเวลาที่มีความร้อนมากเกินไปความสบายจะต้องหาทางบังแดด สำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพฯ เมื่อดูจากแผนภาพแสดงเขตความสบาย (Comfort Zone) จะเห็นว่าเราต้องการการกันแดดตลอดปี

ตำแหน่งและการโคจรของโลกและดวงอาทิตย์เป็นข้อพิจารณาในลำดับถัดไป เพื่อที่จะหาตำแหน่งและขนาดของการใช้ต้นไม้เป็นแผงบังแดดที่เหมาะสม ประเทศไทยอยู่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร ดวงอาทิตย์จะส่องทั้งอ้อมเหนือและอ้อมใต้



รูปที่ 6.3 ตำแหน่งและการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบ 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แนวโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่างๆ

ตารางที่ 6.1 มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับแนวตั้งผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆของประเทศไทย

	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00
21 มิถุนายน	66°	33°	10°	33°	66°
22 ธันวาคม	72°	48°	37°	48°	72°

การบังแดดบริเวณหลังคา

หลังคาเป็นส่วนบนสุดของอาคารที่จะได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรง 50% ของความร้อนที่เข้ามาในอาคาร(ชั้นบน)จะมาจากหลังคา (ตรีงใจ บวรณเสมภพ . 2539 : 103) การปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่แผ่กิ่งก้านในแนวกว้างในตำแหน่งที่ถูกต้องเหมาะสมตามทิศทางแสงแดดตั้งได้กล่าวมาแล้ว จะช่วยให้ร่มเงาแก่ส่วนหลังคาได้ดี

การบังแดดบริเวณผนัง

หน้าต่างและช่องแสงของผนังอาคารทั้ง 4 ด้าน เป็นจุดที่ความร้อนจากแสงแดดจะผ่านเข้ามาได้มากที่สุด ถัดจากบริเวณหลังคา

ผนังด้านทิศเหนือ

ส่วนใหญ่แล้วด้านทิศเหนือจะได้รับร่มเงาเกือบตลอดทั้งปี โดยจะรับแดดเพียงปีละ 2 เดือนเท่านั้น คือจากกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนกรกฎาคม ผนังอาคารทางทิศนี้จึงเย็นกว่าทิศอื่น

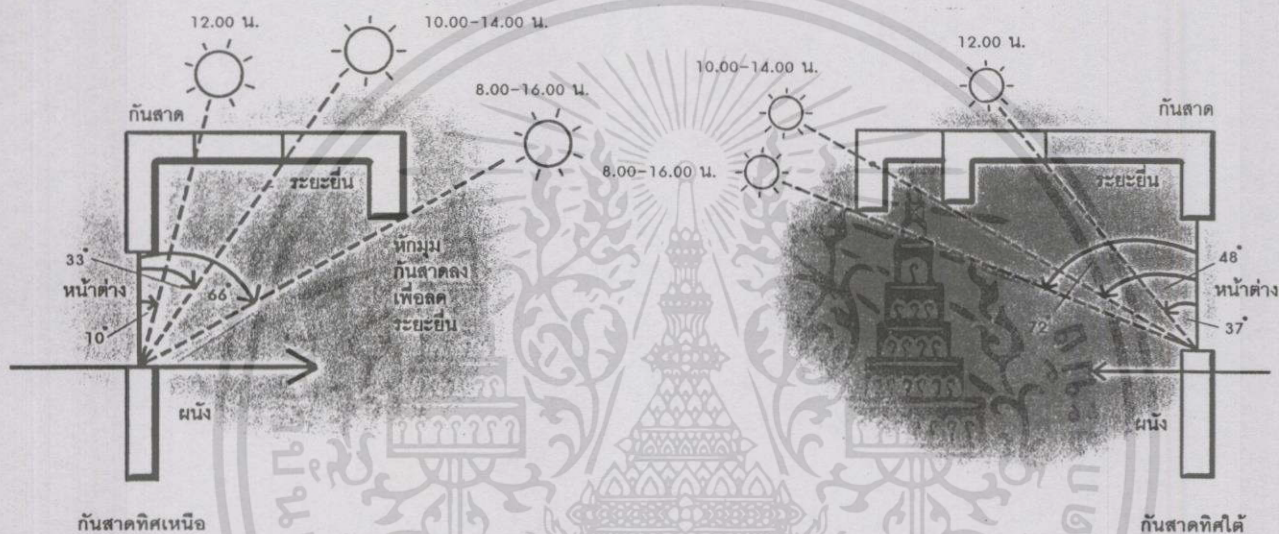
จากรูปที่ 6.4 เวลาสำคัญที่ต้องการร่มเงาทางด้านทิศเหนือคือ เวลาบ่ายของวันที่ 21 มิถุนายน (ฤดูร้อน) ในวันนี้ดวงอาทิตย์จะอ้อมเหนือมากที่สุด การใช้แผงบังแดดในแนวราบสำหรับหน้าต่างหรือช่องเปิดที่อยู่ด้านนี้ จะสามารถบังแดดในช่วงเที่ยงและบ่ายได้ดี และควรมีระยะยื่นของแผงบังแดดทำมุมอย่างน้อย 10 องศากับขอบล่างของหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังด้านทิศใต้

ด้านทิศใต้จะรับแดดในช่วงสายถึงบ่ายหรือเกือบตลอดทั้งวันเป็นระยะเวลาถึง 6 เดือน คือ จากกลางเดือนกันยายน ถึงกลางเดือนมีนาคม ซึ่งทางทิศนี้จะมีช่วงที่รับความร้อนมากในตอนกลางวันและบ่าย

วันสำคัญที่ต้องทำการตรวจสอบคือวันที่ 21 ธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้มากที่สุด และมุมที่ดวงอาทิตย์ทำกับแนวคิงผนังอาคารจะทอดต่ำกว่าในเดือนมิถุนายนมาก (ตารางที่ 6.1) แผงบังแดดที่เหมาะสมคือแผงบังแดดลักษณะเดียวกับผนังด้านทิศเหนือ และควรมีระยะยื่นของแผงบังแดดทำมุมอย่างน้อย 37 องศากับขอบล่างของหน้าต่าง



รูปที่ 6.5 ระยะยื่นอย่างน้อยของอุปกรณ์บังแดดสำหรับผนังด้านทิศเหนือและทิศใต้

จะเห็นว่าถ้ามุมยิ่งมากยิ่งต้องใช้แผงบังแดดที่มีระยะยื่นที่ยาวมากด้วย หรือกล่าวได้ว่า ถ้าต้องการป้องกันลำแสงตรงตกกระทบหน้าต่างตลอดทั้งวัน (8.00 – 16.00 น.) ต้องใช้ระยะยื่นที่ยาวมาก ซึ่งแก้ไขได้ด้วยการหักมุมแผงบังแดดลง

ผนังด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก

ด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะรับแสงแดดมากในตอนเช้าและบ่าย เนื่องจากมุมของแสงแดดทอดต่ำ ทั้งสองทิศนี้จึงป้องกันแดดได้ยาก ด้านทิศตะวันออกของอาคารจะรับแดดในช่วงเช้าตลอดทั้งปี จะร้อนมากขึ้นในช่วงสายและเย็นลงในตอนเย็น ที่สำคัญที่สุดคืออาคารด้านทิศตะวันตก ซึ่งได้รับแสงแดดในช่วงบ่ายตลอดทั้งปี เป็นด้านที่จะมีความร้อนสูงมากที่สุดในแต่ละวัน และเป็นทิศที่มีเฉพาะแสงแดดและความร้อนเท่านั้น ไม่ได้อยู่ในทิศทางที่ลมจะพัดผ่าน ดังนั้นควรเปิดช่องแสงแต่ที่จำเป็นให้น้อยที่สุด การใช้แผงบังแดดในแนวตั้งจะช่วยป้องกันแสงแดดในช่วงเช้าและเย็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากวิธีการบังแดดโดยใช้อุปกรณ์บังแดดตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว การพิจารณาสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารก็มีส่วนสำคัญในการปรับสภาพความเย็นภายในอาคาร สภาพภูมิอากาศบริเวณอาคาร (Micro-Climate) และลักษณะที่ตั้ง เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการวางผังและกลุ่มอาคาร พืชพรรณไม้ที่มีอยู่เดิมจะต้องนำมาวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้ง คุณสมบัติ และลักษณะต่างๆของต้นไม้ ก่อนที่จะพิจารณาถึงอุปกรณ์บังแดดอื่นๆต่อไป พืชพรรณไม้เหล่านี้มีผลกระทบกับความสบายตามธรรมชาติภายในอาคาร ทั้งการเพิ่มและลดความร้อนให้กับอากาศในบริเวณส่วนประกอบของที่ตั้ง (Site Element) เป็นส่วนช่วยปรับแต่งสภาวะแวดล้อมบริเวณอาคารที่เกี่ยวข้องกับความร้อน-เย็น (Thermal Environment)

6.6 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน

ในการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน จะต้องทราบตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity or K-Value) คือความสามารถในการนำความร้อน (ของวัสดุ) ผ่านหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น $W/m \cdot ^\circ C$ ซึ่งเป็นค่าตายตัว

ค่า K ที่มีค่าน้อย หมายถึง คุณสมบัติการเป็นฉนวนที่ดี

ค่าความต้านทานความร้อน (R) มีหน่วยเป็น $m^2 \cdot degC/W$ คำนวณได้จากสมการ

$$R = L/K$$

โดย L = ความหนาของวัสดุ และ K = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ค่า R ที่มีค่ามากหมายถึง คุณสมบัติการเป็นฉนวนที่ดี

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal Transmittance or U-Value) คือส่วนกลับของความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot degC$ สามารถคำนวณได้จาก

$$U = 1/R$$

เมื่อทราบค่าตัวแปรทั้งสาม จะสามารถคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนได้จากสมการต่อไปนี้

การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีผ่านกระจก

$$Q = AU\Delta T$$

โดยที่	Q	=	อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
	A	=	พื้นที่ผิวผนัง (m^2)
	U	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2 \cdot degC$)
	ΔT	=	ผลต่างของอุณหภูมิตัวกลาง ($^\circ C$)

การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีผ่านกระจก

$$Q = AI\theta$$

โดยที่	Q	=	อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
	A	=	พื้นที่ผิวผนัง (m^2)
	I	=	Radiation heat flow density (W/m^2)
	θ	=	Solar Gain Factor ของกระจก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินการวิจัยทดสอบอาคารตัวอย่าง

ในการวิจัยการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร มุ่งที่จะศึกษาและวิเคราะห์อาคารพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครที่ใช้งานอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดความร้อนของพืชพรรณไม้ที่ใช้ประกอบอาคาร ซึ่งจะนำมาเป็นข้อมูลสำหรับการตั้งหลักเกณฑ์และแนวทางในการออกแบบอาคารที่ใช้ธรรมชาติเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเรื่องความร้อนที่ถูกต้องตามหลักการและทฤษฎี อันจะเป็นผลต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายและการใช้พลังงานในอาคาร

การดำเนินการวิจัยในบทนี้จะเป็นการศึกษาในวิธี การวิจัยทดลอง โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทำการทดสอบกับอาคารตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครที่มีต้นไม้ประกอบอาคารและมีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป ซึ่งมีรูปแบบของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารใน 3 ลักษณะคือ

1. การใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร
2. การใช้แผงบังแดด ไม้เลื้อยในแนวตั้งหรือไม้พุ่ม บังผนังหรือเฉลียงอาคาร
3. การใช้แผงบังแดด ไม้เลื้อยในแนวนอน บังหน้าต่างหรือเฉลียงอาคาร

เพื่อให้ได้ข้อมูลอิทธิพลของพืชพรรณไม้ในการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้ตั้งข้อกำหนดในการเลือกอาคารตัวอย่างไว้ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

7.1 เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกอาคารตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกอาคารตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบไว้ดังนี้

1. เป็นอาคารพักอาศัยที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ความสูงไม่เกิน 3 ชั้น เนื่องจากอาคารที่สูงเกินไปกว่านี้ไม่มีความแตกต่างของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร
2. เป็นอาคารพักอาศัยที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
3. มีต้นไม้ประกอบอาคารในบริเวณผนังหรือเฉลียงอาคารด้านทิศตะวันตก หรือด้านที่รับแสงแดดมากที่สุดของอาคารนั้นในช่วงเวลาที่ทดสอบ เพื่อให้เห็นผลของการลดความร้อนในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน
4. การเจริญเติบโตของพืชพรรณไม้ที่ประกอบอาคารตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 85% และแผ่นปกคลุมแผงบังแดดไม่น้อยกว่า 90 % เพื่อให้ได้ข้อมูลประสิทธิภาพที่สมบูรณ์ของพืชพรรณไม้

5. ต้องมีอาคารพักอาศัยที่ไม่มีพืชพรรณไม้ประกอบแบบเดียวกันกับอาคารตัวอย่างที่มีพืชพรรณไม้ประกอบ หรือมีผนังอาคารในอาคารเดียวกันที่ไม่มีพืชพรรณไม้ประกอบอยู่ด้านเดียวกันกับผนังอาคารตัวอย่างที่มีพืชพรรณไม้ประกอบ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการทดสอบเปรียบเทียบ

6. ห้องที่ใช้ผนังด้านใดด้านหนึ่งเพื่อการทดสอบต้องไม่ใช่ระบบปรับอากาศ เนื่องจากจะมีผลทำให้ข้อมูลที่ทำการศึกษาคลาดเคลื่อน

7. อาคารตัวอย่างจะต้องมีความสะดวกในการที่ผู้วิจัยจะเข้าไปติดต่อเพื่อสำรวจและเก็บข้อมูลภายในอาคาร

7.2 การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคารตัวอย่าง

7.2.1 กรอบการทดลอง

การทดสอบประสิทธิผลของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคารนี้ กระทำขึ้นที่บ้านเลขที่ 80/2 หมู่บ้านสินทรัพย์นคร ซอยพหลโยธิน 48 ถนนพหลโยธิน เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นบ้านพักอาศัยของ คุณชาญชัย เพ็ชรอินทร์ อาคารมีลักษณะเป็นทาวน์เฮ้าส์สูง 2 ชั้น ส่วนพักอาศัยกว้าง 4.00 เมตร ยาว 9.00 เมตร หันหน้าไปทางทิศเหนือ ผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุมเป็นผนังชั้นล่างด้านทิศตะวันตก ลักษณะเป็นผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นหนา 10 เซนติเมตร ภายนอกฉาบปูนสักระบายทางสีขาว ภายในฉาบปูนเรียบทาสีขาว ถัดจากผนังนี้เป็นถนนคอนกรีตสาธารณะ กว้าง 6.00 เมตร ฝั่งตรงข้ามกับผนังนี้เป็นทาวน์เฮ้าส์สูงสองชั้น เช่นเดียวกัน

พืชพรรณไม้ที่ใช้ประกอบผนังดังกล่าวเป็นต้นตีนตุ๊กแก อยู่ในจำพวกไม้รอเลื้อย การเจริญเติบโตเกือบ 100% ความหนาของต้นไม้ประมาณ 10-15 เซนติเมตร ไม้เลื้อยเกาะคลุมชั้นล่างทั้งผนังและชั้นบนในส่วนห้องนอนใหญ่



รูปที่ 7.1 อาคารตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบประสิทธิผลของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2 วิธีการทดสอบ

7.2.2.1 ข้อมูลที่ต้องทำการทดสอบ

ทำการทดสอบตัวแปรต่างๆของผนังที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุมเปรียบเทียบกับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม

1. ผนังที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม

- 1.1 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก (T_{so})_{pt}
- 1.2 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน (T_{si})_{pt}
- 1.3 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีที่ผิวใบของไม้เลื้อย (GT)_{pt}
- 1.4 อุณหภูมิอากาศ (T_a)
- 1.5 ปริมาณการแผ่รังสีรวมที่ผนัง (I)
- 1.6 ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)
- 1.7 ความเร็วลม (V)

2. ผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม

- 2.1 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก (T_{so})_{np}
- 2.2 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน (T_{si})_{np}
- 2.3 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีที่ผนังที่ไม่มีไม้เลื้อย (GT)_{np}

7.2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

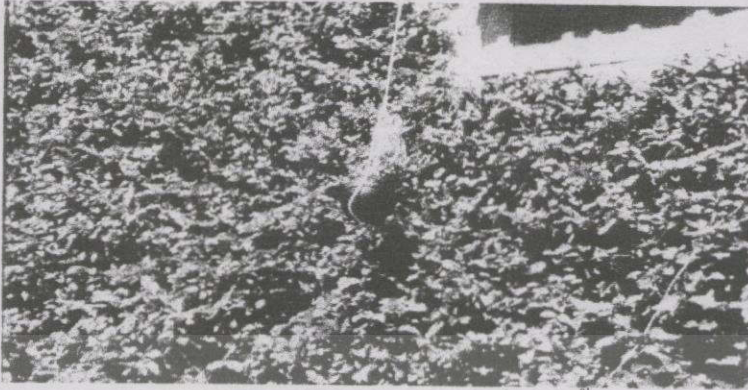
1. เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Data Logger)

- 1.1 OPUS 200 จำนวน 3 เครื่อง (6 ช่องสัญญาณ)
- 1.2 HOBO จำนวน 2 เครื่อง (4 ช่องสัญญาณภายใน 4 ช่องสัญญาณภายนอก) ใช้ 4 ช่องสัญญาณภายในสำหรับบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และ 2 ช่องสัญญาณภายนอกสำหรับบันทึกอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี

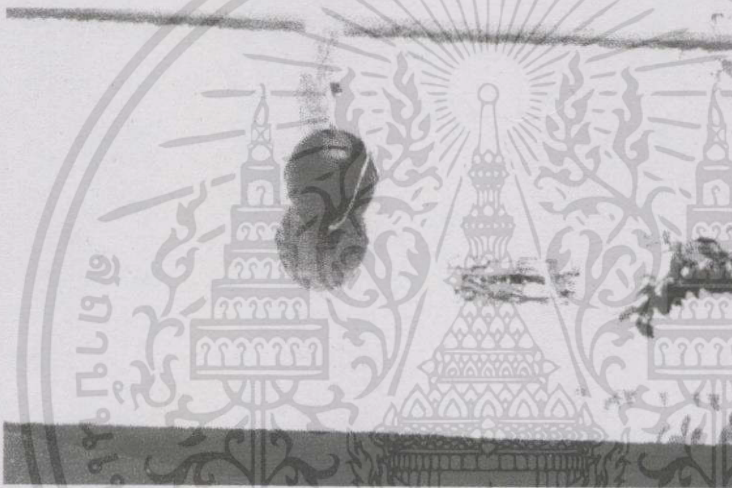
2. อุปกรณ์รับสัญญาณ (Sensor)

- 2.1 สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ Thermocouple K สำหรับ OPUS 200 (4 จุด) สำหรับใช้วัดอุณหภูมิผิวผนัง (Ts)
- 2.2 Pyranometer สำหรับ OPUS 200 (1 จุด) ใช้ตรวจวัดค่าการแผ่รังสี (Radiation)
- 2.3 Anemometer สำหรับ OPUS 200 (1 จุด) ใช้ตรวจวัดความเร็วลม (V)
- 2.4 Globe ball สำหรับ HOBO (2 จุด) ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature)
- 2.5 สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ -40 F to +212 F TMC6 – HA ต่อ globe ball สำหรับ HOBO (2 จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อุปกรณ์ HOBO และ Globe ball บนผนังที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม



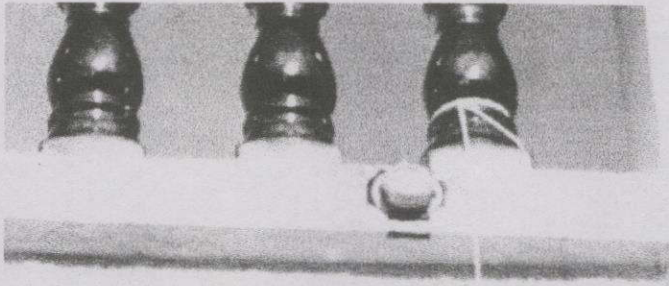
อุปกรณ์ HOBO, Globe ball และ Thermocouple ติดตั้งบนผนังที่ไม่มีไม้เลื้อย



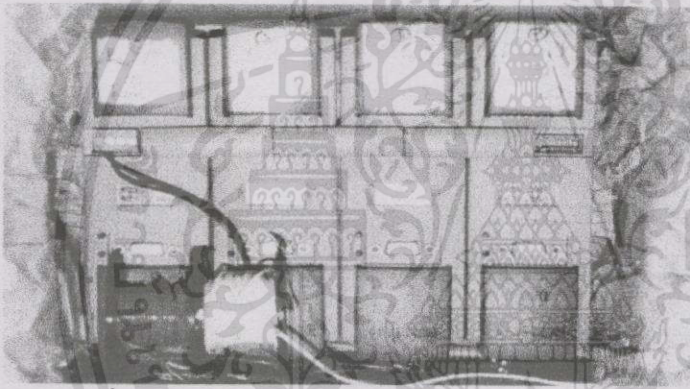
อุปกรณ์สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ Thermocouple K ติดตั้งบนผิวผนังใต้ไม้เลื้อย

รูปที่ 7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนัง

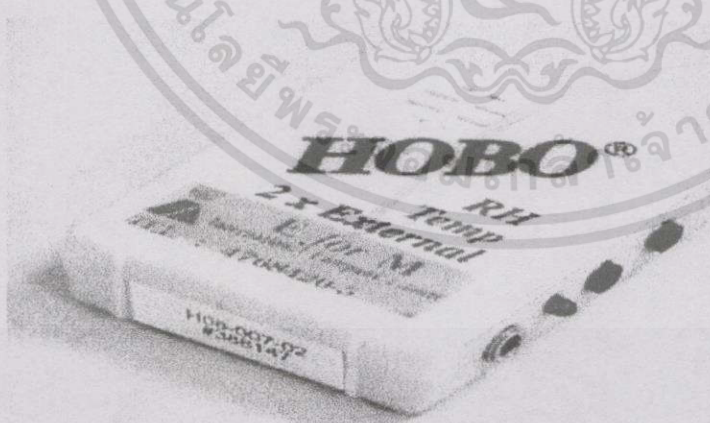
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อุปกรณ์ Pyranometer ใช้ตรวจวัดค่าการแผ่รังสี (Radiation)



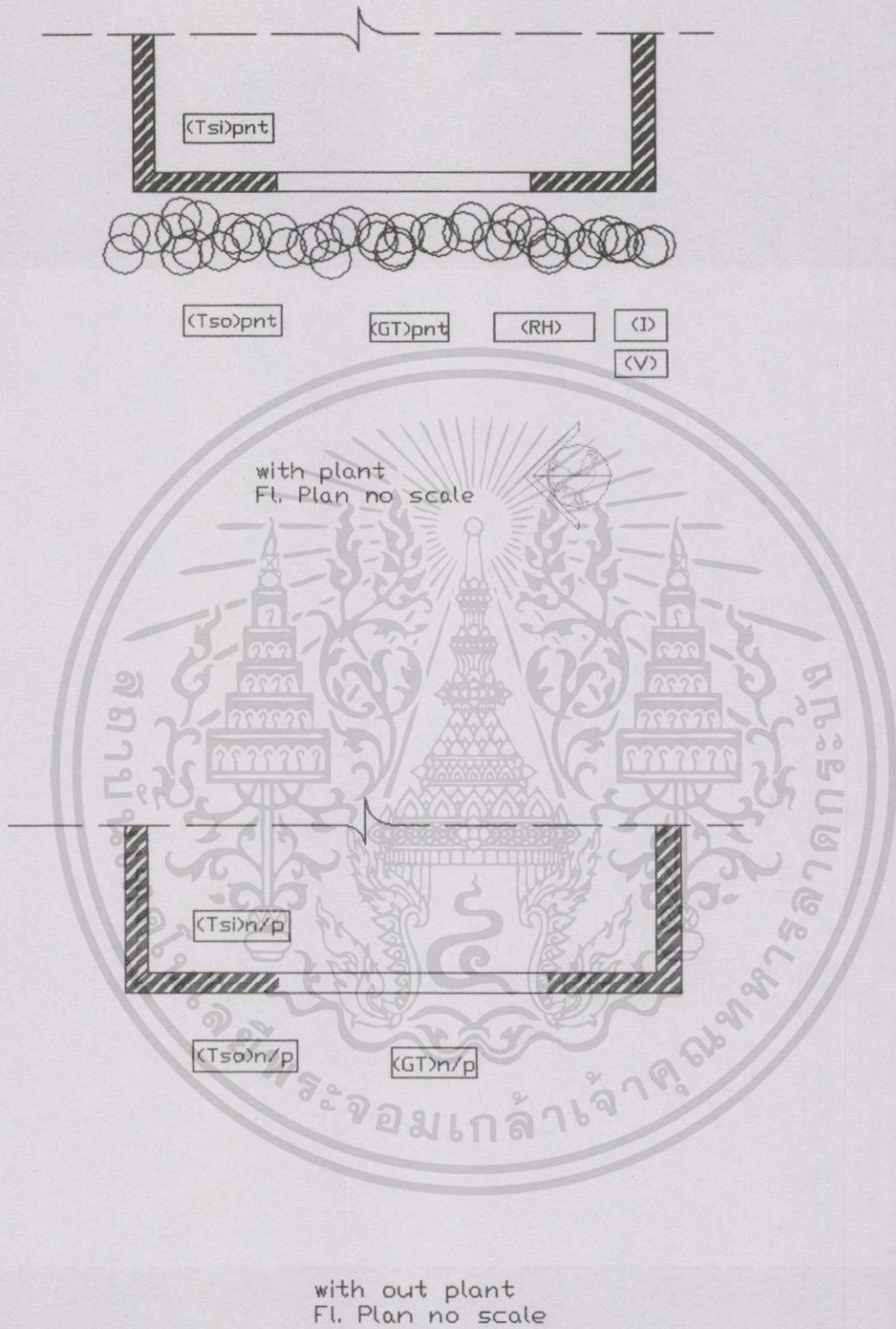
เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล OPUS



เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล HOBO สำหรับบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

รูปที่ 7.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2.3 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล

ตารางที่ 7.1 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล OPUS200 (3 เครื่อง 6 ช่องสัญญาณ)

ลำดับ	ID	ช่องสัญญาณ	Sensor	ค่าที่ตั้ง	หน่วย
1	302	1	Pyranometer: 100mV/1000/m ²	I	W/m ²
2	302	2	Anemometer: 4-20 mA / 0-20 m/s	V	m/s
3	340	1	Thermocouple K	(T _{s.o.}) _{pnt}	°C
4	340	2	Thermocouple K	(T _{s.i.}) _{pnt}	°C
5	364	1	Thermocouple K	(T _{s.o.}) _{n/p}	°C
6	364	2	Thermocouple K	(T _{s.i.}) _{n/p}	°C

ตั้งคาบเวลาการเก็บข้อมูล 10 นาที

ตารางที่ 7.2 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล HOBO (2 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ)

ลำดับ	ID	ช่องสัญญาณ	Sensor	ค่าที่ตั้ง	หน่วย
1	388145	1	Temperature fixed internal	(Ta)	°C
2	388145	2	RH fixed internal	(RH)	%RH
3	388145	3	Temperature -40F To +212F TMC6-HA	(GT) _{pnt}	°C
4	388145	4	* not use	-	-
5	388148	1	* not use	-	-
6	388148	2	* not use	-	-
7	388148	3	Temperature -40F To +212F TMC6-HA	(GT) _{n/p}	°C
8	388148	4	* not use	-	-

ตั้งคาบเวลาการเก็บข้อมูล 10 นาที

7.2.2.4 ช่วงเวลาและสภาพการณ์ในการทดสอบ

ทำการทดสอบในวันที่ 22 พฤษภาคม 2544 เวลา 12.00 น. ถึงวันที่ 29 พฤษภาคม 2544 เวลา 10.00 น. รวม 9 วัน โดยจะทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ช่วงเวลาที่นำมาแสดงผลคือช่วงวันที่ 23 ถึง 29 พฤษภาคม 2544 โดยมีสภาพอากาศต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.3 สภาพอากาศในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุม

วันที่	รายละเอียด
23 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆมาก (ประมาณ 80 %)
24 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆมาก (ประมาณ 80 %)
25 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีปานกลาง แดดจัด
26 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆมาก (ประมาณ 80 -90%) ฝนตกหนักเวลาประมาณ 17.30 น. ไฟฟ้าดับ เวลา 18.00 – 18.30 น.
27 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆมาก (ประมาณ 80 %) ฝนตกปานกลางเวลา 19.30 – 20.30 น.
28 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆมาก (ประมาณ 80 %)

7.2.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร ได้ผลดังนี้

7.2.3.1 อุณหภูมิ (Air Temperature)

จากกราฟแสดงอุณหภูมิที่ผิวผนังในรูปที่ 7.4 แสดงให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่มีไม้เลื้อยปกคลุมและผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุมอย่างชัดเจน ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวันที่ท้องฟ้าปกติ (Clear day) คือวันที่ 25 พ.ค. 2544 เวลา 15.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่ไม่มีไม้เลื้อยสูงถึง 53°C ขณะที่อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่มีไม้เลื้อยปกคลุมมีค่าเพียง 35°C ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 18°C โดยที่อุณหภูมิอากาศขณะนั้นอยู่ที่ 48°C (รูปที่ 7.5)

เมื่อพิจารณาจากกราฟอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างวัน (รูปที่ 7.6) อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่ไม่มีไม้เลื้อยเริ่มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลา 8.00 น. โดยจะเริ่มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 42°C ในเวลา 15.00 น. จากนั้นอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่เวลา 16.00 น. จนถึงเวลา 21.00 น. จึงมีค่าคงที่ที่ 30°C ขณะที่อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่มีไม้เลื้อยปกคลุมจะเริ่มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลา 10.00 น. โดยเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ประมาณ 32°C ในเวลา 16.00 น. ซึ่งมีค่าแตกต่างกับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยประมาณ 10°C และจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ เช่นกัน แนวโน้มของกราฟแทบจะเป็นเส้นตรง มีการแปรเปลี่ยนเพียงเล็กน้อย

ในเวลาที่ฝนตก อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่มีไม้เลื้อยปกคลุมยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุม ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างไม่มากนัก

ในเวลาากลางคืน อุณหภูมิของผิวผนังทั้งสองจะลดลงจนมีค่าเท่ากันที่ประมาณ 30°C ในเวลาประมาณ 24.00 น. โดยผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุม อุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อหลัง 24.00 น. ไปแล้ว อุณหภูมิยังคงลดต่ำลงไปอีก ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุม แต่มีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อยประมาณ $1-2^{\circ}\text{C}$ (รูปที่ 7.4 และ 7.6) ขณะที่ค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิใน

ระหว่างวันของผนังที่ไม่มีฉนวนปกคลุมมีการแปรเปลี่ยนไม่มากนัก ในช่วงเวลาเย็นจนถึงกลางคืน กราฟค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ

7.2.3.2 ความเร็วลม (V)

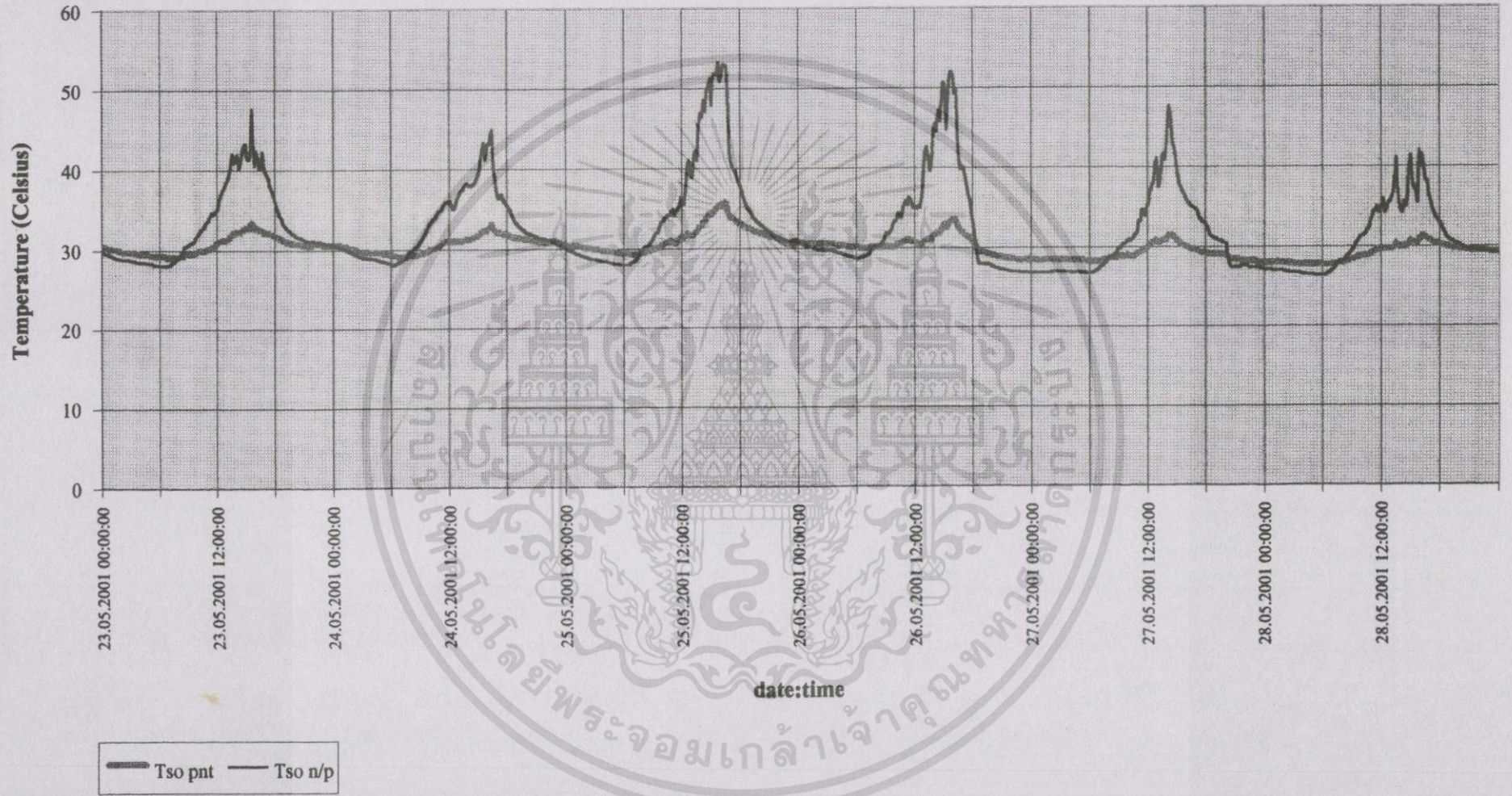
เมื่อพิจารณาความเร็วลมจากกราฟในรูปที่ 7.7 ประกอบกับกราฟอุณหภูมิผิวผนังในรูปที่ 7.4 จะเห็นว่า อุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีฉนวนไม่ได้แปรเปลี่ยนไปตามค่าการแปรเปลี่ยนของความเร็วลม แต่กลับมีผลต่ออุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีฉนวนปกคลุม แสดงว่าความเร็วลมมีผลเพียงเล็กน้อย หรือแทบจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่ไม่มีฉนวนปกคลุม แต่ยังคงมีผลต่อการคายความร้อนของผนังภายนอกที่ไม่มีฉนวนปกคลุมในช่วงเวลาเย็นจนถึงกลางคืน เนื่องจากกราฟของผนังที่ไม่มีฉนวนมีค่าลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 7.7)

7.2.3.3 อุณหภูมิการแผ่รังสีรวม (Globe Temperature)

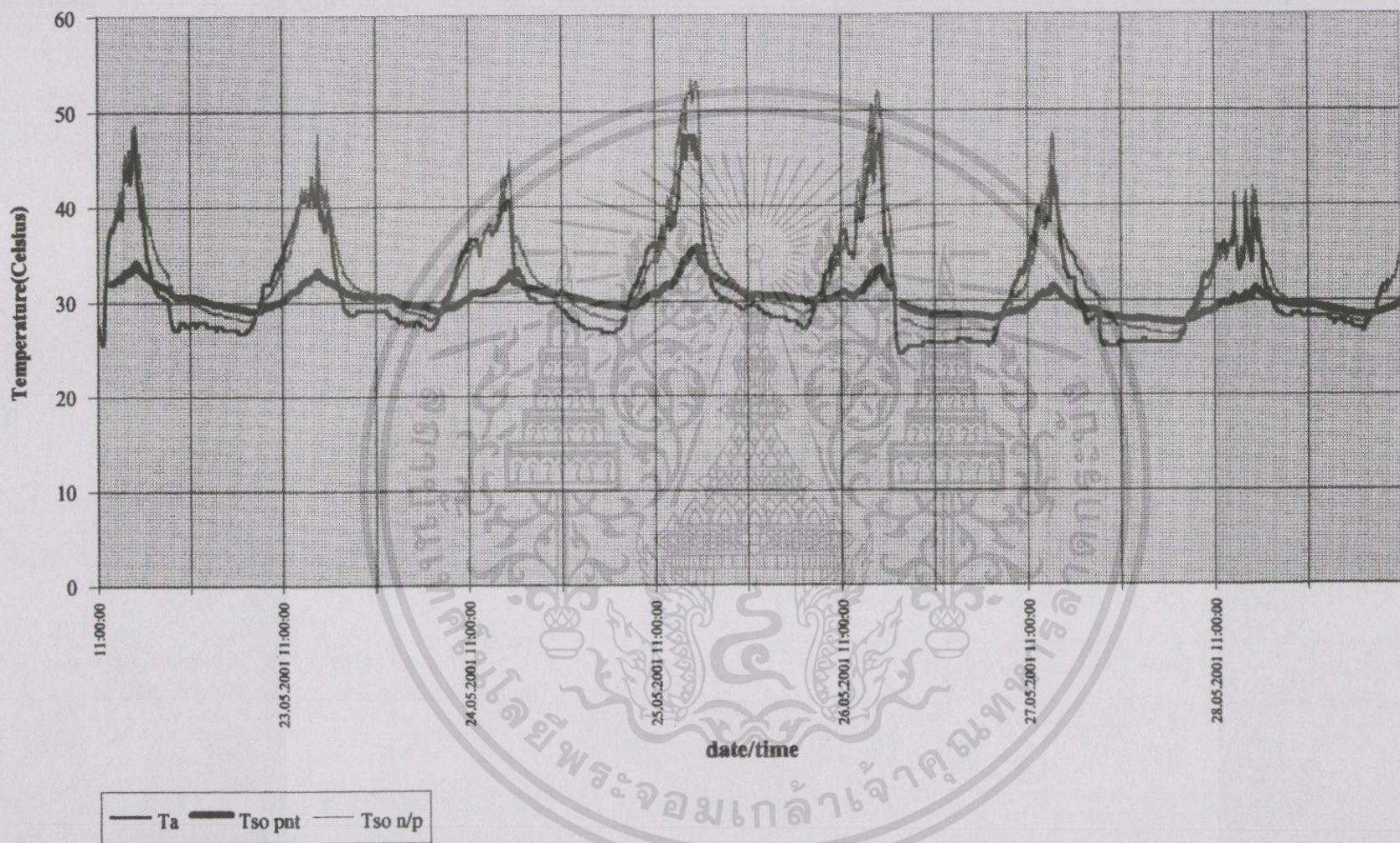
ผนังภายนอกที่ไม่มีฉนวนปกคลุม ในช่วงบ่ายถึงค่ำค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวม (GT) ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ (Ta) แสดงว่าสภาพอากาศภายนอกจะดูดจะดูดซับเอารังสีความร้อนจากผนังที่ไม่มีฉนวนปกคลุมออกมาได้มาก ขณะที่ช่วงเช้าถึงเที่ยงค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวม (GT) สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ (Ta) แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีการแผ่รังสีให้กับผนังอาคาร (รูปที่ 7.8)

ผนังภายนอกที่มีฉนวนปกคลุม ค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ (Ta) แสดงว่าสภาพแวดล้อมภายนอกไม่มีผลต่ออุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก (รูปที่ 7.9)

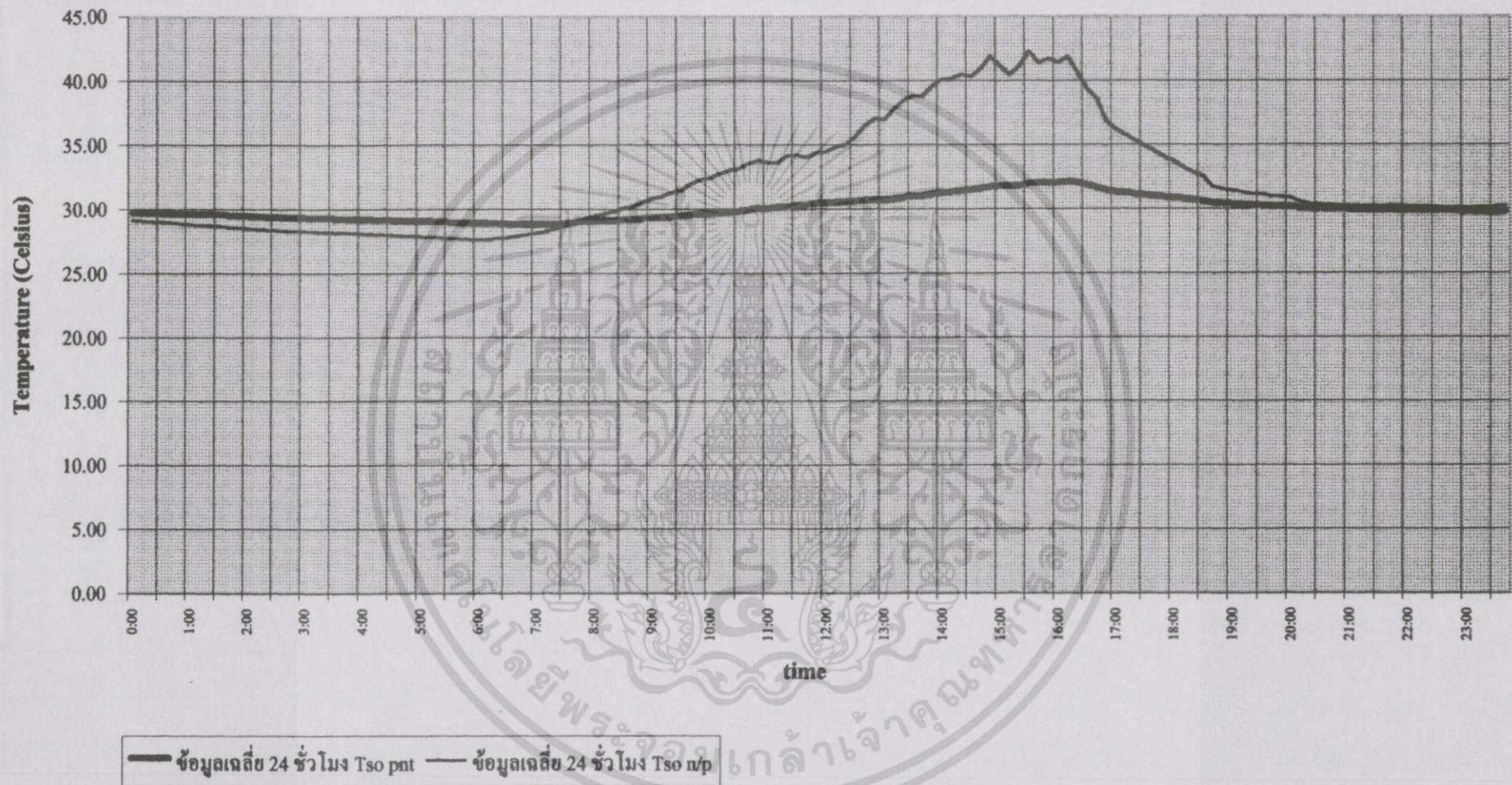
เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) ระหว่างผนังภายนอกที่ไม่มีฉนวนปกคลุมกับผนังที่ไม่มีฉนวนปกคลุม ในช่วงสายประมาณ 9.00 น. จนถึงช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน หรือประมาณ 15.00 น. ค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) ของผนังที่ไม่มีฉนวนปกคลุมมีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) ของผนังที่มีฉนวนและสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ และในช่วงบ่ายถึงค่ำ อุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) ของผนังที่ไม่มีฉนวนปกคลุมมีค่าต่ำกว่าค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) ของผนังที่มีฉนวนและอุณหภูมิอากาศ (รูปที่ 7.10 และรูปที่ 7.11)



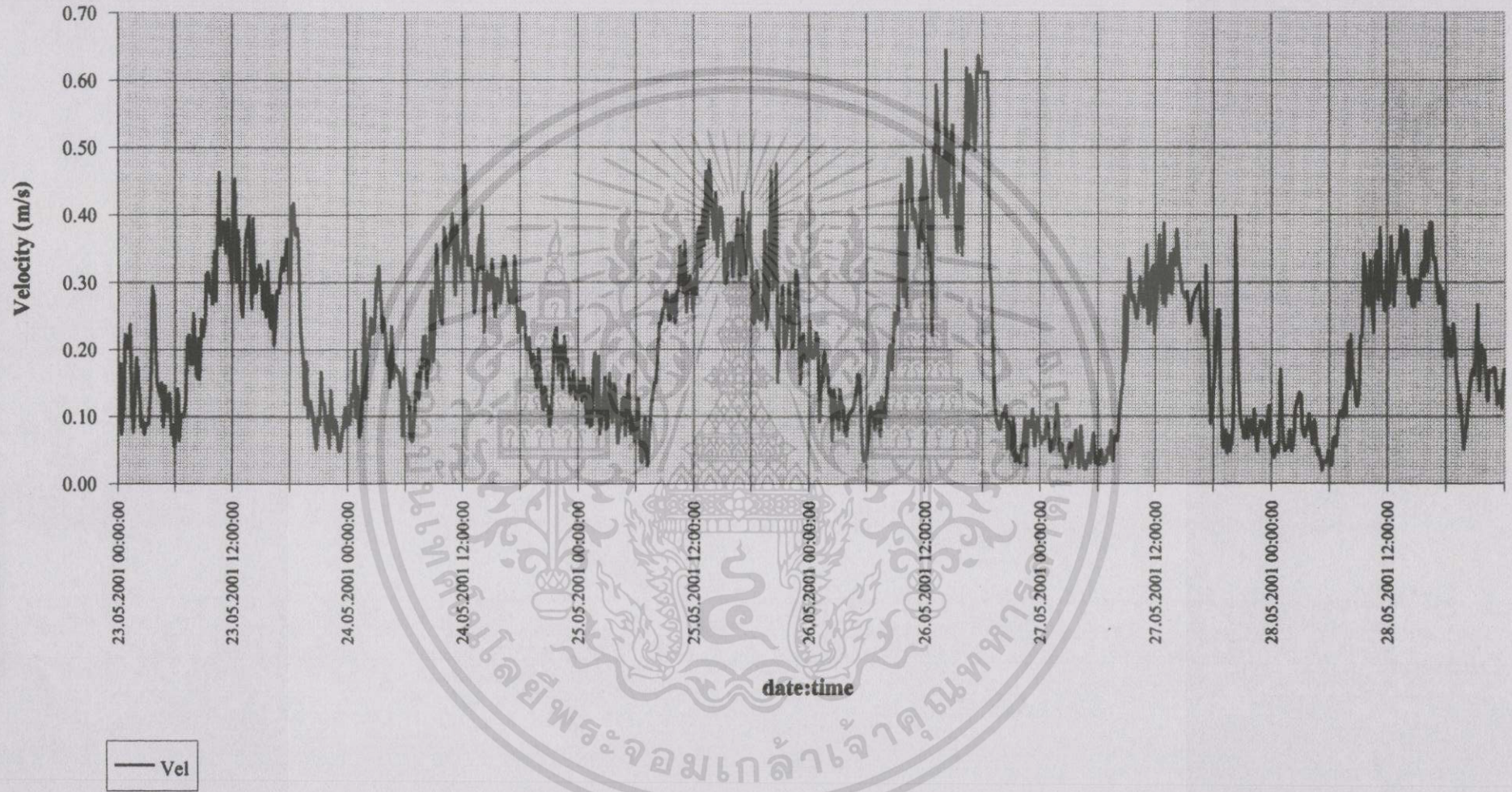
รูปที่ 7.4 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่มีและ ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุม



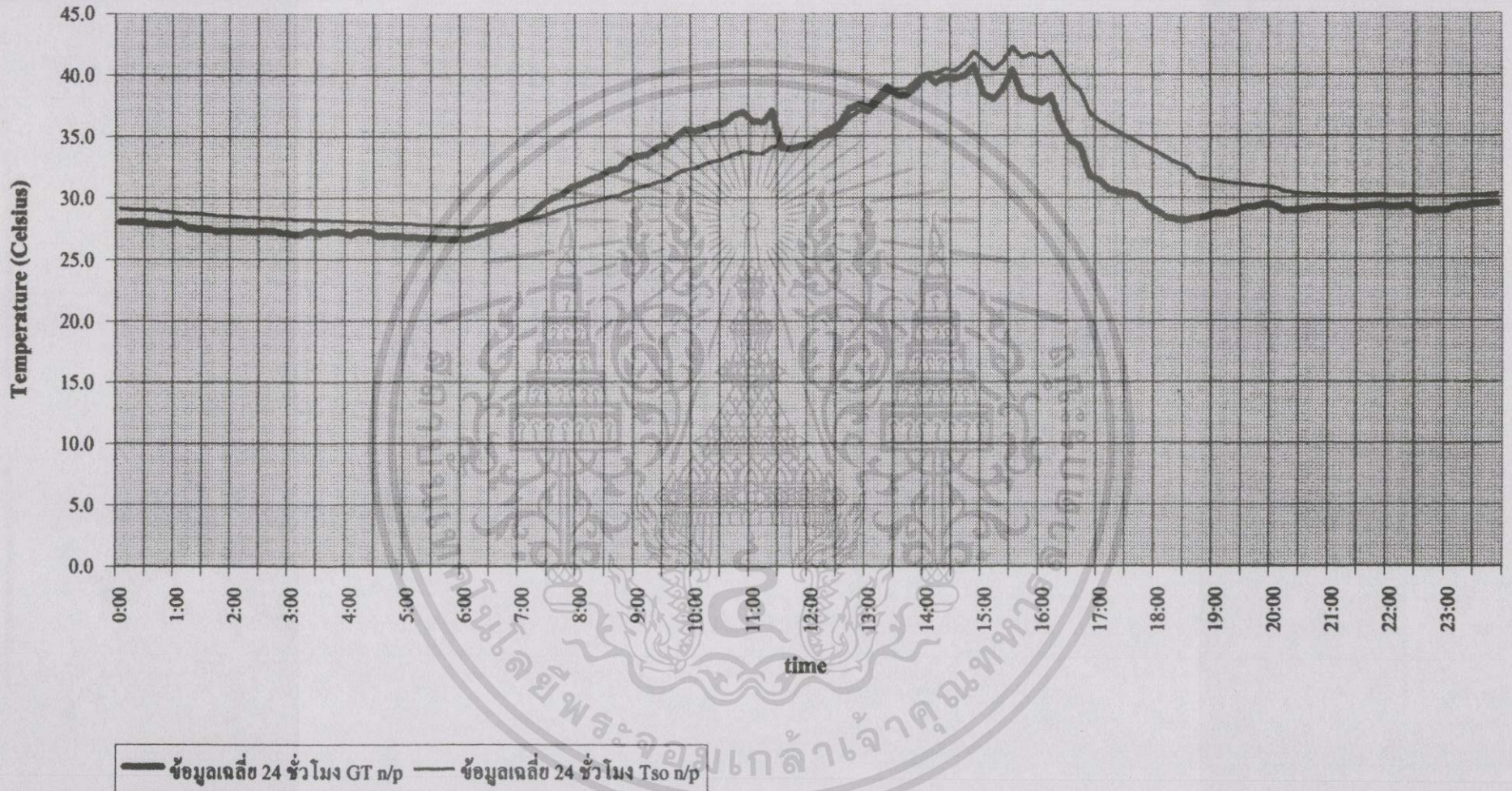
รูปที่ 7.5 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิผิวผนังภายนอก(Tso) ของการทดสอบไม้เคียวเกาะคลุมผนังอาคาร



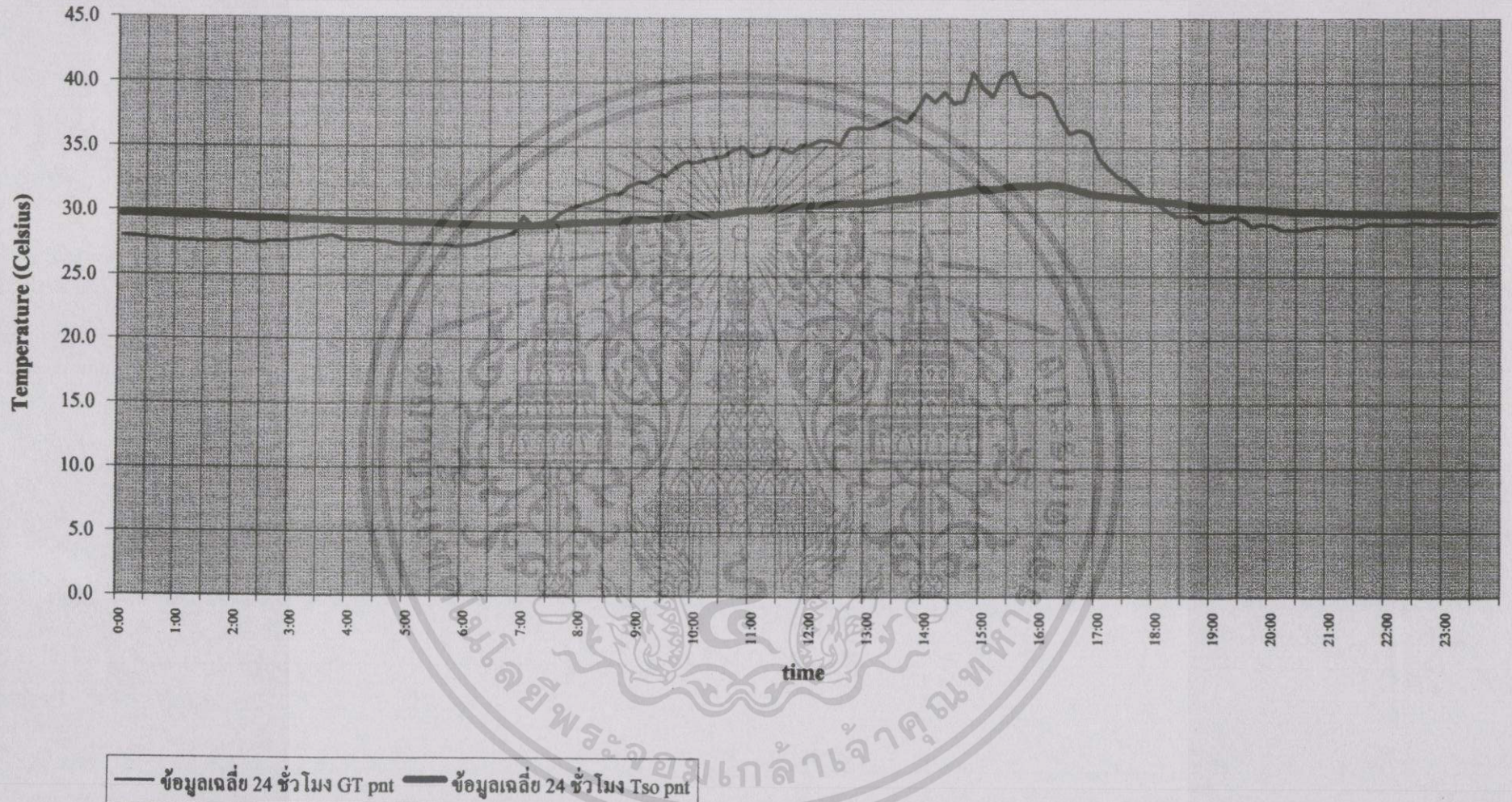
รูปที่ 7.6 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวหนังอากาศเฉลี่ยในหนึ่งวันของการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร



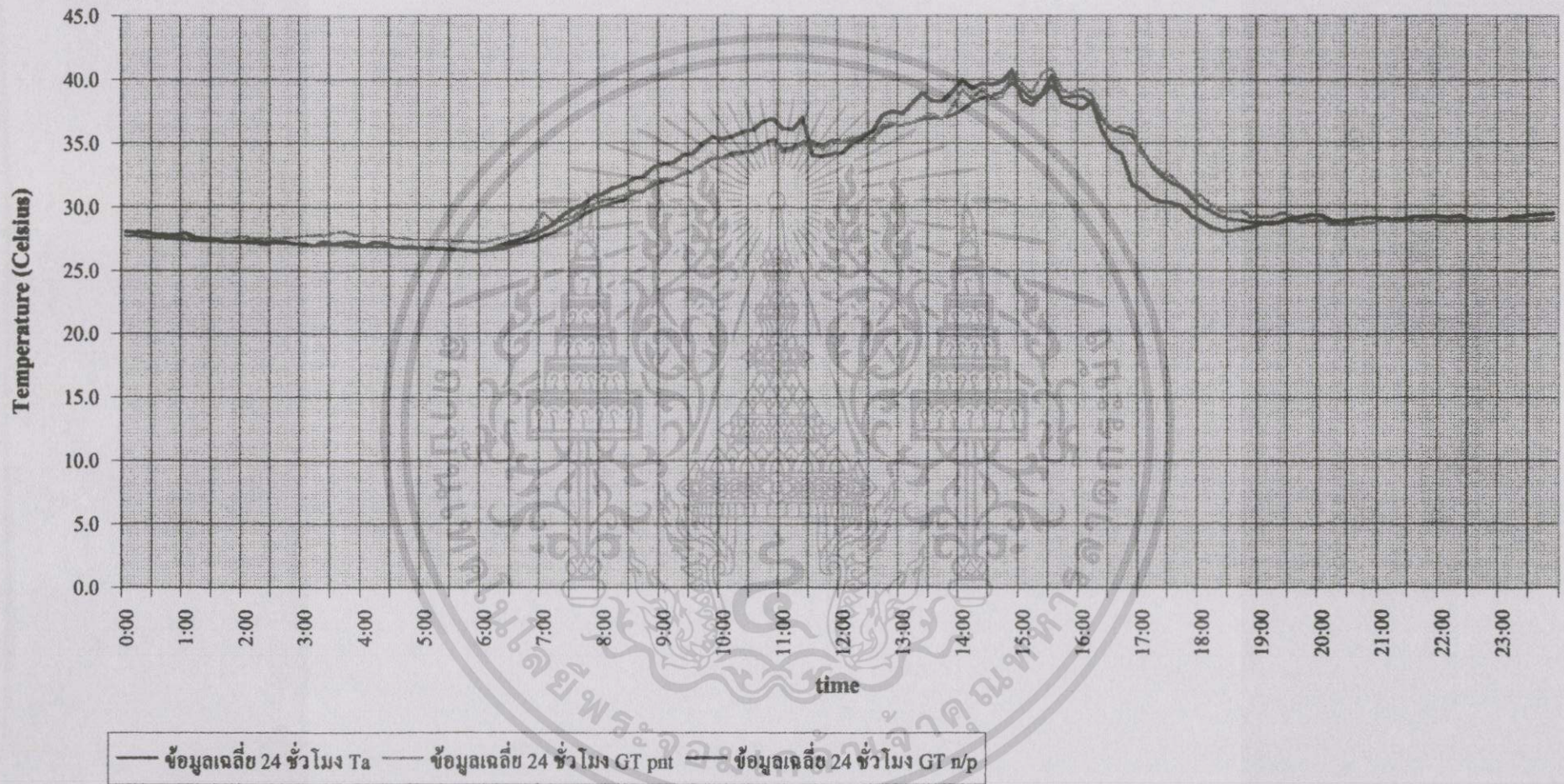
รูปที่ 7.7 กราฟแสดงความเร็วลมในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคูดมผนังอาคาร



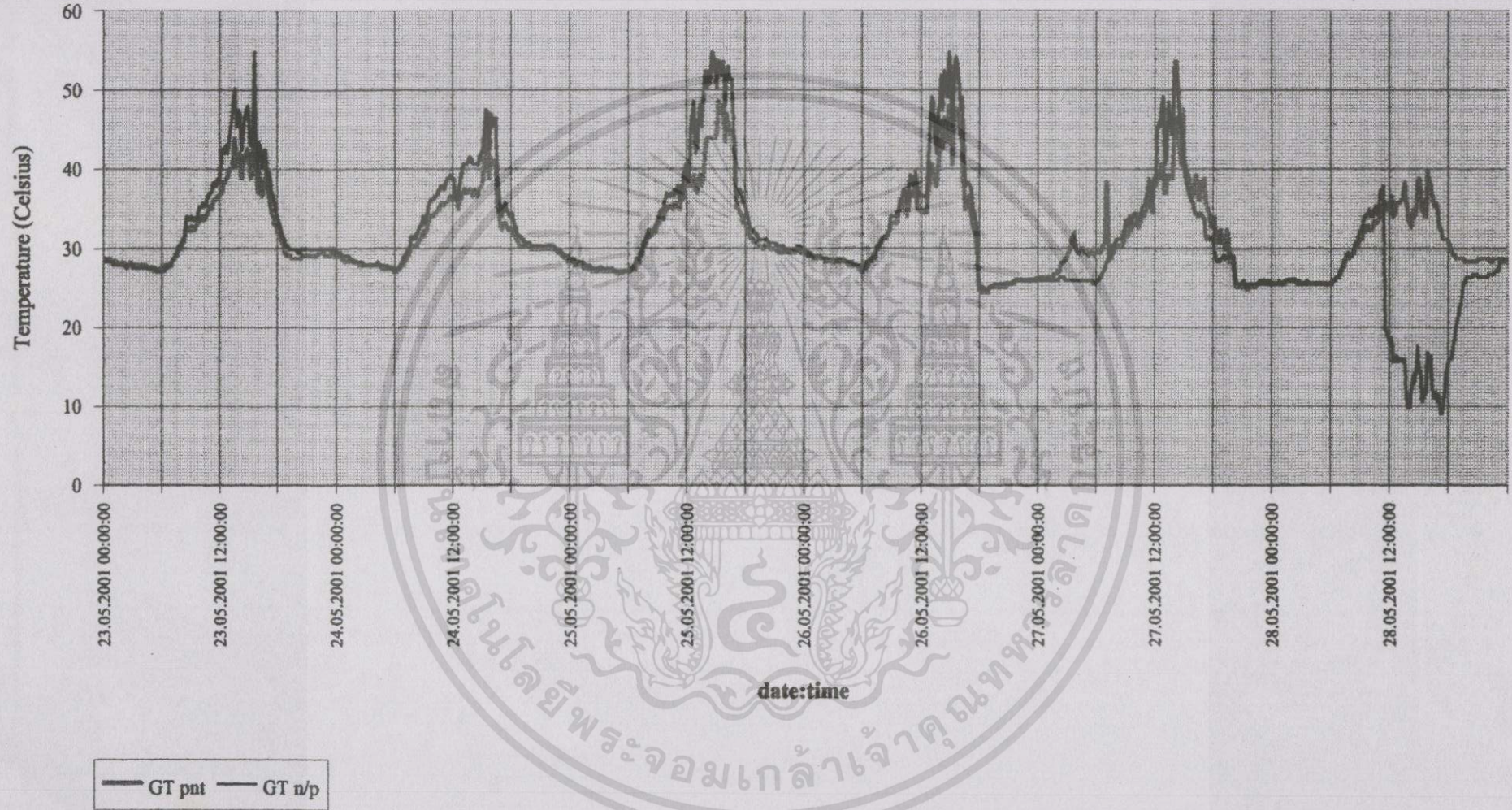
รูปที่ 7.8 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีของผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม



รูปที่ 7.9 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีของ ผันที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม



รูปที่ 7.10 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ในหนึ่งวัน



รูปที่ 7.11 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ของผนังที่มีและไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม

7.3 การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง

7.3.1 กรอบการทดลอง

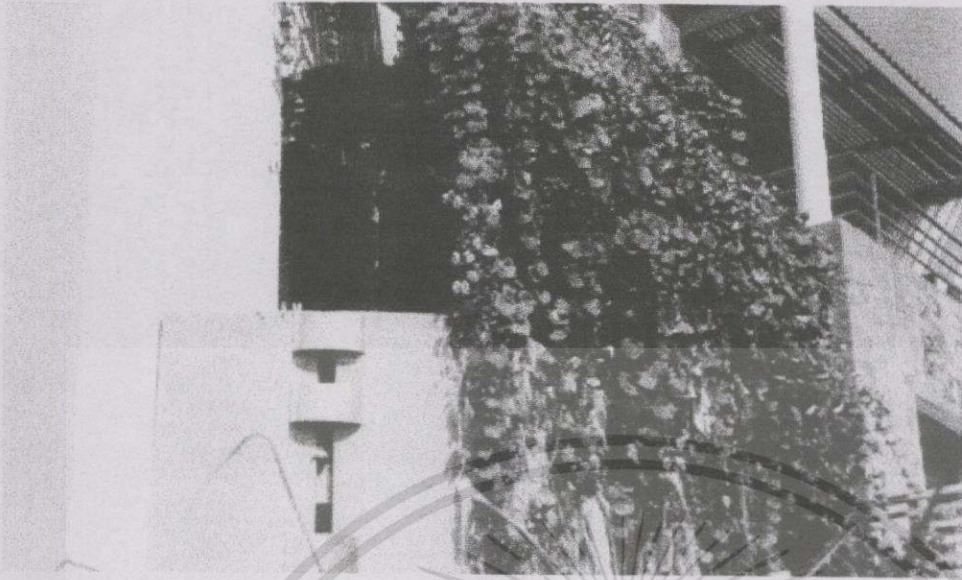
การทดสอบประสิทธิผลของการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งนี้ กระทำขึ้นที่บ้านเลขที่ 289/16 ซอยลาดพร้าว 35 จตุจักร กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นบ้านพักอาศัยของคุณสุเมธ ชูณพงษ์ พิพัฒน์ อาคารมีลักษณะเป็นทาว์นเฮาส์สูง 3 ชั้น ส่วนพักอาศัยกว้าง 5.00 เมตร ยาว 12.00 เมตร หันหน้าไปทางทิศตะวันตก ผนังที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยบังเป็นผนังห้องนอนชั้นสองด้านทิศตะวันตก ประกอบด้วยผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นหนา 10 เซนติเมตรและบานประตูกระจก 3 บาน ส่วนที่ก่ออิฐฉาบปูนเรียบทาสีเทาอ่อน ภายในฉาบปูนเรียบทาสีขาว ถัดจากผนังนี้เป็นระเบียงพื้นไม้เว้นร่อง ผนังของระเบียงเป็นแผงบังแดดไม้เลื้อยเกาะกับโครงเหล็กขนาด 0.10 x 0.10 มม. วางในแนวตั้งห่างกัน 15 ซม. ซึ่งติดตั้งห่างจากผนังห้องนอน 0.90 เมตร

พืชพรรณไม้ที่ใช้ประกอบโครงเหล็กดังกล่าวคือต้นสร้อยอินทนิล อยู่ในจำพวกไม้เลื้อยหรือไม้เถา (Climbers) เป็นไม้ยืนต้นอายุยืนขนาดกลาง การเจริญเติบโตเกือบ 100% ความหนาของต้นไม้ประมาณ 15-20 เซนติเมตร เลื้อยเกาะคลุม โครงสร้างเหล็กทั้งแผง



รูปที่ 7.12 อาคารตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง บังเงาถึงและผนังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.12 (ต่อ)

7.3.2 วิธีการทดสอบ

7.3.2.1 ข้อมูลที่ต้องทำการทดสอบ

ทำการทดสอบตัวแปรต่างๆของผนังที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยเปรียบเทียบกับผนังที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย

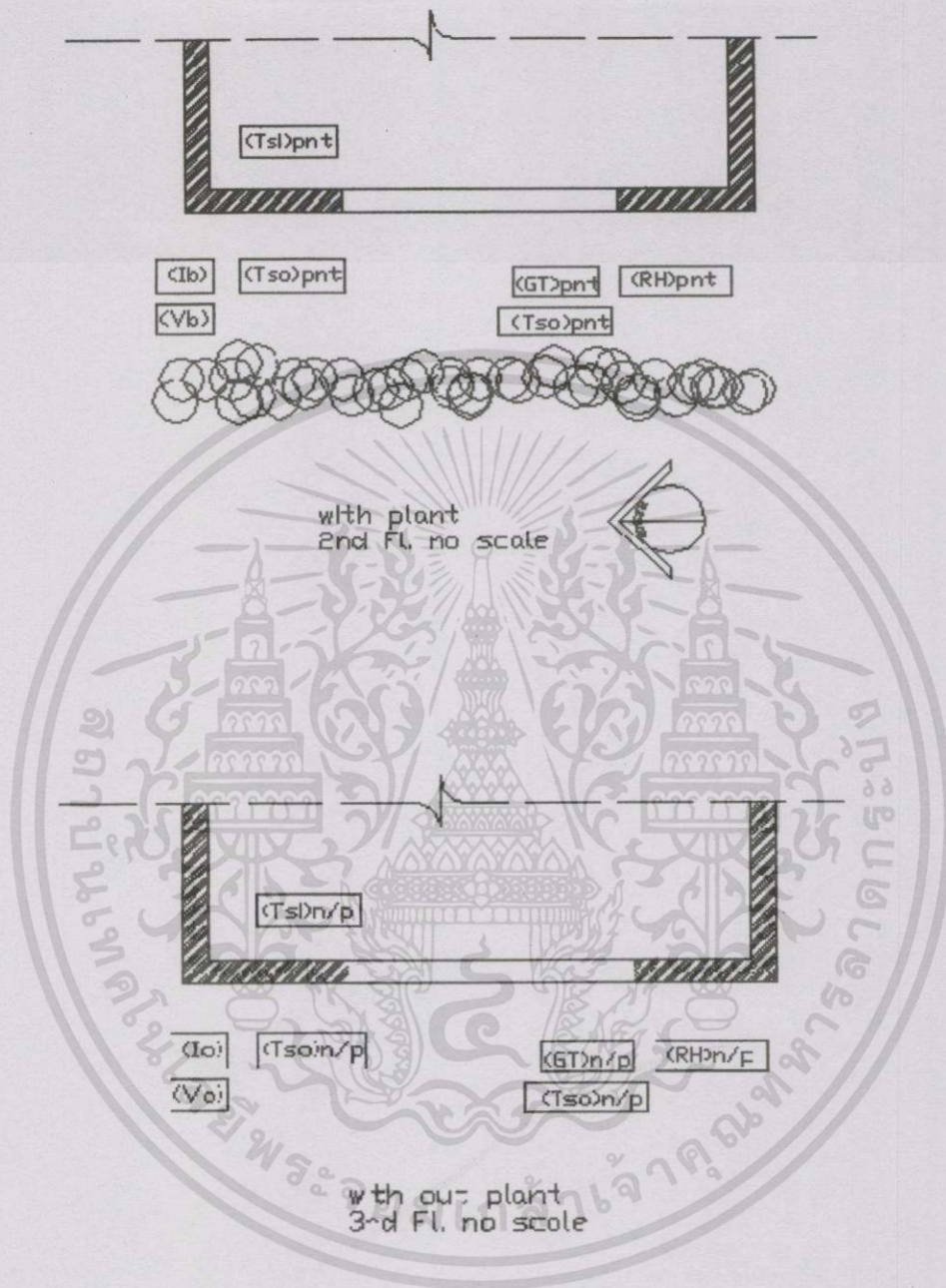
1. ผนังที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย

1.1 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก (Tso)pnt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

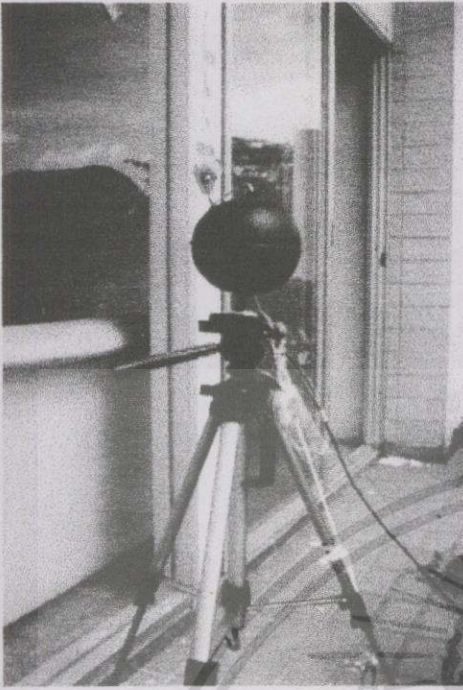
- 1.1 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก (Tso)pnt
 - 1.2 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน (Tsi)pnt
 - 1.3 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีระหว่างผนังและแผงบังแดดไม้เลื้อย (GT)pnt
 - 1.4 อุณหภูมิอากาศระหว่างผนังและแผงบังแดดไม้เลื้อย (Ta)
 - 1.5 ปริมาณการแผ่รังสีรวมที่ผนัง (Ib)
 - 1.6 ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างผนังและแผงบังแดดไม้เลื้อย (RH)
 - 1.7 ความเร็วลมระหว่างผนังและแผงบังแดดไม้เลื้อย (Vb)
2. ผนังที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย
 - 2.1 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก (Tso)n/p
 - 2.2 อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน (Tsi)n/p
 - 2.3 อุณหภูมิอากาศ (Ta)n/p
 - 2.4 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีที่ผนังที่ไม่มีไม้เลื้อย (GT)n/p
 - 2.5 ปริมาณการแผ่รังสีรวมบนผนังที่ไม่มีแผงบังแดด (Io)
 - 2.6 ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก (RH)n/p
 - 2.7 ความเร็วลม (Vo)
- ### 7.3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
1. เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Data Logger)
 - 1.1 OPUS 200 จำนวน 4 เครื่อง (8 ช่องสัญญาณ)
 - 1.2 HOBO จำนวน 2 เครื่อง (4 ช่องสัญญาณภายใน 4 ช่องสัญญาณภายนอก) ใช้ 4 ช่องสัญญาณภายในสำหรับบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และ 2 ช่องสัญญาณภายนอกสำหรับบันทึกอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature)
 2. อุปกรณ์รับสัญญาณ (Sensor)
 - 2.1 สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ Thermocouple K สำหรับ OPUS 200 (4 จุด) สำหรับใช้วัดอุณหภูมิผิวผนัง (Ts)
 - 2.2 Pyranometer สำหรับ OPUS 200 (2 จุด) ใช้ตรวจวัดค่าการแผ่รังสี (Radiation)
 - 2.3 Anemometer สำหรับ OPUS 200 (2 จุด) ใช้ตรวจวัดความเร็วลม (V)
 - 2.4 Globe ball สำหรับ HOBO (2 จุด) ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature)
 - 2.5 สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ -40 F to +212 F TMC6 – HA ต่อ globe ball สำหรับ HOBO (2 จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

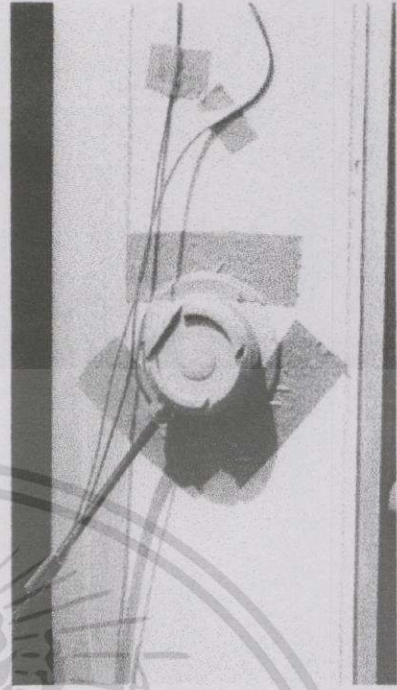


รูปที่ 7.13 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Globe Thermometer นอกแผงบังแดด ไม่เลี้ยง



Pyranometer ที่ผนังนอกแผงบังแดด



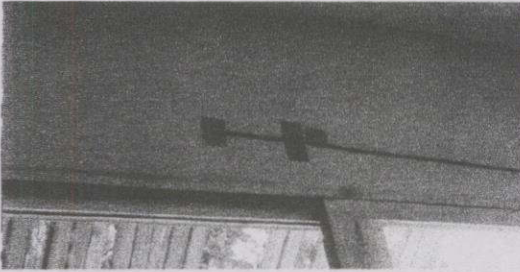
HOBO และ Globe ball หลังแผงบังแดด ไม่เลี้ยง



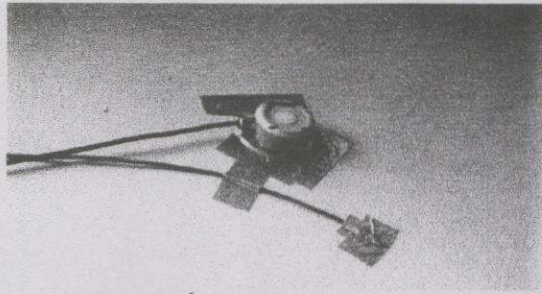
Anemometer หลังแผงบังแดด ไม่เลี้ยง

รูปที่ 7.13 (ต่อ)

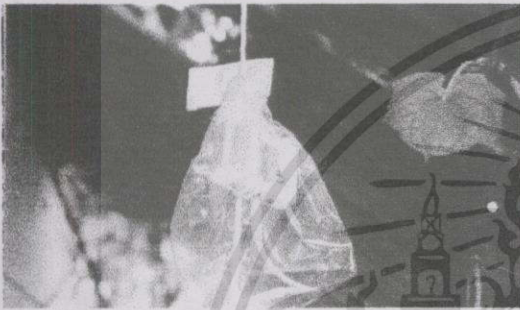
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



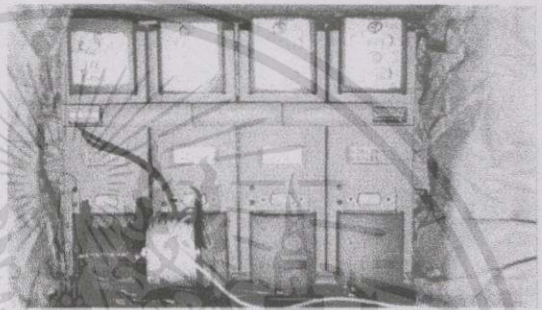
Thermocouple ที่ผนังหลังแผงบังแดด



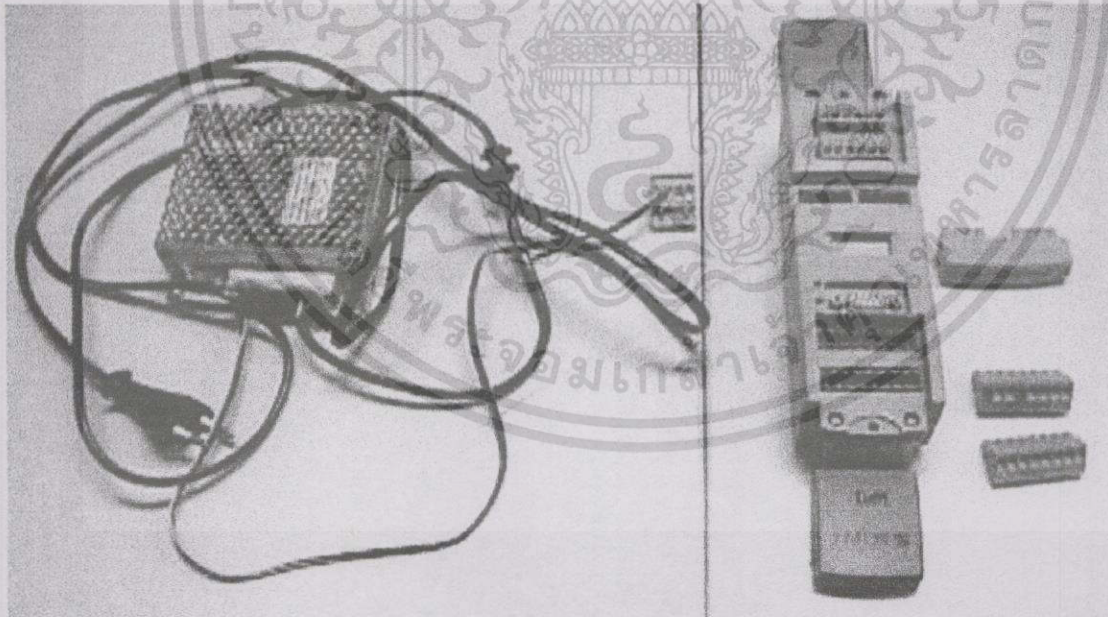
Pyranometer ที่ผนังหลังแผงบังแดด



HOBO หลังแผงบังแดด ไม่เสีย



อุปกรณ์บันทึกข้อมูล OPUS



อุปกรณ์บันทึกข้อมูล OPUS

รูปที่ 7.13 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.2.3 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล

ตารางที่ 7.4 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล OPUS200 (4 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ)

ลำดับ	ID	ช่องสัญญาณ	Sensor	ค่าที่ตั้ง	หน่วย
1	302	1	Pyranometer: 100mV/1000/m ²	I _o	W/m ²
2	302	2	Pyranometer: 100mV/1000/m ²	I _b	W/m ²
3	340	1	Anemometer: 4-20 mA / 0-20 m/s	V _o	m/s
4	340	2	Anemometer: 4-20 mA / 0-20 m/s	V _b	m/s
5	364	1	Thermocouple K	(T _{s.o.}) _{pnt}	°C
6	364	2	Thermocouple K	(T _{s.i.}) _{pnt}	°C
7	367	1	Thermocouple K	(T _{s.o.}) _{n/p}	°C
8	367	2	Thermocouple K	(T _{s.i.}) _{n/p}	°C

ตั้งคาบเวลาการเก็บข้อมูล 10 นาที

ตารางที่ 7.5 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล HOBO (2 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ)

ลำดับ	ID	ช่องสัญญาณ	Sensor	ค่าที่ตั้ง	หน่วย
1		1	Temperature fixed internal	(T _{s.o.}) _{pnt}	°C
2		2	RH fixed internal	(RH) _{pnt}	%RH
3		3	Temperature -40F To +212F TMC6-HA	(GT) _{pnt}	°C
4		4	* not use	-	-
5		1	Temperature fixed internal	(T _{s.o.}) _{n/p}	°C
6		2	RH fixed internal	(RH) _{n/p}	%RH
7		3	Temperature -40F To +212F TMC6-HA	(GT) _{n/p}	°C
8		4	* not use	-	-

ตั้งคาบเวลาการเก็บข้อมูล 10 นาที

7.3.2.4 ช่วงเวลาและสภาพการณ์ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดสอบในวันที่ 13 พฤษภาคม 2544 เวลา 15.30 น. ถึงวันที่ 21 พฤษภาคม 2544 เวลา 15.30 น. รวม 9 วัน โดยจะทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีสภาพอากาศต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 7.6 สภาพอากาศในช่วงเวลาทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง

วันที่	รายละเอียด
12 พ.ค. 44	แดดจัดเวลา 15.00 น. มีฝนตกเล็กน้อยในช่วงเย็น
13 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน แดดจัด มีฝนตกเล็กน้อยในช่วง 17.15 – 18.00 น.
14 พ.ค. 44	ท้องฟ้าโปร่ง แดดจัด ช่วงเย็นมีเมฆมาก (Clear Day)
15 พ.ค. 44	ท้องฟ้าโปร่งในช่วงเช้า ช่วงบ่ายมีเมฆมาก เวลา 17.00 – 18.00 น. มีฝนตกปานกลาง (Clear Day)
16 พ.ค. 44	มีฝนตกตลอดทั้งวัน (Rainy Day)
17 พ.ค. 44	มีฝนตกในช่วงเช้า ช่วงสายถึงเย็นมีเมฆมาก (Cloudy Day)
18 พ.ค. 44	ท้องฟ้ามีเมฆมากในช่วงบ่ายถึงเย็น ไม่มีแดดทั้งวัน (Cloudy Day)
19 พ.ค. 44	ท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเย็นมีเมฆมาก (Clear Day)
20 พ.ค. 44	ท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเย็นมีเมฆมาก ฝนตกเล็กน้อยเวลา 17.00 – 18.00 น. (Clear Day)
21 พ.ค. 44	ท้องฟ้าโปร่งในช่วงเช้า บ่ายมีเมฆปานกลาง (Partly Cloudy Day)

7.3.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง ได้ผลดังนี้

7.3.3.1 อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์

รูปที่ 7.14 แสดงค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียงหน้าผนังด้านทิศตะวันตกที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) และที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย (out shade) ในช่วงเวลาเช้าตรู่จนถึงเวลาประมาณ 11.00 น. อุณหภูมิอากาศของพื้นที่ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน จนเมื่อเวลาประมาณ 12.00 น. อุณหภูมิต่างกันประมาณ 1 – 2 °C โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 30 – 32 °C หลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศของส่วนที่ไม่มีแผงบังแดด (out shade) จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดที่ 52 °C ขณะที่อุณหภูมิของส่วนที่มีแผงบังแดด (in shade) มีค่าสูงสุดที่ 40 °C ในเวลา 15.00 น. ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 12 – 14 °C

ในวันที่มีฝนตก (Rainy day) คือวันที่ 16 และ 17/05/2001 กราฟอุณหภูมิอากาศของบริเวณพื้นที่ทั้งสองมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอยู่เพียง 2 – 5 °C โดยตลอดทั้งวันแทบจะ ไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของส่วน in shade กับ out shade ตลอดทั้งวัน มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกันสูงสุดคือเวลา 15.00 น. ของวันที่ท้องฟ้าปกคลุมบริเวณ in shade มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าบริเวณ out shade อยู่ 18% (รูปที่ 7.15)

7.3.3.2 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature)

ในวันที่ท้องฟ้าปกคลุม วันที่มีเมฆบางส่วน และวันที่มีเมฆมาก เมื่อพิจารณาจากกราฟในรูปที่ 7.17 และ 7.18 พบว่า แทบจะไม่มี ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) และอุณหภูมิอากาศ (Ta) ของระเบียบที่มีและ ไม่มีแผงบังแดด ไม่เลื้อย (in shade และ out shade)

ในวันที่มีฝนตก (วันที่ 16 และ 17/05/2001) อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของบริเวณที่ไม่มีแผงบังแดด (out shade) จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ (Ta) บ้างเล็กน้อย แสดงว่า สภาพแวดล้อมช่วยดูดซับรังสีความร้อนออกไปได้ส่วนหนึ่ง แต่กลับ ไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) และอุณหภูมิอากาศ (Ta) ของบริเวณที่มีแผงบังแดด (in shade) แสดงว่าสภาพแวดล้อมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบริเวณ in shade (รูปที่ 7.17 และ 7.18)

ถึงแม้ว่ารูปแบบกราฟของบริเวณพื้นที่ทั้งสองจะมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ แทบจะไม่มี ความแตกต่างของอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) และอุณหภูมิอากาศ (Ta) เลยก็ตาม แต่ในวันที่ท้องฟ้าปกคลุม (Clear day) อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) และอุณหภูมิอากาศ (Ta) เฉลี่ย ของส่วน in shade ก็ยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) และอุณหภูมิอากาศ (Ta) เฉลี่ย ของส่วน out shade อยู่ประมาณ 10°C ส่วนวันที่มีฝนตก จะต่ำกว่าอยู่ประมาณ 5°C (รูปที่ 7.19)

7.3.3.3 อุณหภูมิผิวผนัง (Surface Temperature)

ในช่วงเช้าประมาณ 8.00 น. ของวันที่ท้องฟ้าปกคลุม อุณหภูมิผิวผนัง (Ts) หลังแผงบังแดด ไม่เลื้อย (in shade) ในรูปที่ 7.20 เมื่ออุณหภูมิรวมการแผ่รังสีเริ่มมีค่าสูงขึ้น อุณหภูมิที่ผิวผนังปรับตัวสูงขึ้นสูงตาม และกลับลดลงอีกจนมีค่าเท่ากันเมื่อเวลา 12.00 น. จากนั้นอุณหภูมิผิวผนังจะสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเวลา 15.00 น. ไปจนถึง 17.00 น. ขณะที่อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีมีค่าสูงสุดเมื่อเวลาประมาณ 16.00 น. จากนั้นจะเริ่มมีค่าลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ส่วนในเวลาที่มีฝนตก เมื่ออุณหภูมิรวมการแผ่รังสีมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก แต่ก็ไม่ทำให้อุณหภูมิผิวผนังลดต่ำลงไปมากนัก

ลักษณะกราฟอุณหภูมิผิวผนัง (Ts) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของส่วนนอกแผงบังแดด (out shade) ในรูปที่ 7.21 ในวันที่ท้องฟ้าปกคลุม และวันที่มีเมฆมาก มีรูปแบบที่ไม่แตกต่างกัน ค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิทั้งสองมีค่าเพิ่มลดในรูปแบบเดียวกัน และมีค่าที่ใกล้เคียงกันด้วย โดยในช่วงเวลากลางคืนและเวลาที่ มีฝนตกค่าอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี จะต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนัง ส่วนเวลากลางวัน โดยเฉพาะในช่วงบ่าย ค่าอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี จะสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนัง

ในวันที่มีฝนตก (วันที่ 16 และ 17 พ.ค. 2544) อุณหภูมิผิวผนัง (Ts) หลังแผงบังแดด ไม่เลื้อย (in shade) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนัง (Ts) ที่ไม่มีแผงบังแดด ไม่เลื้อย (out shade) ประมาณ $3 - 8^{\circ}\text{C}$ (รูปที่ 7.16)

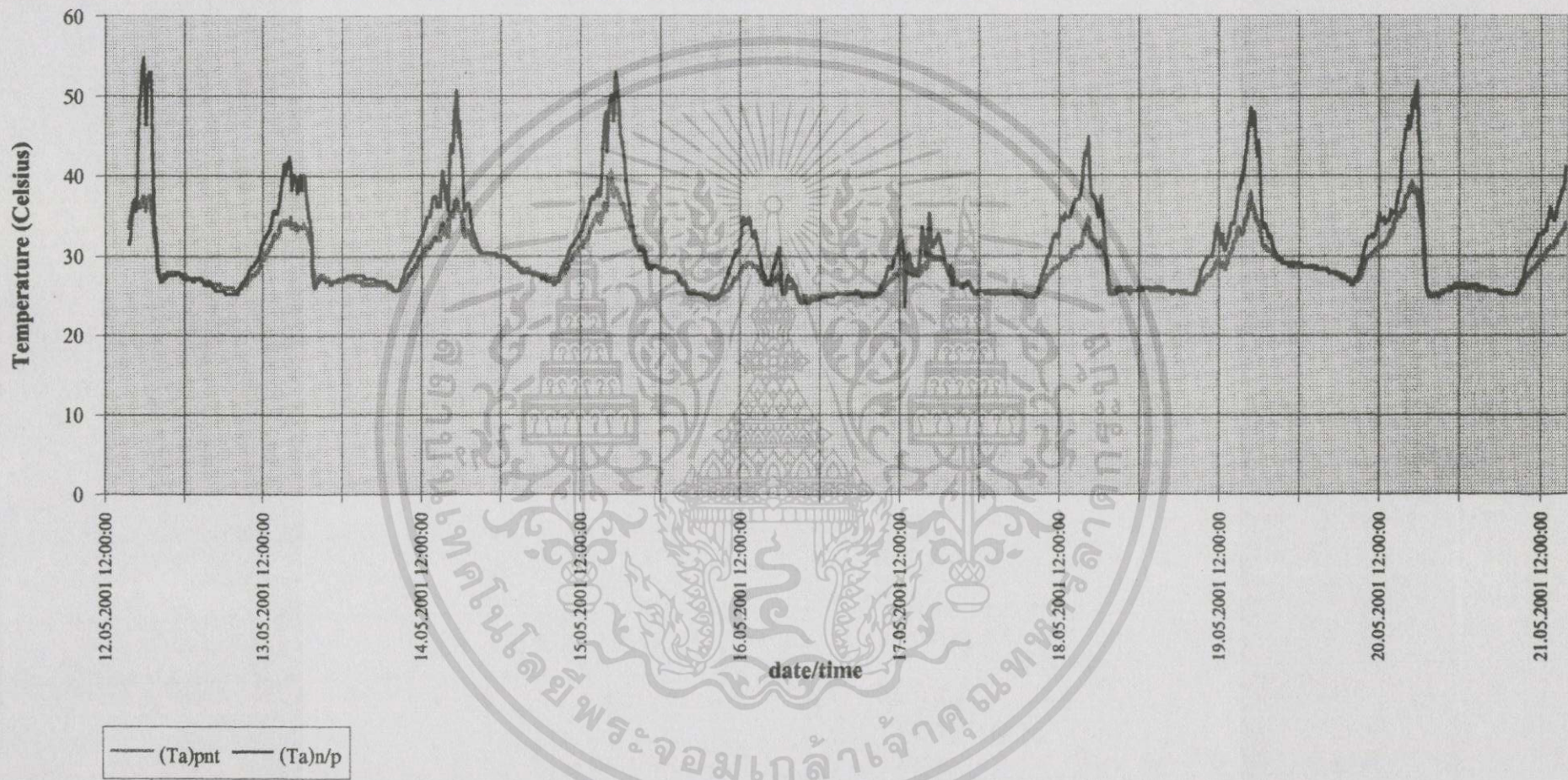
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.3.4 ปริมาณการแผ่รังสีรวม (Radiation)

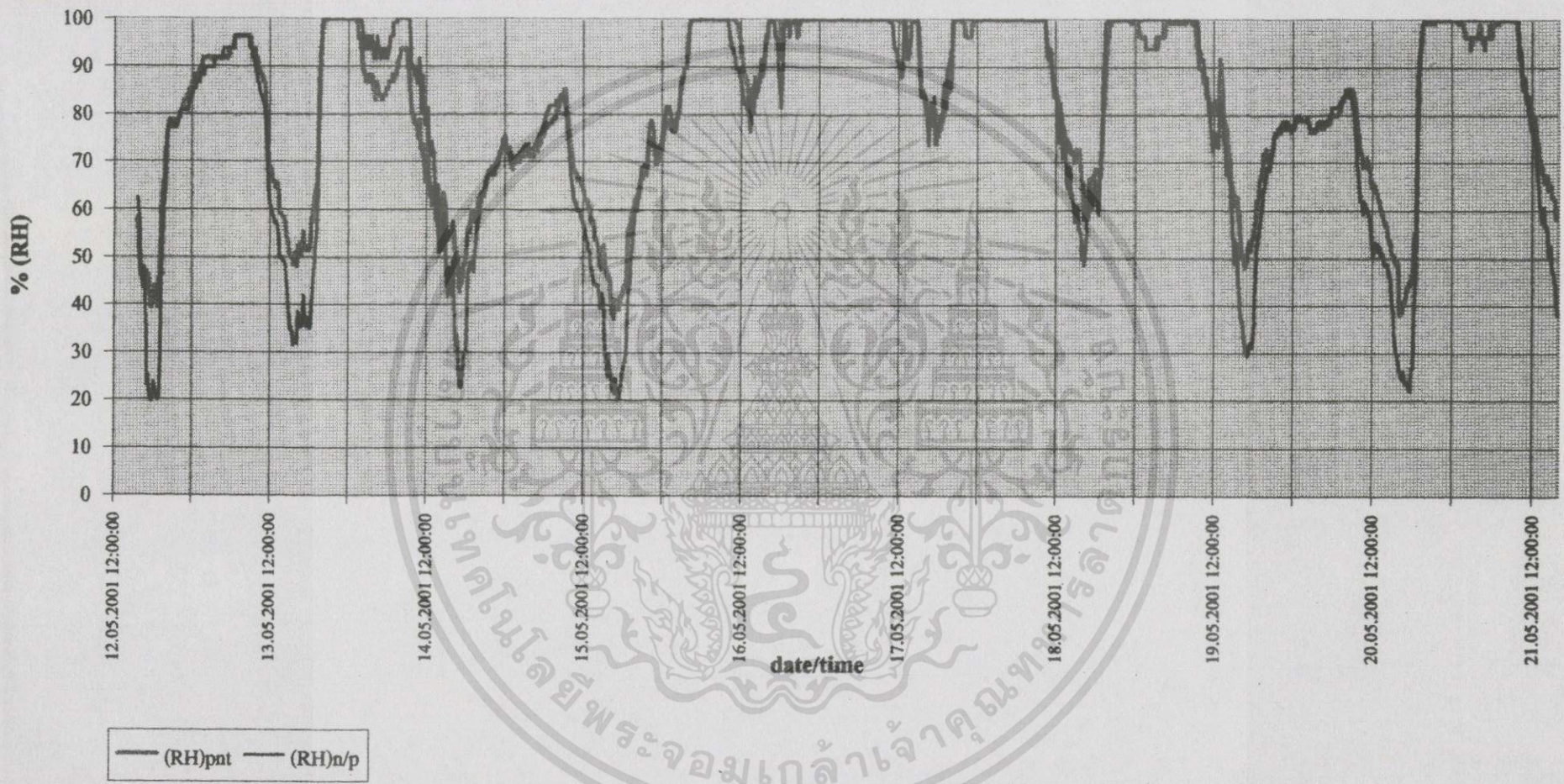
ปริมาณรังสีรวมของผนังด้านทิศตะวันตกที่ไม่มีแสงบังแดดไม้เลื้อย (out shade) ในช่วงระหว่างวันที่ท้องฟ้าปกติ (Clear day) คือวันที่ 15/05/2001 (รูปที่ 7.22) กราฟจะเริ่มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาประมาณ 7.00 น. จนกระทั่งในเวลา 14.00 น. ปริมาณรังสีรวมจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีค่าสูงสุดที่ $1,100 \text{ W/m}^2$ ในเวลา 15.00 น. ในวันที่มีเมฆบางส่วน (Partly cloudy day) วันที่มีเมฆมาก (Cloudy day) และวันที่ฝนตก (Rainy day) ลักษณะของกราฟมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับวันที่ท้องฟ้าปกติ เพียงแตกต่างกันที่วันดังกล่าวกราฟมีค่าต่ำกว่า

ในวันที่ฝนตก (Rainy day) คือวันที่ 16 และ 17 พ.ค. 2544 ปริมาณการแผ่รังสีที่ผนังที่ไม่มีแสงบังแดด มีค่าใกล้เคียงกับผนังที่มีแสงบังแดด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในวันที่ 16 พ.ค. 2544 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในช่วงบ่ายที่มีฝนตกมีค่าสูงสุดเพียง 200 W/m^2

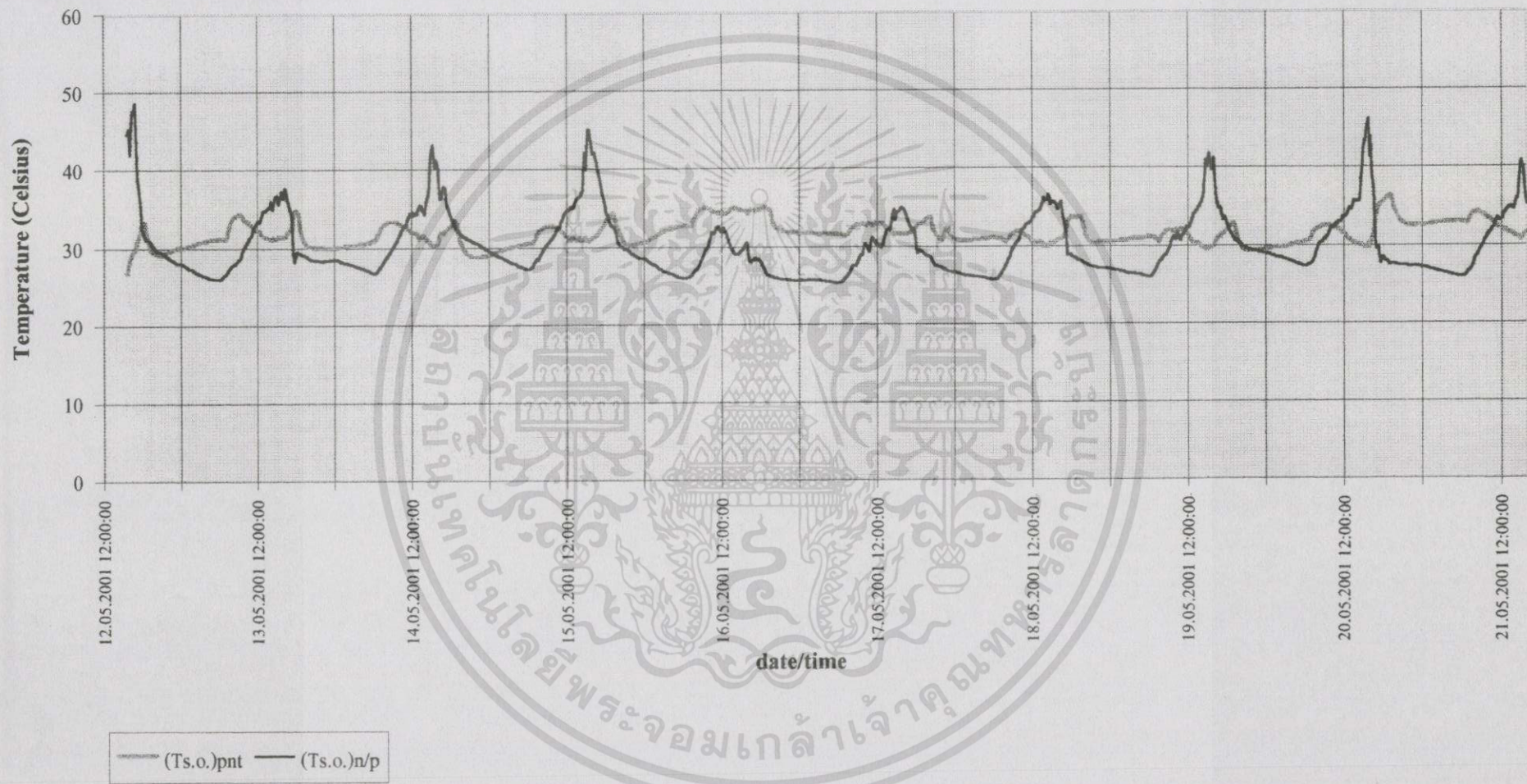
ขณะที่ปริมาณรังสีรวมของผนังด้านทิศตะวันตกที่มีแสงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) มีค่าสูงสุดที่ประมาณ 70 W/m^2 ในช่วงเวลาและวันเดียวกันของวันที่ท้องฟ้าปกติ รูปแบบของกราฟในวันที่มีสภาพอากาศต่างๆ เกือบจะเท่ากัน โดยมีค่าสูงสุดประมาณ $70 - 80 \text{ W/m}^2$ เมื่อเทียบกับกราฟปริมาณรังสีรวมของผนังที่ไม่มีแสงบังแดดไม้เลื้อย (out shade) จะเห็นความแตกต่างที่สูงมาก กล่าวคือแสงบังแดดไม้เลื้อยสามารถลดปริมาณรังสีรวมที่ผนังภายนอกได้มากกว่า 90 % แม้ในช่วงเวลาที่มีฝนตก ปริมาณรังสีรวมของผนังที่มีแสงบังแดดยังคงต่ำกว่าผนังที่ไม่มีแสงบังแดด แม้ว่า จะต่างกันไม่มากนักก็ตาม



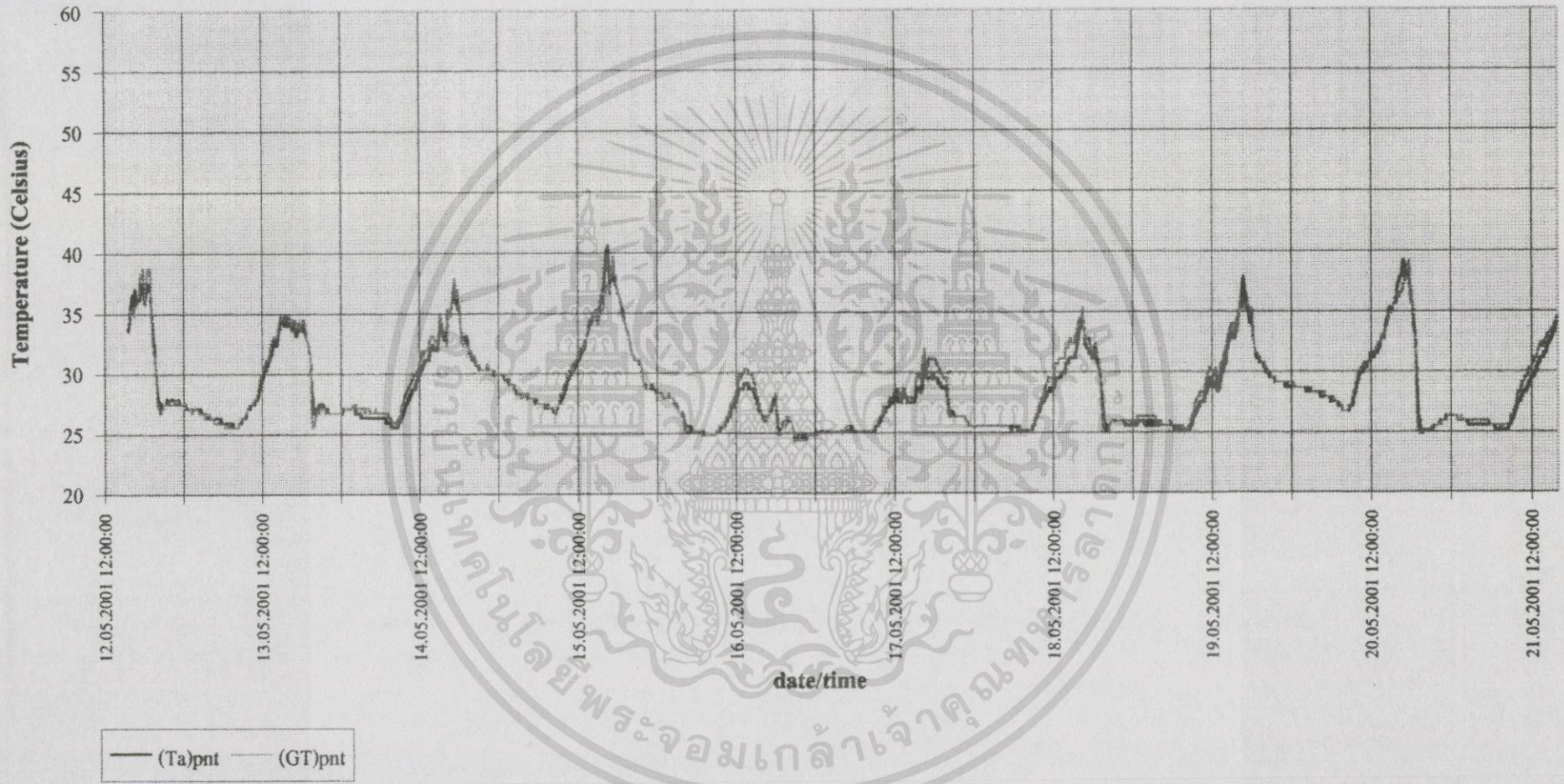
รูปที่ 7.14 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ (Ta) บริเวณระเบียงที่มีและ ไม่มีแผงบังแดดไม้เฉื่อยในแนวตั้ง (in shade และ out shade)



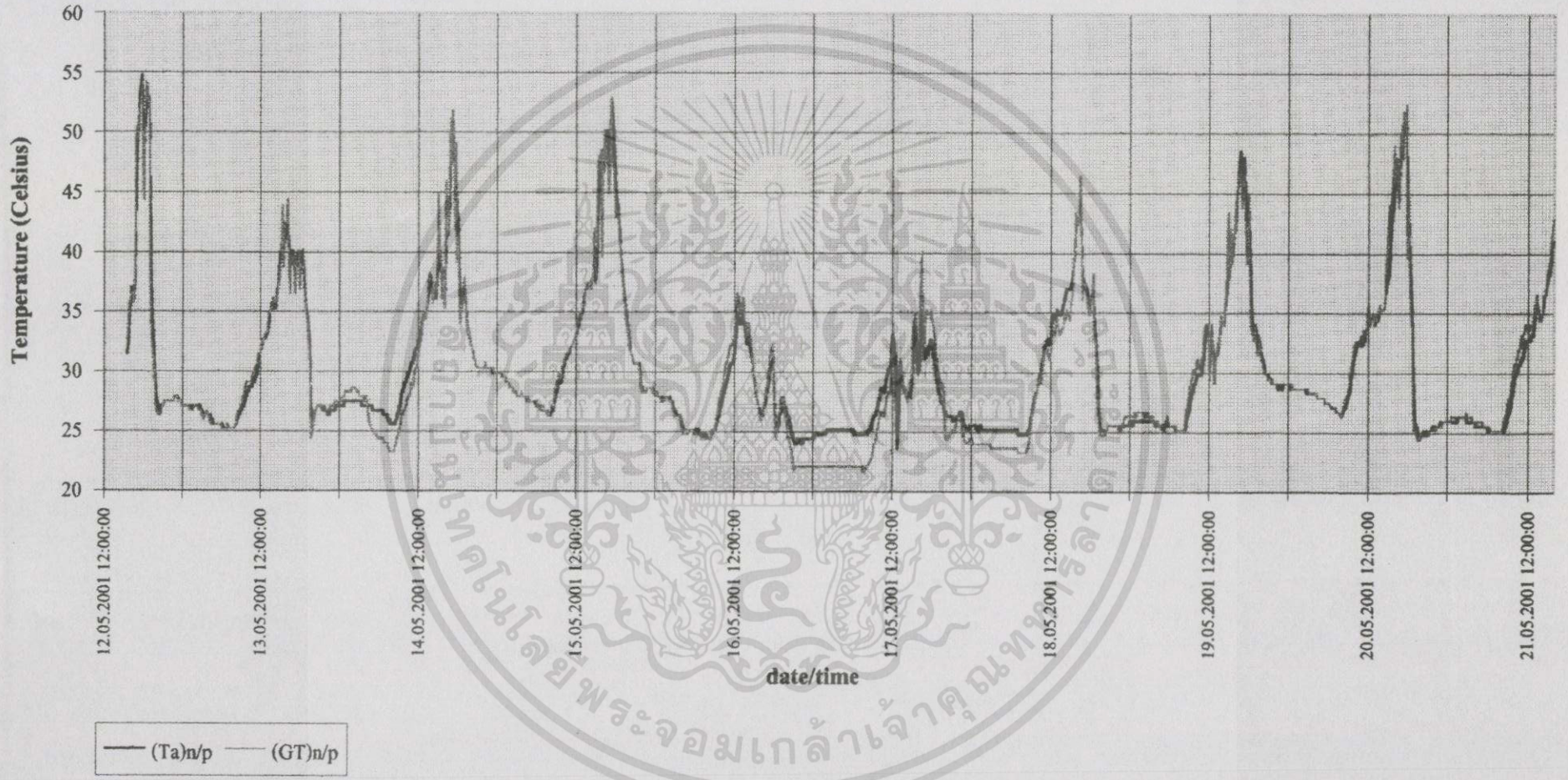
รูปที่ 7.15 กราฟเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของระเบียงที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวดิ่ง



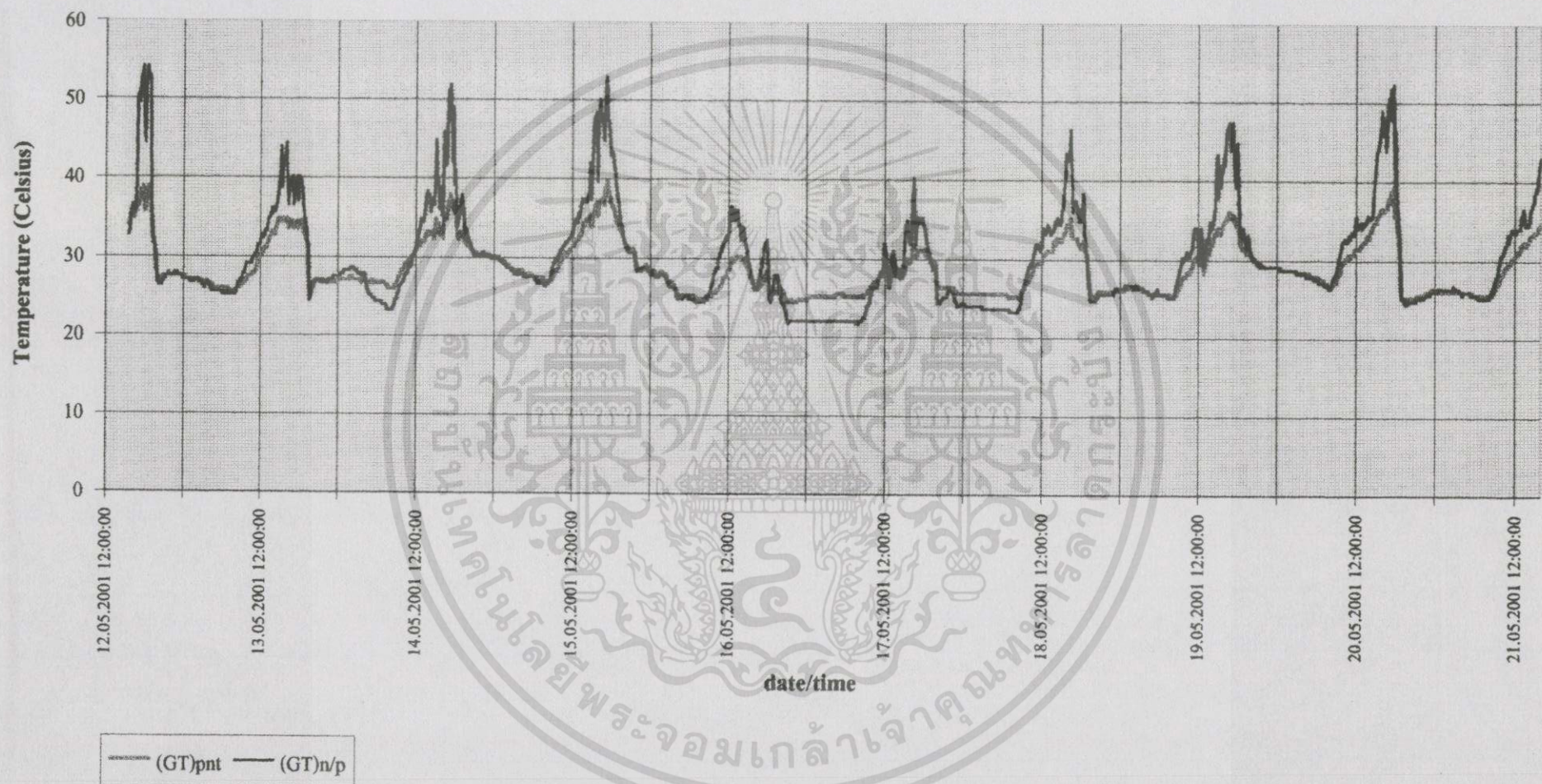
รูปที่ 7.16 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังอาคาร (Tso) ด้านทิศตะวันตกที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง



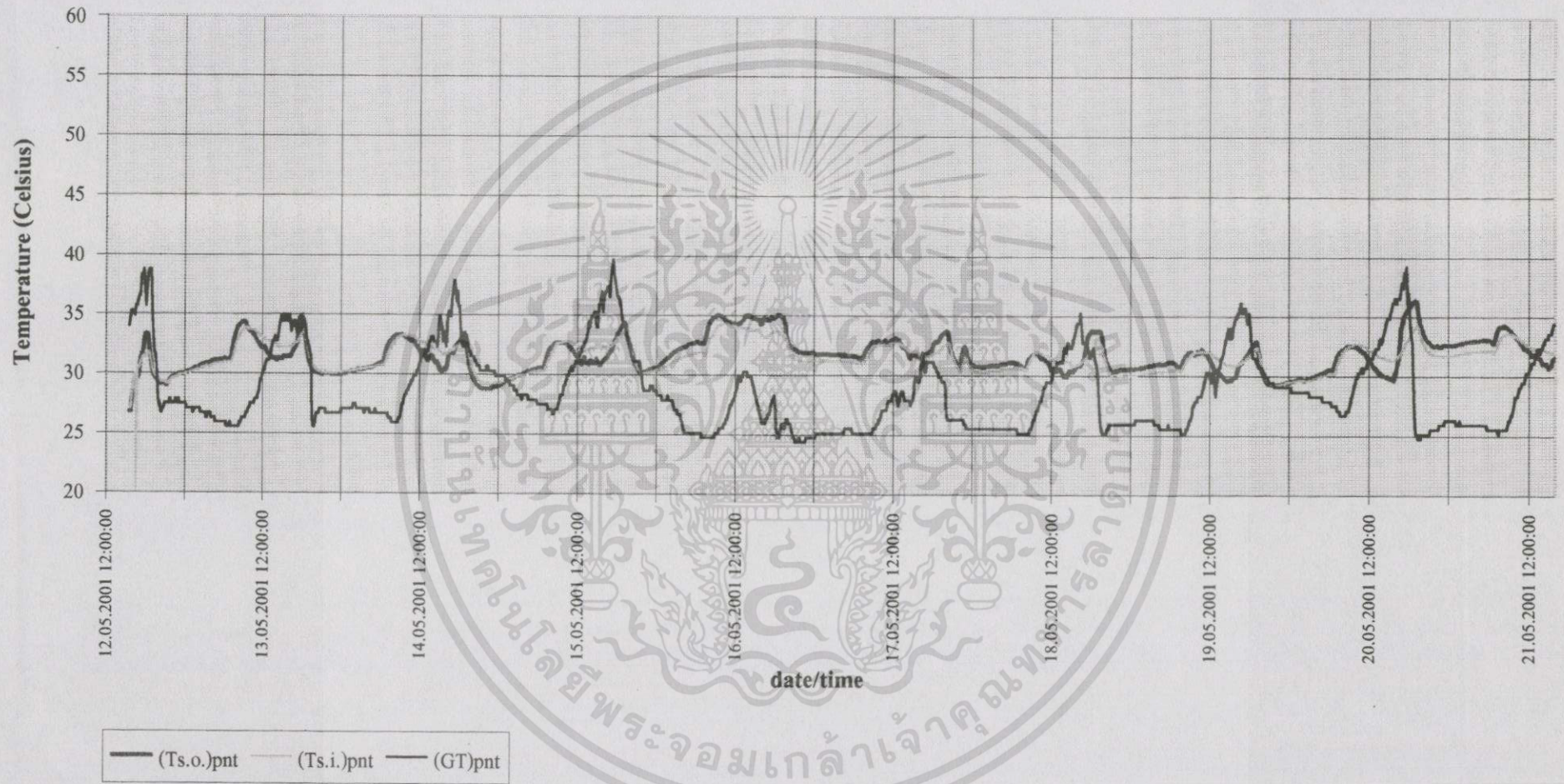
รูปที่ 7.17 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของระเบียงที่มีแผงบังแดดไม้เลื่อนในแนวตั้ง



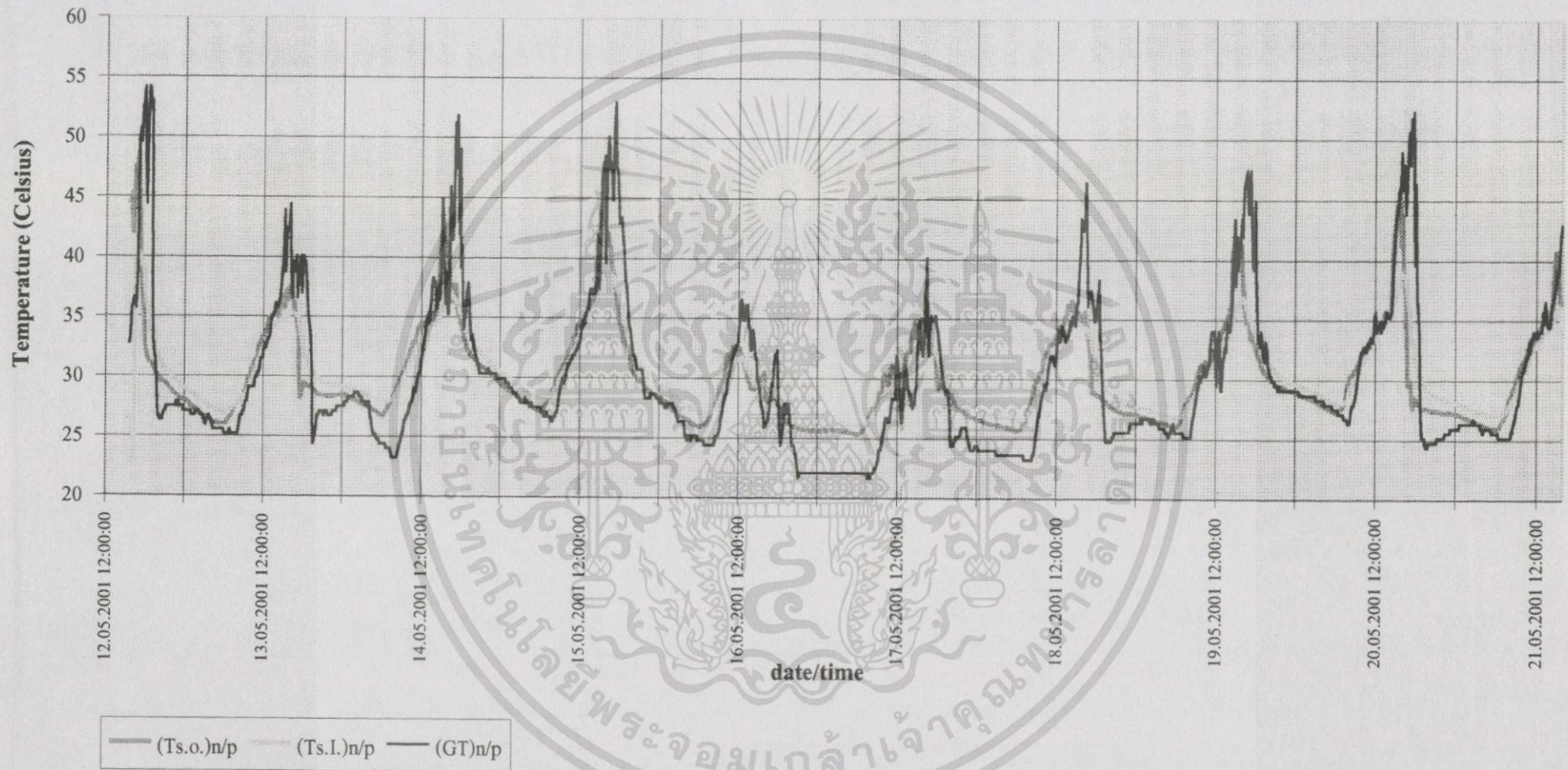
รูปที่ 7.18 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศ (Ta) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของระเบียบที่ไม่มีแผงบังแดด ไม้เถื่อนในแนวตั้ง



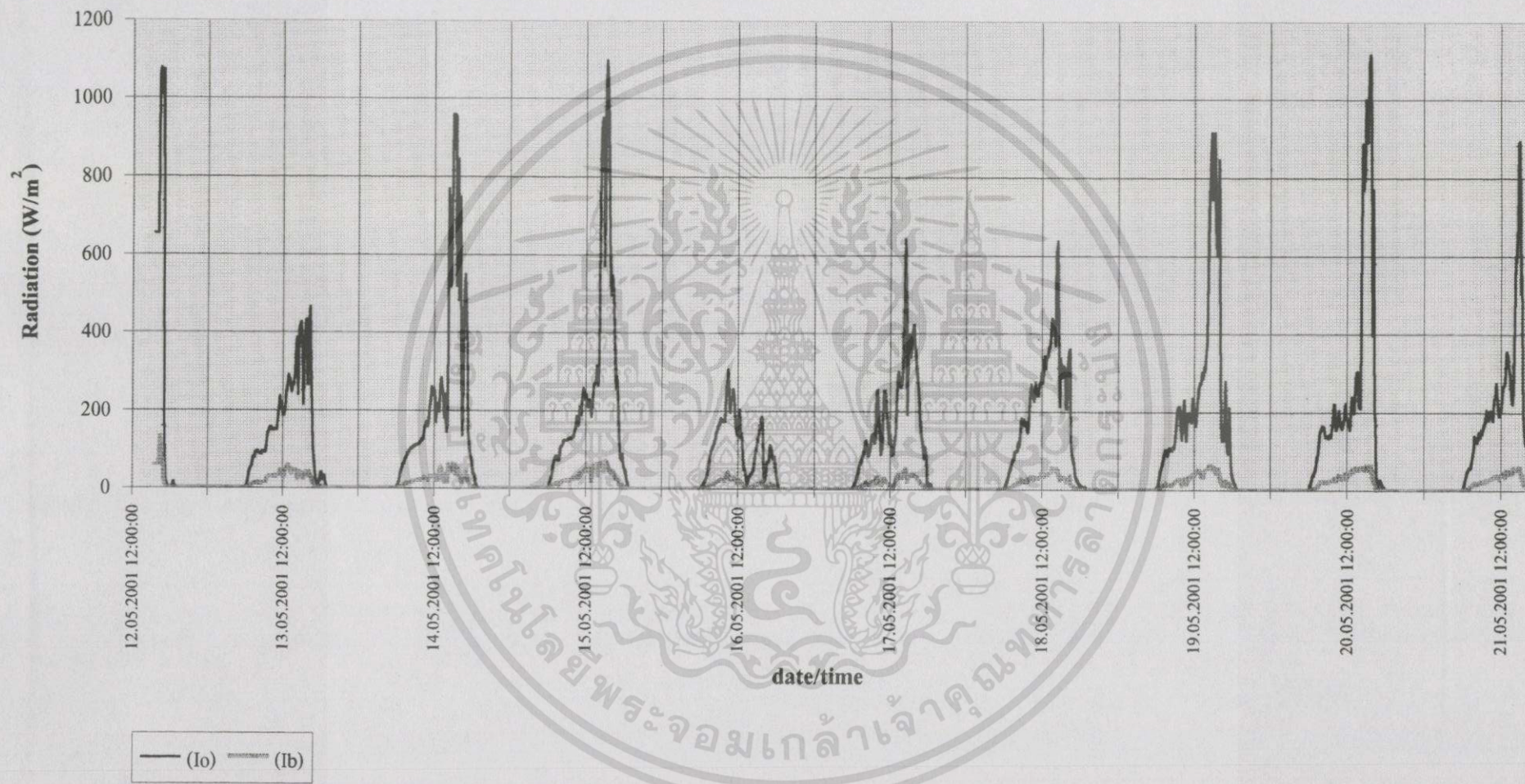
รูปที่ 7.19 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe temperature) ของบริเวณที่มีและ ไม่มีแผงบังแดดไม้เคี้ยวในแนวตั้ง



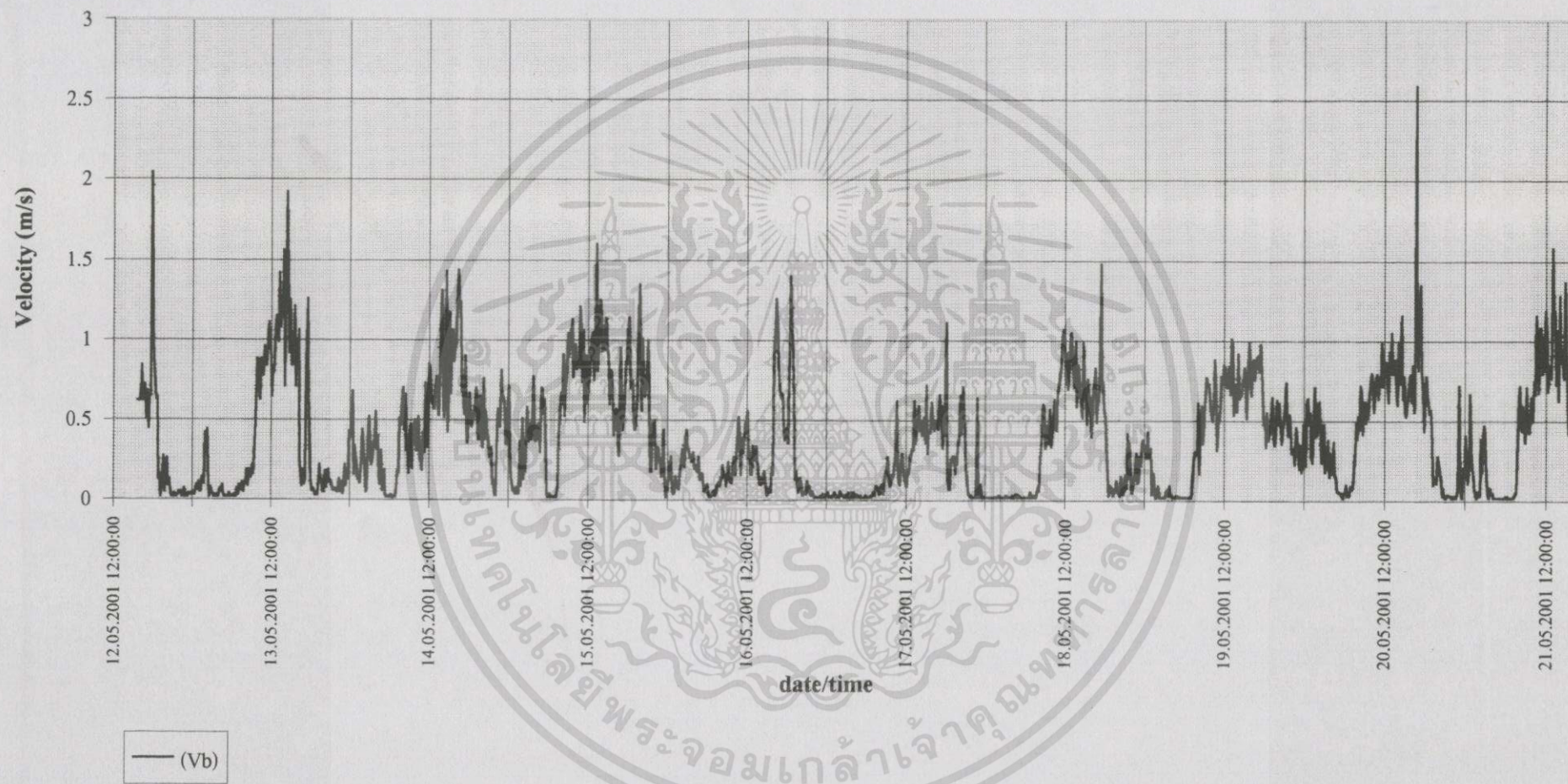
รูปที่ 7.20 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนัง (Ts) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของบริเวณที่มีแผงบังแดดไม้เดือยคลุมในแนวตั้ง



รูปที่ 7.21 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวผนัง (Ts) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ของบริเวณที่ไม่มีแผงบังแดด ไม้เลื้อยในแนวตั้ง



รูปที่ 7.22 กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวม (Radiation) บนผนังด้านทิศตะวันตกที่มีและไม่มีแผงบังแดดไม้เคียนในแนวตั้ง



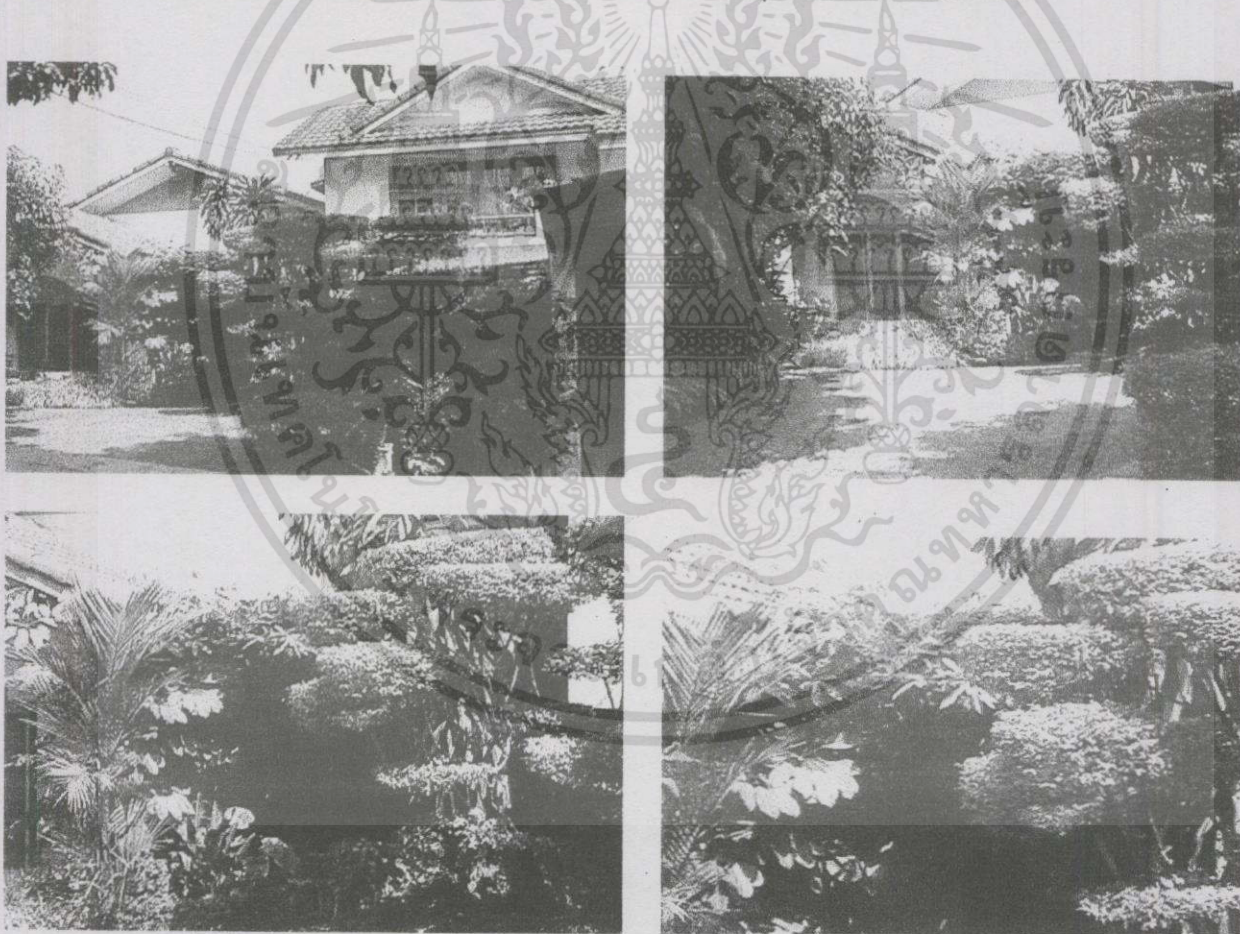
รูปที่ 7.23 กราฟแสดงความเร็วลมของระเบียงที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง

7.4 การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบ

7.4.1 กรอบการทดลอง

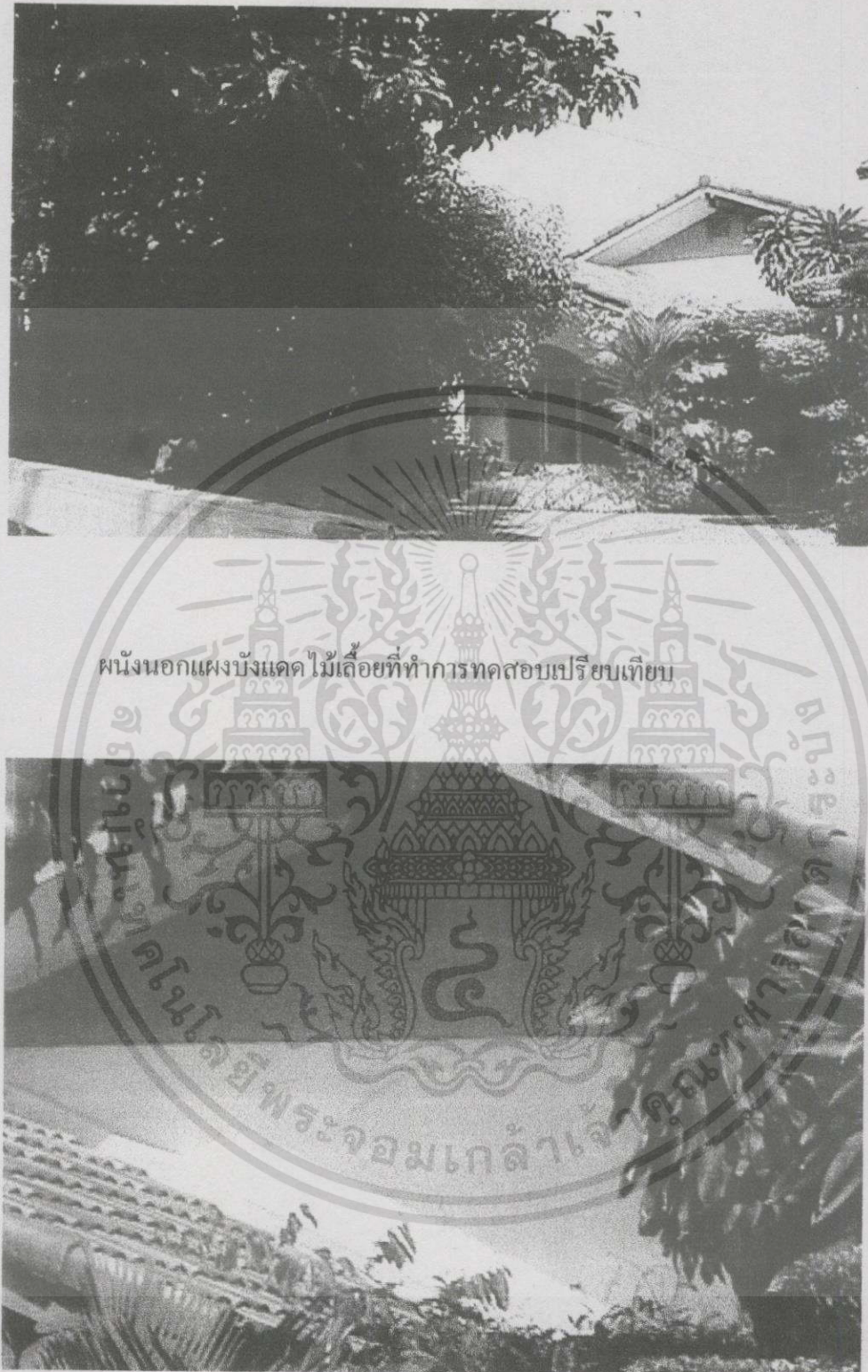
การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้พืชพรรณ ไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารในรูปแบบที่ 3 นี้ กระทำขึ้นที่บ้านพักอาศัยของ อาจารย์ยมนต์ผกา วงษา เลขที่ 00/0 หมู่บ้าน สัมมากร แขวง เขต กรุงเทพมหานคร มีลักษณะเป็นบ้านเดี่ยว คอนกรีต สูง 2 ชั้น หันหน้าไปทางทิศ ตะวันตก ผนังที่มีไม้เลื้อยติดตั้งเป็นแผงบังแดด เป็นผนังชั้นล่างของห้องรับประทานอาหาร อยู่ด้าน ทิศตะวันตกเช่นกัน ลักษณะเป็นผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นหนา 10 เซนติเมตร ฉาบปูนเรียบ ทาสีขาวทั้ง 2 ด้าน ด้านหน้าผนังเป็นเฉลียงกว้าง 2.00×4.00 เมตร ปูพื้นด้วยหินกาบ ต่อจากเฉลียงเป็นสนาม หญ้า

พืชพรรณไม้ที่ใช้เป็นแผงบังแดดคือต้นสายน้ำผึ้ง อยู่ในจำพวกไม้เลื้อย การเจริญเติบโต 100 % ความหนาของดินไม้ประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร ปกคลุมส่วนเฉลียงไว้ทั้งหมด



รูปที่ 7.24 อาคารที่ใช้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผนังนอกแผงบังแดด ไม่เลื้อยที่ทำการทดสอบเปรียบเทียบ

รูปที่ 7.24 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.2 วิธีการทดสอบ

7.4.2.1 ข้อมูลที่ต้องทำการทดสอบ

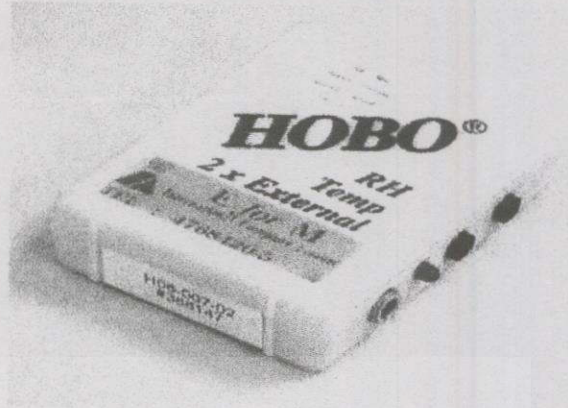
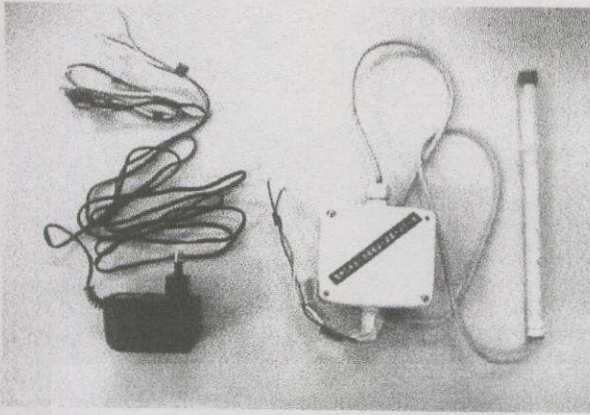
ทำการทดสอบตัวแปรต่างๆของผนังที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย เปรียบเทียบกับผนังที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย

1. ผนังที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยปกคลุม
 - 1.1 อุณหภูมิผิวผนังอาคารใต้ไม้เลื้อย ด้านนอก (T_{sop})
 - 1.2 อุณหภูมิอากาศ ใต้ไม้เลื้อยด้านนอก (T_p)
 - 1.3 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี ใต้ไม้เลื้อยด้านนอก (GB_p)
 - 1.4 ปริมาณการแผ่รังสีรวมบนระนาบผนังที่มีไม้เลื้อยคลุม (I_p)
 - 1.5 ความชื้น ใต้ไม้เลื้อย (RH)
2. ผนังที่ไม่มีแผงบังแดดปกคลุม
 - 2.1 อุณหภูมิผิวผนังอาคาร ด้านนอก (T_{so})
 - 2.2 อุณหภูมิอากาศ ด้านนอก (T_p)
 - 2.3 อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี ด้านนอก (GB)
 - 2.4 ปริมาณการแผ่รังสีรวมบนระนาบผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยคลุม (I)
 - 2.5 ความชื้น ด้านนอก (H)
 - 2.6 ความเร็วลม ด้านนอก (V_p)

7.4.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

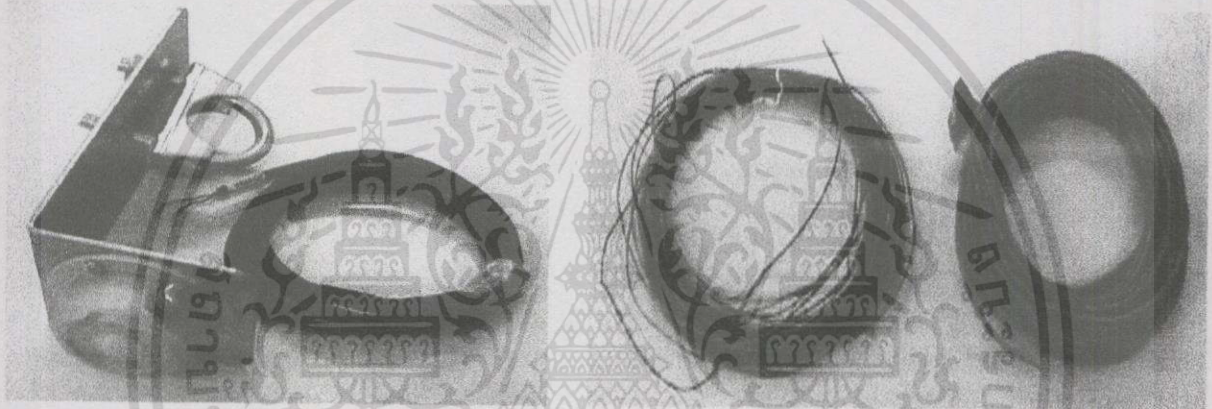
1. อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Logger)
 - 1.1 OPUS200 3 เครื่อง (6 ช่องสัญญาณ)
 - 1.2 HOBO 2 เครื่อง (4 ช่องสัญญาณภายใน 4 ช่องสัญญาณภายนอก) ใช้ 4 ช่องสัญญาณภายใน 2 ช่องสัญญาณภายนอก (globe ball)
2. อุปกรณ์รับสัญญาณ (Sensor)
 - 2.1 สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ Thermocouple K สำหรับ OPUS200 (2 จุด)
 - 2.2 Pyranometer สำหรับ OPUS200 (2 จุด)
 - 2.3 Anemometer สำหรับ OPUS200 (1 จุด)
 - 2.4 Globe ball สำหรับ HOBO (2 จุด)
 - 2.5 สายสัญญาณวัดอุณหภูมิ $-40\text{ F To }+212\text{ F TMC6 - HA}$ ต่อ globe ball สำหรับ HOBO (2 จุด)
3. อุปกรณ์ประกอบ (Accessory)
 - 3.1 Adapter สำหรับ OPUS 1 ตัว
 - 3.2 Adapter สำหรับ anemometer 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



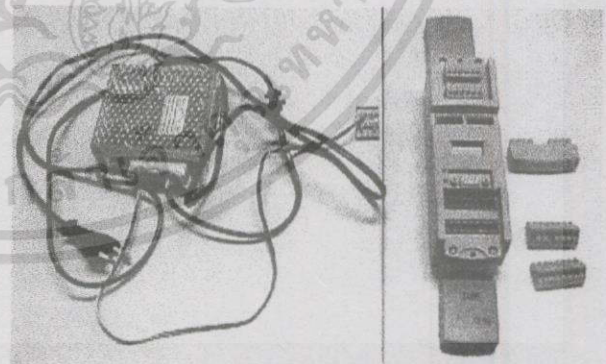
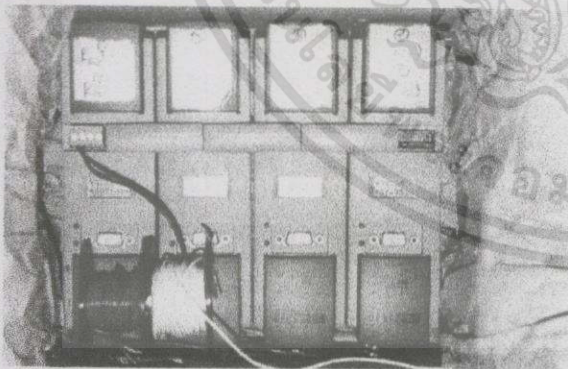
อุปกรณ์วัดความเร็วลม Anemometer

อุปกรณ์บันทึกข้อมูล HOBO



อุปกรณ์วัดปริมาณการแผ่รังสี Pyranometer

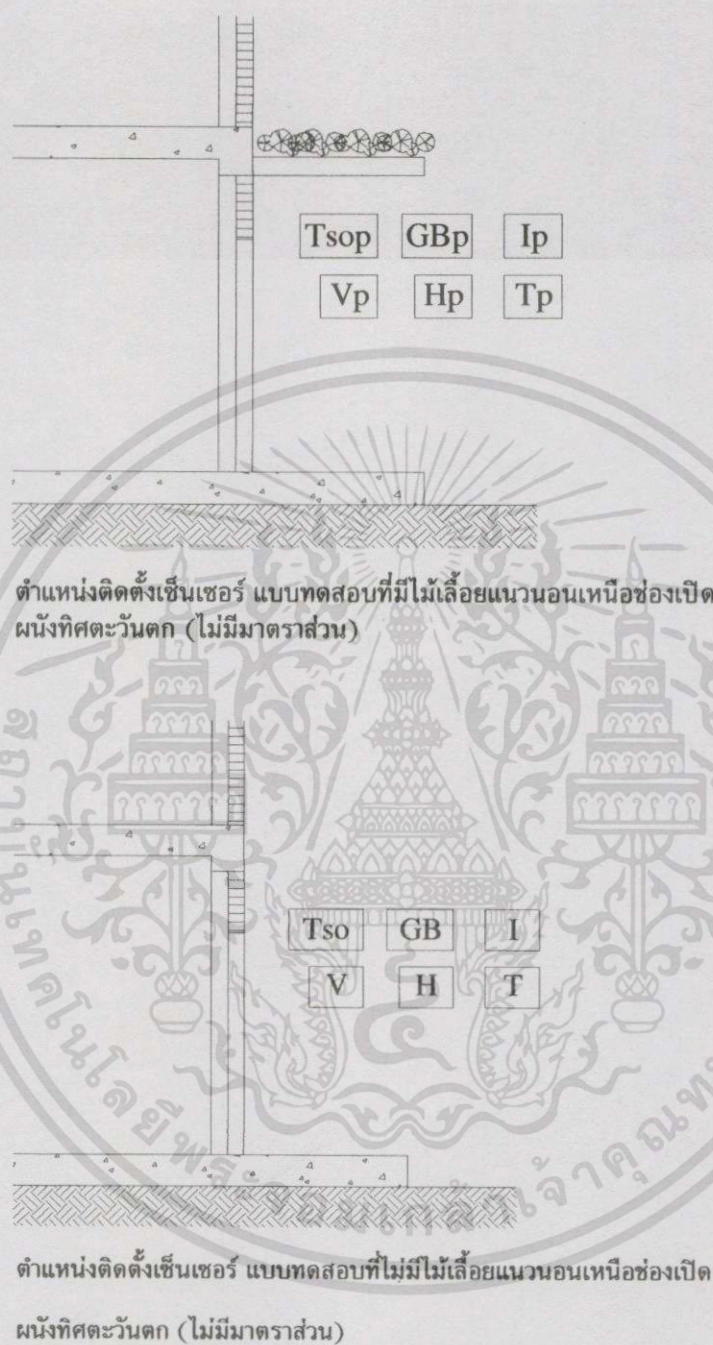
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิผิวผนัง Thermocouple



อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล OPUS

รูปที่ 7.25 อุปกรณ์ในการทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.25 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.2.3 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล

ตารางที่ 7.7 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล OPUS200 (3 เครื่อง 6 ช่องสัญญาณ)

ลำดับ	ID	ช่องสัญญาณ	Sensor	ค่าที่ตั้ง	หน่วย
1	241	1	Thermocouple K	(T_{sop})	$^{\circ}\text{C}$
2	241	2	Thermocouple K	(T_{so})	$^{\circ}\text{C}$
3	340	1	Pyranometer: 100mV/1000w/m ²	I_p	W/m ²
4	340	2	Pyranometer: 100mV/1000w/m ²	I	W/m ²
5	364	1	Anemometer: 4-20 mA / 0-20 m/s	V_p	m/s

ตั้งคาบเวลาการเก็บข้อมูล 10 นาที

ตารางที่ 7.8 การตั้งค่าเครื่องมือเก็บข้อมูล HOBO (2 เครื่อง 8 ช่องสัญญาณ)

ลำดับ	ID	ช่องสัญญาณ	Sensor	ค่าที่ตั้ง	หน่วย
1	388145	1	Temperature fixed internal	(T_p)	$^{\circ}\text{C}$
2	388145	2	RH fixed internal	(H_p)	%RH
3	388145	3	Temperature -40F To +212F TMC6- HA	(GBp)	$^{\circ}\text{C}$
4	388145	4	* not use	-	-
5	388147	1	Temperature fixed internal	(T)	$^{\circ}\text{C}$
6	388147	2	RH fixed internal	(H)	%RH
7	388147	3	Temperature -40F To +212F TMC6- HA	(GB)	$^{\circ}\text{C}$
8	388147	4	* not use	-	-

ตั้งคาบเวลาการเก็บข้อมูล 10 นาที

7.4.2.4 ช่วงเวลาและสภาพการณ์ในการทดสอบ

ทำการทดสอบในวันที่ 10 ตุลาคม 2544 เวลา 18.00 น. ถึงวันที่ 29 ตุลาคม 2544 เวลา 14.40 น. รวม 20 วัน โดยจะทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ช่วงเวลาที่นำมาแสดงผลคือวันที่ 11 - 12 และ 20 - 28 ตุลาคม 2544 ซึ่งมีสภาพอากาศต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 7.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.9 สภาพอากาศในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ

วันที่	รายละเอียด
11 ต.ค. 44	เมฆเล็กน้อยทั้งวัน เทียงแดดแรงลมพัดเล็กน้อยไม่มีฝน
12 ต.ค. 44	เช้าตรู่ถึงช่วงสายฝนตกหนักมีแดดในช่วงบ่ายลมสงบฝนไม่ตก
20 ต.ค. 44	เมฆเล็กน้อยแดดปานกลางลมเล็กน้อย ไม่มีฝนตก
21 ต.ค. 44	เมฆมากไม่มีแดดลมสงบไม่มีฝน
22 ต.ค. 44	ฝนโปรยตั้งแต่ช่วงสาย มีแดดออกในช่วงบ่าย
23 ต.ค. 44	ฝนตกเล็กน้อย เมฆครึ้มฝนตลอดทั้งวัน
24 ต.ค. 44	เมฆและแดดปานกลางลมเล็กน้อยมีฝน โปรยเช้าตรู่และกลางดึก
25 ต.ค. 44	เมฆและแดดปานกลางลมเล็กน้อยมีฝน โปรยเช้าตรู่และกลางดึก
26 ต.ค. 44	เมฆมากแดดออกเล็กน้อยลมสงบ ไม่มีฝน
27 ต.ค. 44	เมฆมากแดดเล็กน้อยลมเล็กน้อยบ่ายฝนตกหนัก
28 ต.ค. 44	ฝน โปรยตั้งแต่ช่วงสาย มีแดดออกในช่วงบ่าย

7.4.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้เป็นแผงบังแดดในแนวราบ ได้ผลดังนี้

7.4.3.1 อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

จากกราฟรูปที่ 7.26 และรูปที่ 7.27 แสดงค่าการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้แผงบังแดด และส่วนที่อยู่นอกแผงบังแดดไม้เลื้อย ในวันที่ท้องฟ้าปกติ (วันที่ 20 และวันที่ 21 ตุลาคม 2544) อุณหภูมิอากาศในบริเวณทั้งสองเริ่มแปรเปลี่ยนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา 7.00 น. โดยอุณหภูมิอากาศบริเวณนอกแผงบังแดดไม้เลื้อยมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 25°C ที่เวลา 7.00 น. จนมีค่าสูงสุดที่ 50°C เมื่อเวลา 15.00 น. ส่วนบริเวณที่อยู่ใต้ไม้เลื้อย อุณหภูมิอากาศปรับตัวสูงขึ้นอย่างช้าๆ จาก 25°C ที่เวลา 7.00 น. เช่นกัน จนมีค่าสูงสุดที่ 32°C เมื่อเวลา 15.00 น. ซึ่งต่ำกว่าบริเวณนอกแผงบังแดดไม้เลื้อยอยู่ถึง 18°C จากนั้นค่าอุณหภูมิอากาศของบริเวณทดสอบทั้งสองเริ่มปรับลดลง โดยอุณหภูมิอากาศของส่วนที่อยู่นอกแผงบังแดดมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว จนเริ่มช้าลงเมื่อเวลา 19.00 น. และยังคงลดลงต่อไปเรื่อยๆจนมีค่าต่ำสุดที่ 25°C เมื่อเวลา 6.00 น ส่วนอุณหภูมิอากาศของบริเวณใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยหลังจากเวลา 15.00 น. มีการแปรเปลี่ยนลดลงอย่างช้าๆ จนมีอุณหภูมิเท่ากันกับส่วนนอกแผงบังแดดที่ประมาณ 29°C เมื่อเวลา 19.00 น. และมีค่าต่ำสุดที่ $25 - 26^{\circ}\text{C}$ เมื่อเวลา 6.00 น. เช่นเดียวกับบริเวณนอกแผงบังแดด ในช่วงกลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00 น. จนถึง 6.00 น. ของวันถัดไป ค่าการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอากาศทั้งสองบริเวณมีลักษณะลดลงเป็นเส้นขนาน โดยที่อุณหภูมิอากาศของส่วนที่อยู่ใต้แผงบังแดดมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยประมาณ 1°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวันที่มีฝนตก (Rainy Day) คือวันที่ 23 ตุลาคม 2544 (ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ มีฝนตกในช่วงกลางคืนเป็นส่วนใหญ่) อุณหภูมิอากาศของบริเวณพื้นที่ทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่เพียง $2 - 5^{\circ}\text{C}$ โดยตลอดทั้งวันแทบจะไม่มี ความแตกต่างของอุณหภูมิ

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของส่วนที่อยู่ใต้แผงบังแดดไม้เดียวกับส่วนนอกแผงบังแดดไม้เดียวกันในกราฟรูปที่ 7.28 ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวันที่ท้องฟ้าปกติ ความชื้นสัมพัทธ์ของบริเวณที่ไม่มีแผงบังแดดมีค่าต่ำสุดที่ประมาณ 30% ส่วนบริเวณใต้แผงบังแดดไม้เดียวกันมีค่าต่ำสุดที่ประมาณ 60 - 65 % ซึ่งสูงกว่าบริเวณแรกอยู่ประมาณ 30 - 35 % ส่วนในเวลากลางวัน ความชื้นสัมพัทธ์ของบริเวณทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 85 - 90 % โดยบริเวณใต้แผงบังแดดมีค่าต่ำกว่าประมาณ 3 - 5 %

7.4.3.2 อุณหภูมิผิวผนัง (Surface Temperature) (T_s)

จากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดและนอกแผงบังแดดไม้เดียวกันในรูปที่ 7.29 และ 7.30 ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวันที่ท้องฟ้าปกติ (วันที่ 20 และ 21 ตุลาคม 2544) อุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดมีค่าสูงสุดที่ $43 - 45^{\circ}\text{C}$ ขณะที่อุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เดียวกันมีค่าเพียง $28 - 29^{\circ}\text{C}$ ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดถึง $15 - 17^{\circ}\text{C}$

ลักษณะการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดไม้เดียวกัน มีการเพิ่มลดอย่างรวดเร็ว มีค่าสูงสุดต่ำสุดแตกต่างกันอย่างมาก โดยอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดไม้เดียวกันเริ่มมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลา 7.00 น. และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดเมื่อเวลา 15.30 น. หลังจากนั้นจึงปรับตัวลดลง ซึ่งลดลงอย่างรวดเร็วอีกเช่นกัน และเริ่มลดต่ำลงในช่วงกลางคืน จนมีค่าต่ำสุดที่ 26°C ที่เวลา 6.00 น. ของเช้าวันถัดไป

ส่วนอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เดียวกันเริ่มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา 7.00 น. เช่นเดียวกับผนังนอกแผงบังแดด โดยเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จนมีค่าสูงสุดที่ประมาณ $25 - 28^{\circ}\text{C}$ เมื่อเวลา 15.00 น. จากนั้นจึงค่อยๆ ลดต่ำลงจนมีค่าต่ำสุดเมื่อเวลา 7.00 น. ของเช้าวันถัดไปเช่นกัน ลักษณะโดยรวมของกราฟอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เดียวกันแทบจะเป็นเส้นตรง

ในวันที่ฝนตก กราฟอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เดียวกันเป็นเส้นตรงตลอดทั้งวัน โดยมีค่าอุณหภูมิผิวผนังอยู่ที่ 26°C มีการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยประมาณ $0 - 1^{\circ}\text{C}$ หรือกล่าวได้ว่าแทบจะไม่มี การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิ ส่วนอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดไม้เดียวกันมีการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นบ้างในช่วงที่ฝนหยุดตก แต่ก็ไม่มากนัก อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 30°C ซึ่งอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดตลอดทั้งวันยังคงสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เดียวกัน

ในช่วงบ่ายถึงกลางคืน อุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดจะลดลงได้รวดเร็วกว่าผนังใต้แผงบังแดด โดยจะลดต่ำลงในช่วงกลางคืน ขณะที่อุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ใดๆก็ตาม อุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดที่ลดลงอย่างรวดเร็วนี้ก็ยังคงมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิว

ผนังใต้แผงบังแดด และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังทดสอบทั้งสองตลอดทั้งวัน อุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดยังคงสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดด้วย (รูปที่ 7.30)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิผิวผนังและอุณหภูมิอากาศของส่วนที่อยู่ใต้แผงบังแดดไม่เหมือนกับส่วนที่อยู่นอกแผงบังแดดในรูปที่ 7.31 และ 7.32 จะเห็นว่า ลักษณะการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิทั้งสองดังกล่าว มีลักษณะที่เหมือนกัน โดยกราฟของบริเวณใต้แผงบังแดดมีลักษณะเกือบจะเป็นเส้นตรงตลอดทั้งวัน มีการแปรเปลี่ยนเพิ่มลดในช่วงกลางวันเพียงเล็กน้อย ประมาณ $3 - 5^{\circ}\text{C}$ ส่วนบริเวณนอกแผงบังแดด การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิในช่วงกลางวันมีการเพิ่มลดอย่างชัดเจน อุณหภูมิแตกต่างจากในเวลากลางคืนถึง $15 - 20^{\circ}\text{C}$

7.4.3.3 อุณหภูมิการแผ่รังสีรวม (Globe Temperature) (GT)

จากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีบริเวณใต้แผงบังแดดและนอกแผงบังแดดไม่ได้อยู่ในรูปที่ 7.33 และ 7.34 ในช่วงกลางวันของวันที่ท้องฟ้าปกติ อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีบริเวณนอกแผงบังแดดมีค่าสูงกว่าบริเวณใต้แผงบังแดดไม่ได้อยู่ โดยในเวลา 14.00 น. อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีมีค่าสูงสุดที่ 43°C ส่วนบริเวณใต้แผงบังแดดมีค่าสูงสุดเพียง 32°C ซึ่งแตกต่างกันถึง 11°C ส่วนเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 19.00 น. ถึง 21.00 น. ค่าอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีมีค่าเท่ากัน หลังจากนั้น บริเวณนอกแผงบังแดดจะมีค่าลดลงต่ำกว่าเล็กน้อยประมาณ $0.5 - 1^{\circ}\text{C}$ จนถึงเช้าวันถัดไป

ค่าอุณหภูมิอากาศ (T_p) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT_{pnt}) ของบริเวณใต้แผงบังแดดไม่ได้อยู่ที่นำมาเปรียบเทียบกันในกราฟรูปที่ 7.35 ในช่วงเช้าถึงบ่าย ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง 14.30 น. ค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีการแผ่รังสีให้กับบริเวณทดสอบ ส่วนในช่วงเย็นจนถึงกลางคืน ค่าอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ แสดงว่าสภาพแวดล้อมไม่มีผลต่ออุณหภูมิที่บริเวณทดสอบ

7.4.3.4 ปริมาณการแผ่รังสีรวม (Radiation)

ในกราฟรูปที่ 7.36 และ 7.37 เปรียบเทียบปริมาณการแผ่รังสีรวมบนผนังด้านทิศตะวันตกใต้แผงบังแดด และนอกแผงบังแดดไม่ได้อยู่ ในช่วงระหว่างวันที่ท้องฟ้าปกติ (Clear day) คือวันที่ 21/10/2001 (รูปที่ 7.36) กราฟจะเริ่มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาประมาณ 7.00 น. จนกระทั่งในเวลา 14.00 น. ปริมาณรังสีรวมจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีค่าสูงสุดที่ 500 W/m^2 ในเวลา 15.00 น. ในวันที่มีเมฆบางส่วน (Partly cloudy day) วันที่มีเมฆมาก (Cloudy day) และวันที่ฝนตก (Rainy day) ลักษณะของกราฟมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับวันที่ท้องฟ้าปกติ เพียงแตกต่างกันที่วันดังกล่าวกราฟมีค่าต่ำกว่า

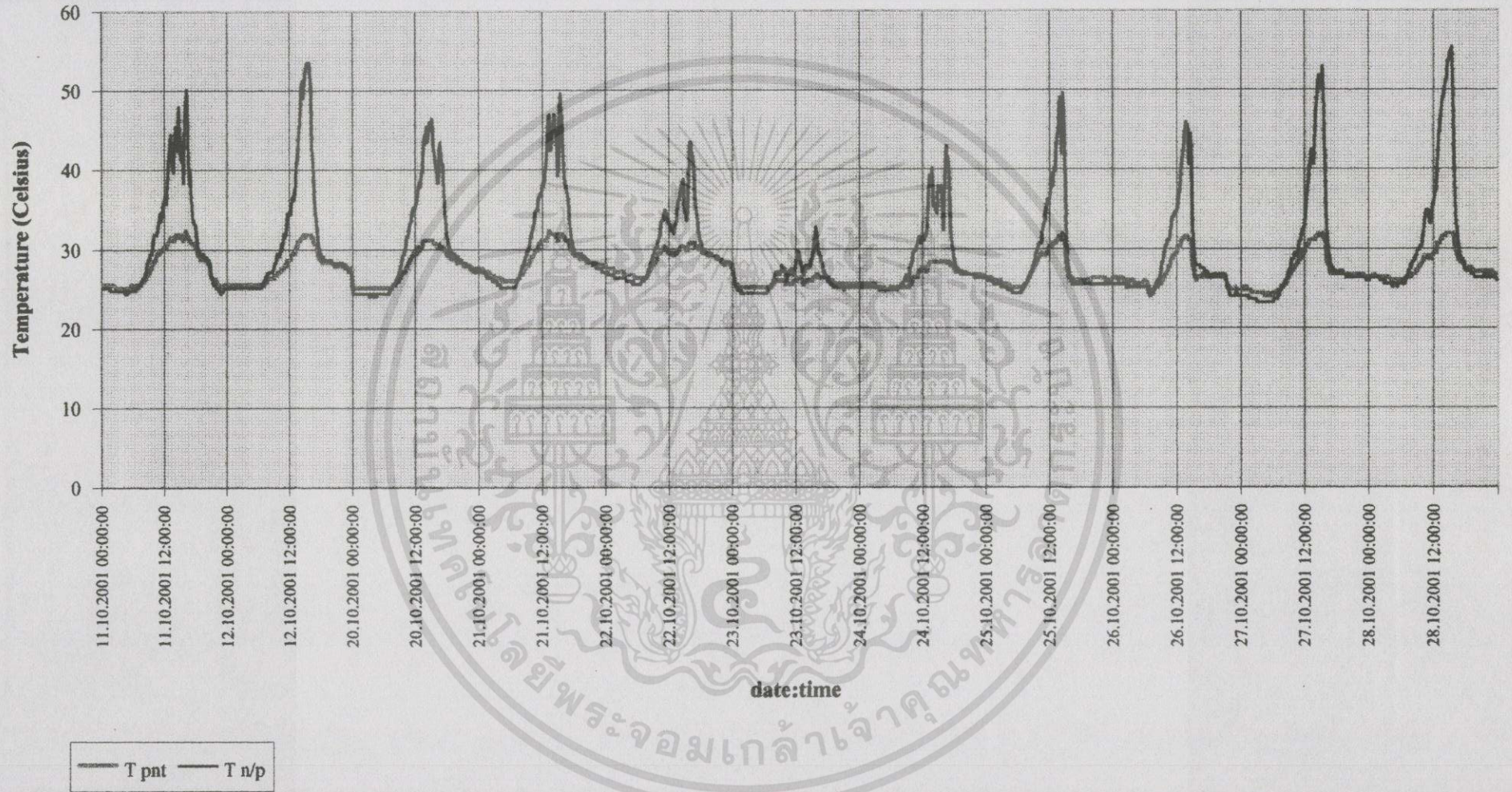
ขณะที่ปริมาณรังสีรวมของผนังด้านทิศตะวันตกใต้แผงบังแดดไม่ได้อยู่ (in shade) มีค่าสูงสุดที่ประมาณ 20 W/m^2 ในช่วงเวลาและวันเดียวกันของวันที่ท้องฟ้าปกติ รูปแบบของกราฟในวันที่มีสภาพอากาศต่างๆ เกือบจะเท่ากัน โดยมีค่าสูงสุดประมาณ $10 - 20 \text{ W/m}^2$ เมื่อเทียบกับกราฟปริมาณรังสีรวมของผนังที่นอกแผงบังแดดไม่ได้อยู่ จะเห็นความแตกต่างที่สูงมาก กล่าวคือแผงบังแดดไม่ได้อยู่สามารถสามารถลดปริมาณรังสีรวมที่ผนังภายนอกได้มากกว่า 90 % แม้ในช่วงเวลาที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

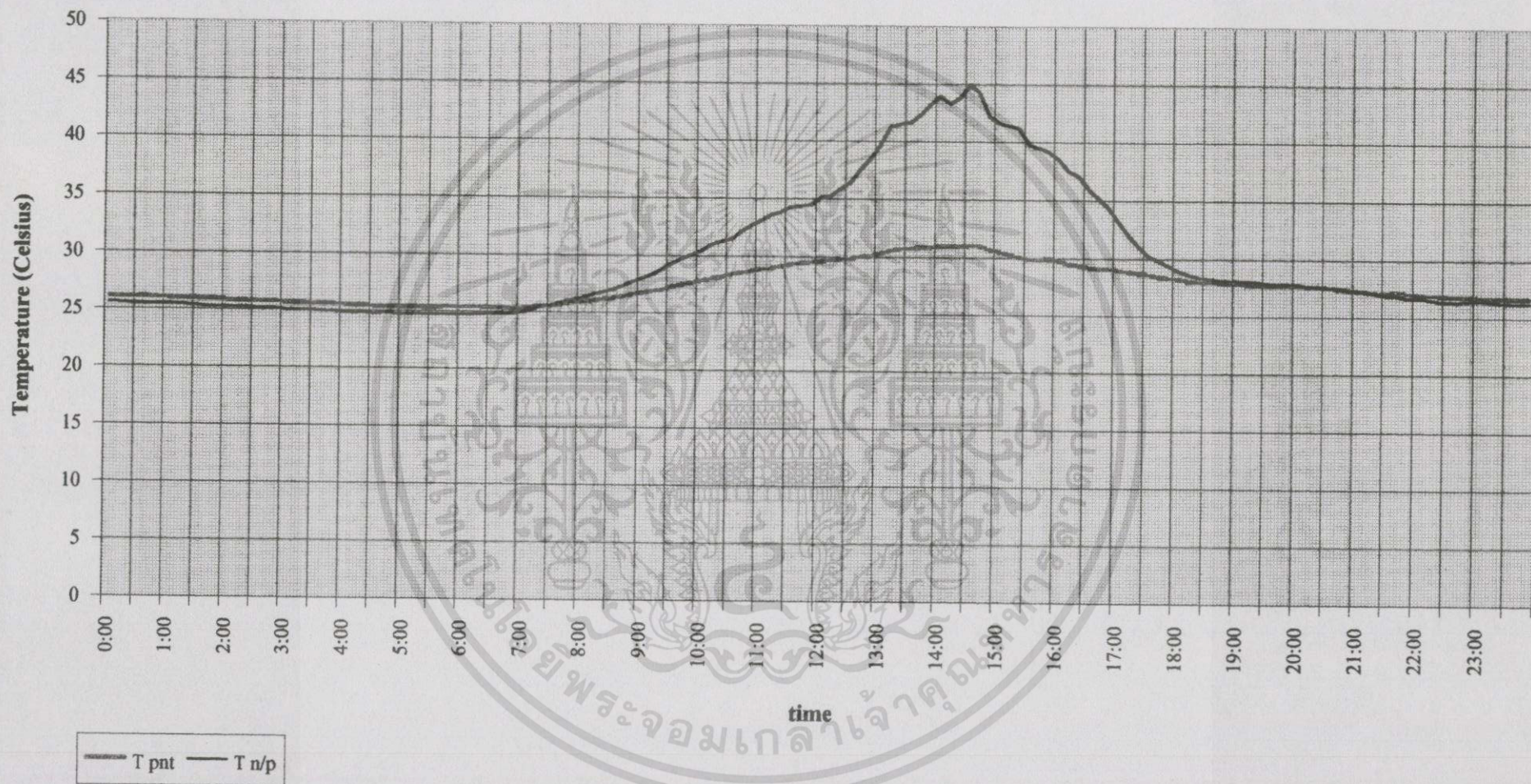
ฝนตก ปริมาณรังสีรวมของผนังใต้แผงบังแดดยังคงต่ำกว่าความผนังนอกแผงบังแดด แม้ว่าจะต่างกันไม่
มากก็ตาม



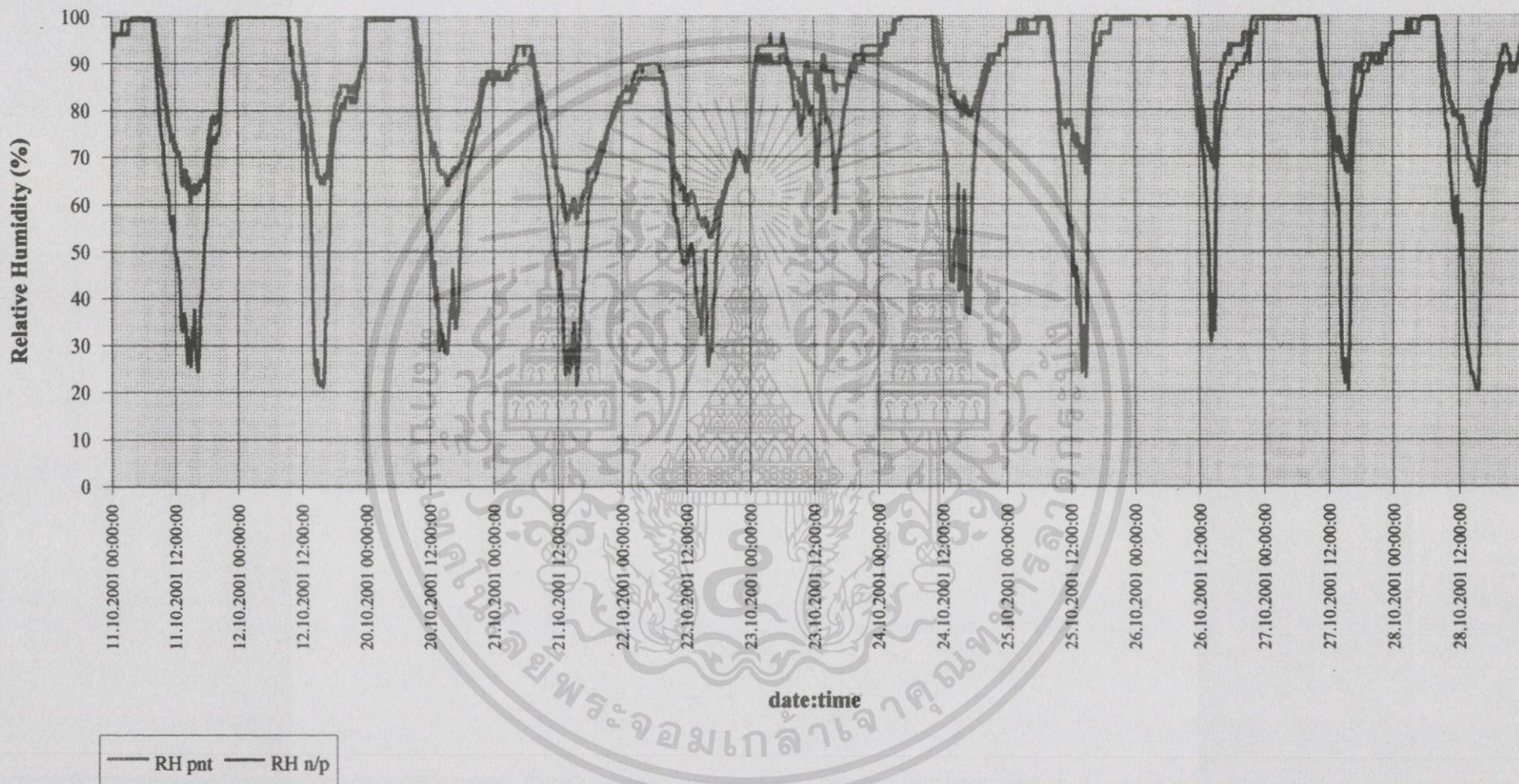
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



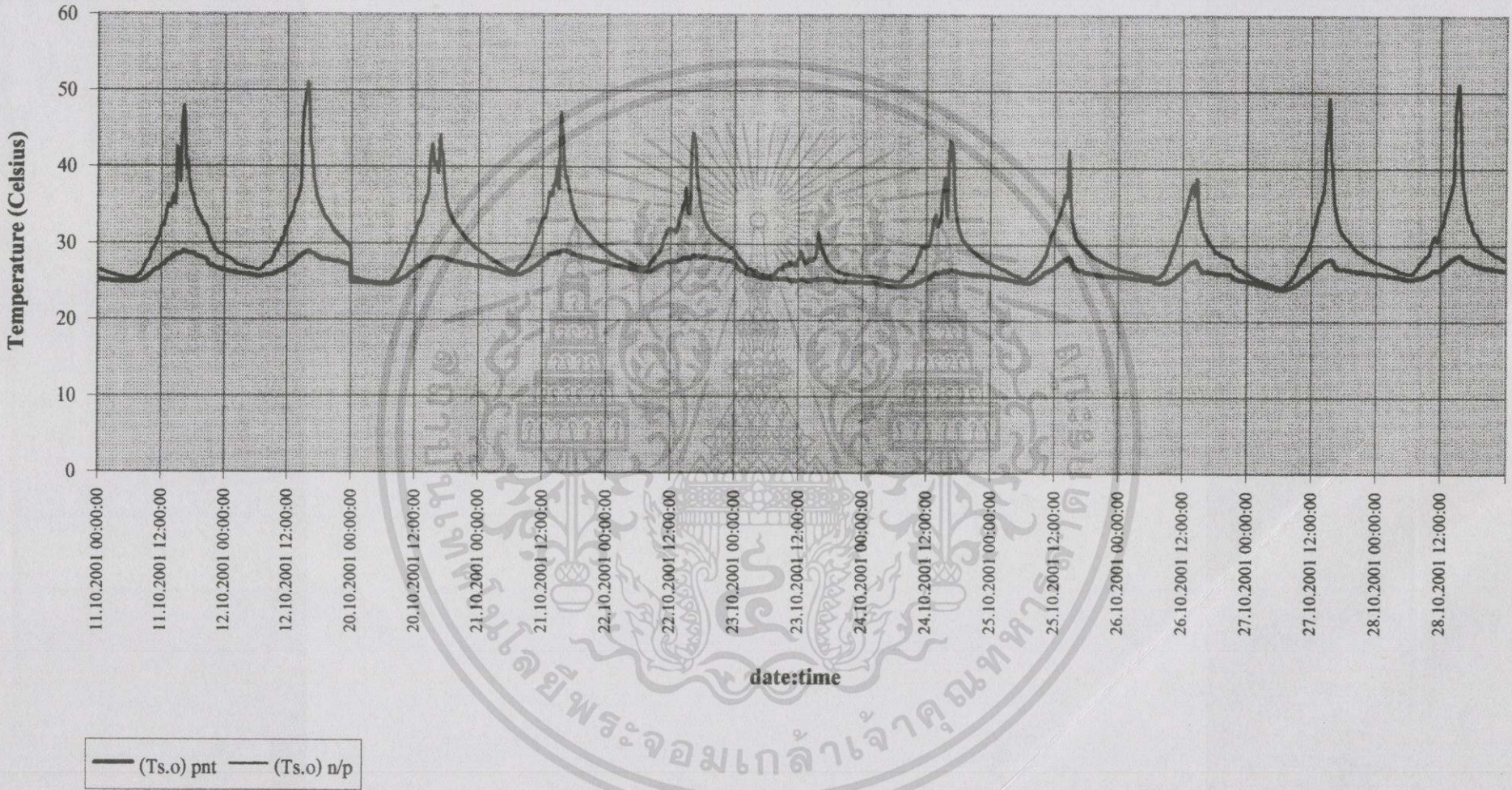
รูปที่ 7.26 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้แผงบังแดด (T_{pnt}) และนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย (T_{n/p})



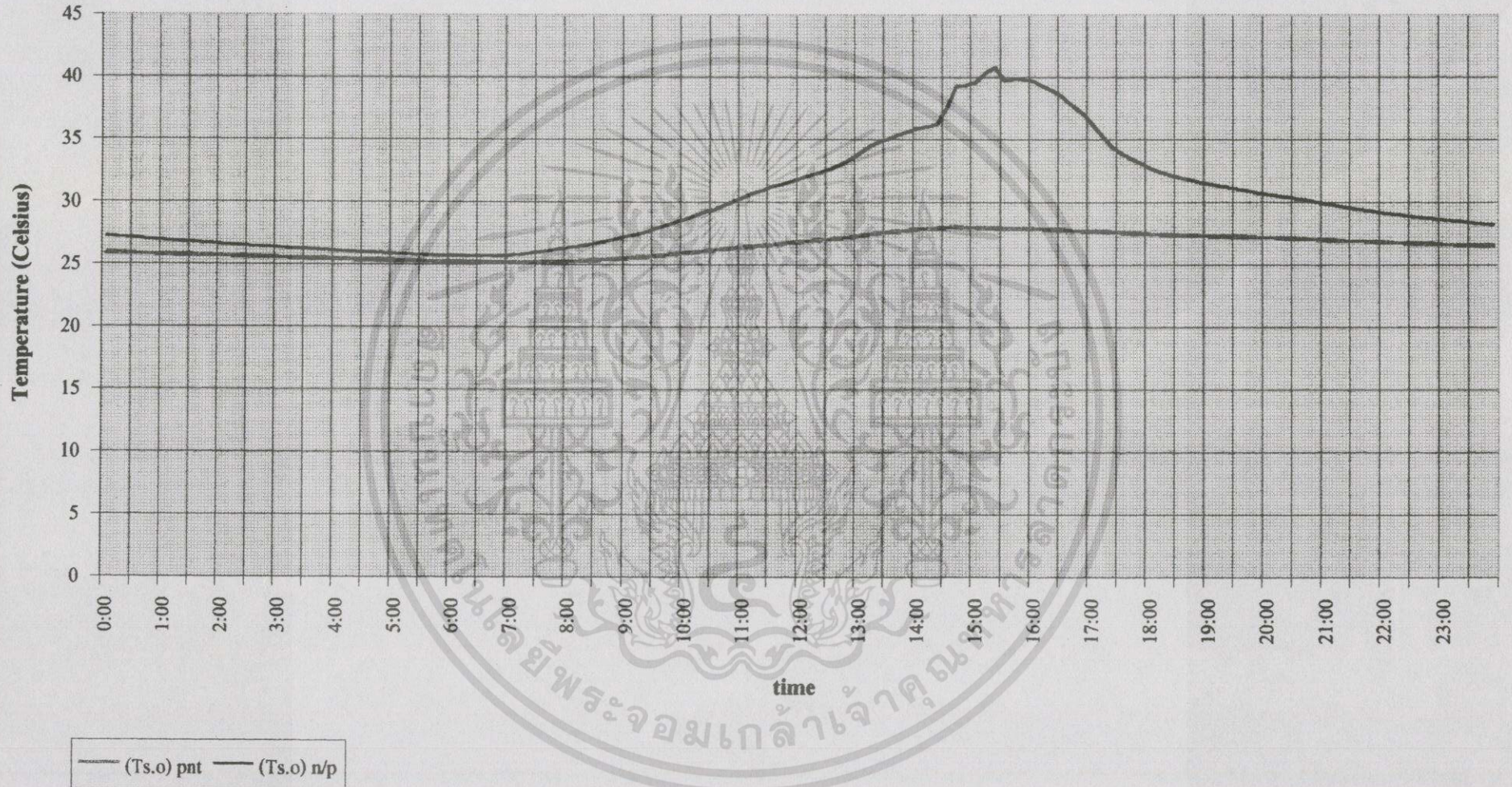
รูปที่ 7.27 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณที่มีแผงบังแดด (T pnt) และ ไม่มีแผงบังแดด ไม้เลื้อย (T n/p) ในแนวราบเฉลี่ยใน 1 วัน



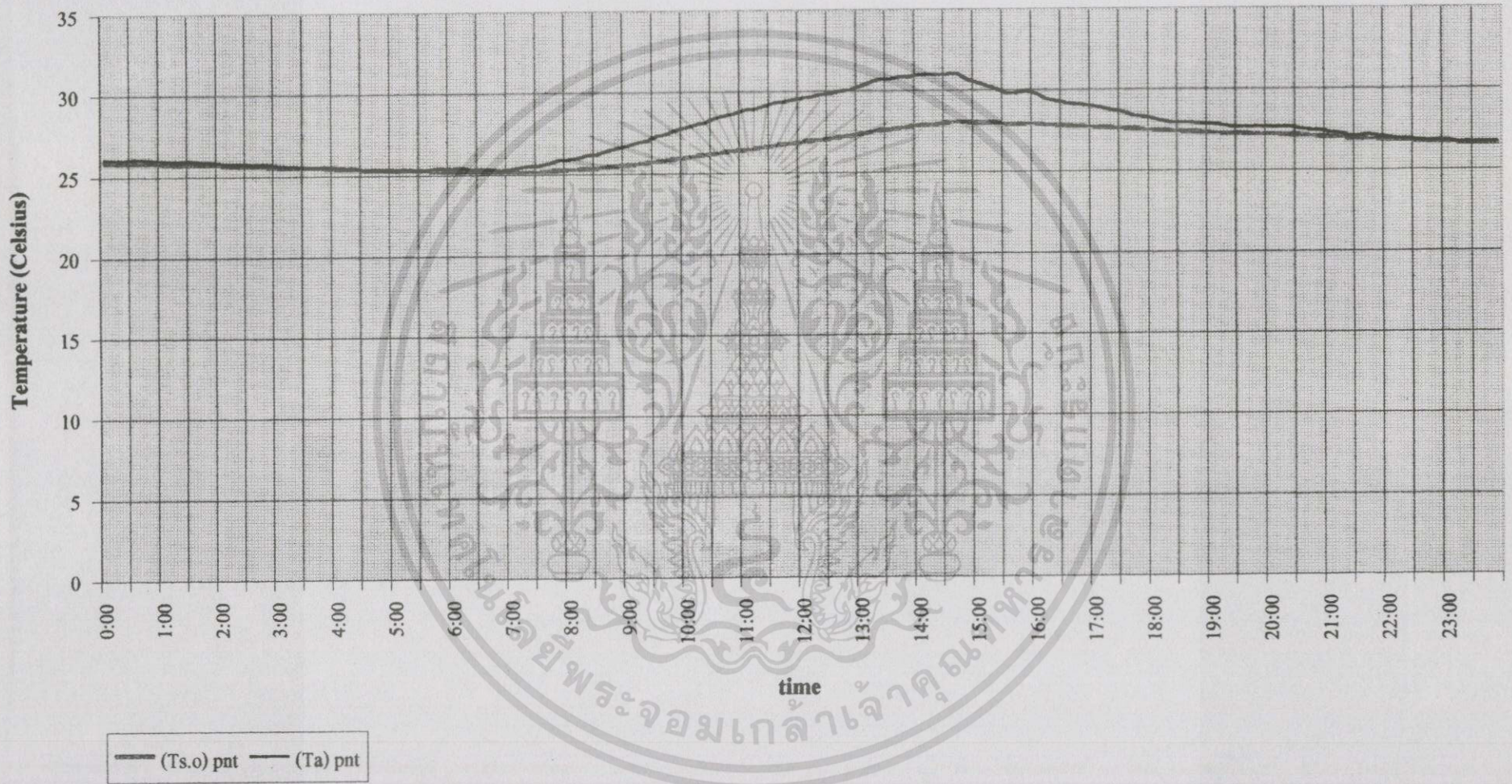
รูปที่ 7.28 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ได้แผงบังแดด (RHpnt) และ นอกแผงบังแดดไม้เลื้อย (RHn/p)



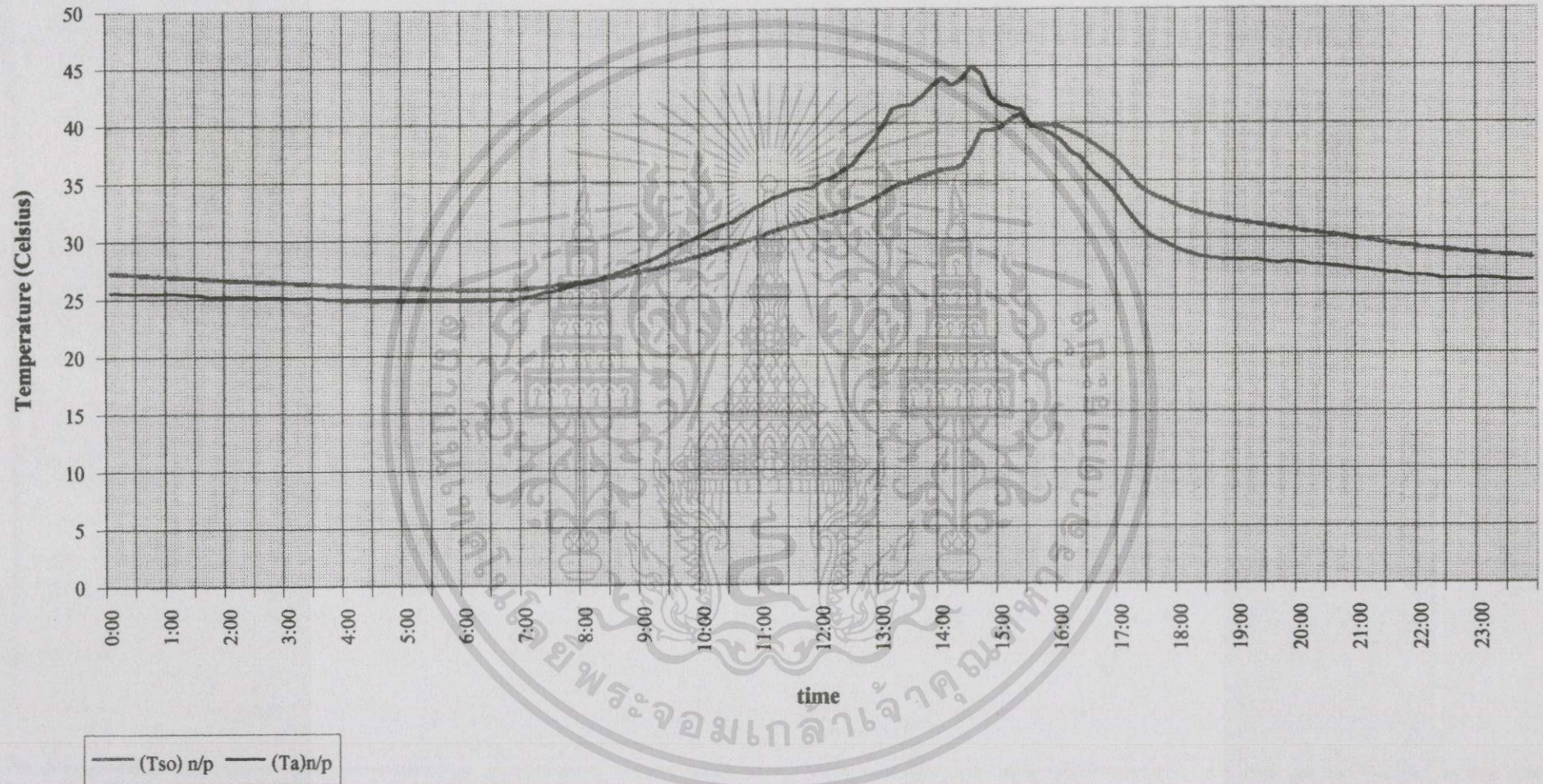
รูปที่ 7.29 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนัง (Surface Temperature) ได้แผงบังแดด (Tso pnt) และนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย (Tso n/p)



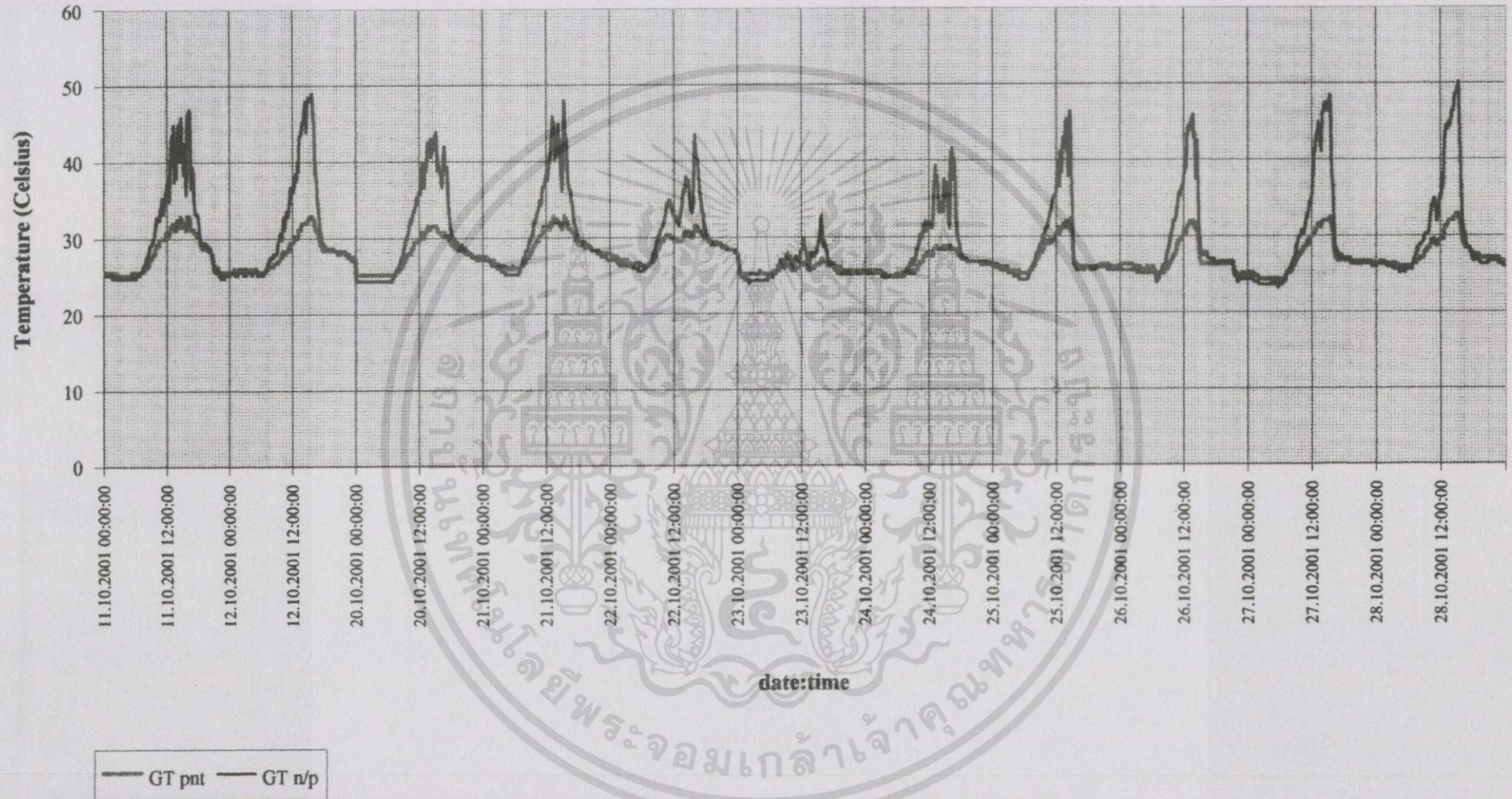
รูปที่ 7.30 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังที่มีแผงบังแดด (Ts.o)pnt และไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย (Ts.o)n/p ในแนวราบ เฉลี่ยใน 1 วัน



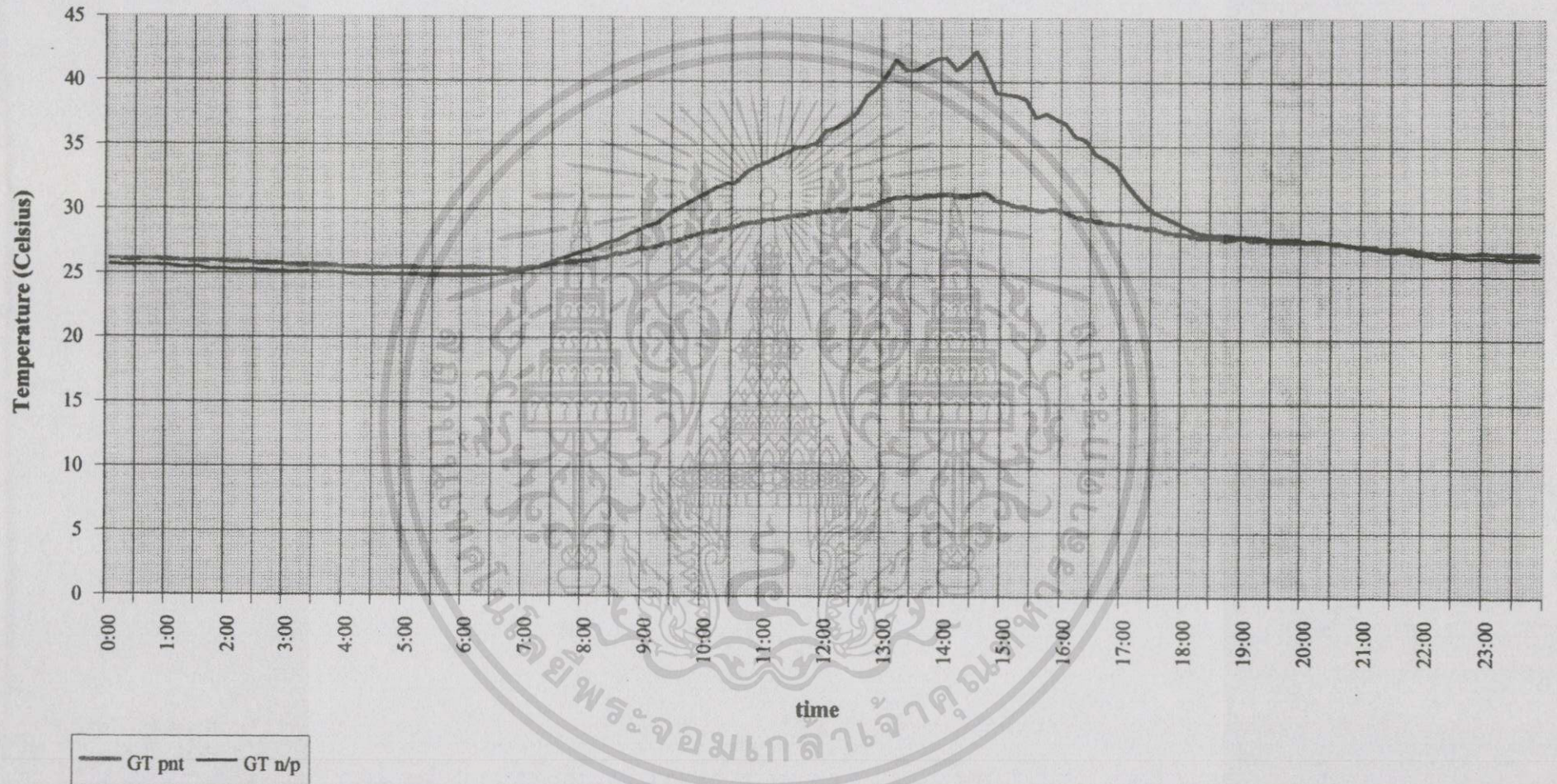
รูปที่ 7.31 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนัง (Ts.o)pnt และอุณหภูมิอากาศ (Ta)pnt ส่วนที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ เฉลี่ยใน 1 วัน



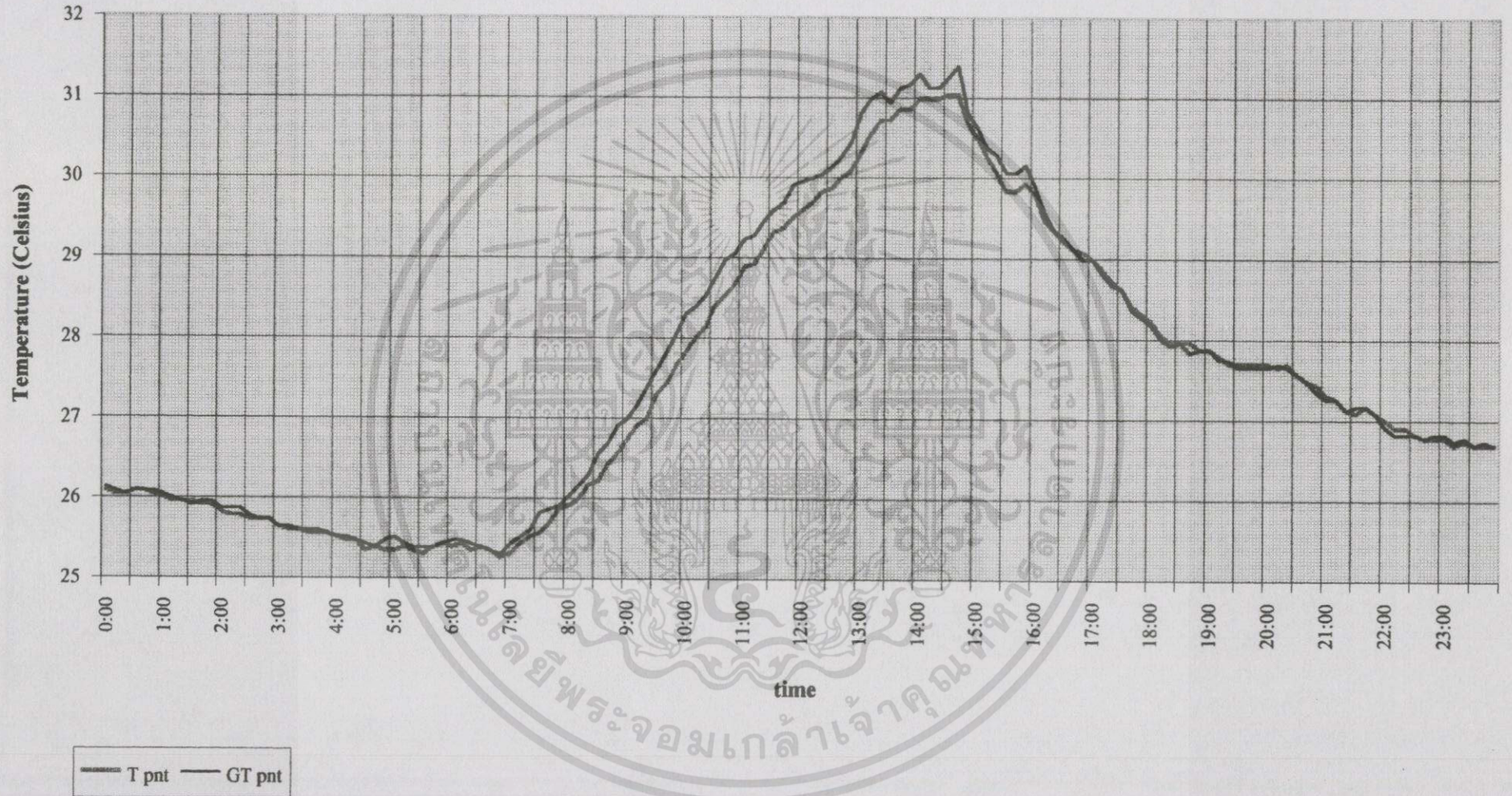
รูปที่ 7.32 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนัง (Tso)n/p และอุณหภูมิอากาศ (Ta)n/p ส่วนที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ เฉลี่ยใน 1 วัน



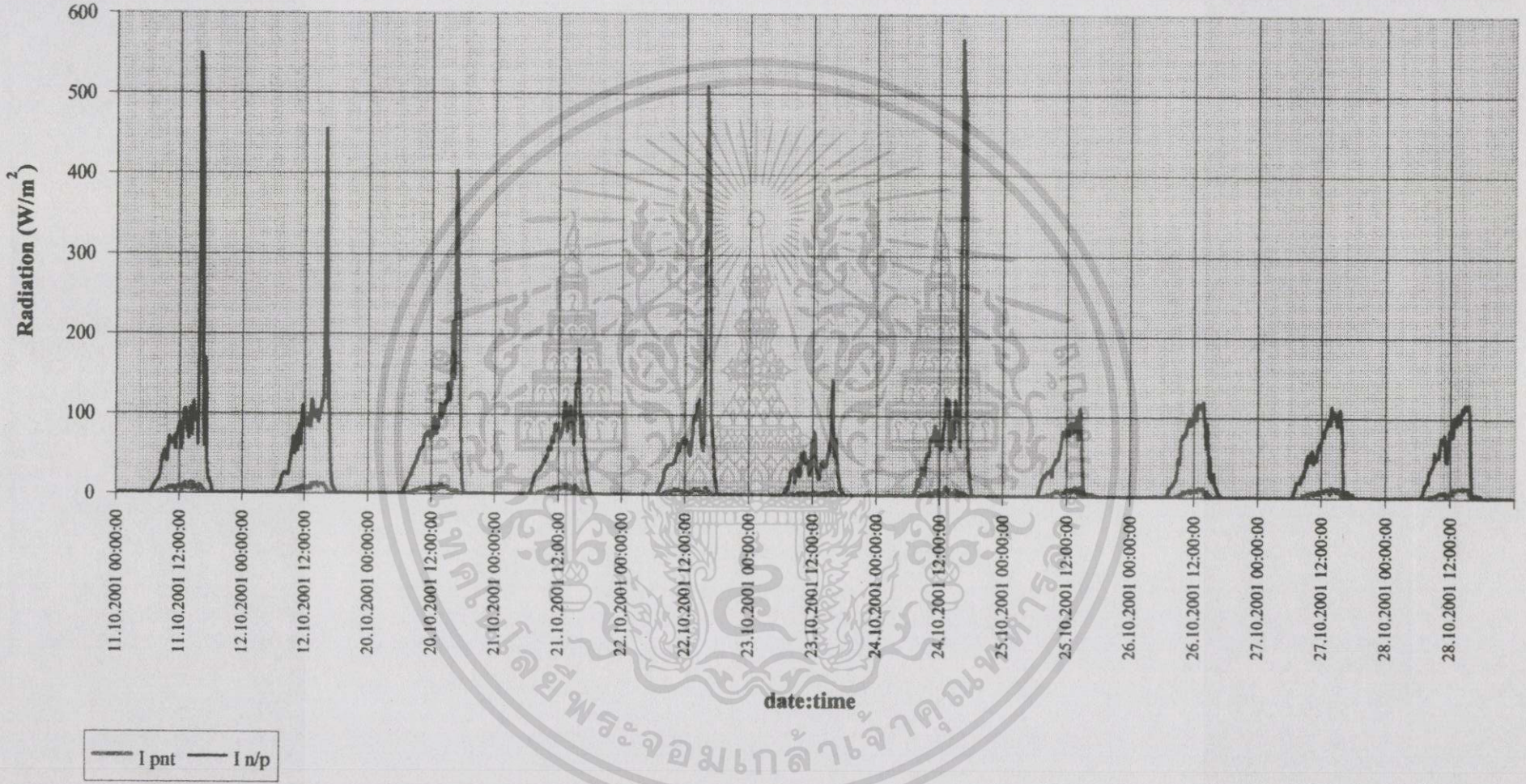
รูปที่ 7.33 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ใต้แผงบังแดด (GTpnt) และนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย (GTn/p)



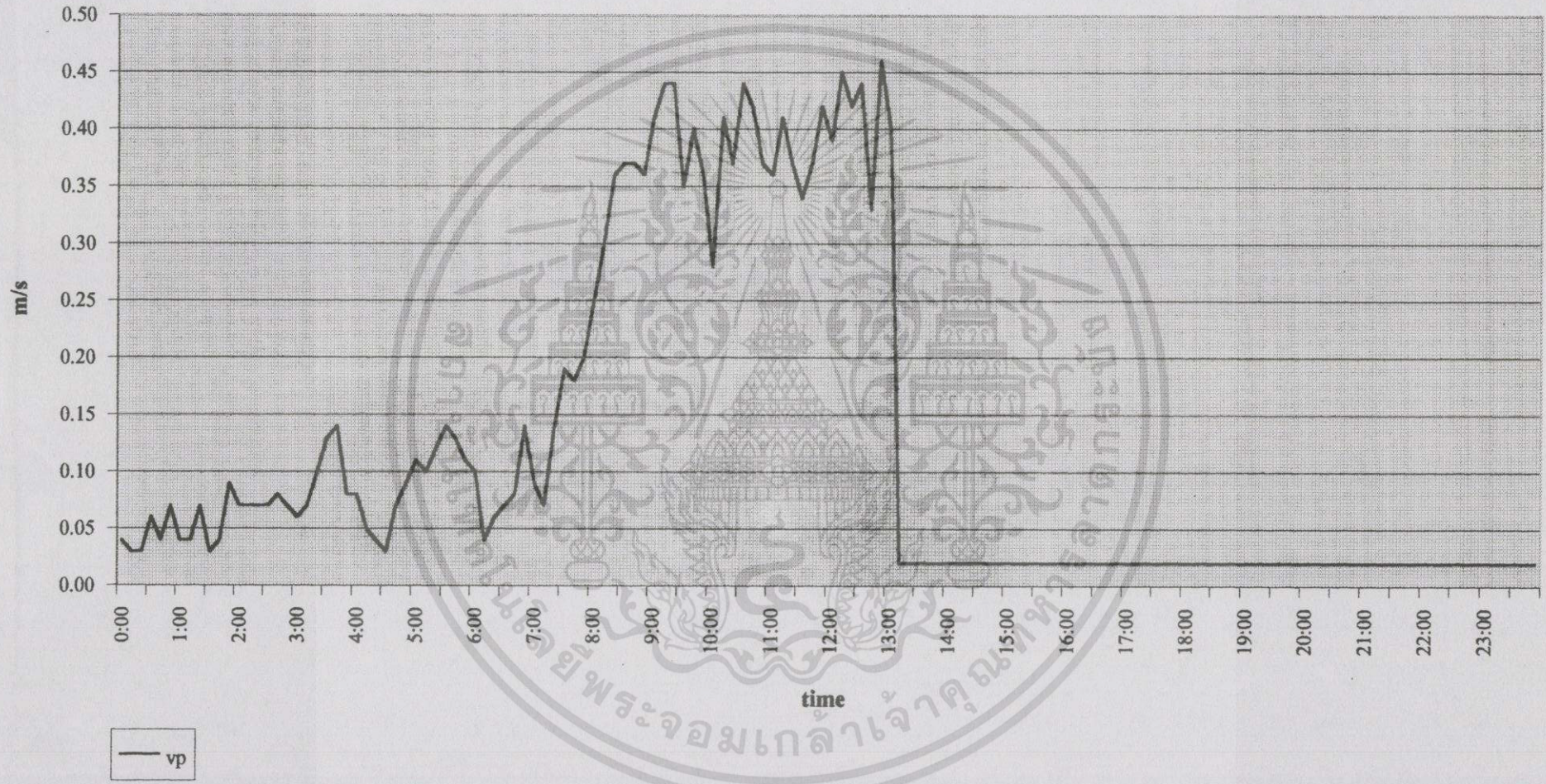
รูปที่ 7.34 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีบริเวณใต้แผงบังแดด (GT)pnt และนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย (GT)n/p เฉลี่ย 1 วัน



รูปที่ 7.35 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ (T pnt) และอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT pnt) บริเวณที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยคลุมเฉลี่ยใน 1 วัน



รูปที่ 7.36 กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสี (Radiation) บนผนังด้านทิศตะวันตกได้แสงไม้เลื้อย (I_{pnt}) และนอกแผงไม้เลื้อย ($I_{n/p}$)



รูปที่ 37 กราฟแสดงความเร็วลมเฉลี่ยใน 1 วัน ของการทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ

บทที่ 8

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

8.1 ประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร เปรียบเทียบกับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุมในวันที่ท้องฟ้าปกติ ตั้งแต่เวลา 6.00 – 8.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากผนังอาคารด้านทิศตะวันตกยังไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง จนเมื่อเวลา 8.00 น. ผนังอาคารที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุมเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนผนังที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุมอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นประมาณ 10.00 น. และค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีรวม (Globe Temperature) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ (T_a) ดังแสดงในกราฟรูปที่ 7.8 แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีการแผ่รังสีความร้อนให้กับผนังอาคาร ผนังทั้งสองได้รับความร้อนจากการสะท้อนรังสีความร้อนของถนนและอาคารฝั่งตรงข้าม รวมทั้งการแผ่รังสีของแสงแดดที่มาในลักษณะรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังทดสอบทั้งสองเริ่มสูงขึ้น แต่เนื่องจากผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุมสามารถรับรังสีความร้อนได้มากกว่า อุณหภูมิที่ผิวผนังจึงสูงขึ้นในเวลาที่รวดเร็วกว่าผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุม

ในช่วงบ่าย ตั้งแต่เวลา 12.00 น. จนถึง 17.00 น. แสงแดดตกลงบนผนังอาคารและไม้เลื้อยโดยตรง ในเวลา 15.00 น. เป็นเวลาที่อุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุมมีค่าสูงสุดถึง $53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิผิวผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุมอยู่ถึง $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยที่ผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุมจะมีอุณหภูมิผิวผนังสูงสุดที่ $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในเวลา 16.00 น. แสดงว่า ไม้เลื้อยมีผลต่อการลดความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ เนื่องจากไม้เลื้อยเป็นตัวดูดซับและสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ไว้ก่อนที่จะกระทบผนัง ทำให้ความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ไม่สามารถทะลุผ่านไม้เลื้อยสู่ผนังได้ ไม้เลื้อยได้อย่างสะดวก อุณหภูมิผิวผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุมจึงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

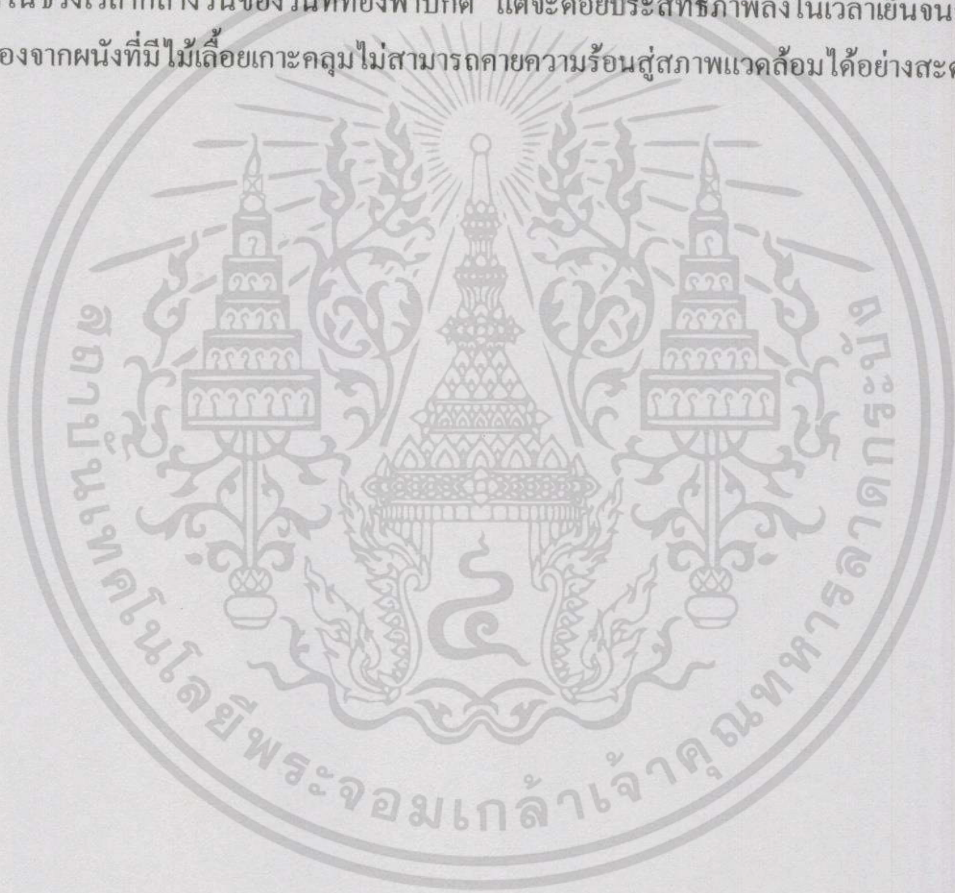
ช่วงเวลาเย็นจนถึงเวลากลางคืน อุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุมเริ่มลดลงตั้งแต่เวลา 15.00 น. โดยลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจนถึงเวลา 21.00 น. จึงมีค่าคงที่ ส่วนอุณหภูมิของผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุมเริ่มลดลงอย่างช้าๆ จนมีค่าเท่ากับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุมเมื่อเวลา 24.00 น. แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิของผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยยังคงลดต่ำลงไปอีก $1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิการแผ่รังสีรวมโดยเฉลี่ย (GT) ในกราฟรูปที่ 7.0 และ 7.11 ก็แสดงผลในรูปแบบเดียวกัน อุณหภูมิผิวผนังและอุณหภูมิการแผ่รังสีที่ลดต่ำลงเรื่อยๆเช่นนี้ แสดงถึงการคายความร้อนสู่สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร การที่อุณหภูมิของผนังที่มีไม้เลื้อยลดต่ำลงช้ากว่าผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุม เนื่องจากไม้เลื้อยที่เกาะคลุมผนังไว้ทำให้ลมซึ่งเป็นอีกตัวแปรหนึ่งในการช่วยลดอุณหภูมิ ไม่สามารถพาความร้อนจากผนังออกสู่สภาพแวดล้อมได้อย่างสะดวก ด้วยเหตุนี้ แม้ไม้เลื้อยที่เกาะ

คลุมผนังอาคารจะสามารถปกป้องความร้อนจากแสงแดดในช่วงกลางวัน แต่ขณะเดียวกันก็เป็นอุปสรรคต่อการคายความร้อนของผนังในช่วงเวลาเย็นถึงกลางคืนเช่นกัน

นอกจากนี้ การที่มีต้นไม้เกาะอยู่กับผนังอาคาร เท่ากับเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับผนังอาคาร เมื่อผนังมีความชื้นสะสม จะทำให้ผนังนั้นมีคุณสมบัติในการเป็นตัวนำความร้อนอีกด้วย

ในช่วงเวลาที่มีฝนตก อุณหภูมิผิวผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุมมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยปกคลุมเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากไม้เลื้อยช่วยกักเก็บน้ำฝนไว้ส่วนหนึ่ง ซึ่งมีผลให้อุณหภูมิผิวผนังได้ไม้เลื้อยเย็นขึ้น

ดังนั้น การลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร โดยการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมอาคาร จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในช่วงเวลากลางวันของวันที่ท้องฟ้าปกติ แต่จะด้อยประสิทธิภาพลงในเวลาเย็นจนถึงกลางคืน เนื่องจากผนังที่มีไม้เลื้อยเกาะคลุมไม่สามารถคายความร้อนสู่สภาพแวดล้อมได้อย่างสะดวก



8.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของไม้เลื้อยที่ใช้เป็นแผงบังแดดในแนวตั้งบังเงาและผนังอาคารด้านทิศตะวันตก โดยวัดค่าตัวแปรต่างๆเปรียบเทียบกับเงาและผนังอาคารเดียวกันที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย ช่วงเวลาเช้าตรู่ของวันที่ท้องฟ้าปกติ (clear day) อุณหภูมิอากาศที่ระเบียงทดสอบทั้งสอง (in shade และ out shade) มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากการผลการทดสอบการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารในแบบที่ 1 เล็กน้อย กล่าวคือ ในรูปแบบแรก อุณหภูมิจะเริ่มแตกต่างกันบ้างในช่วงสาย ทั้งนี้เนื่องจากอาคารที่ทำการทดสอบในรูปแบบที่ 2 นี้ อยู่ในที่โล่งมากกว่าแบบที่ 1 อาคารฝั่งตรงข้ามตั้งอยู่ห่างจากผนังทดสอบพอสมควร รวมทั้งตำแหน่งที่ทำการทดสอบคือผนังอาคารชั้นที่ 2 และ 3 และผิวดินหน้าอาคารมีการปลูกหญ้าและต้นไม้อยู่บ้าง ทำให้ความร้อนจากการสะท้อนรังสีไม่มีผลต่ออุณหภูมิของพื้นที่ที่ทำการทดสอบ

หลังจากเวลา 12.00 น. แสงแดดตกลงบนผนังอาคารและแผงบังแดดโดยตรง อุณหภูมิอากาศของส่วนที่ไม่มีแผงบังแดด (out shade) และปริมาณการแผ่รังสีรวม (Radiation) มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดเมื่อเวลา 15.00 น. ขณะที่อุณหภูมิอากาศส่วนที่มีแผงบังแดด (in shade) มีค่าสูงสุดด้วยเช่นกัน แต่มีค่าต่ำกว่าส่วนที่ไม่มีแผงบังแดด (out shade) อยู่ 12°C แสดงว่า แสงแดดตรง (Direct Sunlight) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบริเวณที่ทำการทดสอบ แผงบังแดดไม้เลื้อยทำหน้าที่เป็นฉนวนและเป็นผนังอีกชั้นหนึ่งที่ปกป้องเงาและผนังอาคารจากแสงแดด รังสีแสงอาทิตย์ถูกดูดซับไว้โดยไม้เลื้อย บางส่วนถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช บางส่วนสะท้อนกลับสู่สภาพแวดล้อม และบางส่วนถูกสะสมไว้ในชั้นความหนาของแผงบังแดดไม้เลื้อย ทำให้การแผ่รังสีความร้อนและอุณหภูมิอากาศในบริเวณหลังแผงบังแดด (in shade) มีค่าต่ำกว่าบริเวณนอกแผงบังแดด (out shade) โดยอุณหภูมิอากาศมีค่าแตกต่างกันสูงสุด 14°C และปริมาณการแผ่รังสีรวม (Radiation) มีค่าลดลงกว่า 90%

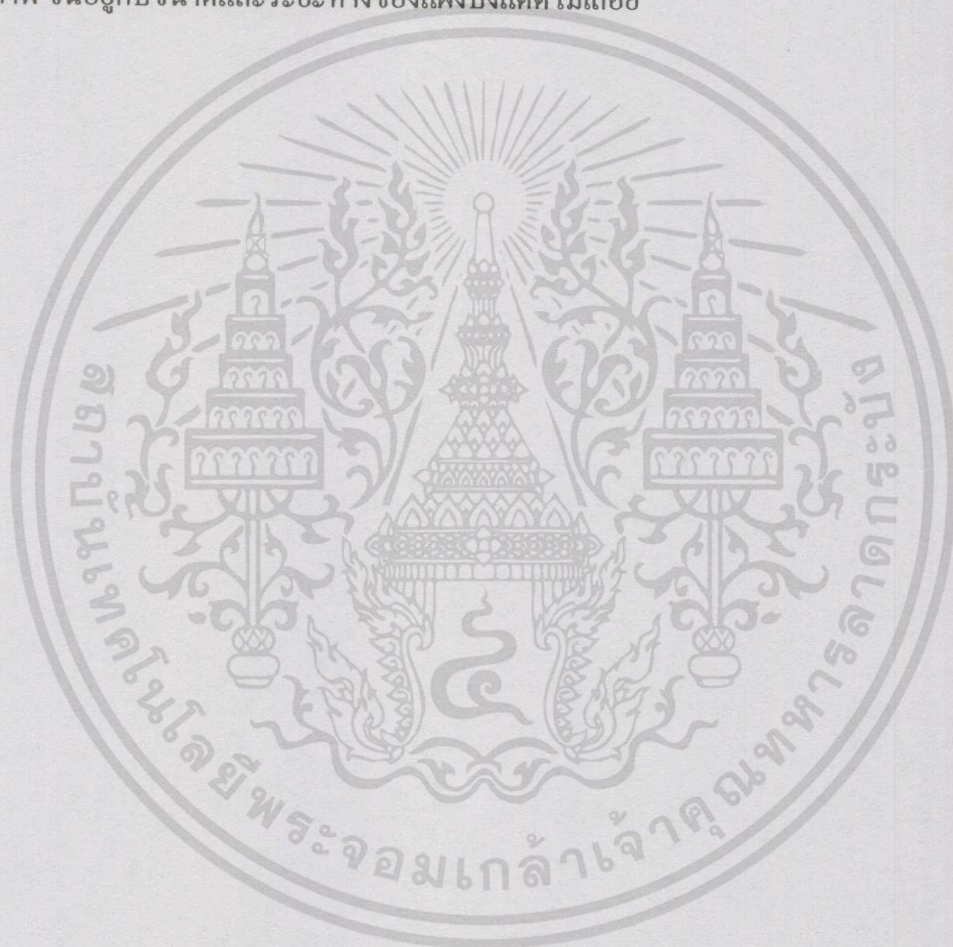
ในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Day) วันที่มีเมฆมาก (Cloudy Day) และวันที่ฝนตก (Rainy Day) ลักษณะกราฟปริมาณการแผ่รังสี (Radiation) ยังคงมีรูปแบบเดียวกันกับวันที่ท้องฟ้าปกติ (Clear Day) เพียงแตกต่างกันที่วันดังกล่าวการแผ่รังสีมีค่าต่ำกว่า แสดงว่าแผงบังแดดไม้เลื้อยให้ประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้ดีในทุกสภาพอากาศ

ในช่วงเย็นจนถึงกลางคืน อุณหภูมิอากาศทั้งส่วนที่อยู่หลังแผงบังแดด (in shade) และส่วนที่อยู่นอกแผงบังแดด (out shade) มีค่าลดต่ำลงและเท่ากันตลอดทั้งคืน จนถึงช่วงสายของวันรุ่งขึ้นจึงเริ่มมีความแตกต่างของอุณหภูมิ แสดงว่าประสิทธิภาพในการคายความร้อนของผนังในส่วนที่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) สามารถคายความร้อนได้ดีเท่ากับผนังของส่วนที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย (out shade) หรือกล่าวได้ว่า แผงบังแดดไม้เลื้อยที่ตั้งอยู่ห่างจากผนังอาคาร ทำให้กระแสนลมสามารถพาความร้อนออกสู่สภาพแวดล้อมได้อย่างสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่ารังสีตรงจะมีผลต่อความร้อนที่ผนังอาคารมากที่สุด แต่ความร้อนจากการแผ่รังสี (Radiation) ก็เป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิที่ผิวผนังในส่วนหลังแผงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) มีค่าสูงขึ้น ไม้เลื้อยที่มีขนาดไม่กว้างพอ หรืออยู่ห่างผนังมากเกินไป จะทำให้ความร้อนจากการแผ่รังสี แผ่เข้ามาสู่บริเวณหลังแผงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) ได้

สรุปได้ว่า การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้งเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร สามารถลดบังรังสีแสงอาทิตย์ ช่วยลดปริมาณรังสีรวมที่ผนังภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพผลดีกว่าการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร ตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้แผงบังแดดลักษณะนี้มีประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับขนาดและระยะห่างของแผงบังแดดไม้เลื้อย



8.3 การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบ

ในช่วงเวลาเช้าถึงเที่ยงของการทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ ประกอบผนังอาคารด้านทิศตะวันตก เปรียบเทียบกับผนังอาคารเดียวกันที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย ประกอบอาคาร อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดและนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย เริ่มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 7.00 น. เนื่องจากบริเวณที่ทดสอบเป็นผนังอาคารด้านทิศตะวันตก ซึ่งในช่วงเช้ายังไม่มีรังสีตรงจากแสงแดด ดังนั้น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้จึงมาจากการแผ่รังสีและการสะท้อนรังสีจากสภาพแวดล้อม รวมทั้งรังสีกระจายจากแสงแดด (Diffuse Radiation)

เมื่อถึงเวลาเที่ยง แสงแดดตกลงบนแผงบังแดดไม้เลื้อยและผนังอาคารที่ไม่มีแผงบังแดดโดยตรง ทำให้อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวผนังที่ไม่มีแผงบังแดดปรับตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างคงที่และสม่ำเสมอ แสดงว่าแผงบังแดดไม้เลื้อยช่วยปกป้องเฉลิียงและผนังอาคารจากแสงแดด รังสีแสงอาทิตย์บางส่วน ถูกดูดซับไว้ที่แผงบังแดดไม้เลื้อย บางส่วนถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช บางส่วนสะท้อนกลับสู่สภาพแวดล้อม และบางส่วนถูกสะสมไว้ในชั้นความหนาของไม้เลื้อย เช่นเดียวกันกับแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง แต่อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยก็ยังคงสูงขึ้น ถึงแม้จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่ายังมีความร้อนบางส่วนกระจายเข้ามาสู่บริเวณนี้ได้ ความร้อนดังกล่าวมาจากการแผ่รังสีของแผงบังแดดไม้เลื้อยที่สะสมความร้อนจากแสงแดดไว้ส่วนหนึ่ง ความร้อนจากแสงแดดที่เล็ดลอดผ่านแผงบังแดดไม้เลื้อยลงมาส่วนหนึ่ง และความร้อนจากการแผ่รังสี และสะท้อนรังสีจากสภาพแวดล้อมอีกส่วนหนึ่ง

ในช่วงบ่ายถึงเย็น อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยลดลงอย่างช้าๆ เพียงเล็กน้อย แสดงว่ายังมีความร้อนบางส่วนแผ่เข้ามาในบริเวณใต้แผงบังแดด ทั้งนี้เนื่องจากมุม Altitude ของดวงอาทิตย์ในช่วงบ่ายอยู่ในระดับต่ำ แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบที่ประกอบผนังอาคารด้านทิศตะวันตกที่มีขนาดไม่กว้างพอที่จะบดบังบริเวณในช่วงเวลาที่ต้องการบังแดด ทำให้ไม่สามารถบดบังรังสีจากดวงอาทิตย์ได้อย่างสมบูรณ์นัก รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) สามารถผ่านเข้ามาสู่บริเวณใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยได้

ในเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 19.00 น. อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (Globe Temperature) ของบริเวณทดสอบทั้งสองลดลงจนมีค่าเท่ากัน และยังคงลดลงอย่างคงที่สม่ำเสมอเท่ากัน โดยอุณหภูมิรวมการแผ่รังสีของบริเวณนอกแผงบังแดดไม้เลื้อยมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย แสดงว่าอิทธิพลจากกระแสลมและสภาพแวดล้อม ช่วยลดอุณหภูมิอากาศในบริเวณใต้แผงบังแดดได้ดีเท่ากับบริเวณนอกแผงบังแดดไม้เลื้อย แผงบังแดดไม้เป็นอุปสรรคต่อการลดอุณหภูมิอากาศใต้แผงบังแดด แต่ความร้อนที่ถูกสะสมไว้ในแผงบังแดดไม้เลื้อยในช่วงกลางวัน มีการคายความร้อนออกมา

ในตอนกลางคืน ทำให้อุณหภูมิรวมการแผ่รังสีในบริเวณใต้แผงบังแดดยังคงสูงกว่าบริเวณนอกแผงบังแดดอยู่บ้าง

เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าอุณหภูมิผิวผนัง ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบให้ผลเป็นที่น่าพอใจ อุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดโดยตลอดทั้งวัน ลักษณะการเพิ่มลดของอุณหภูมิผิวผนังมีลักษณะเดียวกันกับอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากอิทธิพลและปัจจัยเดียวกัน แม้ในช่วงเย็นถึงกลางคืน อุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดด และสูงกว่าเช่นนี้ไปตลอดทั้งคืนจนถึงรุ่งเช้าวันถัดไป แสดงว่าแผงบังแดดไม้เลื้อยช่วยปกป้องผนังอาคารจากความร้อนจากแสงแดดและสภาพแวดล้อมได้อย่างดี และช่วยรักษาระดับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกให้คงที่ตลอดทั้งวัน

ในวันที่มีฝนตก (Rainy Day) อุณหภูมิผิวผนังใต้แผงบังแดดมีค่าคงที่ตลอดทั้งวัน ส่วนอุณหภูมิผิวผนังนอกแผงบังแดดมีการปรับตัวสูงขึ้นในช่วงฝนหยุดตก โดยเฉพาะในช่วงบ่าย มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังทั้งสองที่สูงมาก เนื่องจากแผงบังแดดไม้เลื้อยช่วยรักษาอุณหภูมิผิวผนังที่เย็นจากช่วงเวลาที่ฝนตกไว้ได้ช่วงหนึ่ง ก่อนจะถูกความร้อนจากปัจจัยต่างๆ ทำให้อุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงขึ้น ส่วนในวันที่มีเมฆมาก (Cloudy Day) วันที่มีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Day) กราฟยังคงมีรูปแบบคล้ายคลึงกับวันที่ท้องฟ้าปกติ เพียงแต่มีค่าต่ำกว่า ค่าความแตกต่างของตัวแปรทดสอบต่างๆ มีความแตกต่างกันน้อยลง แสดงว่าอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม และรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) มีผลต่อบริเวณใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยอยู่บ้าง แต่ก็เป็นที่ยอมรับได้ เพราะค่าอุณหภูมิต่างๆ โดยรวมยังต่ำกว่าบริเวณที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อย

แม้ประสิทธิภาพจากการทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบโดยรวมแล้วจะให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ความร้อนจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) ในช่วงบ่าย ก็มีผลทำให้ค่าอุณหภูมิต่างๆ ในบริเวณใต้แผงบังแดดไม้เลื้อยสูงขึ้น เนื่องจากมุมของดวงอาทิตย์ที่อยู่ต่ำดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นไม้เลื้อยที่มีขนาดไม่กว้างพอ ไม่สามารถบดบังรังสีตรงของดวงอาทิตย์ในช่วงบ่ายได้ จะทำให้ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะนี้ด้อยลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า การใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบประกอบอาคารด้านทิศตะวันตกยังไม่เหมาะสมนัก หากนำไปใช้บังผนังอาคารด้านทิศใต้หรือทิศเหนือจะเหมาะสมกว่า เนื่องจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงบ่ายไม่มีผลต่อผนังอาคารในด้านนี้

สรุปได้ว่า การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร สามารถบดบังรังสีดวงอาทิตย์ ช่วยลดปริมาณรังสีความร้อนที่ผนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ รักษาระดับอุณหภูมิผิวผนังให้คงที่ในระดับที่น่าพอใจได้ตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในวันที่มีฝนตก แผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะนี้จะมีประสิทธิภาพที่สูงมากกว่าแบบอื่นๆ ตัวแปรสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบมีประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของ

แผงบังแดดที่ยื่นยาวพอจะบดบังรังสีตรงจากแสงแดดได้ตลอดช่วงเวลาที่ต้องการบังแดดได้หรือไม่ รวมทั้งทิศทางที่ติดตั้งแผงบังแดดไม่เอียงด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

การออกแบบอาคารพักอาศัย ที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบ เพื่อลดความร้อน

9.1 การออกแบบอาคารเพื่อแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิ

การออกแบบอาคารในการศึกษาวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางธรรมชาติมาช่วยปรุงแต่งสภาวะภายในอาคารให้ใกล้เคียงกับความต้องการด้านความสบายให้ได้มากที่สุด ส่วนที่เหลือเมื่อไม่สามารถทำให้อยู่ในเขตสบายได้ (หรือสภาพภูมิอากาศไม่เอื้ออำนวย) จึงนำระบบเครื่องกลหรือวิธีอื่น ๆ มาใช้ต่อไป ซึ่งจะไม่กล่าวถึง เนื่องจากนอกขอบเขตการศึกษา

การออกแบบอาคารเพื่อแก้ปัญหาทางด้านสภาพอากาศนั้น มี 3 ขั้นตอนคือ

1. Conventional Design
2. Passive Design
3. Active Design

ในการวิจัยนี้ จะใช้เพียง 2 ขั้นตอนแรก โดยจะเน้นในขั้นตอนของ Passive Design ซึ่งเป็นการใช้พืชพรรณ ไม้มาแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิ เพื่อให้เห็นแนวทางในการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

ขั้นตอน Conventional Design

การออกแบบเพื่อแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิขั้นแรกคือ การออกแบบพื้นฐานเพื่อให้อาคารมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศที่เป็นอยู่ โดยมีได้นำเทคนิคและกลไกต่างๆเข้ามาช่วย อันได้แก่ การจัดวางผังอาคาร ลักษณะอาคาร ทิศทางช่องเปิดในการระบายอากาศ เป็นต้น

สำหรับอาคารที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ สามารถสรุปลักษณะการออกแบบในขั้นต้นนี้ด้วยวิธีการของ Mahony ซึ่ง ศ.อรศิริ ปาณินท์ ได้สรุปลักษณะโดยทั่วไปของอาคารในเขตภูมิอากาศแบบกรุงเทพมหานครไว้ดังนี้ (อรศิริ ปาณินท์ . มปป : 124-125)

ตารางที่ 9.1 สรุปลักษณะของอาคารในขั้นตอน Conventional Design ตามวิธีการของ Mahony

องค์ประกอบในการออกแบบ	รายละเอียดในองค์ประกอบ
1. พังบริเวณ	การจัดวางอาคาร ให้วางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ด้านทิศตะวันออก ตะวันตก ส่วนยาวของอาคารให้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พื้นที่ในอาคาร	ควรเป็นส่วนโล่งให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่กั้นผนังทึบ
3. การระบายอากาศ	อาคารควรมีลักษณะทางเดินจ่ายออกด้านเดียว (Rooms Single Banked) เพื่อให้มีทิศทางเปิดให้อากาศถ่ายเทได้ ไม่ควรมีห้องใช้งานซ้อนห้องกัน
4. ช่องเปิด	ขนาดใหญ่ มีพื้นที่ส่วนเปิด 40%-80% ของพื้นที่ห้อง ช่องเปิดอยู่ด้านทิศเหนือ ได้
5. ตำแหน่งของช่องเปิด	อยู่ด้านทิศเหนือ-ใต้ ระดับช่วงตัว (Body Height)
6. การป้องกันช่องเปิดของอาคาร	กันฝนสาดเข้าทางช่องเปิดด้านใต้
7. ผนัง	วัสดุเบา Time Lag สั้น
8. หลังคา	วัสดุเบา สะท้อนความร้อน มีช่องว่างในส่วนหลังคา หรือมีฉนวนกันความร้อน

ขั้นตอน Passive Design

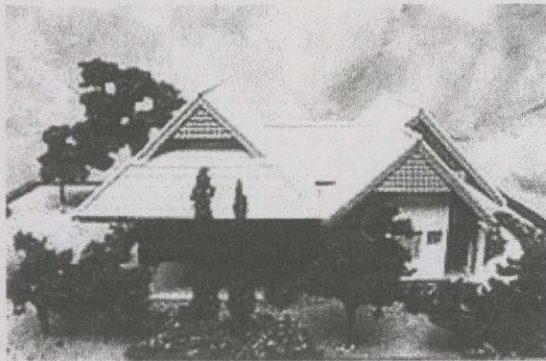
แม้ว่าจะมีการออกแบบอาคารในลักษณะ Conventional Design อย่างเหมาะสมแล้วก็ตาม สภาพอากาศในเขตกรุงเทพฯ ยังมีช่วงเวลาที่อยู่เหนือเขตความสบาย (Comfort Zone) อยู่มาก จึงต้องใช้ ขั้นตอนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาด้วยวิธีธรรมชาติ (Passive Design) มาช่วยแก้ปัญหาต่อไป ในการวิจัยนี้จะใช้เพียงเทคนิคหนึ่งของขั้นตอนนี้คือ การใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร เท่านั้น

9.2 ตัวอย่างอาคารพักอาศัยที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร

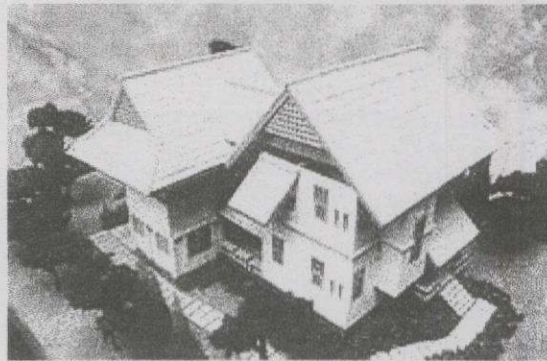
9.2.1 ขนาดและองค์ประกอบของอาคารตัวอย่าง

เนื่องจาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ หรือ ส.พ.ช. ได้เสนอแบบตัวอย่างอาคารพักอาศัยประหยัดพลังงานไว้ 4 แบบ ซึ่งแต่ละแบบมีการวางผังไว้อย่างหลวมๆ พื้นที่โล่งและทางเดินค่อนข้างกว้างและยาว มีเนื้อที่ใช้สอยค่อนข้างมาก จึงทำให้พื้นที่ดินสำหรับปลูกสร้างอาคารมากตามไปด้วย โดยแบบที่มีพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุดต้องการพื้นที่ดินอย่างต่ำ 100 ตารางวา หากเป็นบ้านขนาด 3 ห้องนอน ต้องใช้พื้นที่ดินอย่างต่ำถึง 200 ตารางวาซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าขนาดที่ดินที่ ส.พ.ช.นำเสนอนี้ ยังไม่เหมาะสมนักกับความต้องการของประชาชนส่วนใหญ่ ผู้ที่จะสามารถมีที่ดินขนาดดังกล่าวได้ ต้องมีฐานะทางเศรษฐกิจอยู่ในขั้นดี จึงทำให้แบบบ้านประหยัดพลังงานนี้จำกัดอยู่ในวงแคบ ไม่สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



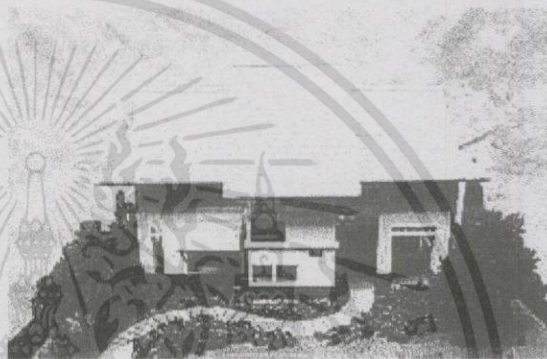
บ้านตัวอย่างแบบที่ 1



บ้านตัวอย่างแบบที่ 2



บ้านตัวอย่างแบบที่ 3



บ้านตัวอย่างแบบที่ 4

รูปที่ 9.1 แบบตัวอย่างบ้านประหยัดพลังงานของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

ตารางที่ 9.2 ขนาดพื้นที่ดินและพื้นที่ใช้สอยของบ้านประหยัดพลังงาน ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

แบบ	1	2	3	4
พื้นที่ปลูก (ตรว.)	100	100	200	200
ค่าก่อสร้าง	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	1.2 - 1.5	1.5 - 1.8
พื้นที่ใช้สอย (ตรม.)	80 - 100	100 - 120	120 - 150	150 - 180
ลักษณะการใช้สอย				
นอน	1	2	3	3
น้ำ	1	2	2	3
นั่งเล่น	1	1	1	1
อาหาร	1	1	1	1
ครัว	1	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การกำหนดขนาดเนื้อที่ใช้สอยและองค์ประกอบของตัวอย่างอาคารพักอาศัยที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จึงกำหนดขึ้นจากความต้องการบ้านเดี่ยวพักอาศัยของชนชั้นกลางทั่วไป เพื่อให้ได้รูปแบบของอาคารตัวอย่างที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจและความเป็นไปได้ในปัจจุบัน รวมทั้งตรงกับความต้องการของประชาชนส่วนใหญ่อย่างแท้จริง

ขนาดที่ดิน กำหนดให้มีขนาด 18.00×18.00 ม. หรือเท่ากับ 81 ตารางวา โดยกำหนดมาจากพื้นที่ขายที่เป็นที่นิยมที่สุดของบ้านจัดสรรในโครงการต่างๆ ซึ่งมีขนาดที่ดินประมาณ 60 – 100 ตารางวา เป็นพื้นที่ที่ชนชั้นกลางส่วนใหญ่พอซื้อหาได้ ไม่คับแคบจนเกินไป และไม่ใหญ่เกินกำลังทรัพย์ของผู้ซื้อ

องค์ประกอบของอาคารอ้างอิงจากองค์ประกอบของบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในโครงการจัดสรรที่เป็นที่นิยมเช่นเดียวกัน และคำนึงถึงสภาพครอบครัวปัจจุบันที่มีลักษณะเป็นครอบครัวเดี่ยว โดยสมาชิกประกอบด้วยคู่สามี ภรรยาและบุตร 2 คน ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

ชั้นล่าง ประกอบด้วย

1. ที่จอดรถ 1-2 คัน
2. ห้องรับแขก ขนาด 12-18 ตารางเมตร
3. ห้องรับประทานอาหาร ขนาด 12-18 ตารางเมตร
4. ห้องครัว ขนาด 10-15 ตารางเมตร
5. ห้องน้ำ-ส้วม ขนาด 3-5 ตารางเมตร
6. ห้องเก็บของ ขนาด 5-8 ตารางเมตร
7. ห้องคนรับใช้ และห้องน้ำ-ส้วม (ส่วนประกอบเพิ่ม)

ชั้นบน ประกอบด้วย

1. ห้องนอนใหญ่พร้อมห้องน้ำ-ส้วม ขนาด 25 – 30 ตารางเมตร
2. ห้องนอนเล็ก 2 ห้อง ขนาด 16-20 ตารางเมตร
3. ห้องน้ำ-ส้วม ขนาด 5-8 ตารางเมตร
4. โถงกลางและบันได

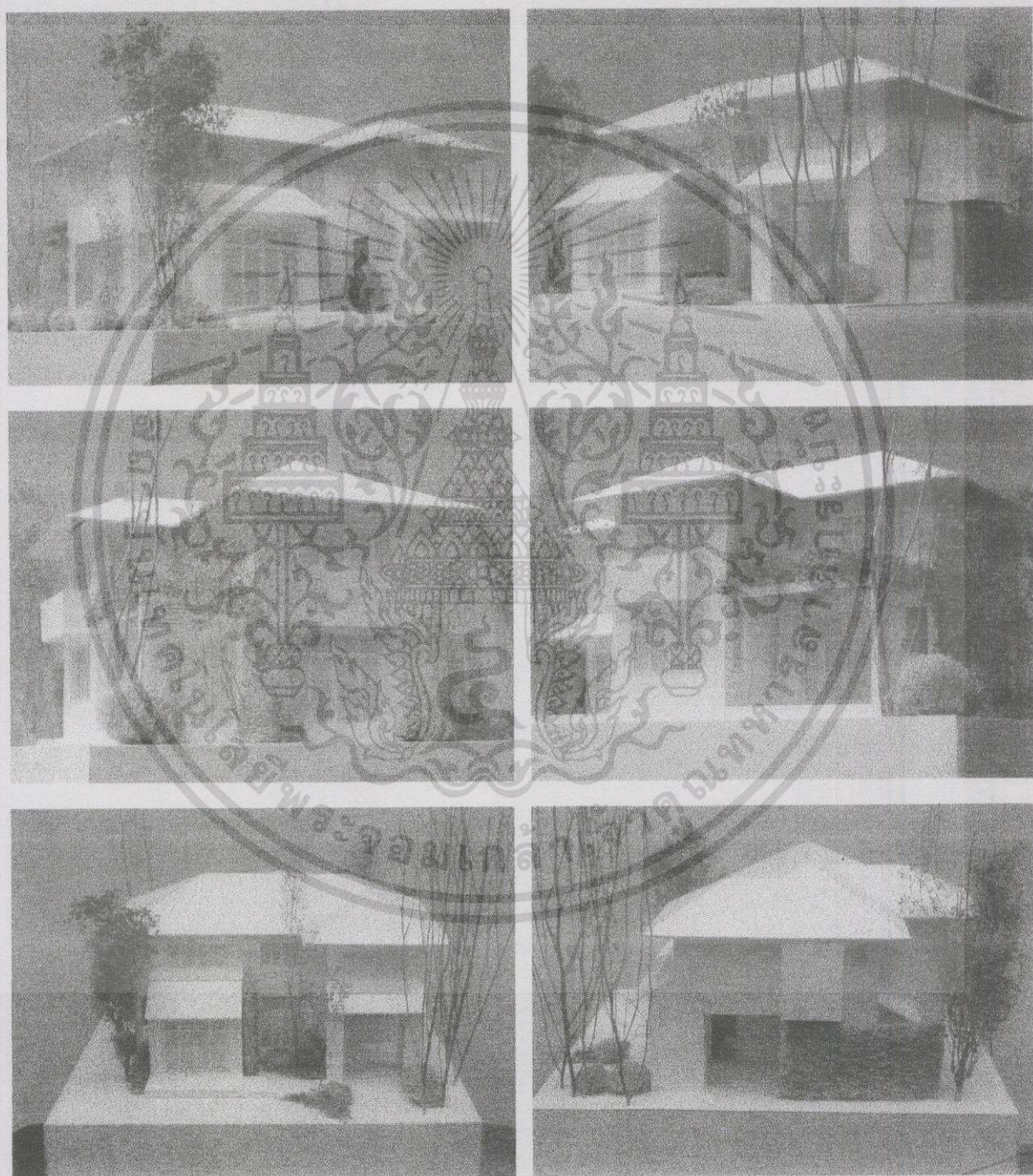
9.2.2 แนวความคิดในการออกแบบ

ในการออกแบบตัวอย่างอาคารพักอาศัยที่ใช้พีชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ในเบื้องต้นยังคงยึดตามแนวทางการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานของ สฟช. ที่มุ่งเน้นในขั้นตอน Conventional Design กล่าวคือ ให้สถาปัตยกรรมแก้ปัญหาเรื่องสภาวะสบายในอาคารด้วยตัวเองก่อน จากนั้นจึงเพิ่มเนื้อหาในขั้นตอนของ Passive Design โดยการใช้พีชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่ผ่านกรอบอาคาร ตามแนวทางและผลการวิเคราะห์วิจัยที่ได้ศึกษามานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

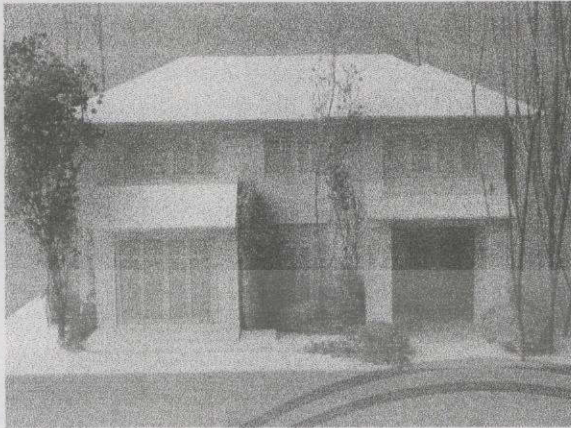
ลักษณะสถาปัตยกรรมมีรูปแบบร่วมสมัย ซึ่งเป็นที่นิยมของประชาชนทั่วไป แต่ยังคงมีคุณสมบัติตามขั้นตอน Conventional Design การจัดผังอาคารมีลักษณะกะชับ (Compact) ทางเดินสั้น ใช้พื้นที่โรงท่าที่จำเป็น ผนังที่ใช้สอยโดยรวมลงเพื่อลดราคาค่าก่อสร้างและเพื่อให้สอดคล้องกับขนาดที่ดินที่กำหนด

9.2.3 แบบตัวอย่างสถาปัตยกรรมที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร

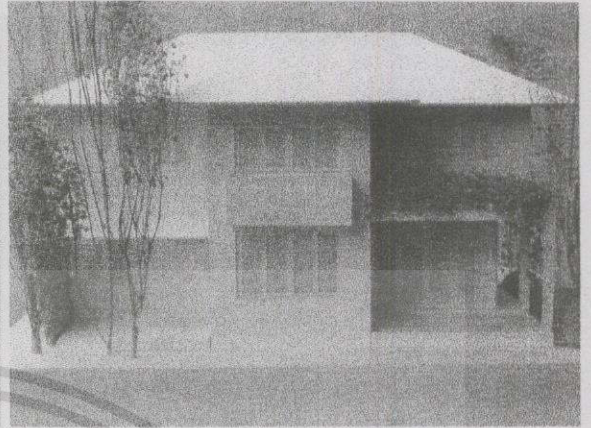


รูปที่ 9.2 หุ่นจำลองตัวอย่างสถาปัตยกรรมที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคาร

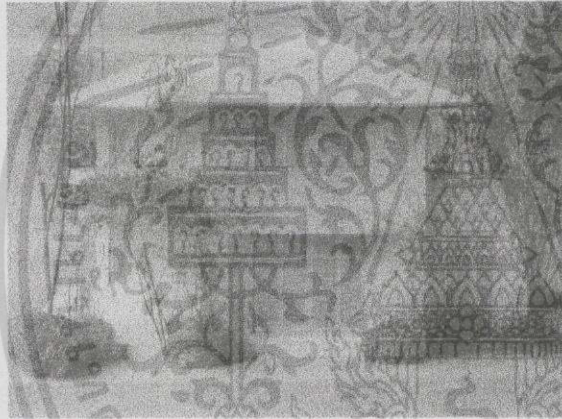
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



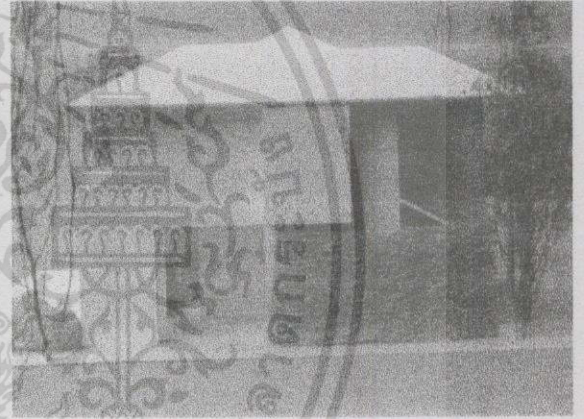
รูปด้านทิศเหนือ



รูปด้านทิศใต้

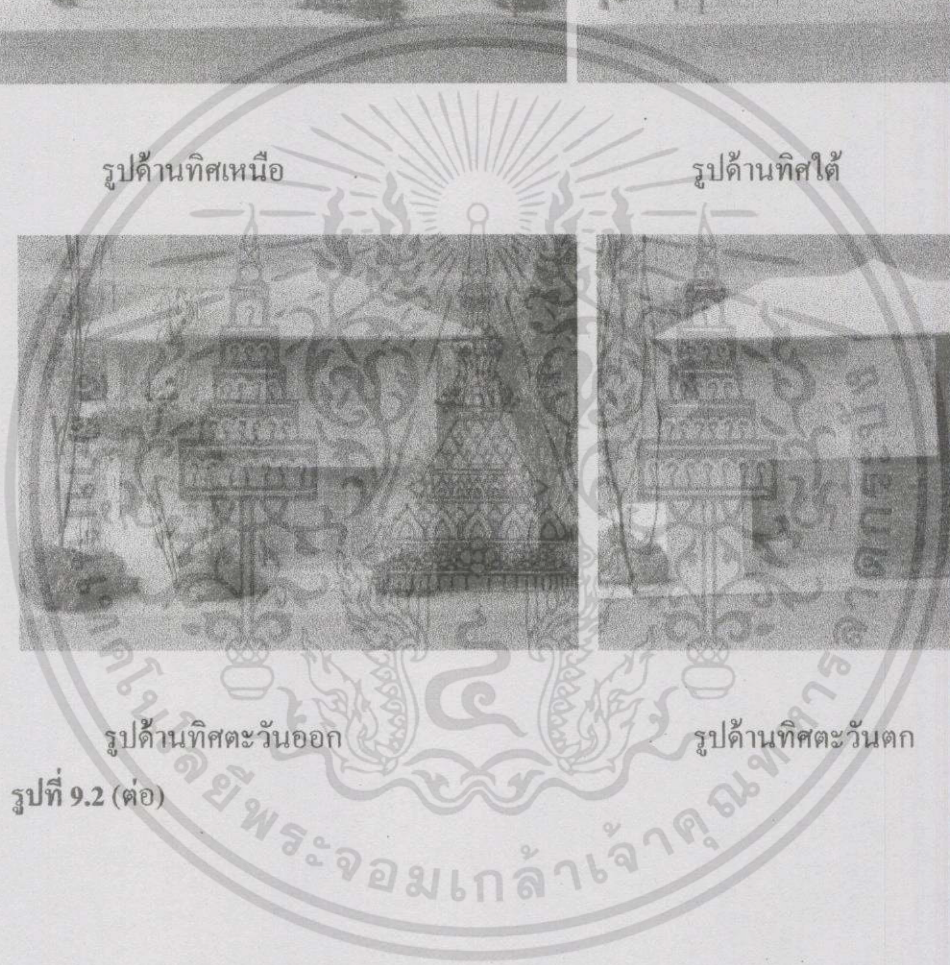


รูปด้านทิศตะวันออก



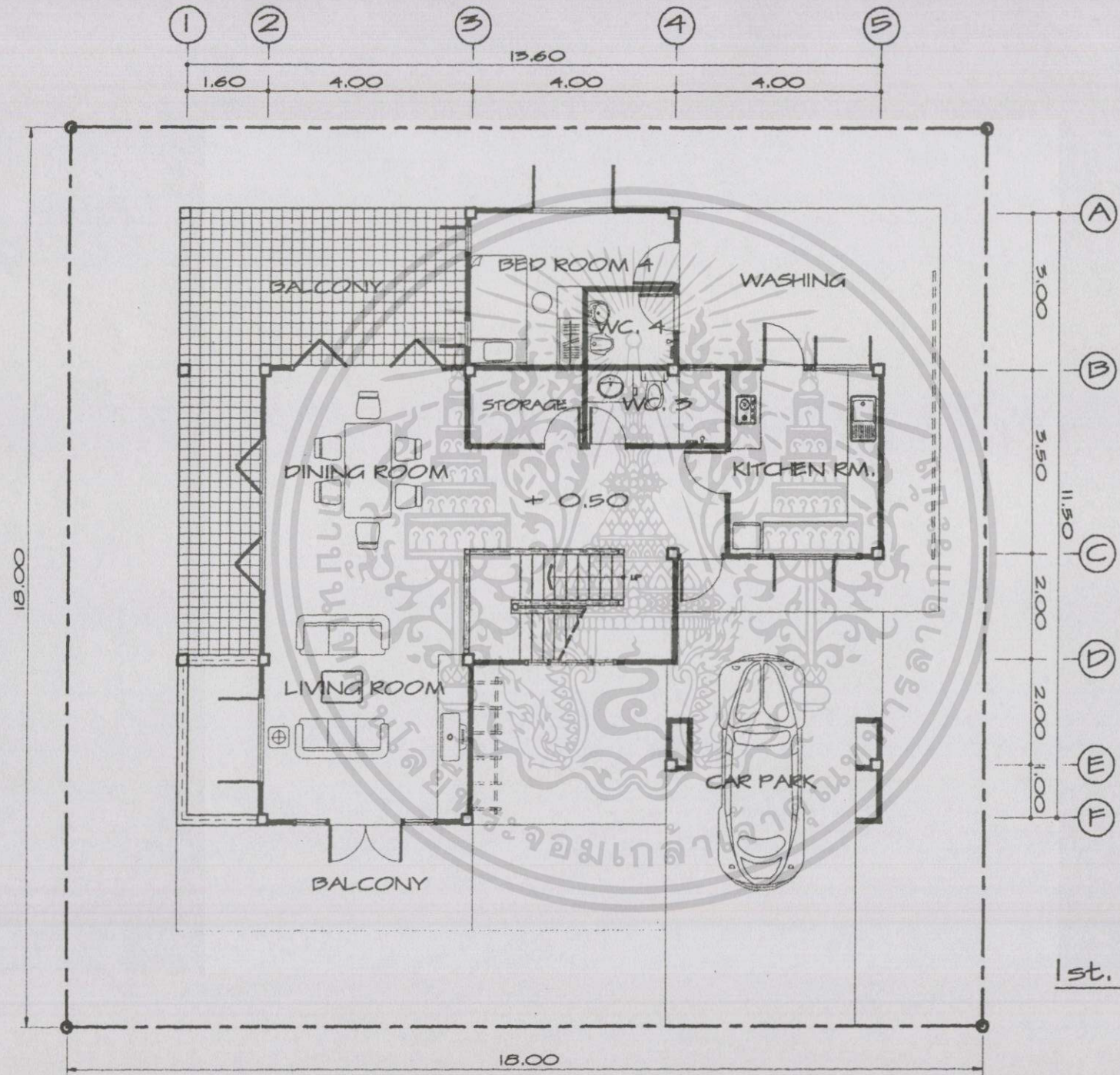
รูปด้านทิศตะวันตก

รูปที่ 9.2 (ต่อ)

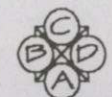


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

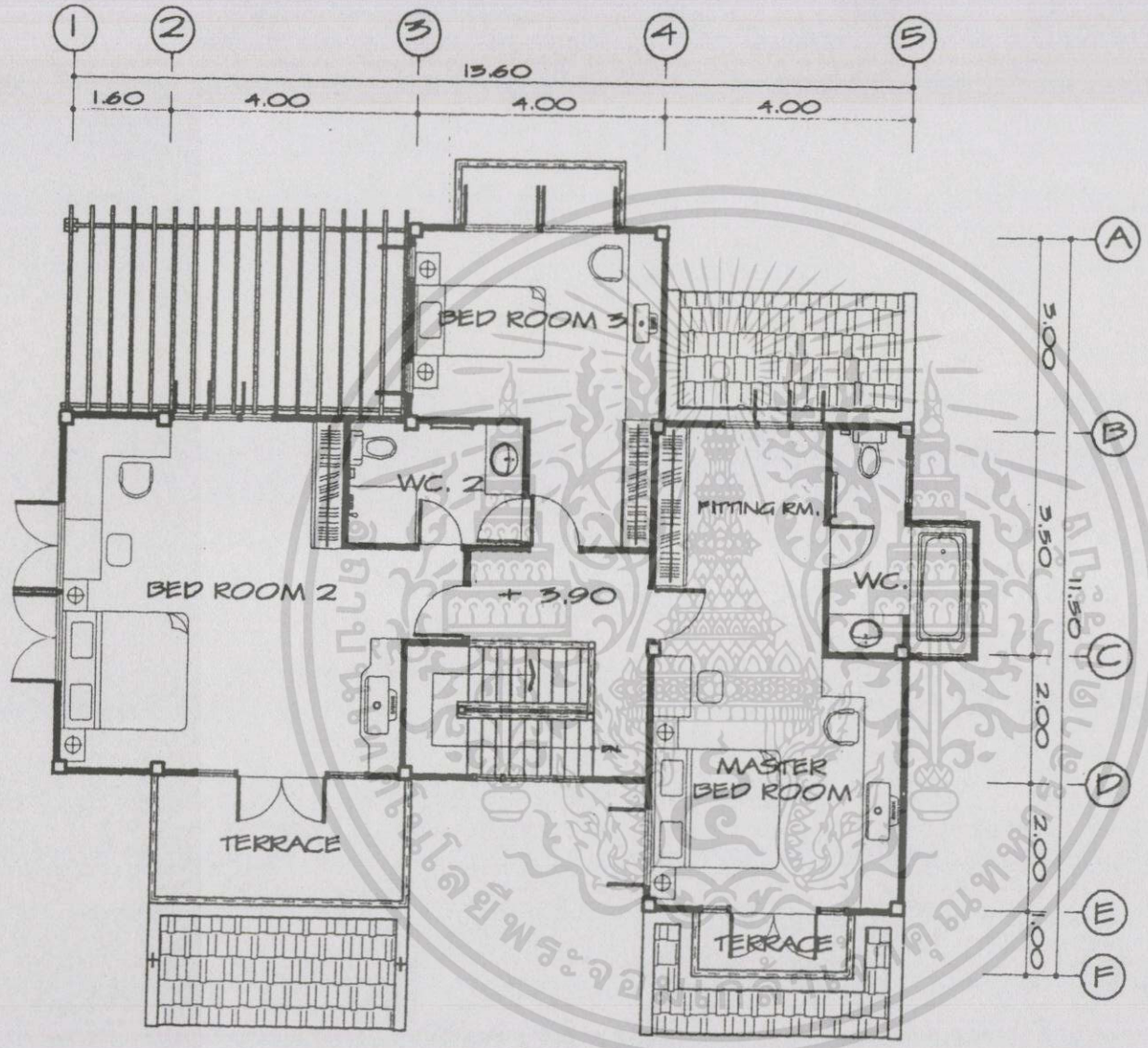
รูปที่ 9.3 แบบสถาปัตยกรรมตัวอย่างอาคารที่ใช้ศพพรรณ ไม่ประกอบอาคาร



N.
1st. FLOOR PLAN



รูปที่ 9.3 (ต่อ)



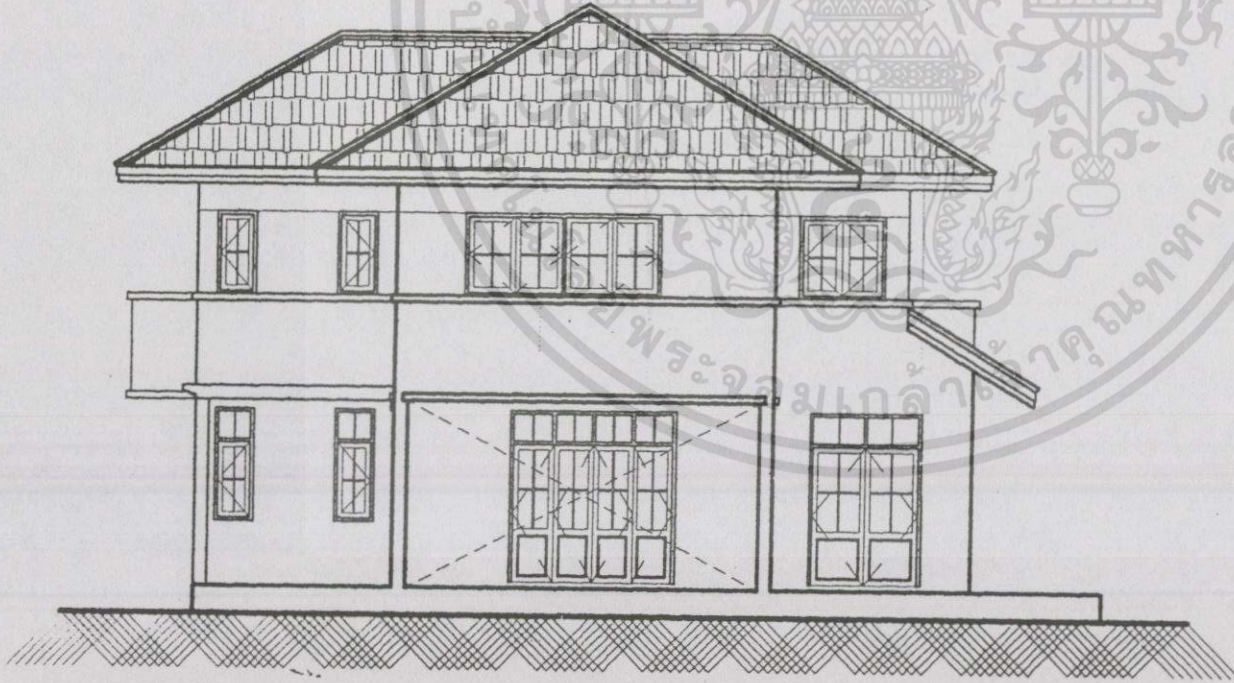
2nd. FLOOR PLAN



รูปที่ 9.3 (ต่อ)



ELEVATION



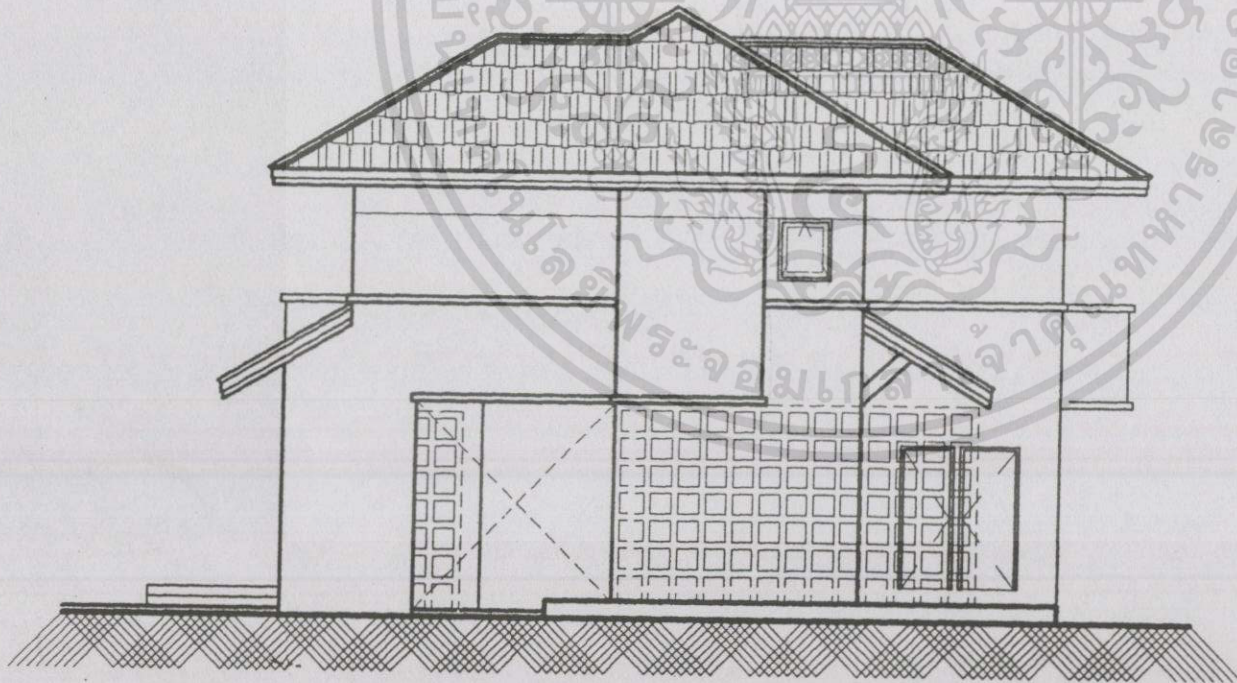
ELEVATION



รูปที่ 9.3 (ต่อ)



ELEVATION



ELEVATION



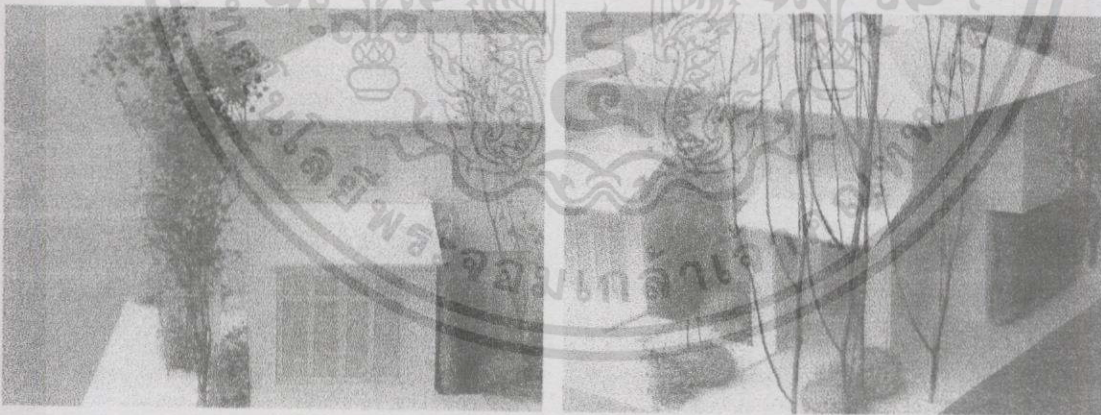
9.3 รูปแบบของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

การออกแบบอาคารโดยใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารในงานวิจัยนี้ จะรวมไปถึงการใช้พืชพรรณไม้ในแบบอื่นที่ถึงแม้จะไม่ได้ประกอบอาคารโดยตรงดัง 3 กรณีที่ได้ศึกษาไปแล้วในบทที่ 7 ก็ตาม ทั้งนี้เพื่อให้เห็นถึงการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารในหลายรูปแบบ และให้เห็นถึงประสิทธิผลของพืชพรรณไม้ได้มากยิ่งขึ้น โดยที่ยังอยู่ภายใต้ขอบเขตการศึกษาวิจัย ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการออกแบบนี้มี 5 วิธี ดังนี้

1. การใช้ร่มเงาจากไม้ค้ำ
2. การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอน
3. การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง
4. การใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร
5. การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดิน และ ไม้พุ่มบริเวณพื้นรอบอาคาร

9.3.1 การใช้ร่มเงาจากไม้ค้ำ

การนำพืชพรรณไม้ไปใช้ลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารวิธีนี้ เป็นวิธีที่ไม่ได้ใช้ประกอบกับอาคารโดยตรงเป็นลักษณะของการปลูกเคียงข้างอาคาร ไม้ค้ำสามารถให้ร่มเงาได้ดีที่สุด และใช้บังแดดให้แก่ส่วนผนังได้บ้าง ไม้ค้ำที่แตกกิ่งก้านในระดับที่สูงกว่าหลังคาจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากไม้บังลมที่จะพัดเข้าสู่อาคาร ไม้ค้ำเหล่านี้จึงทำหน้าที่เสมือนเป็นหลังคาอีกชั้นหนึ่ง

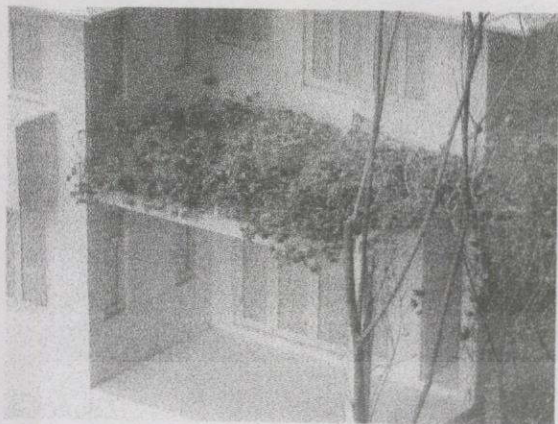


รูปที่ 9.4 การใช้ไม้ค้ำบังแดดให้กับหลังคาและผนังอาคาร

9.3.2 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอน

รูปแบบนี้เป็นรูปแบบของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารโดยตรง โดยใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมโครงสร้างที่ทำเป็นแผงบังแดดในแนวนอน จากการศึกษาการป้องกันแสงแดดในหัวข้อ 6.5 พบว่า เมื่อนำไปใช้บังแดดให้กับช่องเปิดของผนังด้านทิศใต้และทิศเหนือจะให้ผลดีที่สุดใน

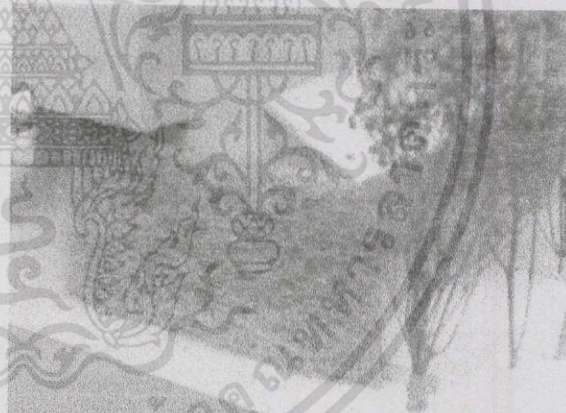
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.5 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอน

9.3.3 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง

รูปแบบนี้เป็นลักษณะวิธีการเดียวกันกับวิธีที่ 2 แตกต่างกันที่ทำในลักษณะเป็นแนวตั้ง เหมาะที่จะนำไปใช้กับผนังหรือเฉลียงด้านทิศตะวันตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผนังที่ไม่มีช่องเปิด ไม่เหมาะจะใช้กับด้านทิศเหนือและทิศใต้เนื่องจากจะบังลมและทัศนียภาพภายนอกอาคารด้วย แผงบังแดดในแนวตั้งนี้จะให้ประสิทธิผลที่ดีเมื่อ Altitude ของดวงอาทิตย์อยู่ในระดับต่ำ

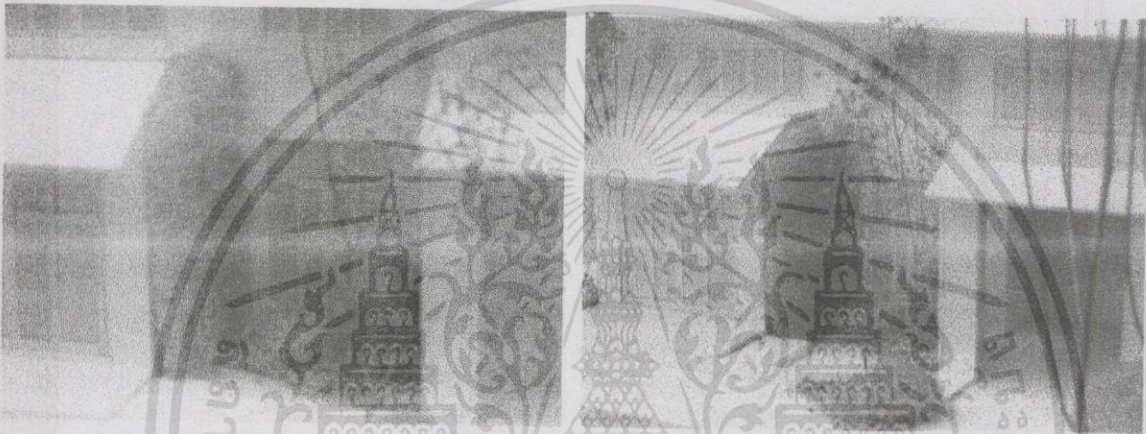


รูปที่ 9.6 การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.3.4 การใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร

ถึงแม้ว่าจากการทดสอบอาคารตัวอย่างที่ใช้ไม้เลื้อยประกอบอาคารในรูปแบบนี้จะสามารถลดความร้อนที่ผ่านผนังได้ดี แต่ก็ยังไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากไปลดประสิทธิภาพของการคายความร้อนของผนังในช่วงเย็นถึงค่ำลงไปด้วย นอกจากนี้ในภายหลังหากเมื่อไม่ต้องการไม้เลื้อยเกาะผนังจะแก้ไขได้ยากเพราะไม้เลื้อยเหล่านี้จะทิ้งร่องรอยถาวรไว้กับผนัง จึงต้องประยุกต์ใช้โดยการทำโครงสร้างให้ไม้เลื้อยเกาะห่างจากผนังเล็กน้อย เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้ และใช้กับผนังด้านทิศตะวันตกที่ไม่มีช่องเปิด หรือมีช่องเปิดน้อยที่สุด จะให้ประสิทธิผลดีที่สุด

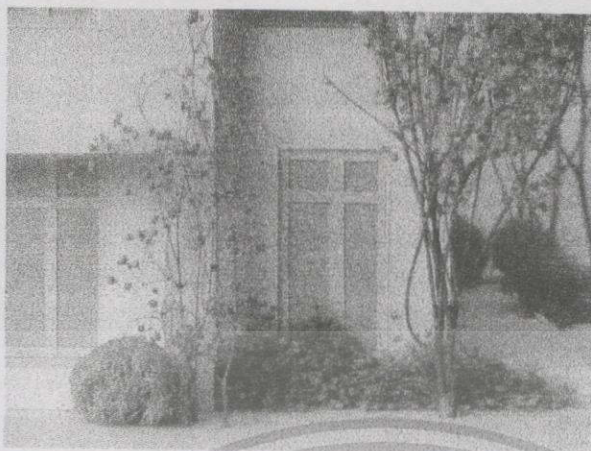


รูปที่ 9.7 การประยุกต์ใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร

9.3.5 การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดิน และไม้พุ่มบริเวณพื้นรอบอาคาร

รูปแบบนี้เป็นการลดการสะท้อนของรังสีแสงอาทิตย์ (Reflected Radiation) ที่สะท้อนจากบริเวณพื้นรอบๆอาคาร ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบอื่นทั้ง 4 วิธีข้างต้น ที่เป็นลักษณะของการป้องกันรังสีตรง (Direct Radiation) การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินสามารถกระทำได้ในทุกทิศรอบอาคาร ทิศเหนือและทิศใต้จะให้ประสิทธิผลสูงสุด เนื่องจากลมจะพัดผ่านไอน้ำเย็นเหนือพื้นหญ้าหรือพืชคลุมดินเข้าสู่อาคาร

การปลูกไม้พุ่มติดกับผนังอาคารก็เป็นการช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะได้ผลในรูปแบบเดียวกันกับวิธีที่ 4 คือ การใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร นอกจากนี้ รูปทรงและพื้นผิวตามธรรมชาติของไม้พุ่มจะทำให้ค่าการสะท้อนรังสีต่ำกว่าลักษณะพื้นผิวที่แบนราบของหญ้า วิธีนี้เหมาะจะใช้กับผนังที่ไม่มีช่องเปิดเท่านั้น เพราะไม้พุ่มเหล่านี้จะบังลม และเพิ่มความชื้นสู่ภายในอาคาร



รูปที่ 9.8 การใช้ไม้พุ่มปลูกติดกับผนังอาคาร

9.4 ลักษณะและชนิดของพรรณไม้ที่ใช้ประกอบอาคาร

จากรูปแบบของการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารในวิธีต่างๆดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า แต่ละวิธีต้องใช้พืชพรรณไม้แต่ละประเภทแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้นั้นๆ ลักษณะและพรรณไม้ที่เลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับรูปแบบวิธีของการนำไปใช้ ดังนี้

9.4.1 พรรณไม้ที่ใช้ในวิธีการใช้ร่มเงาจากไม้ต้น

9.4.1.1 การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังหลังคา

ลักษณะของพรรณไม้

พรรณไม้ที่นำมาใช้ควรอยู่ในประเภทไม้ไม่ผลัดใบ (Evergreen Trees) ที่มีเรือนยอดทรงกลม ทรงร่ม ทรงกรวย หรือทรงปิรามิด พุ่มใบค่อนข้างดกแน่น แตกกิ่งก้านในแนวกว้างในระดับที่สูง เพื่อที่จะไม่บังลมที่จะพัดผ่านได้พุ่มใบเข้าสู่อาคาร กิ่งก้านไม้เปราะหักง่าย ไม่มีน้ำยางเป็นพิษ ไม่มีระบบรากลอยหรือรากแข็งแรง และไม่มีผลร่วงหล่นที่อาจก่อความเสียหายให้กับหลังคาหรือสร้างความรำคาญแก่ผู้พักอาศัยได้

พรรณไม้ที่ใช้

ได้แก่ ประดู่ สัตตบรรณ ขี้เหล็ก สะเดา ควินิน ตะขบ กระพี้จั่น กระจินณรงค์ มะฮอกกานี ปับ เลียน เป็นต้น

9.4.1.2 การใช้ร่มเงาจากไม้ต้นบังผนัง

ลักษณะของพรรณไม้

พรรณไม้ที่นำมาใช้ควรอยู่ในประเภทไม้ผลัดใบเช่นกัน การใช้ไม้ผลัดใบ (Deciduous Trees) ถึงแม้ส่วนใหญ่จะมีดอกสวย แต่ประสิทธิภาพในการบังแดดจะลดลงในช่วงที่ไม้ไม่ผลัดใบ พรรณไม้ที่ใช้บังผนังควรมีลักษณะพุ่มใบแน่น รูปทรงกระบอก ทรงกรวย ทรงปิรามิดทรงกลมก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้ได้ ความสูงประมาณ 2-3 เมตร หากผนังมีช่องเปิด ต้องให้พุ่มใบอยู่สูงหรือต่ำกว่าระดับของช่องเปิดนั้น

พรรณไม้ที่ใช้

ส่วนใหญ่เป็นไม้ต้นขนาดกลางถึงขนาดเล็กเช่น โมก ทรงบาดาล เป็นต้น หรือไม้ต้นขนาดใหญ่และไม้ผลบางชนิดเช่น อโศกอินเดีย มะม่วง ขนุน ชมพู เป็นต้น

9.4.2 พรรณไม้ที่ใช้ในวิธีการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวนอน

ลักษณะของพรรณไม้

พรรณไม้ที่ใช้อยู่ในประเภทไม้รอเลื้อย (Scandents) หรือไม้เถาเลื้อย (Climbers, Vines) โดยเป็นไม้เลื้อยขึ้นต้นอายุยืน ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เจริญเติบโตในขนาดที่จำกัด พวงไม้เลื้อยล้มลุกอายุสั้นแม้จะให้ดอกสวยงามกว่า แต่ไม้จำพวกนี้มีอายุประมาณ 1 - 3 ปี จากนั้นเถาเถาต้นก็จะโทรมไป ส่วนไม้เลื้อยขนาดใหญ่เช่น การเวก โยทะกา เถาะกะโหลก และเถาใบสีทอง เป็นต้น อาจจะสร้างความเสียหายแก่โครงสร้างอาคารได้

พรรณไม้ที่ใช้

ประเภทไม้เลื้อยขนาดเล็ก เช่น สายน้ำผึ้ง ขจร พวงชมพู พวงแสด มะลิวัลย์ ลัดดาวัลย์ บานบุรี จันทร์กระจ่างฟ้า เป็นต้น

ประเภทไม้เลื้อยขนาดกลาง เช่น สร้อยอินทนิล เต็มมือนาง ใบชะบาต องุ่น เป็นต้น

9.4.3 พรรณไม้ที่ใช้ในวิธีการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง

ลักษณะของพรรณไม้

พรรณไม้ที่ใช้ในวิธีนี้ สามารถใช้ได้ทั้งไม้เลื้อยใน 2 ประเภทแรกที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 9.3.2 และยังใช้ไม้เลื้อยอิงอาศัย (Epiphytic Climber) รวมทั้งการใช้ไม้พุ่มกลางที่มีลักษณะใบละเอียด ดอกที่บดัดแต่งเป็นแผงบังแดดได้อีกด้วย

พรรณไม้ที่ใช้

ประเภทไม้เลื้อยอิงอาศัย เช่น ตีนตุ๊กแก พลุค้างพิโลเคนดรอนพันธุ์ต่างๆ เงินไหลมา ออมเงิน ออมทอง สร้อยใบโพธิ์ โฮย่า หรือนมตำเรีย เป็นต้น

ประเภทไม้พุ่ม โดยตัดแต่งเป็นแผงบังแดด เช่น ข่อย ซาปัดดาเวีย ซาข่อย แก้ว ไทรทอง พยับหมอก ถิ่นกระบือ ขาไก่เขียว ขาไก่ดำ เข็ม ชบา เต็มครุฑ เป็นต้น

9.4.4 พรรณไม้ที่ใช้ในวิธีการใช้ไม้เลื้อยเกาะปกคลุมผนังอาคาร

ลักษณะของพรรณไม้

พรรณไม้ที่ใช้อยู่ในประเภทไม้เลื้อยอิงอาศัย มีลักษณะใบละเอียด ดอก กิ่งก้านไม้ใหญ่โต เนื่องจากจะต้องตัดแต่งอยู่เสมอ

พรรณไม้ที่ใช้

ที่นิยมที่สุดคือ ตีนตุ๊กแก นอกจากนี้อาจใช้ พลุค้าง เงินไหลมาพิโลเคนดรอน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.4.5 พรรณไม้ที่ใช้ในวิธีการปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินและไม้พุ่มที่พื้นรอบอาคาร

ลักษณะของพรรณไม้

พืชคลุมดินหรือ ไม้คลุมดิน (Ground Cover) รวมไปถึงไม้พุ่มเตี้ย เป็นไม้ที่มีความสูงไม่เกิน 30 ซม. หรือสูงสุดไม่เกินระดับต่างของช่องเปิด อาจใช้ประเภทไม้ดอกที่มีกลิ่นหอม เนื่องจากปลูกชิดอาคาร

พรรณไม้ที่ใช้

หญ้าหรือพืชคลุมดินส่วนใหญ่ชอบแสงแดดจัด เช่น หญ้านวลน้อย หญ้าญี่ปุ่น คาคะท้าว คาคัททิม ผักเป็ด ผักโขมแดง แดงชาติ แอหนัง เทียนทอง ฤาษีผสม เป็นต้น

ประเภทไม้ดอก เช่น พิกุลเนี้ย บานชื่น คาวเรือง สร้อยไก่ คุณนายตื่นสาย ไม้ดอกที่มีอายุยืน เช่น ย่ำหยา กระจุมทองเลื้อย เข็ม เป็นต้น

หากปลูกร่วมกับวิธีที่ 1 คือ การใช้ร่มเงาจากไม้ต้น ต้องใช้พรรณไม้ที่ชอบแสงรำไร เช่น คล้าพันธุ์ต่างๆ เเคหลี หนวดปลาชุก เศรษฐีเรือนนอกและเรือนใน สะระแหน่ประดับ ชะพลู พรมออสเตรเลีย หรืออยู่ได้ทั้งแสงแดดจัดจนถึงรำไร เช่น หญ้ามาเลเซีย กระจุมทองเลื้อย เฟิร์นบอสตัน เฟิร์นใบมะขาม เฟิร์นก้างปลา หยนิโคร หลิวญี่ปุ่น หัวใจสีม่วง คาคะท้าว กาบหอยแครง ถิ่นมังกร กำแพงเงิน เกตุศรภค เป็นต้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

10.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยทดสอบประสิทธิผลของการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารทั้ง 3 รูปแบบ ได้ผลสรุปดังนี้คือ

1. การใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคาร

การใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารในลักษณะนี้สามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวันที่ท้องฟ้าปกคลุมได้ถึง $15 - 18^{\circ}\text{C}$

แม้ว่าการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังอาคารจะสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังได้มาก แต่ไม้เลื้อยที่เกาะติดอยู่กับผนังก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ผนังมีความชื้นสูง ซึ่งจะกลายเป็นตัวนำความร้อนที่ดี อีกทั้งการคายความร้อนออกจากผนังในช่วงบ่ายถึงกลางคืนยังเป็นไปได้ช้า เนื่องจากมีไม้เลื้อยเป็นตัวขัดขวาง ทำให้สภาพแวดล้อมและกระแสลมไม่สามารถพาความร้อนที่สะสมในผนังออกไปได้อย่างสะดวก

ประสิทธิผลของการใช้ไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังถือว่าเป็นที่ยอมรับได้ แม้จะยังไม่สมบูรณ์นักในเรื่องการคายความร้อน แต่เมื่อเทียบกับผนังที่ไม่มีไม้เลื้อยเกาะคลุมแล้ว จะเห็นว่าผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. การใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยบังผนังในแนวตั้ง

ผลการทดสอบการใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยบังผนังหรือเฉลียงอาคารในแนวตั้งแสดงให้เห็นว่า พืชพรรณไม้สามารถลดอุณหภูมิที่ระเบียงหลังแผงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวันที่ท้องฟ้าปกคลุมไปได้ประมาณ 14°C

ประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับความหนาของพืชพรรณไม้ ความกว้าง และระยะห่างจากผนังของแผงบังแดด เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อค่าการแผ่รังสีรวม ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในบริเวณหลังแผงบังแดดไม้เลื้อย (in shade) มีค่าสูงขึ้นหรือต่ำลง นอกจากนี้การระบายอากาศก็มีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของแผงบังแดดลักษณะนี้ดีขึ้นด้วย ในทางกลับกัน หากในเวลาที่ไม่มีการระบายอากาศไม่ดี แผงบังแดดนี้จะกลายเป็นตัวขัดขวางการระบายความร้อนในส่วนหลังแผงบังแดด (in shade) ทำให้เกิดความร้อนสะสม (Air Pocket) ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ลดลงไปได้น้อยไปด้วย ดังนั้นปัจจัยจากการแผ่รังสีและการระบายอากาศจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งนี้เกิดประสิทธิผล

3. การใช้แผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบบังผนัง หน้าต่าง หรือเฉลียงอาคาร

ในการทดสอบการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวราบให้กับผนังอาคารด้านทิศตะวันตก ปรากฏว่า แผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะนี้สามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกลงได้ 18°C เมื่อเทียบกับผนังที่ไม่มีแผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะเดียวกัน

แผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะนี้ สามารถลดความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้าสู่อาคารได้ดี ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิ การแผ่รังสีและตัวแปรต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ แต่การนำแผงบังแดดลักษณะนี้ไปใช้ประกอบอาคารที่ผนังด้านทิศตะวันตก ทำให้ประสิทธิภาพของแผงบังแดดลดลง เนื่องจากในช่วงบ่าย มุมของดวงอาทิตย์จะอยู่ต่ำ ขณะที่ความร้อนจากแสงแดดยังคงมีค่าสูง ทำให้ความร้อนจากการแผ่รังสีของพื้นที่อยู่บนฝ้าผนังที่ต้องการบังแดดซึ่งได้รับรังสีตรงจากแสงแดด แผ่เข้ามาสู่ผนังได้ หรือหากแผงบังแดดยื่นยาวไม่พอ จะเป็นผลให้แสงแดดส่องเข้าสู่ผนังโดยตรง ทำให้แผงบังแดดใช้งานได้เพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น

การวิจัยนี้ได้ศึกษาให้เห็นถึงประสิทธิผลของแผงบังแดดไม้เลื้อยว่ามีผลต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ และภูมิอากาศ โดยแผงบังแดดไม้เลื้อยไม่ว่าจะนำไปใช้ประกอบอาคารในลักษณะใด ล้วนให้ผลในการลดขวางพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ก่อนที่จะกระทบผนังอาคารได้ทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงสุดในวันที่ท้องฟ้าปกติ แผงบังแดดไม้เลื้อยเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้สูงสุด พืชพรรณไม้ที่ใช้ประกอบอาคารมีผลในการลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร (ΔT) ให้น้อยลง จากสูตรการคำนวณการถ่ายเทความร้อน ($Q = UA(\Delta T)$) ในบทที่ 6 เมื่อค่า U และ A เป็นค่าคงที่ ดังนั้น การลดความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

จากผลการทดสอบในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า การใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารในรูปแบบใดจะให้ประสิทธิผลสูงที่สุดนั้น หัวใจสำคัญขึ้นอยู่กับการนำไปใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม เนื่องจากแต่ละวิธี แต่ละรูปแบบ ต่างมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

การใช้ไม้เลื้อยประกอบอาคารในแบบที่ 1 และ 2 มีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่มีข้อเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากปัจจัยเดียวกัน การนำไปใช้อาจนำทั้งสองรูปแบบวิธีมาผสมผสานกัน โดยทำแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้งห่างจากผนังเล็กน้อย ในระยะที่พอให้ลมพัดผ่านได้ น่าจะสามารถแก้ปัญหาการคายความร้อนและความชื้นสะสม ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผนังในรูปแบบที่ 1 กลายเป็นตัวนำความร้อน และยังแก้ปัญหาการแผ่รังสีความร้อนในช่องว่างระหว่างผนังกับไม้เลื้อยในรูปแบบที่ 2 ได้ แผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะนี้เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้กับผนังอาคารด้านทิศตะวันตก เนื่องจากในช่วงบ่ายมุมของดวงอาทิตย์จะอยู่ต่ำ ซึ่งแผงบังแดดในแนวตั้งจะบังแดดได้อย่างดี

การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแบบที่ 3 เหมาะที่จะนำไปประกอบอาคารในด้านทิศใต้หรือทิศเหนือ เนื่องจากจะบังแดดในช่วงกลางวันได้ดี ไม่ขัดขวางทัศนียภาพและกระแสลม ทำให้การระบายอากาศเป็นไปได้โดยสะดวก แต่ไม่เหมาะจะนำไปใช้ประกอบอาคารด้านทิศตะวันออกหรือตะวันตก เพราะจะบังแดดในช่วงเช้าและบ่ายได้น้อย นอกจากนี้แผงบังแดดนั้นๆจะมีขนาดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างใหญ่พอกับระยะมุมของช่วงเวลาที่ต้องการบังแดด หรือหากใช้ร่วมกันกับแบบที่ 2 แผงบังแดดในแนวตั้งจะไปกีดขวางการระบายอากาศ ซึ่งกลับจะทำให้ประสิทธิภาพของแผงบังแดดลดลงไป

นอกจากนี้ อีกปัจจัยหนึ่งที่น่าสังเกตคือ คุณลักษณะตามธรรมชาติของพืชพรรณไม้ เช่นการเจริญเติบโต ลักษณะใบ ความหนาแน่น และความสมบูรณ์ของพืชพรรณไม้ ล้วนมีผลทำให้ค่าการเป็นฉนวนและคุณสมบัติในการลดความร้อนของพืชพรรณไม้เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ไม่ว่าจะนำไปใช้ประกอบอาคารในลักษณะใดก็ตาม แต่เนื่องจากข้อจำกัดของการวิจัยนี้ จึงไม่ได้นำปัจจัยดังกล่าวมาเป็นตัวแปรในการทดสอบ จึงมีอาจจะระบุผลที่แน่ชัดลงไปได้

ประการสำคัญ วิธีการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารโดยการใชพืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพียงอย่างเดียว ไม่อาจที่จะปรับสภาพในอาคารให้อยู่ในสภาวะสบายได้ตลอดทั้งวัน เนื่องจากวิธีการดังกล่าว เป็นเพียงวิธีหนึ่งในหลายวิธีการของแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Design) เป็นการแก้ปัญหาคำร้อนที่ผ่านผนังเข้าสู่ภายในอาคารเฉพาะส่วนเท่านั้น ดังนั้น จึงควรจะต้องใช้หลายๆวิธีตามหลักการและทฤษฎีของการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานประกอบกัน จึงจะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

10.2 ข้อเสนอแนะ

ตัวอย่างอาคารพักอาศัยที่ใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่น่าเสนอในงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารใน 2 ลักษณะคือ การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้งและแนวนอน โดยที่การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงบังแดดในแนวตั้ง เป็นการประยุกต์ใช้จากรูปแบบที่ 1 และ 2 มาผสมผสานกัน ซึ่งวิธีนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ผลการทดลองซึ่งสันนิษฐานว่า จะเป็นแบบที่ให้ผลที่ดีที่สุดในการนำไปใช้ประกอบอาคารด้านทิศตะวันตก หากเพียงแต่ว่า ยังมีได้มีการดำเนินการวิจัยทดสอบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงบังแดดในลักษณะนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาและอยู่นอกขอบเขตการศึกษาวิจัย ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า หากมีผู้ทำการศึกษาต่อไปถึงประสิทธิภาพของแผงบังแดดไม้เลื้อยในลักษณะดังกล่าวนี้ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมาก ทำให้ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารครอบคลุมในทุกลักษณะอย่างแท้จริง

การนำพืชพรรณไม้ไปใช้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ไม่เพียงแต่ให้ผลในแง่การลดอุณหภูมิได้อย่างน่าพอใจแล้ว การมีต้นไม้หรือการปลูกต้นไม้ไว้ในบริเวณบ้าน ย่อมส่งผลดีแก่ผู้อยู่อาศัยอีกหลายประการ เนื่องจากต้นไม้ช่วยสร้างความสดชื่นและสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีแก่บริเวณนั้น รวมไปถึงบริเวณข้างเคียงหรือชุมชนนั้นๆด้วย ผู้ที่สัญจรไปมาก็ได้รับความสดชื่นร่มเย็นเช่นเดียวกัน หรือกล่าวได้ว่าการปลูกต้นไม้ในบริเวณบ้าน เป็นส่วนหนึ่งของการช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับสังคมด้วย ผู้วิจัยเห็นว่าผู้ออกแบบไม่เพียงแต่จะต้องออกแบบอาคารและบริเวณที่ตั้งอาคารเท่านั้น หากยังต้องมุ่งส่งเสริมสภาพแวดล้อมโดยรอบที่ตั้งด้วย ดังนั้นการใช้พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรณไม้ประกอบอาคาร อาจไม่ได้มุ่งประเด็นไปเพียงเพื่อการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารเท่านั้น แต่เป็นการสร้างความสดชื่นสวยงามให้แก่อาคารและบริเวณนั้นๆ ในอีกนัยหนึ่งด้วย

แม้ว่าการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารจะสามารถแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิหรือความร้อนจากแสงแดดได้อย่างดี แต่วิธีการต่างๆ ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ล้วนมีการลงทุนในบางส่วนเช่นกัน รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา หากต้นไม้เหี่ยวแห้งตายไปก็อาจจะไม่เกิดประโยชน์ผลใดๆ การแก้ปัญหาการใช้พลังงานอันเนื่องมาจากความร้อนที่เข้าสู่อาคาร จึงควรเริ่มต้นที่ผู้ออกแบบที่ควรออกแบบอาคารที่สามารถลดความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาด้านสภาพแวดล้อมด้วยวิธีเบื้องต้น (Conventional Design) เพราะเป็นการลงทุนที่น้อยที่สุด แต่ให้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งผู้อยู่อาศัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ เพิ่มอีก เป็นการให้สถาปัตยกรรมแก้ปัญหาด้วยตัวของมันเอง ดังนั้นหากมีการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ดี ครอบคลุมถึงการประหยัดพลังงาน การป้องกันความร้อนจากแสงแดดอย่างรอบคอบในทุกขั้นตอนของการออกแบบตั้งแต่เบื้องต้นแล้ว การใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารหรือการใช้อุปกรณ์ใดๆ ก็อาจไม่มีความจำเป็นเลย วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาสำหรับอาคารที่ก่อสร้างเสร็จและใช้งานแล้ว แต่อาจมีปัญหากจากความร้อนที่ครอบอาคารมีมากเกินไป จึงใช้วิธีการปรับความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ (Passive Cooling) ด้วยการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

บรรณานุกรม

- จินดา แก้วเขียว และวัชร มั่งวิทิศกุล. มปป. “หน้าต่างและกันสาด.” กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. เอกสารเผยแพร่สาระน่ารู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน
- ตรึงใจ บุณสมภพ. 2521. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์
- ตรึงใจ บุณสมภพ. 2539. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง
- ตรึงใจ บุณสมภพ. 2541. “การป้องกันแดดและการประยุกต์ใช้อุปกรณ์กันแดด.” หน้า 26 – 29 ใน การสัมมนาเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานสำหรับคณาจารย์ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ธนิต จินดานิก. 2540. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปัทมา แซ่ดี. 2542. ไม้ใบคลุมดิน. กรุงเทพฯ : บ้านและสวน
- ปรีชญา รังสิรักษ์. มปป. แนวความคิดในเรื่องสภาวะความสบาย. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- พงศ์เทพ วิวรรณะเดช. 2543. “The Urban Heat Island.” วารสารวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. 2(2) : 211 – 214
- พฤกษ์ชน (นามแฝง). 2542. “ต้นไม้เลื้อย.” *Landscape & Home*. 1(4) : 79 – 81
- มานพ สุภาพิ่ง. 2542. “แนวคิดการเลือกพืชพรรณแต่งสวน.” *Landscape & Home*. 1(4) : 20
- มาลินี ศรีสุวรรณ. มปป. *Comfort Zone* และตัวแปรที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน. เอกสารประกอบการบรรยายคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
- วชิรพงศ์ หวลบุตรตา. 2542. ไม้ต้นประดับ. กรุงเทพฯ : บ้านและสวน
- สุนทร บุญญาธิการ. 2541. “การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้อื้ออานวยต่อการประหยัดพลังงาน.” ใน การสัมมนาโครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุนทร บุญญาธิการ. 2541. “สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยและการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.” ใน การสัมมนาเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานสำหรับคณาจารย์ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2541. “สถานการณ์พลังงานในช่วง 9 เดือนแรกปี 2541.” วารสารนโยบายพลังงาน. 42 : 84 – 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2543. สถานการณ์พลังงาน การดำเนินงาน และแผนงานในปี 2544. [Online]. Available : <http://www.nepo.go.th/doc/doc-SumReport2001-Plan.html>
- อรศิริ ปาณินท์. มปป. การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร. 35 – 36
- เอี่ยมพร วิสหมาย และคณะ. 2539. พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : พิมพ์ดี
- Clark , D.E. 1981. **Do – It – Yourself Energy Saving Project**. California : Lane Publishing
- Egan , M.D. 1975. **Concept of Thermal Comfort**. New Jersey : Prentice – Hall
- Givoni , B. 1994. **Passive and Low Energy Cooling of Buildings**. New York : Van Nostrand Reinhold
- Givoni , B. 2000. “Climate Responsive Building Design in Hot Humid Regions”. 136 – 137. In Sahachaisaree , N. **Green Architecture – The Sustainable Built Environment in the New Millennium**. Bangkok : Amarin Printing and Publishing
- Holm , D. 1983. **Energy Conservation in Hot Climates**. London : The Architecture Press Ltd.
- Holm , D. 1989. “Thermal Improvement by Means of Leaf-Cover on External Walls : A Literature Review”. **Energy and Buildings**. 15 – 16 : 479 – 486
- Hoyano , A. 1988. “Climatological Uses of Plants for Solar Control and the Effects on the Thermal Environment of a Building”. **Energy and Buildings**. 11 : 181 – 199
- Huang , Y.J. et. al. 1987. “The Potential of Vegetation in Reducing Summer Cooling Loads in Residential Buildings”. **Climate and Applied Meteorology**. 26 : 1103 – 1115
- McPherson , E.G. (Ed.) 1984. “Planting Design for Solar Control”. **Energy – Conserving Site Design**. 141 – 164. Washington , D.C. : The American Society of Landscape Architects
- Meier , A.K. 1990/1991. “Strategic Landscaping and Air-conditioning Savings : A Literature Review”. **Energy and Buildings**. 15 – 16 : 479 – 486
- Olgay , V. 1992. **Design With Climate : Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism**. New York : Van Nostrand Reinhold
- Pichakum , N. and Maruta , Y. 1992. “An Investigation on the Effect of Shade Plant on Building to Solar Radiation and Air Temperature in Summer”. **Environmental Information Science**. 21(2) : 54 – 60
- Watson , D. et. al. 1983. **Climate Design**. New York : McCraw – Hill Book



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าเฉลี่ยใน 1 วันของการทดสอบไม้เลื้อยเกาะคลุมผนังด้านทิศตะวันตก

4/6/2001	OPUS200						HOBO			
Device Address:	OP302	OP302	OP340	OP340	OP364	OP364				
Channel Number:	M01	M02	M01	M02	M01	M02	CH 1	CH 1,2	CH 3	CH 3
Sensor:	Spannung 0(-100)-100mV	Strom 4..20mA	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	internal	internal	TMC6-HA	TMC6-HA
Unit:	W/m2	m/s	๙C	๙C	๙C	๙C	C	%	C	C
Comment:	Spannung 0(-100)-100mV	Strom 4..20mA	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Temperature (°C) (1)	RH (%) (1,2)	Temperature (°C) (3)	Temperature (°C) (3)
Description:	Ir	Vel	Tso pnt	Tsi pnt	Tso n/p	Tsi n/p	Ta	RH	GT pnt	GT n/p
Mean	65.00	0.18	25.83	32.00	27.86	26.95	26.80	59.35	27.11	27.04
Min	0.00	0.05	24.75	29.23	23.71	24.23	22.63	29.06	23.36	22.91
Max	316.42	0.34	27.96	34.43	38.31	31.51	35.89	75.51	36.93	36.82

No.	Description:	Ir	Vel	Tso pnt	Tsi pnt	Tso n/p	Tsi n/p	Ta	RH	GT pnt	GT n/p
1	0:00	0.02	0.10	25.50	30.60	25.01	25.84	23.71	73.31	23.87	23.99
2	0:10	0.02	0.10	25.49	30.49	24.95	25.83	23.71	73.03	23.93	23.93
3	0:20	0.02	0.09	25.50	30.40	24.92	25.74	23.59	73.06	23.87	23.99
4	0:30	0.02	0.10	25.47	30.27	24.87	25.69	23.53	73.20	23.76	23.82
5	0:40	0.02	0.13	25.45	30.19	24.81	25.64	23.53	72.79	23.76	23.82
6	0:50	0.01	0.13	25.42	30.07	24.75	25.60	23.48	72.77	23.65	23.76
7	1:00	0.01	0.11	25.40	29.99	24.68	25.53	23.42	73.54	23.59	23.70
8	1:10	0.02	0.10	25.39	29.91	24.67	25.49	23.31	73.64	23.59	23.76
9	1:20	0.02	0.08	25.40	29.86	24.62	25.44	23.31	73.90	23.53	23.70
10	1:30	0.02	0.11	25.38	29.79	24.58	25.43	23.31	73.94	23.53	23.65
11	1:40	0.02	0.13	25.36	29.73	24.52	25.40	23.31	73.71	23.59	23.53
12	1:50	0.02	0.11	25.33	29.66	24.49	25.33	23.25	73.89	23.65	23.53
13	2:00	0.02	0.11	25.30	29.60	24.43	25.27	23.25	73.50	23.70	23.53
14	2:10	0.02	0.09	25.28	29.56	24.41	25.27	23.20	73.30	23.53	23.53
15	2:20	0.02	0.09	25.25	29.51	24.37	25.21	23.14	73.41	23.59	23.48
16	2:30	0.02	0.10	25.22	29.44	24.32	25.17	23.20	73.56	23.59	23.53
17	2:40	0.01	0.10	25.22	29.43	24.29	25.13	23.20	73.56	23.65	23.53
18	2:50	0.02	0.10	25.19	29.39	24.27	25.07	23.14	73.67	23.64	23.36
19	3:00	0.01	0.11	25.17	29.37	24.26	25.06	23.14	73.59	23.76	23.31
20	3:10	0.01	0.12	25.15	29.33	24.23	25.01	23.03	73.40	23.82	23.31
21	3:20	0.02	0.11	25.14	29.36	24.22	24.96	23.08	73.29	23.87	23.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Description:	Ir	Vel	Tso pnt	Tsi pnt	Tso n/p	Tsi n/p	Ta	RH	GT pnt	GT n/p
22	3:30	0.02	0.12	25.13	29.33	24.19	24.91	23.14	73.43	23.99	23.36
23	3:40	0.02	0.13	25.11	29.36	24.15	24.87	23.08	73.49	24.11	23.31
24	3:50	0.02	0.11	25.08	29.34	24.12	24.83	22.97	73.59	23.82	23.31
25	4:00	0.01	0.08	25.06	29.33	24.09	24.79	23.03	73.57	23.76	23.31
26	4:10	0.02	0.09	25.06	29.33	24.08	24.79	22.97	73.49	23.76	23.31
27	4:20	0.02	0.09	25.04	29.29	24.05	24.73	22.97	73.41	23.82	23.25
28	4:30	0.02	0.10	25.02	29.26	24.01	24.73	22.97	73.33	23.70	23.20
29	4:40	0.01	0.08	25.01	29.27	23.98	24.69	22.91	73.51	23.65	23.20
30	4:50	0.01	0.09	24.99	29.27	23.95	24.66	22.91	73.70	23.53	23.20
31	5:00	0.01	0.09	24.98	29.23	23.91	24.61	22.91	73.70	23.53	23.14
32	5:10	0.01	0.09	24.95	29.27	23.88	24.56	22.86	73.70	23.53	23.14
33	5:20	0.01	0.08	24.93	29.36	23.84	24.54	22.80	74.16	23.53	23.03
34	5:30	0.01	0.07	24.90	29.47	23.82	24.50	22.75	74.14	23.48	23.03
35	5:40	0.04	0.05	24.89	29.59	23.79	24.44	22.75	74.53	23.48	22.97
36	5:50	0.24	0.06	24.86	29.73	23.75	24.43	22.63	75.14	23.36	22.91
37	6:00	1.17	0.06	24.84	29.87	23.71	24.36	22.74	75.13	23.42	22.91
38	6:10	3.69	0.08	24.81	29.99	23.72	24.33	22.74	75.14	23.53	23.14
39	6:20	7.31	0.07	24.79	30.11	23.77	24.29	22.80	75.24	23.70	23.31
40	6:30	10.63	0.06	24.78	30.24	23.81	24.26	23.03	75.33	23.87	23.53
41	6:40	14.45	0.06	24.76	30.31	23.91	24.24	23.19	75.51	24.04	23.76
42	6:50	18.13	0.07	24.75	30.40	24.02	24.23	23.36	75.39	24.21	24.09
43	7:00	21.96	0.09	24.75	30.46	24.11	24.23	23.70	74.56	25.52	24.43
44	7:10	27.97	0.10	24.75	30.54	24.25	24.24	23.98	74.40	24.78	24.83
45	7:20	33.56	0.10	24.80	30.61	24.45	24.26	24.43	73.11	24.89	25.23
46	7:30	38.68	0.11	24.82	30.66	24.63	24.30	24.77	71.67	25.11	25.63
47	7:40	45.49	0.11	24.88	30.60	24.88	24.41	25.23	70.17	25.63	26.15
48	7:50	46.12	0.14	24.93	30.71	25.03	24.43	25.52	67.43	25.86	26.33
49	8:00	47.30	0.13	24.95	30.84	25.17	24.50	25.75	65.57	26.10	26.50
50	8:10	47.91	0.14	24.97	31.00	25.29	24.54	25.92	63.81	26.21	26.79
51	8:20	52.68	0.16	24.98	31.11	25.44	24.60	26.09	62.10	26.38	26.96
52	8:30	57.47	0.15	25.03	31.26	25.67	24.70	26.56	60.40	26.79	27.55
53	8:40	59.60	0.20	25.05	31.33	25.81	24.76	26.73	58.77	26.85	27.73
54	8:50	68.83	0.17	25.12	31.44	26.13	24.87	27.20	57.84	27.43	28.44
55	9:00	72.39	0.19	25.17	31.54	26.39	24.96	27.49	55.59	27.73	28.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Description:	Ir	Vel	Tso pnt	Tsi pnt	Tso n/p	Tsi n/p	Ta	RH	GT pnt	GT n/p
56	9:10	74.58	0.25	25.15	31.57	26.53	25.04	27.61	52.84	27.67	28.79
57	9:20	82.23	0.26	25.23	31.70	26.78	25.17	27.96	52.19	28.14	29.27
58	9:30	84.74	0.26	25.27	31.79	26.95	25.27	28.20	50.97	28.26	29.39
59	9:40	93.69	0.24	25.36	31.87	27.39	25.43	28.68	49.47	28.79	30.06
60	9:50	96.22	0.24	25.41	31.91	27.67	25.54	29.03	47.96	29.15	30.54
61	10:00	92.95	0.25	25.48	32.00	27.79	25.69	29.15	46.46	29.09	30.43
62	10:10	98.19	0.29	25.50	32.03	28.06	25.81	29.46	45.73	29.22	30.55
63	10:20	97.98	0.28	25.53	32.06	28.20	25.93	29.40	45.66	29.27	30.67
64	10:30	94.88	0.31	25.57	32.10	28.31	26.06	29.45	45.27	29.27	30.73
65	10:40	101.52	0.29	25.66	32.19	28.58	26.21	29.88	43.90	29.81	31.29
66	10:50	108.57	0.30	25.76	32.27	28.96	26.39	30.30	42.70	30.06	31.66
67	11:00	116.19	0.30	25.80	32.30	29.44	26.49	30.55	41.44	30.30	32.16
68	11:10	112.23	0.27	25.86	32.34	29.46	26.66	30.73	40.50	30.48	32.09
69	11:20	125.02	0.28	25.93	32.36	30.02	26.84	31.16	39.37	31.03	33.04
70	11:30	115.02	0.30	26.04	32.40	30.08	27.00	31.22	38.64	30.97	30.08
71	11:40	104.14	0.27	26.08	32.46	29.90	27.14	30.91	39.63	30.61	29.97
72	11:50	114.92	0.27	26.19	32.57	30.26	27.31	31.35	39.50	31.23	30.24
73	12:00	109.77	0.29	26.24	32.60	30.38	27.46	31.29	38.84	31.29	30.26
74	12:10	119.77	0.32	26.27	32.61	30.72	27.59	31.35	39.44	31.60	31.13
75	12:20	122.30	0.30	26.32	32.67	30.95	27.76	31.43	38.77	31.55	31.66
76	12:30	138.27	0.30	26.34	32.73	31.56	27.89	31.49	38.81	31.24	32.06
77	12:40	162.13	0.25	26.42	32.74	32.44	28.07	32.23	37.16	32.49	33.32
78	12:50	173.69	0.32	26.44	32.71	32.99	28.27	32.61	35.73	32.61	33.66
79	13:00	169.49	0.28	26.43	32.76	32.87	28.40	32.54	36.29	32.49	33.43
80	13:10	192.85	0.33	26.51	32.80	33.70	28.63	32.74	35.31	32.73	34.27
81	13:20	216.50	0.32	26.65	32.90	34.40	28.80	33.05	34.91	33.12	35.08
82	13:30	218.15	0.34	26.75	32.97	34.77	29.03	33.12	34.07	33.39	34.42
83	13:40	211.86	0.32	26.80	33.01	34.80	29.21	33.11	34.26	32.99	34.43
84	13:50	238.82	0.32	26.91	33.07	35.54	29.40	33.32	34.29	33.93	35.15
85	14:00	245.41	0.31	27.03	33.13	36.09	29.60	33.74	33.94	35.20	36.11
86	14:10	240.73	0.34	27.12	33.20	36.12	29.83	34.36	31.66	34.53	35.45
87	14:20	246.44	0.28	27.19	33.21	36.43	30.01	34.69	30.60	35.31	35.82
88	14:30	244.16	0.29	27.26	33.26	36.28	30.23	34.83	30.70	34.42	35.74
89	14:40	262.93	0.30	27.37	33.30	36.92	30.40	35.17	30.39	34.60	35.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Description:	Ir	Vel	Tso pnt	Tsi pnt	Tso n/p	Tsi n/p	Ta	RH	GT pnt	GT n/p
90	14:50	301.38	0.31	27.54	33.34	37.88	30.61	35.89	29.06	36.85	36.82
91	15:00	255.63	0.29	27.57	33.41	37.14	30.74	35.34	29.21	35.66	34.58
92	15:10	231.75	0.26	27.55	33.44	36.42	30.87	34.61	31.04	35.02	34.10
93	15:20	254.72	0.25	27.60	33.40	37.10	30.99	35.00	31.39	36.57	34.96
94	15:30	316.42	0.28	27.80	33.39	38.31	31.14	35.65	30.99	36.93	36.50
95	15:40	250.27	0.29	27.80	33.41	37.40	31.21	34.79	32.06	35.23	34.41
96	15:50	273.08	0.27	27.81	33.47	37.72	31.31	34.82	31.83	35.01	34.10
97	16:00	282.07	0.27	27.85	33.54	37.42	31.40	34.88	32.43	35.39	33.87
98	16:10	266.99	0.30	27.96	33.61	37.88	31.49	34.34	32.90	34.91	34.45
99	16:20	205.30	0.31	27.88	33.66	36.72	31.51	33.13	35.03	33.29	32.21
100	16:30	184.90	0.31	27.71	33.69	35.45	31.49	32.26	38.31	32.17	30.82
101	16:40	185.89	0.29	27.48	33.71	34.69	31.49	32.07	39.20	32.41	30.35
102	16:50	199.34	0.29	27.27	33.74	32.90	31.46	31.81	39.86	32.17	27.97
103	17:00	129.85	0.30	27.15	33.79	32.29	31.37	30.71	41.30	30.32	27.59
104	17:10	69.86	0.29	27.08	33.86	31.80	31.23	29.36	45.11	29.46	26.82
105	17:20	62.48	0.30	26.99	33.89	31.38	31.03	28.57	48.17	28.74	26.56
106	17:30	51.42	0.29	26.91	33.90	30.93	30.89	28.03	51.37	28.38	26.42
107	17:40	40.37	0.28	26.84	33.93	30.49	30.69	27.62	53.39	27.67	26.14
108	17:50	33.62	0.26	26.77	34.00	30.03	30.54	26.81	56.21	26.93	25.32
109	18:00	24.31	0.26	26.72	34.04	29.52	30.40	26.12	59.44	26.65	24.85
110	18:10	17.38	0.28	26.56	34.09	28.88	30.20	25.66	62.20	26.00	24.26
111	18:20	11.39	0.28	26.44	34.13	28.24	30.03	25.20	63.67	25.54	24.01
112	18:30	6.36	0.28	26.36	34.16	27.78	29.84	24.91	64.87	25.48	23.88
113	18:40	2.15	0.22	26.27	34.04	27.55	29.14	24.74	66.00	25.42	23.98
114	18:50	0.45	0.20	26.21	34.07	27.33	28.93	24.56	67.10	24.85	24.03
115	19:00	0.07	0.16	26.19	34.16	27.21	28.74	24.50	67.54	24.90	24.25
116	19:10	0.00	0.15	26.13	34.19	27.04	28.54	24.50	67.44	24.84	24.18
117	19:20	0.00	0.14	26.08	34.27	26.90	28.37	24.45	67.01	25.13	24.34
118	19:30	0.00	0.11	26.04	34.30	26.81	28.21	24.50	67.46	24.90	24.56
119	19:40	0.00	0.11	26.00	34.31	26.67	28.03	24.33	68.09	24.39	24.62
120	19:50	0.00	0.13	25.97	34.33	26.57	27.89	24.33	68.30	24.44	24.68
121	20:00	0.00	0.15	25.92	34.37	26.44	27.77	24.39	67.97	24.39	24.56
122	20:10	0.00	0.16	25.86	34.39	26.13	27.63	24.16	68.60	23.99	24.17
123	20:20	0.00	0.16	25.81	34.39	25.90	27.49	23.93	69.73	23.94	24.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Description:	Ir	Vel	Tso pnt	Tsi pnt	Tso n/p	Tsi n/p	Ta	RH	GT pnt	GT n/p
124	20:30	0.00	0.15	25.77	34.39	25.80	27.36	23.99	70.49	23.94	24.11
125	20:40	0.00	0.10	25.74	34.40	25.74	27.24	23.94	70.46	23.94	24.11
126	20:50	0.00	0.11	25.71	34.40	25.65	27.10	23.99	70.50	23.99	24.11
127	21:00	0.00	0.11	25.70	34.43	25.61	26.99	24.05	70.69	24.05	24.11
128	21:10	0.00	0.14	25.64	34.34	25.54	26.87	23.99	71.06	24.05	24.00
129	21:20	0.00	0.11	25.60	34.23	25.48	26.79	23.93	71.23	23.94	23.94
130	21:30	0.00	0.12	25.58	34.06	25.47	26.69	23.99	71.34	23.94	24.05
131	21:40	0.00	0.13	25.56	33.86	25.45	26.64	23.99	71.27	24.10	24.05
132	21:50	0.00	0.13	25.53	33.73	25.42	26.54	23.99	71.23	24.05	24.05
133	22:00	0.00	0.11	25.51	33.60	25.40	26.47	23.93	71.27	24.10	24.05
134	22:10	0.00	0.12	25.49	33.43	25.36	26.40	23.88	71.67	24.05	24.05
135	22:20	0.00	0.11	25.51	33.37	25.30	26.31	23.88	72.06	24.05	24.05
136	22:30	0.00	0.12	25.49	33.23	25.24	26.26	23.82	72.41	24.16	23.99
137	22:40	0.00	0.13	25.49	33.14	25.20	26.17	23.93	72.46	24.10	24.10
138	22:50	0.00	0.13	25.45	32.94	25.17	26.11	23.99	72.46	24.04	24.05
139	23:00	0.00	0.10	25.41	32.71	25.16	26.10	23.93	72.40	24.04	24.05
140	23:10	0.00	0.10	25.40	32.46	25.13	26.01	23.88	72.74	24.04	24.27
141	23:20	0.00	0.10	25.35	32.20	25.10	25.97	23.88	72.84	23.99	24.22
142	23:30	0.00	0.11	25.34	31.99	25.08	25.91	23.88	73.10	23.99	24.27
143	23:40	0.01	0.11	25.39	31.87	25.02	25.87	23.82	73.21	23.93	24.16
144	23:50	0.01	0.10	25.38	31.70	24.99	25.83	23.76	73.29	23.88	24.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าเฉลี่ยใน 1 วันของการทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวตั้ง

21/5/2001	opus	opus	opus	opus	opus	opus	opus	opus
Device Address:	OP302	OP302	OP340	OP340	OP364	OP364	OP367	OP367
Channel Number:	M01	M02	M01	M02	M01	M02	M01	M02
Sensor:	Spannung 0 (-100)..100mV	Spannung 0 (-100)..100mV	Strom 4..20mA	Strom 4..20mA	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K
Unit:	W/m2	W/m2	m/s	m/s	C	C	C	C
Comment:	Spannung 0 (-100)..100mV	Spannung 0 (-100)..100mV	Strom 4..20mA	Strom 4..20mA	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K
Description	radiation		velocity		Temp. w plant		Temp. w/o plant	
	outside	between	outside	between	sur. Out	sur. In	sur. Out	sur. In
SIGN	(Io)	(Ib)	(Vo)	(Vb)	(Ts.o.)pnt	(Ts.i.)pnt	(Ts.o.)n/p	(Ts.I.)n/p
Mean	128.45	14.83	0.04	0.42	31.85	31.73	30.40	30.45
Min	0.30	0.17	0.03	0.02	30.61	30.33	26.24	27.18
Max	605.74	49.18	0.04	0.93	33.55	32.99	38.76	35.45

*damage
sensor

No.:	Date/Time:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:
1	0:00:00	0.33	0.20	0.04	0.25	30.58	30.35	27.80	28.63
2	0:10:00	0.34	0.20	0.04	0.20	30.60	30.36	27.74	28.60
3	0:20:00	0.33	0.21	0.04	0.24	30.59	30.37	27.73	28.57
4	0:30:00	0.33	0.20	0.04	0.20	30.62	30.37	27.65	28.51
5	0:40:00	0.33	0.21	0.04	0.23	30.66	30.37	27.61	28.47
6	0:50:00	0.34	0.21	0.04	0.19	30.68	30.40	27.54	28.44
7	1:00:00	0.32	0.20	0.04	0.11	30.72	30.42	27.49	28.39
8	1:10:00	0.33	0.21	0.04	0.12	30.75	30.45	27.44	28.36
9	1:20:00	0.33	0.21	0.04	0.12	30.76	30.46	27.40	28.31
10	1:30:00	0.32	0.20	0.04	0.13	30.81	30.48	27.35	28.27
11	1:40:00	0.32	0.21	0.04	0.14	30.82	30.50	27.32	28.21
12	1:50:00	0.34	0.20	0.04	0.19	30.84	30.51	27.28	28.16
13	2:00:00	0.33	0.20	0.04	0.25	30.86	30.53	27.22	28.11
14	2:10:00	0.33	0.21	0.04	0.21	30.90	30.55	27.15	28.06
15	2:20:00	0.33	0.21	0.04	0.19	30.91	30.56	27.11	28.03
16	2:30:00	0.34	0.20	0.04	0.11	30.96	30.58	27.07	28.00
17	2:40:00	0.33	0.21	0.04	0.27	31.00	30.61	27.01	27.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	(I _o)	(I _b)	(V _o)	(V _b)	(Ts.o.)pnt	(Ts.i.)pnt	(Ts.o.)n/p	(Ts.I.)n/p
18	2:50:00	0.35	0.20	0.04	0.27	31.01	30.63	26.97	27.90
19	3:00:00	0.35	0.20	0.04	0.19	31.03	30.64	26.94	27.85
20	3:10:00	0.35	0.20	0.04	0.18	31.06	30.67	26.89	27.82
21	3:20:00	0.34	0.20	0.04	0.14	31.08	30.68	26.87	27.77
22	3:30:00	0.35	0.21	0.04	0.18	31.10	30.70	26.83	27.74
23	3:40:00	0.34	0.20	0.04	0.20	31.12	30.72	26.79	27.69
24	3:50:00	0.33	0.21	0.04	0.19	31.14	30.74	26.75	27.66
25	4:00:00	0.34	0.21	0.04	0.15	31.17	30.75	26.72	27.60
26	4:10:00	0.35	0.21	0.04	0.15	31.18	30.78	26.66	27.57
27	4:20:00	0.35	0.22	0.04	0.14	31.22	30.78	26.63	27.54
28	4:30:00	0.35	0.20	0.04	0.13	31.24	30.82	26.59	27.49
29	4:40:00	0.36	0.22	0.04	0.13	31.26	30.82	26.53	27.46
30	4:50:00	0.35	0.21	0.04	0.12	31.27	30.84	26.49	27.43
31	5:00:00	0.35	0.22	0.04	0.12	31.30	30.86	26.45	27.39
32	5:10:00	0.35	0.21	0.04	0.12	31.32	30.86	26.40	27.36
33	5:20:00	0.34	0.21	0.04	0.11	31.34	30.88	26.37	27.32
34	5:30:00	0.35	0.21	0.04	0.06	31.37	30.92	26.33	27.28
35	5:40:00	0.40	0.22	0.04	0.03	31.39	30.91	26.29	27.24
36	5:50:00	1.08	0.29	0.04	0.03	31.42	30.93	26.26	27.21
37	6:00:00	3.77	0.54	0.04	0.04	31.44	30.94	26.24	27.20
38	6:10:00	10.22	1.14	0.04	0.04	31.44	30.96	26.26	27.19
39	6:20:00	19.42	1.99	0.04	0.02	31.43	30.96	26.34	27.18
40	6:30:00	32.04	3.48	0.04	0.02	31.40	30.95	26.47	27.18
41	6:40:00	41.40	4.74	0.04	0.03	31.44	30.95	26.59	27.21
42	6:50:00	50.97	6.17	0.04	0.03	31.56	31.00	26.76	27.25
43	7:00:00	60.06	7.51	0.04	0.05	31.68	31.10	26.93	27.30
44	7:10:00	70.58	9.19	0.04	0.07	31.85	31.23	27.14	27.37
45	7:20:00	78.98	10.42	0.04	0.11	32.01	31.38	27.35	27.43
46	7:30:00	87.77	11.68	0.04	0.21	32.18	31.53	27.56	27.51
47	7:40:00	98.13	13.30	0.04	0.26	32.38	31.68	27.82	27.61
48	7:50:00	109.44	14.99	0.04	0.32	32.55	31.89	28.10	27.72
49	8:00:00	113.79	15.76	0.04	0.39	32.70	32.06	28.34	27.88
50	8:10:00	117.53	16.51	0.04	0.35	32.82	32.20	28.56	28.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	(Io)	(Ib)	(Vo)	(Vb)	(Ts.o.)pnt	(Ts.i.)pnt	(Ts.o.)n/p	(Ts.I.)n/p
51	8:20:00	116.38	15.82	0.04	0.39	32.93	32.36	28.72	28.21
52	8:30:00	120.60	17.02	0.04	0.42	33.02	32.51	28.91	28.35
53	8:40:00	125.85	18.73	0.04	0.38	33.09	32.62	29.16	28.50
54	8:50:00	130.05	19.29	0.04	0.40	33.11	32.73	29.41	28.69
55	9:00:00	136.38	20.03	0.04	0.46	33.14	32.82	29.62	28.89
56	9:10:00	145.10	21.08	0.04	0.48	33.15	32.89	29.87	29.06
57	9:20:00	151.43	23.04	0.04	0.46	33.14	32.94	30.20	29.26
58	9:30:00	153.32	23.33	0.04	0.48	33.10	32.97	30.42	29.47
59	9:40:00	161.34	23.71	0.04	0.55	33.06	32.99	30.63	29.68
60	9:50:00	175.59	25.29	0.04	0.54	32.99	32.98	30.95	29.88
61	10:00:00	185.80	26.71	0.03	0.52	32.93	32.98	31.23	30.10
62	10:10:00	188.93	27.04	0.03	0.51	32.91	32.98	31.42	30.31
63	10:20:00	195.53	29.18	0.03	0.59	32.80	32.97	31.71	30.55
64	10:30:00	180.76	26.71	0.03	0.69	32.76	32.96	31.75	30.75
65	10:40:00	169.92	25.38	0.03	0.65	32.71	32.90	31.79	30.95
66	10:50:00	194.87	27.17	0.03	0.58	32.67	32.87	32.00	31.12
67	11:00:00	209.31	30.80	0.03	0.58	32.54	32.84	32.36	31.29
68	11:10:00	216.52	30.55	0.03	0.66	32.47	32.80	32.61	31.47
69	11:20:00	218.19	32.31	0.03	0.64	32.38	32.78	32.79	31.66
70	11:30:00	215.44	33.05	0.03	0.75	32.29	32.74	32.84	31.86
71	11:40:00	213.40	33.16	0.03	0.68	32.18	32.68	33.01	32.05
72	11:50:00	206.00	31.29	0.03	0.77	32.12	32.65	33.02	32.17
73	12:00:00	205.08	33.23	0.03	0.69	32.04	32.59	33.14	32.32
74	12:10:00	196.16	31.53	0.03	0.66	31.96	32.53	33.18	32.46
75	12:20:00	203.38	35.13	0.03	0.65	31.87	32.49	33.33	32.57
76	12:30:00	217.61	36.72	0.03	0.68	31.77	32.41	33.49	32.72
77	12:40:00	231.82	37.20	0.03	0.75	31.73	32.38	33.66	32.83
78	12:50:00	237.71	38.46	0.03	0.81	31.68	32.37	33.79	32.95
79	13:00:00	250.50	39.03	0.03	0.84	31.64	32.33	33.89	33.09
80	13:10:00	262.29	41.58	0.03	0.93	31.55	32.29	34.10	33.22
81	13:20:00	262.10	39.10	0.03	0.66	31.53	32.27	34.30	33.30
82	13:30:00	258.89	40.47	0.03	0.82	31.48	32.27	34.33	33.41
83	13:40:00	257.06	41.57	0.03	0.76	31.42	32.23	34.41	33.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	(Io)	(Ib)	(Vo)	(Vb)	(Ts.o.)pnt	(Ts.i.)pnt	(Ts.o.)n/p	(Ts.I.)n/p
84	13:50:00	252.99	39.01	0.03	0.90	31.39	32.20	34.38	33.64
85	14:00:00	279.63	42.86	0.03	0.72	31.35	32.16	34.62	33.74
86	14:10:00	562.38	49.18	0.03	0.72	31.24	32.10	34.97	33.87
87	14:20:00	601.58	46.88	0.03	0.80	31.16	32.06	35.19	34.04
88	14:30:00	569.11	44.33	0.03	0.86	31.17	32.03	36.50	34.18
89	14:40:00	553.32	41.40	0.03	0.76	31.18	32.02	37.28	34.32
90	14:50:00	597.42	44.22	0.03	0.74	31.16	31.99	37.74	34.48
91	15:00:00	605.74	44.41	0.03	0.71	31.08	31.94	38.46	34.74
92	15:10:00	603.00	43.25	0.03	0.51	31.09	31.93	38.76	34.96
93	15:20:00	570.51	41.00	0.03	0.68	31.12	31.93	38.50	35.12
94	15:30:00	505.10	37.89	0.03	0.69	31.18	31.93	38.11	35.30
95	15:40:00	509.11	39.03	0.03	0.67	31.21	31.89	38.14	35.27
96	15:50:00	405.73	34.02	0.03	0.64	31.24	31.85	37.73	35.45
97	16:00:00	398.11	30.24	0.03	0.64	31.20	31.70	36.65	34.76
98	16:10:00	269.58	24.40	0.03	0.79	31.40	31.72	35.57	34.73
99	16:20:00	210.38	20.90	0.03	0.72	31.56	31.73	35.02	34.63
100	16:30:00	159.06	15.89	0.03	0.63	31.71	31.78	34.47	34.51
101	16:40:00	146.92	13.70	0.03	0.79	31.92	31.82	33.79	34.32
102	16:50:00	168.51	14.74	0.03	0.62	32.14	31.87	33.23	34.11
103	17:00:00	134.54	14.02	0.03	0.59	32.27	31.94	32.97	33.88
104	17:10:00	100.15	9.73	0.04	0.58	32.46	32.00	32.62	33.64
105	17:20:00	60.32	6.41	0.04	0.83	32.71	32.08	31.73	33.35
106	17:30:00	69.73	6.79	0.04	0.64	32.97	32.18	31.04	33.03
107	17:40:00	54.97	5.62	0.04	0.55	33.16	32.27	30.82	32.74
108	17:50:00	32.42	3.57	0.04	0.49	33.27	32.36	30.62	32.43
109	18:00:00	26.21	2.87	0.04	0.59	33.41	32.47	30.24	32.12
110	18:10:00	20.09	2.28	0.04	0.43	33.52	32.56	30.05	31.84
111	18:20:00	14.30	1.63	0.04	0.43	33.55	32.63	29.94	31.60
112	18:30:00	9.50	1.06	0.04	0.43	33.53	32.63	29.73	31.33
113	18:40:00	4.81	0.62	0.04	0.44	33.48	32.60	29.55	31.10
114	18:50:00	1.00	0.25	0.04	0.41	33.47	32.60	29.39	30.91
115	19:00:00	0.36	0.18	0.04	0.37	33.40	32.61	29.25	30.72
116	19:10:00	0.31	0.17	0.04	0.29	33.26	32.61	29.20	30.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	(Io)	(Ib)	(Vo)	(Vb)	(Ts.o.)pnt	(Ts.i.)pnt	(Ts.o.)n/p	(Ts.l.)n/p
117	19:20:00	0.30	0.17	0.04	0.26	32.99	32.49	29.10	30.41
118	19:30:00	0.32	0.18	0.04	0.31	32.62	32.31	29.00	30.26
119	19:40:00	0.32	0.18	0.04	0.36	32.26	32.05	28.84	30.11
120	19:50:00	0.32	0.18	0.04	0.34	31.99	31.76	28.71	30.00
121	20:00:00	0.32	0.19	0.04	0.26	31.78	31.55	28.62	29.88
122	20:10:00	0.32	0.19	0.04	0.41	31.58	31.35	28.53	29.75
123	20:20:00	0.34	0.19	0.04	0.29	31.42	31.20	28.46	29.64
124	20:30:00	0.33	0.18	0.04	0.30	31.21	31.04	28.37	29.55
125	20:40:00	0.35	0.19	0.04	0.30	31.01	30.87	28.30	29.45
126	20:50:00	0.34	0.19	0.04	0.28	30.93	30.73	28.21	29.36
127	21:00:00	0.34	0.19	0.04	0.29	30.82	30.61	28.16	29.27
128	21:10:00	0.34	0.19	0.04	0.23	30.75	30.54	28.13	29.21
129	21:20:00	0.33	0.19	0.04	0.21	30.67	30.48	28.10	29.14
130	21:30:00	0.33	0.20	0.04	0.12	30.64	30.42	28.05	29.08
131	21:40:00	0.33	0.20	0.04	0.19	30.61	30.38	28.01	29.01
132	21:50:00	0.33	0.22	0.04	0.16	30.61	30.36	27.94	28.96
133	22:00:00	0.33	0.23	0.04	0.12	30.61	30.33	27.92	28.91
134	22:10:00	0.33	0.23	0.04	0.13	30.65	30.34	27.88	28.87
135	22:20:00	0.33	0.23	0.04	0.17	30.72	30.38	27.86	28.83
136	22:30:00	0.33	0.23	0.04	0.16	30.76	30.42	27.83	28.78
137	22:40:00	0.33	0.23	0.04	0.26	30.80	30.45	27.82	28.73
138	22:50:00	0.33	0.23	0.04	0.19	30.84	30.49	27.81	28.70
139	23:00:00	0.33	0.23	0.04	0.23	30.82	30.50	27.80	28.65
140	23:10:00	0.33	0.23	0.04	0.22	30.81	30.50	27.80	28.62
141	23:20:00	0.33	0.23	0.04	0.21	30.82	30.51	27.79	28.60
142	23:30:00	0.33	0.23	0.04	0.17	30.82	30.52	27.80	28.58
143	23:40:00	0.33	0.23	0.04	0.18	30.84	30.54	27.82	28.55
144	23:50:00	0.33	0.23	0.04	0.27	30.86	30.56	27.82	28.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOBO	HOBO	HOBO	HOBO	HOBO	HOBO	HOBO	HOBO	HOBO	HOBO
wall air gab	wall air gab	wall air gab	wall air gab	wall air gab	(out side)	(out side)	(out side)	(out side)	(out side)
1	1,2	1,2	1,2	3	1	1,2	1,2	1,2	3
internal	internal	internal	internal	globe temperature	internal	internal	internal	internal	globe temperature
C	%	C	gm/M3	C	C	%	C	gm/M3	C
Temperature (*C)(1)	RH (%) (1,2)	Dew Point (*C) (1,2)	Abs Humidity (gm/M3)(1,2)	Temperature (*C)(*3)	Temperature (*C)(1)	RH (%) (1,2)	Dew Point (*C) (1,2)	Abs Humidity (gm/M3)(1,2)	Temperature (*C)(*3)

(Ta)pnt	(RH)pnt	(DP)pnt	(AH)pnt	(GT)pnt	(Ta)n/p	(RH)n/p	(DP)n/p	(AH)n/p	(GT)n/p
28.60	82.06	24.87	22.44	28.86	30.43	79.52	25.56	23.35	30.21
25.56	61.97	23.79	20.78	25.65	25.30	49.78	23.77	20.67	24.53
33.52	95.49	25.54	23.44	33.78	40.33	96.18	27.61	26.33	40.62

Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:	Measuring Value:
27.13	90.14	25.32	23.14	27.18	27.09	90.66	25.38	23.22	26.70
27.17	90.26	25.38	23.23	27.17	27.05	90.70	25.35	23.18	26.70
27.09	90.64	25.37	23.22	27.13	26.96	90.78	25.28	23.10	26.70
27.09	90.83	25.41	23.28	27.13	27.00	91.14	25.39	23.27	26.70
27.13	90.48	25.40	23.24	27.17	27.04	91.10	25.43	23.31	26.75
27.04	90.46	25.31	23.14	27.13	26.96	90.98	25.32	23.17	26.66
27.00	90.29	25.22	23.03	27.04	26.96	90.86	25.29	23.13	26.66
27.00	89.96	25.15	22.93	27.00	26.96	90.82	25.28	23.11	26.66
27.00	89.97	25.16	22.93	27.04	26.91	90.68	25.21	23.03	26.66
26.95	89.83	25.10	22.86	27.08	26.96	90.91	25.30	23.14	26.66
26.95	89.56	25.05	22.79	27.04	26.96	90.63	25.24	23.08	26.70
26.91	89.28	24.96	22.66	27.04	26.91	90.71	25.22	23.03	26.70
26.91	89.04	24.92	22.60	27.04	26.95	90.90	25.30	23.16	26.70
26.82	88.78	24.79	22.43	27.04	26.95	90.72	25.28	23.10	26.61
26.87	88.66	24.82	22.47	26.91	26.91	90.46	25.19	22.99	26.61
26.78	88.77	24.75	22.39	26.87	26.87	90.82	25.21	23.02	26.44
26.61	88.86	24.61	22.21	26.82	26.74	90.81	25.09	22.87	26.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ta)pnt	(RH)pnt	(DP)pnt	(AH)pnt	(GT)pnt	(Ta)n/p	(RH)n/p	(DP)n/p	(AH)n/p	(GT)n/p
26.60	89.04	24.65	22.27	26.78	26.65	91.17	25.07	22.86	26.27
26.56	89.60	24.71	22.34	26.73	26.56	91.44	25.04	22.81	26.13
26.47	89.79	24.66	22.28	26.65	26.52	91.41	25.00	22.76	26.09
26.47	89.92	24.69	22.32	26.65	26.47	92.08	25.07	22.87	26.13
26.39	90.17	24.64	22.27	26.56	26.47	92.17	25.09	22.89	26.09
26.47	90.13	24.72	22.37	26.60	26.52	92.13	25.12	22.93	26.09
26.43	90.02	24.65	22.29	26.56	26.39	91.83	24.94	22.69	25.92
26.34	90.39	24.63	22.27	26.47	26.30	92.34	24.95	22.70	25.87
26.30	90.82	24.65	22.31	26.43	26.26	92.58	24.94	22.70	25.70
26.21	91.40	24.69	22.36	26.34	26.17	93.32	25.00	22.79	25.57
26.21	91.07	24.63	22.28	26.34	26.17	93.11	24.96	22.73	25.44
26.21	91.16	24.64	22.29	26.30	26.08	93.36	24.92	22.69	25.44
26.21	90.97	24.61	22.26	26.30	26.04	93.19	24.85	22.60	25.31
26.21	91.31	24.67	22.34	26.26	26.00	93.19	24.81	22.54	25.40
26.17	91.24	24.62	22.27	26.30	26.04	93.58	24.92	22.69	25.35
26.21	91.43	24.70	22.38	26.26	26.04	93.68	24.95	22.71	25.35
26.13	91.68	24.67	22.33	26.26	26.00	93.53	24.88	22.63	25.31
26.08	92.33	24.74	22.43	26.21	26.00	93.94	24.96	22.73	25.31
26.04	92.24	24.69	22.37	26.13	26.00	93.91	24.96	22.73	25.18
26.04	92.32	24.71	22.39	26.13	25.91	94.24	24.94	22.71	25.14
26.04	92.88	24.81	22.52	26.13	25.82	94.34	24.87	22.62	25.09
26.00	92.88	24.77	22.47	26.04	25.78	95.01	24.95	22.73	25.01
25.95	93.24	24.79	22.50	26.04	25.78	95.01	24.95	22.73	24.96
25.95	93.41	24.82	22.54	26.04	25.69	95.13	24.89	22.64	24.92
25.91	93.34	24.77	22.48	26.00	25.65	95.46	24.90	22.68	24.96
25.73	93.61	24.65	22.33	25.95	25.56	95.57	24.84	22.60	24.88
25.73	93.82	24.69	22.38	25.87	25.52	95.58	24.80	22.54	24.75
25.73	94.11	24.75	22.46	25.82	25.43	95.58	24.71	22.43	24.70
25.69	94.20	24.72	22.42	25.82	25.48	95.79	24.80	22.54	24.62
25.60	94.56	24.70	22.40	25.69	25.43	95.91	24.78	22.51	24.62
25.60	94.74	24.74	22.46	25.69	25.30	96.06	24.68	22.40	24.53
25.60	94.98	24.78	22.51	25.69	25.30	96.06	24.68	22.40	24.62
25.56	95.24	24.79	22.53	25.65	25.43	96.06	24.80	22.56	24.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ta)pnt	(RH)pnt	(DP)pnt	(AH)pnt	(GT)pnt	(Ta)n/p	(RH)n/p	(DP)n/p	(AH)n/p	(GT)n/p
25.60	95.37	24.85	22.61	25.73	25.61	96.18	25.00	22.80	25.22
25.65	95.49	24.92	22.70	25.82	25.86	96.03	25.23	23.10	25.57
25.82	95.40	25.08	22.89	26.04	26.17	95.76	25.47	23.42	25.87
25.99	95.49	25.26	23.13	26.21	26.56	95.49	25.80	23.86	26.35
26.17	95.02	25.35	23.24	26.39	26.86	95.37	26.08	24.22	26.78
26.34	94.67	25.46	23.38	26.69	27.30	94.67	26.37	24.64	27.35
26.52	93.44	25.40	23.28	26.95	27.70	94.00	26.62	25.00	27.79
26.73	92.56	25.45	23.33	27.17	28.09	92.20	26.67	25.04	28.19
27.04	91.02	25.44	23.34	27.48	28.49	90.53	26.72	25.10	28.72
27.26	89.74	25.41	23.28	27.70	28.97	89.79	27.03	25.56	29.12
27.39	88.87	25.36	23.20	27.92	29.29	87.63	26.90	25.34	29.38
27.70	88.33	25.54	23.44	28.14	29.73	87.27	27.25	25.87	29.74
27.83	87.40	25.49	23.36	28.31	29.91	86.44	27.25	25.87	29.87
27.87	85.81	25.22	22.97	28.45	30.00	83.70	26.80	25.19	29.92
28.09	85.24	25.32	23.10	28.62	30.27	84.17	27.17	25.70	30.32
28.27	85.22	25.50	23.31	28.84	30.54	84.42	27.47	26.17	30.82
28.45	83.81	25.37	23.17	29.02	30.89	82.43	27.42	26.12	30.95
28.58	83.63	25.47	23.28	29.24	31.21	80.58	27.36	25.97	31.45
28.75	82.77	25.47	23.26	29.42	31.67	79.68	27.61	26.33	31.86
29.02	81.18	25.39	23.11	29.69	32.03	77.21	27.43	26.02	31.95
29.15	79.52	25.17	22.82	29.78	32.26	74.70	27.06	25.42	32.09
29.42	78.90	25.27	22.94	30.00	32.62	74.54	27.36	25.89	32.72
29.46	78.38	25.21	22.87	30.26	32.99	73.14	27.36	25.93	32.77
29.60	78.29	25.34	23.02	30.35	33.18	72.53	27.44	26.04	33.19
29.86	76.77	25.25	22.88	30.76	33.50	70.30	27.23	25.67	33.43
29.91	75.47	25.00	22.52	30.67	33.51	69.63	27.06	25.37	33.16
30.00	75.20	25.02	22.52	30.63	32.63	70.86	26.40	24.56	32.80
30.00	74.74	24.89	22.37	30.72	33.03	70.36	26.64	24.77	33.30
30.23	74.78	25.08	22.63	31.03	33.61	69.83	27.02	25.33	33.88
30.54	73.91	25.20	22.79	31.26	34.12	67.38	26.94	25.16	34.40
30.76	72.74	25.14	22.69	31.53	34.50	65.44	26.79	24.88	34.59
30.90	70.81	24.82	22.21	31.58	34.41	64.06	26.29	24.14	34.37
31.09	70.79	24.96	22.40	31.86	34.70	64.81	26.75	24.80	34.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ta)pnt	(RH)pnt	(DP)pnt	(AH)pnt	(GT)pnt	(Ta)n/p	(RH)n/p	(DP)n/p	(AH)n/p	(GT)n/p
31.23	69.66	24.80	22.17	31.90	34.47	61.97	25.72	23.28	34.38
31.27	70.00	24.90	22.31	32.04	34.56	64.17	26.30	24.19	34.70
31.55	69.14	24.96	22.36	32.09	34.61	62.39	25.91	23.59	34.47
31.73	68.72	25.02	22.42	32.37	34.99	62.08	26.13	23.88	34.90
31.92	67.87	24.95	22.31	32.51	35.33	61.60	26.26	24.02	35.24
32.15	67.26	25.00	22.34	32.56	35.58	60.13	26.00	23.61	36.63
32.15	66.56	24.81	22.11	32.70	36.17	58.11	25.83	23.32	36.89
32.29	66.33	24.85	22.16	32.65	36.91	57.16	26.10	23.71	38.44
32.47	64.79	24.65	21.88	33.11	37.95	53.01	25.71	23.10	39.32
32.57	64.32	24.64	21.84	33.12	38.43	52.62	25.92	23.40	39.13
32.71	63.44	24.52	21.68	33.26	38.94	50.81	25.52	22.83	39.63
32.85	62.93	24.48	21.62	33.41	39.44	49.78	25.41	22.70	40.33
32.77	63.34	24.45	21.61	33.02	38.68	51.05	25.15	22.29	38.77
32.52	64.99	24.48	21.65	32.52	37.83	55.45	25.32	22.59	38.14
33.28	62.42	24.29	21.37	32.93	39.21	53.47	25.74	23.12	40.17
33.51	62.10	24.41	21.52	33.11	39.94	52.63	26.01	23.63	40.20
33.52	61.97	24.37	21.46	33.02	39.57	51.87	25.41	22.63	38.85
33.29	62.01	24.17	21.20	32.89	39.07	53.08	25.23	22.37	38.51
33.22	62.31	24.21	21.27	32.98	39.30	52.52	25.08	22.19	39.46
33.17	62.59	24.23	21.30	33.39	40.04	52.48	25.41	22.64	40.36
33.03	63.44	24.38	21.48	33.54	40.33	52.10	25.57	22.73	40.62
33.02	63.11	24.27	21.37	33.78	40.15	51.98	25.36	22.50	39.90
32.77	63.09	24.10	21.17	33.39	39.44	51.07	24.81	21.83	38.78
32.77	63.83	24.34	21.49	33.44	39.55	50.70	24.93	21.92	39.49
32.43	64.11	24.14	21.26	32.81	37.91	52.67	24.49	21.56	36.89
32.30	64.25	24.10	21.17	32.81	37.46	51.82	24.02	20.88	37.16
31.78	64.42	23.79	20.78	31.89	35.61	55.05	23.77	20.67	34.87
31.32	66.35	23.92	20.96	31.51	34.43	58.70	24.03	21.04	34.07
30.94	67.69	23.89	20.97	31.09	33.46	61.69	24.08	21.15	33.08
30.51	70.34	24.25	21.45	30.58	32.36	65.67	24.41	21.55	31.91
30.11	73.72	24.69	22.04	30.09	31.66	70.45	24.97	22.34	31.35
29.83	75.50	24.79	22.19	29.86	31.14	72.20	24.91	22.31	30.97
29.42	76.71	24.66	22.05	29.53	30.50	74.33	24.83	22.25	30.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ta)pnt	(RH)pnt	(DP)pnt	(AH)pnt	(GT)pnt	(Ta)n/p	(RH)n/p	(DP)n/p	(AH)n/p	(GT)n/p
29.06	78.19	24.65	22.08	28.96	29.58	77.56	24.77	22.20	29.13
28.56	80.90	24.75	22.25	28.32	28.87	81.62	25.00	22.60	28.56
28.31	82.86	24.91	22.49	28.20	28.51	83.45	25.07	22.70	28.34
28.08	84.44	25.00	22.62	28.10	28.14	84.64	24.98	22.61	27.82
27.80	84.95	24.82	22.41	27.73	27.99	85.54	25.03	22.68	27.24
27.66	86.76	25.02	22.71	27.68	27.80	86.99	25.14	22.87	27.22
27.70	87.24	25.15	22.90	27.63	27.65	87.41	25.11	22.83	27.16
27.48	87.30	24.97	22.66	27.49	27.48	87.90	25.07	22.79	27.01
27.52	87.48	25.05	22.79	27.49	27.38	88.32	25.08	22.81	26.92
27.44	87.95	25.06	22.81	27.44	27.28	88.68	25.07	22.81	26.77
27.39	88.39	25.12	22.89	27.40	27.19	89.20	25.10	22.85	26.70
27.39	88.80	25.21	23.01	27.40	27.15	89.59	25.15	22.92	26.73
27.39	88.88	25.23	23.03	27.40	27.11	89.65	25.12	22.88	26.73
27.33	89.18	25.24	23.04	27.39	27.10	89.63	25.11	22.87	26.77
27.24	89.43	25.21	23.00	27.21	27.06	90.18	25.19	22.98	26.63
27.15	89.84	25.22	23.02	27.07	26.97	90.59	25.20	22.99	26.49
27.10	89.98	25.21	23.01	27.02	26.91	91.02	25.24	23.06	26.48
27.01	89.83	25.11	22.86	27.07	26.86	91.08	25.20	22.99	26.52
27.05	89.83	25.14	22.91	27.06	26.81	91.17	25.17	22.96	26.51
27.09	89.97	25.21	23.00	27.06	26.86	91.08	25.19	22.99	26.46
27.05	89.78	25.12	22.88	27.06	26.89	90.83	25.17	22.96	26.46
27.00	89.63	25.05	22.80	27.05	26.84	90.87	25.14	22.92	26.42
26.89	89.61	24.94	22.66	27.05	26.83	90.75	25.10	22.88	26.41
26.98	90.11	25.12	22.90	27.04	26.83	90.78	25.10	22.87	26.53
26.89	90.32	25.08	22.85	27.08	26.81	90.99	25.14	22.91	26.52
26.89	90.46	25.11	22.88	26.99	26.82	91.20	25.19	22.99	26.43
26.88	90.50	25.10	22.88	26.97	26.81	91.21	25.19	23.00	26.47
26.83	90.85	25.14	22.93	26.97	26.80	91.44	25.23	23.04	26.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยใน 1 วันของการทดสอบแผงบังแดดไม้เลื้อยในแนวราบ

10/11/2001	OPUS200					HOBO					
Device Address:	OP241	OP241	OP340	OP340	OP364	388145	388145	388145	388147	388147	388147
Channel Number:	M01	M02	M01	M02	M01	CH 1	CH 1,2	CH 3	CH 1	CH 1,2	CH 3
Sensor:	Thermoelement K	Thermoelement K	Spannung 0: 100...100mV	Spannung 0: 100...100mV	Strom 4...20mA	internal	internal	TMC6-HA	internal	internal	TMC6-HA
Unit:	๙C	๙C	W/m๒	W/m๒	m/s	Temperature (๙C) (1)	RH (%) (1,2)	Temperature (๙C) (๙3)	Temperature (๙C) (1)	RH (%) (1,2)	Temperature (๙C) (๙3)
Comment:	Thermoelement K	Thermoelement K	Spannung 0: 100...100mV	Spannung 0: 100...100mV	Strom 4...20mA	plant	plant	plant	noplant	noplant	noplant
Description:	Tsop	Tso	Ip	I	vp	Tp	H	GTP	T	Hp	GTnp
Mean	26.48	30.15	2.26	34.90	0.12	27.48	86.16	27.59	29.83	79.04	29.72
Min	25.14	25.69	0.00	0.03	0.02	25.26	66.46	25.30	24.74	31.10	24.79
Max	28.06	40.81	10.17	231.86	0.46	31.03	97.32	31.39	44.95	98.19	42.39

No.:	Date/Time:	Tsop	Tso	Ip	I	vp	Tp	Hp	GBp	T	H	GB
1	0:00	25.88	27.27	0.05	0.07	0.04	26.08	94.54	26.13	25.56	94.80	25.69
2	0:10	25.87	27.22	0.05	0.07	0.03	26.04	94.71	26.08	25.56	95.22	25.65
3	0:20	25.85	27.16	0.03	0.06	0.03	26.04	94.43	26.04	25.52	95.22	25.61
4	0:30	25.84	27.09	0.04	0.07	0.06	26.08	94.79	26.08	25.48	95.22	25.61
5	0:40	25.82	27.04	0.04	0.05	0.04	26.08	94.79	26.08	25.48	95.22	25.61
6	0:50	25.80	26.99	0.03	0.05	0.07	26.04	94.79	26.08	25.48	95.37	25.61
7	1:00	25.78	26.94	0.03	0.04	0.04	25.99	94.96	26.04	25.48	95.22	25.56
8	1:10	25.76	26.90	0.03	0.05	0.04	25.95	95.03	25.99	25.48	95.50	25.48
9	1:20	25.74	26.85	0.03	0.04	0.07	25.95	94.78	25.95	25.39	95.50	25.43
10	1:30	25.73	26.80	0.03	0.04	0.03	25.95	94.78	25.91	25.35	95.50	25.43
11	1:40	25.70	26.74	0.03	0.04	0.04	25.91	95.18	25.95	25.22	95.66	25.30
12	1:50	25.70	26.69	0.03	0.04	0.09	25.91	95.27	25.95	25.22	95.66	25.35
13	2:00	25.68	26.63	0.03	0.04	0.07	25.82	95.31	25.86	25.22	96.12	25.30
14	2:10	25.66	26.60	0.03	0.04	0.07	25.78	95.31	25.86	25.22	96.44	25.26
15	2:20	25.63	26.53	0.03	0.04	0.07	25.78	95.22	25.86	25.22	96.78	25.26
16	2:30	25.62	26.48	0.04	0.05	0.07	25.73	95.46	25.78	25.13	96.78	25.26
17	2:40	25.59	26.46	0.04	0.04	0.08	25.73	95.37	25.73	25.13	96.78	25.17
18	2:50	25.58	26.41	0.03	0.05	0.07	25.73	95.46	25.73	25.13	97.10	25.13
19	3:00	25.55	26.38	0.03	0.06	0.06	25.65	95.47	25.65	25.04	97.46	25.13
20	3:10	25.52	26.33	0.03	0.05	0.07	25.60	96.42	25.65	25.00	97.46	25.09
21	3:20	25.51	26.29	0.04	0.05	0.10	25.60	96.74	25.60	25.00	97.46	25.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	Tsop	Tso	Ip	I	vp	Tp	Hp	GBp	T	H	GB
22	3:30	25.49	26.26	0.04	0.05	0.13	25.56	96.74	25.60	25.00	97.47	25.09
23	3:40	25.47	26.22	0.04	0.05	0.14	25.56	96.42	25.60	24.96	97.46	25.05
24	3:50	25.46	26.17	0.04	0.05	0.08	25.56	96.74	25.56	24.92	97.38	25.05
25	4:00	25.43	26.12	0.04	0.05	0.08	25.52	96.42	25.52	24.83	97.74	25.00
26	4:10	25.41	26.07	0.05	0.05	0.05	25.48	96.51	25.52	24.79	97.74	24.87
27	4:20	25.37	26.04	0.05	0.05	0.04	25.48	96.69	25.48	24.83	98.08	24.92
28	4:30	25.36	25.98	0.03	0.04	0.03	25.35	96.69	25.43	24.74	98.08	24.96
29	4:40	25.35	25.97	0.04	0.05	0.07	25.39	96.69	25.39	24.83	98.08	24.92
30	4:50	25.33	25.92	0.04	0.06	0.09	25.35	96.69	25.48	24.79	98.08	24.92
31	5:00	25.31	25.89	0.05	0.06	0.11	25.35	96.69	25.52	24.74	98.09	24.87
32	5:10	25.29	25.86	0.04	0.07	0.10	25.39	96.78	25.43	24.79	98.08	24.87
33	5:20	25.27	25.82	0.05	0.08	0.12	25.35	96.78	25.39	24.74	98.09	24.79
34	5:30	25.27	25.79	0.03	0.05	0.14	25.30	96.79	25.39	24.74	98.19	24.79
35	5:40	25.24	25.76	0.04	0.05	0.13	25.39	96.79	25.39	24.74	97.96	24.79
36	5:50	25.23	25.75	0.05	0.07	0.11	25.43	96.89	25.43	24.74	98.19	24.79
37	6:00	25.21	25.72	0.04	0.06	0.10	25.39	97.21	25.47	24.74	98.19	24.79
38	6:10	25.20	25.70	0.05	0.12	0.04	25.43	97.21	25.47	24.79	98.19	24.83
39	6:20	25.19	25.69	0.06	0.49	0.06	25.35	97.21	25.43	24.79	98.19	24.87
40	6:30	25.18	25.69	0.10	1.71	0.07	25.39	97.21	25.39	24.83	98.19	24.96
41	6:40	25.16	25.70	0.18	3.59	0.08	25.35	97.12	25.35	24.83	98.18	25.00
42	6:50	25.14	25.73	0.29	6.16	0.14	25.26	97.11	25.30	24.87	98.18	25.09
43	7:00	25.14	25.78	0.42	9.30	0.09	25.30	97.32	25.43	25.00	98.18	25.30
44	7:10	25.14	25.85	0.57	12.41	0.07	25.43	97.32	25.52	25.22	98.00	25.48
45	7:20	25.16	25.95	0.76	15.63	0.14	25.52	97.11	25.60	25.52	97.77	25.78
46	7:30	25.18	26.05	0.89	17.69	0.19	25.56	97.21	25.82	25.61	97.68	26.08
47	7:40	25.18	26.15	1.01	19.31	0.18	25.69	97.06	25.86	25.86	97.12	26.30
48	7:50	25.22	26.28	1.25	22.37	0.20	25.86	97.02	25.91	26.12	96.52	26.60
49	8:00	25.26	26.37	1.37	23.49	0.25	25.91	96.56	26.04	26.25	95.67	26.86
50	8:10	25.29	26.48	1.68	25.77	0.30	25.99	96.06	26.17	26.56	95.04	27.08
51	8:20	25.32	26.63	1.97	28.34	0.36	26.17	95.77	26.30	26.78	93.94	27.43
52	8:30	25.36	26.75	2.29	31.18	0.37	26.21	94.96	26.56	27.00	93.31	27.65
53	8:40	25.41	26.94	2.76	34.24	0.37	26.43	94.47	26.69	27.34	92.27	28.05
54	8:50	25.46	27.10	3.17	37.38	0.36	26.56	93.91	26.91	27.69	91.02	28.40
55	9:00	25.52	27.31	3.43	40.56	0.41	26.73	93.68	27.00	28.00	89.93	28.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time	Tsop	Tso	Ip	I	vp	Tp	Hp	GBp	T	H	GB
56	9:10	25.59	27.45	3.37	39.89	0.44	26.91	92.63	27.17	28.36	89.17	28.97
57	9:20	25.63	27.66	4.21	44.80	0.44	27.00	92.18	27.39	28.80	87.27	29.55
58	9:30	25.71	27.93	4.70	49.84	0.35	27.30	91.53	27.61	29.33	86.20	30.09
59	9:40	25.79	28.19	5.32	53.52	0.40	27.43	90.32	27.83	29.73	84.13	30.49
60	9:50	25.88	28.41	5.66	55.30	0.36	27.65	89.42	28.05	30.09	82.79	30.89
61	10:00	25.96	28.66	5.98	57.73	0.28	27.83	88.71	28.31	30.45	81.18	31.30
62	10:10	26.02	28.95	5.94	62.24	0.41	28.00	87.78	28.40	30.99	79.89	31.75
63	10:20	26.11	29.22	5.81	63.13	0.37	28.13	86.62	28.53	31.26	76.99	32.03
64	10:30	26.19	29.41	5.90	62.56	0.44	28.40	85.61	28.75	31.49	75.24	32.22
65	10:40	26.27	29.74	6.58	68.42	0.42	28.53	84.74	28.97	32.13	73.49	32.95
66	10:50	26.34	30.07	6.47	71.01	0.37	28.66	83.71	29.06	32.63	70.96	33.41
67	11:00	26.41	30.37	5.91	71.25	0.36	28.88	83.12	29.24	33.09	70.24	33.69
68	11:10	26.47	30.71	6.29	74.21	0.41	28.93	81.82	29.28	33.60	68.24	34.07
69	11:20	26.56	30.94	6.69	77.30	0.37	29.10	81.23	29.46	33.84	67.00	34.44
70	11:30	26.64	31.26	6.88	80.35	0.34	29.33	80.46	29.59	34.30	65.46	34.82
71	11:40	26.71	31.43	6.89	77.88	0.37	29.37	79.23	29.68	34.35	64.60	34.91
72	11:50	26.79	31.65	7.17	78.17	0.42	29.51	78.29	29.91	34.49	63.24	35.25
73	12:00	26.88	31.94	7.78	82.00	0.39	29.60	77.47	29.95	35.11	62.16	36.21
74	12:10	26.94	32.16	7.08	80.07	0.45	29.69	76.14	30.00	35.31	60.37	36.42
75	12:20	27.00	32.37	6.60	77.15	0.42	29.82	75.38	30.04	35.93	60.11	36.92
76	12:30	27.07	32.66	6.91	81.06	0.44	29.87	75.09	30.13	36.46	57.94	37.57
77	12:40	27.14	33.01	7.77	85.74	0.33	30.00	75.06	30.27	37.55	56.97	38.89
78	12:50	27.23	33.40	8.31	90.05	0.46	30.09	74.11	30.45	38.50	54.56	39.51
79	13:00	27.35	33.88	9.21	94.41	0.40	30.31	73.19	30.81	39.72	50.94	40.45
80	13:10	27.45	34.40	10.17	101.39	0.02	30.54	71.96	30.99	41.26	47.79	41.74
81	13:20	27.54	34.80	9.42	98.85	0.02	30.72	70.98	31.08	41.52	45.56	40.96
82	13:30	27.61	35.03	8.99	96.92	0.02	30.72	70.04	30.94	41.64	44.33	40.92
83	13:40	27.69	35.37	9.19	98.46	0.02	30.85	69.71	31.12	42.34	42.73	41.34
84	13:50	27.76	35.64	9.38	95.79	0.02	30.85	69.18	31.17	43.23	37.02	41.81
85	14:00	27.85	35.91	9.46	95.79	0.02	30.99	68.68	31.30	43.95	34.00	41.92
86	14:10	27.89	36.03	8.27	93.88	0.02	30.99	67.82	31.12	43.28	33.19	40.93
87	14:20	27.93	36.25	8.50	95.00	0.02	30.99	68.01	31.12	43.87	34.03	41.58
88	14:30	28.00	37.54	9.03	101.07	0.02	31.03	67.63	31.26	44.95	32.88	42.39
89	14:40	28.06	39.30	7.76	93.66	0.02	31.03	66.69	31.39	44.27	31.10	41.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	Tsop	Tso	Ip	I	vp	Tp	Hp	GBp	T	H	GB
90	14:50	28.02	39.36	5.86	82.00	0.02	30.67	66.46	30.81	42.19	35.34	39.16
91	15:00	27.99	39.61	5.90	85.22	0.02	30.49	67.64	30.63	41.59	36.18	39.06
92	15:10	27.98	40.37	6.51	85.99	0.02	30.27	68.41	30.37	41.41	39.23	38.96
93	15:20	27.97	40.81	6.27	84.65	0.02	30.06	68.33	30.29	41.20	39.00	38.63
94	15:30	27.90	39.69	4.68	84.06	0.02	29.83	68.67	30.06	39.73	42.27	37.24
95	15:40	27.90	39.89	5.28	133.34	0.02	29.84	69.86	30.06	39.51	43.60	37.55
96	15:50	27.92	39.81	4.70	227.01	0.02	29.92	70.31	30.15	39.10	44.42	37.11
97	16:00	27.92	39.68	4.03	231.86	0.02	29.79	70.99	29.88	38.51	46.70	36.73
98	16:10	27.86	39.27	2.98	205.00	0.02	29.48	71.96	29.57	37.52	48.17	35.74
99	16:20	27.83	38.88	2.59	191.96	0.02	29.34	72.67	29.35	37.05	50.72	35.47
100	16:30	27.79	38.38	2.07	158.66	0.02	29.21	73.02	29.26	35.95	51.87	34.42
101	16:40	27.75	37.75	1.74	141.75	0.02	29.12	73.93	29.12	35.22	53.77	34.00
102	16:50	27.73	37.15	1.38	119.05	0.02	29.08	74.41	28.99	34.38	55.52	33.40
103	17:00	27.71	36.34	1.03	84.07	0.02	28.99	74.92	28.99	33.21	57.76	32.21
104	17:10	27.68	35.37	0.76	56.59	0.02	28.85	75.04	28.81	32.04	61.14	31.25
105	17:20	27.64	34.43	0.57	33.08	0.02	28.72	75.51	28.67	31.05	64.17	30.44
106	17:30	27.60	33.91	0.38	17.48	0.02	28.63	76.53	28.63	30.26	67.06	29.89
107	17:40	27.57	33.47	0.26	11.54	0.02	28.40	77.14	28.36	29.84	69.20	29.53
108	17:50	27.54	33.11	0.15	7.10	0.02	28.32	77.74	28.27	29.39	70.70	29.17
109	18:00	27.50	32.73	0.09	3.01	0.02	28.23	78.30	28.18	28.99	72.43	28.76
110	18:10	27.46	32.40	0.05	0.55	0.02	28.05	79.13	28.01	28.68	74.20	28.41
111	18:20	27.42	32.16	0.04	0.11	0.02	27.96	79.66	27.92	28.41	75.68	28.23
112	18:30	27.38	31.96	0.05	0.05	0.02	27.96	80.06	27.96	28.32	76.63	28.14
113	18:40	27.36	31.78	0.02	0.05	0.02	27.96	80.60	27.83	28.18	77.28	28.18
114	18:50	27.33	31.61	0.02	0.04	0.02	27.87	80.94	27.87	28.14	77.68	28.09
115	19:00	27.32	31.44	0.02	0.04	0.02	27.87	81.28	27.87	28.14	78.42	28.09
116	19:10	27.29	31.31	0.02	0.04	0.02	27.78	81.76	27.74	28.09	79.08	28.05
117	19:20	27.27	31.16	0.02	0.04	0.02	27.70	82.24	27.74	28.05	79.24	27.92
118	19:30	27.25	31.03	0.02	0.04	0.02	27.70	82.68	27.65	27.92	79.86	27.87
119	19:40	27.23	30.88	0.02	0.05	0.02	27.70	83.02	27.65	27.83	80.47	27.87
120	19:50	27.21	30.77	0.03	0.05	0.02	27.70	83.42	27.65	27.92	80.94	27.92
121	20:00	27.19	30.63	0.02	0.05	0.02	27.70	83.69	27.65	27.87	81.14	27.74
122	20:10	27.17	30.51	0.02	0.05	0.02	27.65	84.12	27.70	27.65	81.58	27.70
123	20:20	27.15	30.40	0.02	0.05	0.02	27.70	84.26	27.65	27.65	82.31	27.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.:	Date/Time:	Tsop	Tso	Ip	I	vp	Tp	Hp	GBp	T	H	GB
124	20:30	27.12	30.28	0.02	0.05	0.02	27.56	84.61	27.56	27.56	82.53	27.52
125	20:40	27.09	30.16	0.02	0.05	0.02	27.48	85.29	27.48	27.48	83.04	27.48
126	20:50	27.04	30.02	0.02	0.04	0.02	27.43	85.69	27.34	27.35	83.79	27.35
127	21:00	27.00	29.89	0.02	0.05	0.02	27.30	86.03	27.26	27.26	84.60	27.26
128	21:10	26.98	29.77	0.02	0.05	0.02	27.26	86.29	27.26	27.17	84.84	27.13
129	21:20	26.93	29.62	0.02	0.05	0.02	27.13	86.40	27.13	27.04	85.37	26.96
130	21:30	26.90	29.47	0.02	0.04	0.02	27.08	87.44	27.17	26.91	86.86	26.91
131	21:40	26.89	29.38	0.02	0.04	0.02	27.17	87.58	27.17	26.87	87.31	27.00
132	21:50	26.86	29.28	0.02	0.04	0.02	27.08	87.91	27.08	26.69	87.61	26.74
133	22:00	26.82	29.15	0.02	0.04	0.02	27.00	88.07	26.91	26.69	88.46	26.69
134	22:10	26.79	29.06	0.02	0.04	0.02	26.91	88.61	26.82	26.61	88.79	26.52
135	22:20	26.77	28.96	0.02	0.05	0.02	26.91	88.61	26.82	26.43	89.13	26.48
136	22:30	26.73	28.88	0.02	0.05	0.02	26.82	89.12	26.82	26.39	89.43	26.56
137	22:40	26.71	28.80	0.02	0.04	0.02	26.78	89.67	26.78	26.39	89.67	26.48
138	22:50	26.69	28.69	0.02	0.05	0.02	26.78	90.04	26.82	26.43	90.33	26.43
139	23:00	26.66	28.62	0.02	0.04	0.02	26.78	90.00	26.82	26.43	90.26	26.43
140	23:10	26.63	28.54	0.02	0.04	0.02	26.69	90.32	26.74	26.43	90.09	26.43
141	23:20	26.61	28.47	0.02	0.04	0.02	26.74	90.32	26.78	26.34	90.40	26.34
142	23:30	26.59	28.39	0.01	0.03	0.02	26.69	90.32	26.69	26.26	90.50	26.34
143	23:40	26.57	28.32	0.00	0.03	0.02	26.69	90.42	26.74	26.26	90.88	26.34
144	23:50	26.55	28.25	0.01	0.03	0.02	26.69	90.90	26.69	26.26	91.23	26.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายอัศวิน ไทรสาคร เกิดเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2511 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ปีการศึกษา 2533 เข้าทำงานในบริษัท อองศา สถาปนิก จำกัด ในปี 2534 และบริษัท สาลาเอนด์แอทโซซิเอทส์ จำกัด ในปี 2535 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้