สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษารูปแบบของหลังคา เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยวิธีธรรมชาติ สำหรับบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ในกรุงเทพมหานคร

NATURAL COOLING ROOF DESIGN FOR TWO-STORIE RESIDENTIAL HOUSE IN BANGKOK

T047504

ดนุช ธีรธนาธร

DANUCH THEERATHANATHORN

วส.
ด ๔๘
๔ ๖

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47504
วัน, เดือน, ปี 19 ส.ค. 2556

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-331-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NATURAL COOLING ROOF DESIGN FOR TWO-STORIES RESIDENTIAL HOUSE IN BANGKOK

DANUCH THEERATHANATHORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITEETURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

ISBN 974-324-331-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การศึกษารูปแบบของหลังคา เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยวิธี ธรรมชาติ สำหรับบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น ในกรุงเทพมหานคร**
นักศึกษา	**นายดนุช ธีรธนาธร**
รหัสประจำตัว	41063107
ปริญญา	**สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**สถาปัตยกรรมเขตร้อน**
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	**รองศาสตราจารย์ ธีรมน ไวโรจนกิจ**

บทคัดย่อ

การใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยในปัจจุบันส่วนใหญ่ จะใช้เพื่อทำความเย็นให้กับพื้นที่ใช้สอย ดังนั้นเมื่อพื้นที่ใช้สอยดังกล่าว มีความร้อนสะสมอยู่มาก ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศก็ต้องใช้กระแสไฟฟ้ามากเพื่อลดอุณหภูมิในพื้นที่ใช้งาน จากการศึกษาพื้นที่ที่ใช้ระบบปรับอากาศในบ้านพักอาศัย คือ ห้องนอน ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับหลังคา และอาคารประเภทบ้านพักอาศัยจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์บริเวณหลังคามากที่สุด และตลอดวัน ฉะนั้นการศึกษาเพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารบริเวณหลังคาจะช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและสามารถลดการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยลงได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษารูปแบบของหลังคาที่สามารถลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารโดยเลือกใช้หลังคาทรงจั่วมุม 35° เพียงอย่างเดียว และเลือกใช้วัสดุมุงหลังคา 3 ประเภทคือ กระเบื้องคอนกรีต (CPAC), กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน (ลอนคู่), กระเบื้องชิงเกิ้ล (Shingle Roof) และเลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวน 2 ประเภท คือ ฉนวนเยื่อกระดาษ, ฉนวนใยแก้ว ทั้งแบบติดตั้งบนฝ้า (Stay Cool) และติดตั้งใต้หลังคา (Roof Batt) ซึ่งวัสดุที่นำมาทำการทดลองเป็นวัสดุที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างแพร่หลาย

ขั้นตอนการศึกษาและทดลอง คือนำวัสดุมุงหลังคา ทั้ง 3 ประเภท และวัสดุฉนวน 3 แบบ มาประกอบเป็นหลังคาทรงจั่วมุมเอียง 35° หลังคาที่ประกอบขึ้นมาทั้ง 9 หลัง มีการระบายอากาศบริเวณหน้าจั่ว แล้ววัดอุณหภูมิเปรียบเทียบความร้อนผิวหลังคาในช่องใต้หลังคา และในห้องจำลองใต้ฝ้า พบว่าผิวหลังคาของกระเบื้องชิงเกิ้ลมีอุณหภูมิสูงสุด ในช่องใต้หลังคาของแบบจำลองที่มีการติดตั้งฉนวนบนฝ้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่า เนื่องจากไม่มีการป้องกันใต้หลังคา และเป็นหลังที่มีอุณหภูมิในห้องจำลองสูงกว่าหลังอื่นๆด้วย จากการตรวจสอบผลการทดลองพบว่า การติดตั้งฉนวนใต้หลังคาสามารถลดความร้อนจากแสงอาทิตย์และความร้อนสะสมที่วัสดุมุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และกระเบื้องคอนกรีตมีอุณหภูมิที่ผิวไม่สูงมากนัก และสามารถป้องกันความร้อนได้ดี และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวหลังคาในห้องจำลอง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองชุดที่ติดฉนวนใยแก้วไว้ที่ใต้หลังคามีความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุด และสามารถหน่วงความร้อนได้นานกว่าหลังอื่นๆ เมื่อหลังคาได้รับการป้องกันความร้อนที่จะถ่ายเทลงมาได้ ทำให้อุณหภูมิภายในห้องไม่สูงมากนัก ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศก็น้อยลง จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Natural cooling roof design for 2-story residential house in Bangkok
Student	Mr. Danuch Theerathanathorn
Student ID	41063107
Degree	Master of Architecture
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Teeramon Wirochanakich

ABSTRACT

The Major source of Power consumption in residential building is for cooling system. Due to the collected heat from external higher temperature, the cooling system needs extra power consumption to maintain the temperature control.

By an experiment with the air-conditioning bedroom in residential building positioning directly to the roof area, where the effect from collected heat is in the highest level, the experiment focuses on how the reduction of collected heat in roof area reduces the power consumption of cooling system residential building.

This thesis examines the relationship of roof design and the reduction of collected heat in roof area. The experiment is drawn on 9 roof models built up in 35-degree Gable roof shape. The roof models of this experiment are made of typical roofing material in today market. There are 3 types of roofing materials: Concrete Roof Tile, Asbestos-Cement Tile, and Asphalt Shingle Roof Tile, and 2 types of Roof Insulation materials: Cellulose and Fiberglass roof insulation. All roof models are built up with the different types of roofing materials and installation to determine how various types of roof design effect the reduction of collected heat in roof area. The experiment simulates air ventilation through the testing Gable roof models, and temperature is measured in 3 spots: roof surface, air gap, and room temperature (the space under the ceiling which is set up as bedroom environment).

The experiment shows the highest surface temperature on roof model which are made of Asphalt Shingles roof tile, while the moderate surface temperature can be measured from the roof model which are made of concrete roof tile. This result proves the better heat protection of Concrete roof tile. In addition, the highest room temperature and air-gap temperature are found in the roof model which has roof

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

insulation on the ceiling but on insulation underneath the roof. Particularly, the result shows the most significant difference between surface and room temperature in roof model with fiberglass installed underneath the roof, which proves the heat transfer time lag capability of this specific roof design. The installation of roof insulation underneath the roof is proven to be the effective way to reduce the collected heat in roof area.

As a result, the natural method of cooling roof design illustrates how variety of roof design help protect the external heat transfer, reduce the collected heat, and ultimately, reduce the power consumption of the cooling system in residential building.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยการสั่งสอนและอุปการะให้คำปรึกษาจาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิยานิพนธ์ ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์, อ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ เป็นผู้ให้คำปรึกษา และเป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ สุรัตน์ ธีรธนาธร (บิดา) มัลลิกา ธีรธนาธร (มารดา) นราธิป ธีรธนาธร และ คัคนางค์ ธีรธนาธร (พี่สาว) ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือในยามสถานการณ์ตึงมือ

ขอขอบพระคุณคุณสารสิฐ เพ็ญพานิชกุล ที่ช่วยอนุเคราะห์วัสดุฉนวนเยื่อกระดาษ และ บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด ที่อนุเคราะห์ฉนวนใยแก้ว และกระเบื้องซีแพค ,ลอนคู่ และ บริษัท ไทยยิมซั่ม จำกัด ที่อนุเคราะห์กระเบื้องซิงเกิ้ล เพื่อใช้ประกอบการทำวิจัยจึงขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นน้องทุกคนที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และให้คำปรึกษาในเชิงวิศวกรรมพลังงาน จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และยังให้กำลังใจกับผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) ที่มอบทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ถ้ามีสิ่งผิดพลาดในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับแต่เพียงผู้เดียว

ดนุช ธีรธนาธร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ X

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตในการวิจัย 2

1.5 ระเบียบวิธีการวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1.1 การถ่ายเทพลังงานความร้อน 5

2.1.2 ลักษณะพื้นผิวที่มีผลต่อการแผ่รังสี 5

2.1.3 การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ 7

2.1.4 การถ่ายเทความร้อนผ่านช่องอากาศ 7

2.1.5 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร 7

2.1.6 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 9

2.2 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่มีผลต่อมวลสารของวัสดุ 9

2.2.1 ค่าการนำความร้อน 9

2.2.2 ค่าการต้านทานความร้อน 10

2.2.3 อัตราการถ่ายเทความร้อน 10

2.2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 10

2.2.5 ความจุความร้อน 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

3.1 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย 11

3.1.1 ฤดูกาลและสภาพดินฟ้าอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย 11

3.1.2 อุณหภูมิของประเทศไทย 11

3.2 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 12

3.2.1 ปริมาณความร้อนที่กระทำต่อด้านต่างๆของอาคารในกรุงเทพมหานคร 18

3.3 สรุปสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร 20

บทที่4 รายละเอียดการทดลองและทดสอบสมมติฐาน

4.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั่วไป 21

4.2 การออกแบบและทดลอง 22

4.3 รายการอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล 35

4.4 วิธีการทดลอง..... 35

4.5 การตั้งค่าอุปกรณ์การเก็บข้อมูล..... 38

4.6 การติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลและสายสัญญาณ..... 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองการออกแบบหลังคา

5.1 ผลการวัดค่าของอุณหภูมิของแบบจำลอง..... 54

5.1.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 1..... 54

5.1.2 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 2..... 56

5.1.3 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 3..... 58

5.1.4 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 4..... 60

5.1.5 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 5..... 62

5.1.6 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 6..... 64

5.1.7 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 7..... 66

5.1.8 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 8..... 68

5.1.9 ผลการวัดค่าอุณหภูมิแบบจำลองที่ 9..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ผลการวัดอุณหภูมิของแบบจำลอง 1-9 72

5.3 สรุปผลการทดลอง..... 73

5.4 การวัดค่าอุณหภูมิของหุ่นจำลองที่ไม่ติดฉนวนหลังคาคอนกรีต(CPAC) 77

5.5 การทดสอบเปรียบเทียบการลดภาระการทำความเย็น 78

บทที่ 6 บทสรุป

6.1 สรุปผลการออกแบบของหลังคาเพื่อป้องกันความร้อน..... 92

6.2 ข้อเสนอแนะ..... 94

บรรณานุกรม..... 95

ภาคผนวก ก

ตารางประกอบการคำนวณหาค่าไฟฟ้า..... 98

ภาคผนวก ข

ผลการวัดอุณหภูมิหลังคาไม่ติดฉนวน..... 103

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าอุณหภูมิจากแบบจำลองที่ 7,8,9 และสภาพอากาศวันที่

22-23 มิ.ย. 44 110

ประวัติผู้เขียน..... 122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงข้อมูลภูมิอากาศ กทม. (2541)	14
3.2 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง พ.ศ. 2541	17
4.1 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 1	24
4.2 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 2	25
4.3 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 3	26
4.4 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 4	27
4.5 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 5	28
4.6 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 6	29
4.7 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 7	30
4.8 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 8	31
4.9 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หลังที่ 9	32
4.10 แสดงลำดับสายสัญญาณสำหรับการเก็บข้อมูลกลุ่มที่ 1 (a)	38
4.11 แสดงลำดับสายสัญญาณสำหรับการเก็บข้อมูลกลุ่มที่ 2 (b)	39
4.12 แสดงลำดับสายสัญญาณสำหรับการเก็บข้อมูลกลุ่มที่ 3 (c)	39
4.13 แสดงรายละเอียดการติดตั้งค่าช่องสัญญาณ	40
5.10 ตารางสรุปค่าการวัดอุณหภูมิของแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แผนภูมิ TEMPERTURE (1998)	15
3.2 แผนภูมิ RELATIVE HUMIDITY (1998)	15
3.3 แผนภูมิ SUNSHINE DURATION (1998)	16
3.4 แผนภูมิ RADIATION (1998)	16
3.5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิเพื่อประเมินความต้องการความเย็นรายเดือน พ.ศ. 2541	17
3.6 แสดงการหาค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์	18
3.7 แสดงการแผ่รังสีความร้อนที่กระทำต่อผนังทึบของกรุงเทพมหานคร	19
4.1 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงกลางวัน	21
4.2 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงกลางคืน	22
4.3 แสดงแบบจำลองที่ 1 หลังคาคอนกรีตและฉนวนเยื่อกระดาษ	24
4.4 แสดงแบบจำลองที่ 2 หลังคาลอนคู่ และฉนวนเยื่อกระดาษ	25
4.5 แสดงแบบจำลองที่ 3 หลังคากรวดอัดยางมะตอยและฉนวนเยื่อกระดาษ	26
4.6 แสดงแบบจำลองที่ 4 หลังคาคอนกรีตและฉนวนใยแก้วเหนือฝ้ายิบซั่มบอร์ด	27
4.7 แสดงแบบจำลองที่ 5 หลังคาลอนคู่และฉนวนใยแก้วเหนือฝ้ายิบซั่มบอร์ด	28
4.8 แสดงแบบจำลองที่ 6 หลังคากรวดอัดยางมะตอยและ ฉนวนใยแก้วเหนือฝ้ายิบซั่มบอร์ด	29
4.9 แสดงแบบจำลองที่ 7 หลังคาคอนกรีตและฉนวนใยแก้วระหว่างจันทัน	30
4.10 แสดงแบบจำลองที่ 8 หลังคาลอนคู่ และฉนวนใยแก้วระหว่างจันทัน	31
4.11 แสดงแบบจำลองที่ 9 หลังคากรวดอัดยางมะตอยและฉนวนใยแก้วระหว่างจันทัน	32
4.12 แสดงผังการวางเรียงแบบจำลองบนพื้นที่ทดสอบ	33
4.13 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวรับสัญญาณ	34
4.14 แสดงการติดตั้งกระเบื้องคอนกรีต (CPAC) กับฉนวนใยแก้ว (Roof Batt) ระหว่างจันทัน	41
4.15 แสดงการติดตั้งกระเบื้องคอนกรีต (CPAC)	41
4.16 แสดงการบุโฟร์มด้านข้างและด้านใต้ป้องกันความร้อนจากพื้นเข้าสู่ห้องจำลอง	42
4.17 แสดงการติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Stay Cool) บนฝ้า	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.18 แสดงหุ่นจำลองมุงหลังคาด้วยกระเบื้องซิงเกิ้ล..... 43

4.19 แสดงช่องระบายอากาศบนสันหลังคาของกระเบื้องซิงเกิ้ล 43

4.20 แสดงการติดตั้งอลูมิเนียมฟล์อย กับทุกหลังที่ใช้ฉนวนใยแก้ว 44

4.21 แสดงการติดตั้งอลูมิเนียมฟล์อย และวางฉนวนใยแก้วบนฝ้า 44

4.22 แสดงภาพรวมหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบงานวิจัย 45

4.23 แสดงภาพขณะก่อสร้างหุ่นจำลองบนดาดฟ้าอาคารคณะสถาปัตยฯ สจล. 45

4.24 แสดงภาพการติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Roof Batt) ระหว่างจันทัน 46

4.25 แสดงการพ่นฉนวนเยื่อกระดาษบริเวณใต้หลังคา 46

4.26 แสดงการติดตั้งกระเบื้องลอนคู่กับฉนวนใยแก้ว (Stay Cool) วางบนฝ้า 47

4.27 แสดงแผงเกล็ดระบายอากาศภายใต้หลังคาที่พ่นด้วยฉนวนเยื่อกระดาษ 47

4.28 แสดงการวัดอุณหภูมิหลังคา โดยสายสัญญาณ Thermocouple 48

4.29 แสดงภาพรวมการติดตั้งสายสัญญาณขณะทำการบันทึกผลการทดลอง 48

4.30 แสดงการวัดอุณหภูมิผิวหลังคากระเบื้องซิงเกิ้ลโดยสายสัญญาณ Thermocouple ... 49

4.31 แสดงอุปกรณ์เก็บข้อมูล Data Logger รุ่น Opus 200 49

4.32 แสดงการวัดอุณหภูมิภายในช่องใต้หลังคาของฉนวนใยแก้วติดตั้งระหว่างจันทัน 50

4.33 แสดงการวัดอุณหภูมิภายในห้องจำลอง 50

4.34 แสดงภาพการวัดอุณหภูมิในช่วงใต้หลังคาของฉนวนเยื่อกระดาษ 51

4.35 แสดงภาพการวัดอุณหภูมิภายในช่องใต้หลังคาของฉนวนใยแก้วบนฝ้า 51

4.36 แสดงการทดสอบการวัดอุณหภูมิเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก Data logger 52

4.37 แสดงภาพขณะวัดอุณหภูมิและเก็บข้อมูลห้องจำลองบุโฟร์มทั้งด้านข้างและด้านใต้ ... 52

4.38 แสดงอุปกรณ์วัดการแผ่รังสีความร้อน (GT) โดย Globe Ball 53

4.39 แสดง Pyranometer สำหรับวัดปริมาณการแผ่รังสี 53

5.1 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายในของแบบจำลองที่ 1..... 55

5.2 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายในของแบบจำลองที่ 2 57

5.3 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายในของแบบจำลองที่ 3 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

5.4 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 4 61

5.5 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 5 63

5.6 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 6 65

5.7 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 7 67

5.8 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 8 69

5.9 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศและอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 9 71

5.11 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิหลังคาสูงสุด 73

5.12 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิช่องใต้หลังคาสูงสุด 74

5.13 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดในห้องจำลอง 74

5.14 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวหลังคากับอุณหภูมิ ในห้องจำลอง 75

5.15 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาจากอุณหภูมิที่ผิวหลังคา จนทำให้ห้องจำลองมีอุณหภูมิ สูงสุด..... 75

5.16 รูปหลังคากระเบื้องคอนกรีต ติดตั้งฉนวนใยแก้วใต้หลัง 76

5.17 แสดงพื้นที่จำลองเพื่อคำนวณหาค่าไฟฟ้า 77

6.1 แสดงรูปจำลองของหลังคาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความร้อน 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันการประหยัดพลังงานเป็นเรื่องสำคัญที่รัฐบาลของทุกประเทศ ให้ความสำคัญ เหตุเนื่องมาจากพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็น น้ำมัน, ก๊าซ, ถ่านหิน เป็นพลังงานประเภทใช้แล้วหมดไป และทรัพยากรเหล่านี้มีแนวโน้มการใช้ที่เพิ่มขึ้นทุกวัน ซึ่งถ้ายังไม่หาพลังงานจากแหล่งอื่นมาทดแทน หรือจัดการให้ใช้ได้อย่างคุ้มค่าที่สุด พลังงานเหล่านี้ก็จะหมดไปในที่สุด

ผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงาน ดังที่กล่าวมานั้น คือ มลพิษที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และรักษาโรคที่เกิดจากมลพิษในการใช้พลังงานซึ่งเป็นผลต่อเนื่องระยะยาว

ดังนั้น การให้ความสำคัญของการจัดพลังงานให้ใช้ได้อย่างมีคุณค่า และเกิดประโยชน์มากที่สุดจะเป็นผลต่อการประหยัดพลังงานและงบประมาณได้

การนำพลังงานมาใช้กับอาคารในปัจจุบันทั้งพลังงานไฟฟ้า ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเมื่อเทียบมูลค่าและปริมาณการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยส่วนมากจะใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูง ฉะนั้นเมื่อต้องการให้ลดการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัย ก็ต้องทราบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านจะใช้กับเครื่องปรับอากาศ แสงสว่าง, เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ

จะเห็นได้ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยจะใช้กับเครื่องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการต้องการลดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านให้เข้าภาวะความสบาย

เนื่องจากประเทศไทยมีลักษณะอากาศร้อนชื้น และในที่นี้จะกล่าวถึงบริเวณกรุงเทพมหานคร บริเวณละติจูดที่ 14 องศาเหนือ ซึ่งมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงกว่าสภาวะความสบาย และความชื้นค่อนข้างสูงกว่าระดับความสบาย ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้ต้องมีการปรับอากาศในพื้นที่ใช้งาน

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาคารบ้านพักอาศัย

ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวอาคาร เกิดจาก รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่ส่งตรงมายังตัวอาคารผ่านชั้นบรรยากาศ และเปลือกอาคารก็จะเก็บสะสมความร้อนทั้งทางหลังคาและผนังรอบอาคาร ดังนั้น เมื่อมองเฉพาะตัวอาคารบริเวณที่รับแสงแดดมากที่สุดตลอดทั้งวันคือหลังคา

การสะสมความร้อนในส่วนของหลังคาจะสูงกว่าส่วนอื่นๆ และส่งผ่านมาภายในอาคารในเวลาต่อมา ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปจะจัดวางห้องนอนอยู่ในตำแหน่งที่เชื่อมกับหลังคา ทำให้เป็นบริเวณที่รับความร้อนจากหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการป้องกันความร้อนที่ส่งผ่านมาทางหลังคา ไปสู่ช่องใต้หลังคาและฝ้าเพดาน แล้วลงสู่พื้นที่ใช้สอยใต้หลังคา ให้มีอุณหภูมิของห้องไม่สูงมากเกินไป เพื่อลดภาวะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์

ในการศึกษารูปแบบของหลังคาเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาการลดการเก็บความร้อนของวัสดุหลังคา (Collect heat) เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าอาคาร
2. เพื่อศึกษาวัสดุที่เป็นฉนวนเพื่อป้องกันการส่งผ่านความร้อนจากวัสดุมุงหลังคาเข้าสู่อาคาร
3. นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาความร้อนที่เกิดจากการส่งผ่านความร้อน เข้าสู่อาคารทางหลังคา
4. เพื่อศึกษาการติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับหลังคาทรงจั่ว

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ในการศึกษารูปแบบของหลังคาเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ได้กำหนดสมมติฐานในการวิจัยไวดังนี้

1. วัสดุมุงหลังคาที่แตกต่างกันจะป้องกันความร้อน และเก็บปริมาณความร้อนได้แตกต่างกัน
2. วัสดุป้องกันความร้อนหรือหน่วงความร้อน (ฉนวน) สามารถป้องกันความร้อนได้แตกต่างกัน
3. ตำแหน่งของการติดตั้งฉนวนกับหลังคาแต่ละประเภททำให้มีประสิทธิภาพต่างกัน

1.4 ขอบเขตในการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเรื่องการศึกษารูปแบบหลังคา เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารดำเนินไปจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และสมมติฐาน จึงได้กำหนดปัจจัยบางประการเท่านั้นที่ใช้นำมาทำการทดลองในช่วงเวลาที่มีจำกัด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการป้องกันความร้อนที่ส่งผ่านมาทางหลังคา ไปสู่ช่องใต้หลังคาและฝ้าเพดาน แล้วลงสู่พื้นที่ใช้สอยใต้หลังคา ให้มีอุณหภูมิของห้องไม่สูงมากเกินไป เพื่อลดภาวะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์

ในการศึกษารูปแบบของหลังคาเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาการลดการเก็บความร้อนของวัสดุหลังคา (Collect heat) เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าอาคาร
2. เพื่อศึกษาวัสดุที่เป็นฉนวนเพื่อป้องกันการส่งผ่านความร้อนจากวัสดุมุงหลังคาเข้าสู่อาการ
3. นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาความร้อนที่เกิดจากการส่งผ่านความร้อน เข้าสู่อาคารทางหลังคา
4. เพื่อศึกษาการติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับหลังคาทรงจั่ว

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ในการศึกษารูปแบบของหลังคาเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ได้กำหนดสมมติฐานในการวิจัยไวดังนี้

1. วัสดุมุงหลังคาที่แตกต่างกันจะป้องกันความร้อน และเก็บปริมาณความร้อนได้แตกต่างกัน
2. วัสดุป้องกันความร้อนหรือหน่วงความร้อน (ฉนวน) สามารถป้องกันความร้อนได้แตกต่างกัน
3. ตำแหน่งของการติดตั้งฉนวนกับหลังคาแต่ละประเภททำให้มีประสิทธิภาพต่างกัน

1.4 ขอบเขตในการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเรื่องการศึกษารูปแบบหลังคา เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารดำเนินไปจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และสมมติฐาน จึงได้กำหนดปัจจัยบางประการเท่านั้นที่ใช้นำมาทำการทดลองในช่วงเวลาที่มีจำกัด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในการทำวิจัยครั้งนี้ การทดลองทั้งหมดเป็นการทดลองในสภาพอากาศปกติไม่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

2. วัสดุมุงหลังคาที่นำมาใช้ในการทดลองคือ กระเบื้องคอนกรีต (CPAC), กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน (ลอนคู่), กระเบื้องชิงเกิ้ล (shingle Roof) โดยที่จะไม่ทำการศึกษาถึงชนิดและคุณสมบัติของหลังคาชนิดอื่น

3. จากการศึกษาพบว่า มุมเอียงของหลังคาที่นิยมใช้กันอยู่กันโดยทั่วไปคือ 35 องศา ดังนั้นจึงใช้มุมเอียงของหลังคา 35 องศา เพียงมุมเดียวในการทดลอง

4. ฉนวนกันความร้อน ที่นำมาใช้ในการทดลอง

   4.1 ฉนวนเยื่อกระดาษ

   4.2 ฉนวนใยแก้วแบบวางบนฝ้า (Stay cool)

   4.3 ฉนวนใยแก้วแบบติดบนจันทัน (Roof Batt)

   ซึ่งเป็นฉนวนที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับบ้านพักอาศัย จึงนำมาใช้เพียง 3 ชนิดเท่านั้น

5. ข้อมูลที่จะทำการวัดและบันทึก กำหนดไว้ดังนี้

   5.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก

   5.2 อุณหภูมิผิวหลังคา

   5.3 อุณหภูมิอากาศช่องใต้หลังคา

   5.4 อุณหภูมิภายในห้องจำลอง

   5.5 ความชื้นของอากาศ

   5.6 ค่าการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

6. การทดลองจะควบคุมตัวแปรที่กำหนดและตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ เช่น การควบคุมการก่อสร้างหลังคาทดลอง การคัดสรรวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้ ป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าห้องจำลองโดยการปุโฟร์มทั้งด้านข้างและด้านใต้ ส่วนตัวแปรอื่นๆ ไม่ได้ควบคุม

7. ทำการทดลองเฉพาะด้านเดียว โดยวางตามแนวตะวันออก – ตะวันตก เพื่อให้ได้รับอิทธิพลของรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 ข้างของหลังคา

1.5 ระเบียบวิธีการวิจัย

จากวัตถุประสงค์และสมมติฐานข้างต้น ได้แบ่งขั้นตอนการทำวิจัยและการทำงานไว้ดังนี้

1. ทำการศึกษารูปแบบของหลังคาและวัสดุฉนวนที่ใช้กับบ้านพักอาศัย ที่บ้านพักอาศัยใช้อยู่โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุมุงหลังคาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน กระเบื้องชิงเกิ้ล จากการวิเคราะห์ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุฉนวน เช่น ฉนวนใยแก้ว และฉนวนเยื่อกระดาษ จากการวิเคราะห์ข้อมูล

4. ทำการทดลองโดยทำหุ่นจำลองขนาด 1.60 เมตร x 1.60 เมตร สูง 2.00 เมตร จำนวน 9 หลัง เพื่อทดสอบวัสดุมุงและฉนวนในรูปแบบต่างๆ กัน

5. ทำการสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ในแต่ละหลังของหุ่นจำลอง เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมในการใช้งาน

6. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อปรับใช้กับอาคารแต่ละแบบ และอธิบายถึงความผิดพลาด ความคลาดเคลื่อน ในการทดลองที่เกิดขึ้น มีสาเหตุมาจากอะไร พร้อมทั้งข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ไขต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่จะดำเนินการวิจัยในครั้งต่อไป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิจัยคาดว่าจะทำให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. สามารถเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาที่เหมาะสมกับการใช้งาน

2. สามารถจัดวางฉนวนกันความร้อนกับวัสดุหลังคาได้เหมาะสมกับการใช้งานและได้ประโยชน์สูงสุด

3. สามารถนำผลการทดลองที่ได้เป็นแนวทางการปรับปรุงหรือประยุกต์ใช้ในการออกแบบหลังคาของอาคารให้เหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลังคาเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ความร้อนจะถูกดูดซับ (Absorbtance) และส่งผ่าน (Transmittance) หลังงานความร้อนลงมาในพื้นที่ใกล้เคียง

ลักษณะหลังคาของบ้านในปัจจุบัน มุงด้วยกระเบื้องซีเมนต์ , ฝ้าชายคาปิดไม่มีการระบายอากาศ, ชายคาสั้นไม่สามารถกันแดด, ฝนได้ วัสดุที่มีมวลมาก (Heavy Weight) จะสามารถคายความร้อนได้ช้ามาก ถ้าวัสดุประเภทนี้มาใช้ ทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความร้อนที่สะสมไว้ในช่วงกลางวันต่อเนื่องมาจนถึงเวลากลางคืน

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การถ่ายเทพลังงานความร้อน (Heat Transfer)

การนำ (Conduction) - การถ่ายเทอุณหภูมิโดยไม่อาศัยตัวกลาง คือการสัมผัสกันโดยตรงกับวัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

การพา (Convection) - การถ่ายเทอุณหภูมิโดยอาศัยตัวกลางอย่างเช่น อากาศหรือของเหลว

การแผ่รังสี (Radiation) - การแผ่รังสีความร้อน จะส่งผ่านจากที่อุณหภูมิสูงกว่าไปสู่อุณหภูมิต่ำกว่า
- การแผ่รังสีไม่ได้ขึ้นอยู่กับสสารตัวกลาง
- การแผ่รังสีสามารถส่งผ่านสูญญากาศได้ เพียงแต่ต้องการความแตกต่างของอุณหภูมิ พลังงานรังสีจะเดินทางในลักษณะเส้นตรง ผ่านที่ว่างในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves)

2.1.2 ลักษณะพื้นผิวที่มีผลต่อการแผ่รังสี (Surface Radiation)

รังสีความร้อนเป็นรังสีในรูปคลื่นยาว และมีพลังงานต่ำ รังสีเมื่อกระทบวัสดุใดๆ จะสะท้อน, ส่งผ่านและดูดซึม ไว้ในวัสดุนั้นๆ วัสดุแต่ละประเภท จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

1. ทิศทาง (มุม) ของการแผ่รังสี การคายรังสีจะมีค่าสูงที่ทิศทางตั้งฉาก
2. ความยาวคลื่นของการแผ่รังสี การคายรังสีเชิงสเปกตรัม ทิศทางตั้งฉาก ของโลหะจะลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุณหภูมิของพื้นผิว การคายรังสีของโลหะจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนการคายรังสีของอโลหะจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

4. ความขรุขระของพื้นผิว เนื่องจากผลของความขรุขระที่ไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว เสมือนโพรง จึงทำให้เกิดการสะท้อนรังสีได้หลายครั้ง ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการดูดซึมรังสีมีค่าสูงขึ้น นั่นคือการคายรังสีมีค่าสูงขึ้น

การเจือปนพื้นผิว สารปนเปื้อนบนพื้นผิว ทำให้คุณสมบัติการแผ่รังสีเปลี่ยนไป โดยทำให้การแผ่รังสีมีค่าสูงขึ้น

ลักษณะของพื้นผิวจะมีอิทธิพลสูงต่อการแผ่รังสีและดูดซึมรังสี วัสดุต่างๆจะมีค่าการดูดซึมรังสี (Absorbtivity) และค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) แตกต่างกันออกไปตามลักษณะผิวของวัสดุ

ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการแผ่รังสี ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของวัสดุ ที่คายรังสีและของวัสดุที่ดูดซึมรังสี แนวความคิดที่อธิบายความสัมพันธ์ คุณสมบัติของวัสดุ คือ

1. ค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) ρ
2. ค่าการส่งผ่านรังสี (Transmitivity) τ
3. ค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) α
4. ค่าการคายรังสี (Emissivity)

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

1. ค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) วัสดุผิวมันและมีสีอ่อนจะสะท้อนรังสีความร้อนได้ดีเท่าวัสดุทึบตัน (Opague) "วัสดุที่มีการสะท้อนรังสีสูง จะมีการดูดซึมรังสีต่ำ"

2. ค่าการส่งผ่านรังสี (Transmitivity) จะเป็นคุณสมบัติของวัสดุโปร่งใส (Transparent) และโปร่งแสง (Translucent) ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุประเภทนี้ จึงต้องควรระมัดระวังถึงความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร

3. ค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) เป็นตัวแสดงความสามารถในการดูดกลืนพลังงานความร้อนของผิววัสดุ วัสดุที่มีสีเข้ม จะดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีกว่า วัสดุที่มีสีอ่อนกว่า

4. ค่าการคายรังสี (Emissivity) เป็นตัวแสดงความสามารถของวัสดุในการปล่อยรังสีคลื่นยาวของผิววัสดุโลหะผิวมันเงา จะมีการคายรังสีต่ำกว่าวัสดุผิวหยาบ "วัสดุส่วนใหญ่จะมีค่าการคายรังสีสูง จะแผ่ความร้อนออกมาได้น้อยกว่า ผิววัสดุสีขาว" และมีความสามารถในการสะท้อนสูง แต่ในกรณีที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นหลังคา ที่ต้องรับความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นเวลานานๆก็ทำให้มีผลใกล้เคียงกับหลังคาสีขาวชนิดอื่น เนื่องจากภายในเนื้ออลูมิเนียมสามารถเก็บความร้อนไว้ได้มากกว่าวัสดุสีขาวหลายเท่า ดังนั้นการใช้แผ่นอลูมิเนียมบางๆ เป็นตัวสกัดกั้นความร้อนนั้นจะได้ผลดี เพราะมีมวลน้อยจึงทำหน้าที่ในการสะท้อนความร้อนออกไปได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัตถุกับสภาพแวดล้อม (Long Wave Radiation Heat Exchange)

เกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผนังอาคารกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

2.1.3 **การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ** (Time Lag) โดยปกติวัตถุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัตถุที่มีมวลสารน้อย แต่ในสภาพการใช้งานจริงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุในแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวก่อนที่จะถ่ายเทเข้าไปในอาคารต่อไป

2.1.4 **การถ่ายเทความร้อนผ่านช่องอากาศ** (Air Gap) เมื่อพื้นผิวของวัสดุอยู่ระหว่างช่องอากาศ การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นโดย การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) โดยมีผลกระทบจากการกำหนดทิศทาง (Orientation) ของช่องอากาศ, ทิศทางการถ่ายเทความร้อน (Direction of Heat Flow) , ระยะความกว้างของช่องอากาศ, ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นผิวและคุณสมบัติของพื้นผิว เมื่อพื้นผิวของวัสดุทึบตันสัมผัสอากาศ และมีการเคลื่อนไหวของอากาศตามพื้นผิววัสดุ (Air Film) มีน้อย

ความเป็นฉนวนของชั้นอากาศที่นิ่งตามพื้นผิวทางแนวดิ่งมีค่า R เท่ากับค่า R ของไม้อัดหนาครึ่งนิ้ว แต่เมื่อความเร็วคงที่ 6.7 เมตรต่อวินาที ชั้นอากาศนี้จะถูกทำลายค่า R จะลดลงเหลือเพียง ¼ ของค่า R ที่เกิดขึ้นตอนอากาศนิ่ง

อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านวัสดุ (Conductance) และค่าความต้านทาน R ของอากาศเป็นการแสดงถึงความสามารถในการถ่ายเทรังสีความร้อนของอากาศ

2.1.5 **การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร** (Heat flow Thought The Building Envelope)

1. การคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารทางหลังคา

อัตราความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคาร สามารถแสดงถึงอัตราการรวมของความร้อนที่เคลื่อนผ่านส่วนประกอบทั้งหมดของผิวอาคาร ได้แก่ พื้น ผนัง หลังคา ฯลฯ ค่านี้จะถูกกำหนดด้วยค่า U-Value คือค่า Thermal Transmittance มีหน่วยเป็น BTU/Hr.ft^2 $^{\circ}$F ค่า U-Value จากส่วนกลับของค่า Thermal Resistance (R)

โดยที่ $U = 1/\sum R$

ค่า U-Value ที่สามารถคำนวณหาค่าการถ่ายเทปริมาณความร้อน ที่ผ่านเปลือกอาคาร ได้โดยทั่วไป มี 2 สมการ คือ

$Q = U \times A \times \Delta T$ .....(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Q = U x A x CLTD .....(2)

โดยที่ U = 1/ ∑R สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร (BTU/Hr.ft^{2}^{o}F)

A = พื้นที่ของเปลือกอาคารถ่ายเทความร้อน (.SF.)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน

CLTD = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า หรือ Cooling Load Temperature Difference

สมการที่ (1) ใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลของแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในมีค่าคงที่ (Steady State Condition)

สมการที่ (2) ใช้ในกรณีที่มีอิทธิพลของแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้ CLTD เกิดขึ้นเพราะความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในไม่คงที่ ในความเป็นจริงค่า CLTD ต่างจาก ΔT เพราะมีการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ เพื่อรวมเอาอิทธิพลจากหลายองค์ประกอบเข้าไว้ด้วยกัน เช่น วัน เวลา เดือน และเขตละติจูด ที่เกิด Peak Load มวลสารและสีของหลังคา การหน่วงของเวลา ผลกระทบของแสงแดด อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการคำนวณค่าภาระในการทำความเย็นสูงสุด ของเครื่องปรับอากาศ (Peak Load) จึงใช้ค่า CLTD แทนค่า ΔT

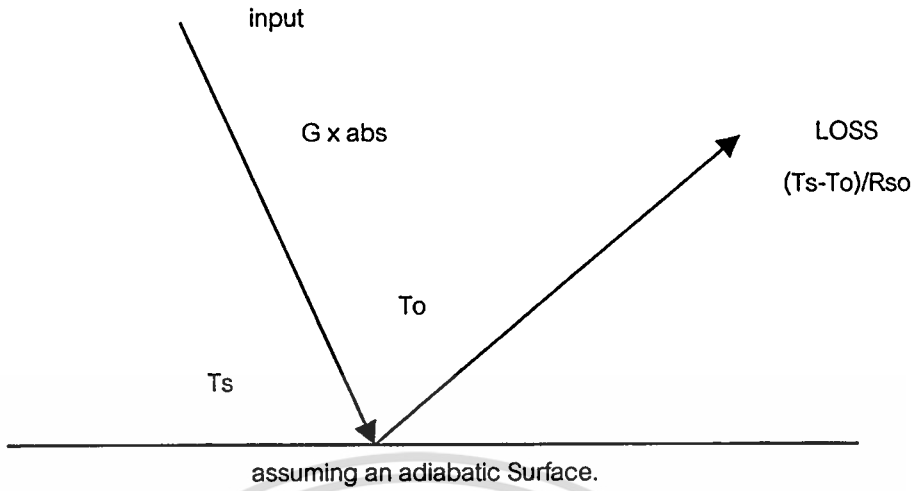
การนำค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในมาใช้ตรงนั้น จะมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากผิววัสดุจะร้อนขึ้นเมื่อได้รับแสงแดดเป็นเวลานานขึ้น และวัสดุจะดูดรังสีความร้อนไว้ ทำให้การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนไป ดังนั้น ค่า ΔT ที่จะนำมาใช้จะไม่ตรงกับค่าความเป็นจริง

ดังนั้น การคำนวณหาค่า การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงต้องนำเอา Sol-Air Temperture มาใช้โดยคิดจากองค์ประกอบ ดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก (To)
2. ค่าการแผ่รังสี (Grobal radiation) G
3. ค่าการดูดซับความร้อน (Absorbtance) α
4. ค่าความต้านทานของพื้นผิว (Resistance) R_{so}

จากความสัมพันธ์ที่ผ่านมาข้างต้น จะได้สมการ $Ts = To + (G.\ \alpha.R_{so})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Equilibrium exists when Ts is such that.

INPUT = LOSS

G x abs = (Ts – To)/ R_{so}

Ts = To + (G x abs x R_{so})

(ที่มา : การบรรยายพิเศษเรื่อง Energy Conservation in Building ; Dr. steven V. Szokolay)

2.1.6 **คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน**

คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ วัสดุสามารถกักเก็บความร้อนได้มากหรือน้อยเพียงใด กล่าวคือ เมื่อวัสดุมีมวลสารน้อยลง ก็จะจัดเก็บความร้อนได้น้อย เมื่อได้รับความร้อนในระดับหนึ่งก็ถ่ายเทออกไป แต่ในวัสดุที่มีมวลสารมาก ก็จะสามารถรับปริมาณความร้อนได้มาก เมื่อปริมาณความร้อนที่กักเก็บมีมากขึ้นก็จะส่งผ่าน ต่อไปเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้ความร้อนที่สะสมไว้จึงค่อยๆผ่านเข้าสู่อาคาร คุณสมบัตินี้เรียกว่า การหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time lag Effect) เนื่องจากอุณหภูมิสูงเคลื่อนที่เข้าหาอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่ออากาศภายนอกเย็นลงกว่าอุณหภูมิของวัสดุผนัง ความร้อนก็จะถ่ายเทออกสู่ภายนอก

2.2 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่มีผลต่อมวลสารของวัสดุ

2.2.1 **ค่าการนำความร้อน** (k) Thermal Conductivity หมายถึง ความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุหรือตัวกลางจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้โดยการนำนั้น เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุล ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อของวัสดุ และเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด ว่าเป็นตัวนำความร้อนที่ดีหรือไม่ ดังนั้น Conductivity หรือค่า k นี้คือการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนในหนึ่งหน่วยเวลา ผ่านพื้นที่และความหนาแน่นของวัสดุนั้นๆ ซึ่งแต่ละข้างของวัสดุนั้นจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หน่วยจะเป็น W x m/m^2 °C เมื่อปรับใหม่แล้วจะเป็น $W/m^{\circ}C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของ conductivity อยู่ระหว่าง 0.03 – 400 W/m^{o}C วัสดุประเภทที่เป็นฉนวนจะมีค่า Conductivity ต่ำ ส่วนวัสดุที่นำความร้อนได้ดีมักจะเป็นโลหะและมีค่า Conductivity สูง

2.2.2 **ค่าการต้านทานความร้อน** (R) Thermal Resistance / R – Value

เป็นค่าตรงข้ามกับ Conductivity ทั้งหมดหรือเป็นหน่วยกลับ (1 / k) มีหน่วยเป็น m องศา C / W ถ้าค่า R มากแสดงว่า มีความเป็นฉนวนที่ดี สามารถต้านทานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุได้มาก Resistance เป็นผลคูณระหว่างความหนากับ Resistance ของวัตถุ

$$R = b \times \frac{1}{k} = \frac{b}{k}$$

เมื่อ b คือ ความหนาหน่วยเป็น (m^{2} ^{o}C/W)

2.2.3 **อัตราการถ่ายเทความร้อน** (C) Thermal Conductance

ในขณะที่ Conductivity และ Resistance เป็นคุณสมบัติของวัสดุ เมื่อคิดความหนาของวัสดุเข้าไปจะเรียกว่า Conductance (C) และตัวที่ตรงข้ามคือ Resistance (R) $\therefore$ C = 1 / R

ดังนั้น Conductance คือ อัตราไหลผ่านของความร้อนที่ผ่านหน่วยพื้นที่ของวัสดุที่มีความหนาเมื่ออุณหภูมิแต่ละหน้าแตกต่างกัน 1 องศา C หน่วยวัดเป็น W/m^{2} ^{o}C

2.2.4 **ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน** (U) Coefficient of Heat transmission / U – Value

หมายถึงค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเพื่อแสดงประสิทธิภาพความเป็นฉนวนของวัสดุนั้นๆ กล่าวคือ ถ้าค่า U น้อย แสดงว่ามีความเป็นฉนวนที่ดี ค่า U จะเป็นส่วนกลับของค่า R ,

$$U = \frac{1}{R} \text{ (BTU / hr.m}^{2}\,^{o}\text{C)}$$

2.2.5 **ความจุความร้อน** (Thermal Heat Capacity) วัสดุที่มีความร้อนมากจะมีความสามารถในการเก็บกักความร้อน Heat Capacity โดยคุณสมบัติขึ้นอยู่กับ ปริมาตรความหนาแน่น ปริมาณความร้อนและความแตกต่างของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร

3.1 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในคาบสมุทรอินโดจีน อยู่ในเขตร้อน (Tropical Zone) มีเนื้อที่ประมาณ 200,148 ตารางไมล์ หรือ 514,000 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด (Lattitude) 5 องศาเหนือที่จังหวัดยะลา ถึง 21 องศาเหนือที่จังหวัดเชียงราย ทางด้านทิศตะวันออกอยู่ที่ลองติจูด (Longitude) 106 องศาตะวันออก ตะวันตกอยู่ที่ลองติจูด 97 องศาตะวันออก

3.1.1 ฤดูกาลและสภาพดินฟ้าอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย

3.1.1.1 ฤดูหนาว ระหว่างเดือน พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ มีมรสุมทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (มาจากประเทศจีน) ในระหว่างช่วงนี้อากาศค่อนข้างเย็นและแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศน้อยกว่าฤดูอื่น

3.1.1.2 ฤดูร้อน ระหว่างเดือน มีนาคม – เมษายน มีกระแสลมพัดจากทะเลจีนใต้เข้าสู่อ่าวไทย และประเทศไทยทางด้านทิศใต้ อากาศโดยทั่วไปร้อนและแห้งแล้ง จะร้อนสุดในเดือนเมษายน โดยเฉพาะภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.1.1.3 ฤดูฝน ระหว่างเดือน พฤษภาคม – ตุลาคม มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อ่าวเบงกอล ทะเลอันดามันและมหาสมุทรอินเดีย พัดเอาเมฆฝนเข้าสู่ประเทศไทยทำให้มีฝนตกทั่วไปในทุกภาคของประเทศ อากาศช่วงนี้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง โดยทั่วไปจะตกมากสุดเดือนกันยายน

ในช่วงเดือนตุลาคม จะเป็นช่วงเปลี่ยนมรสุม จากมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะนี้เป็นระยะที่ลมเปลี่ยนจากตะวันตกเฉียงใต้ เป็นตะวันออกเฉียงเหนือ ฝนจะเริ่มน้อยตอนปลายเดือนโดยจะเริ่มจากภาคเหนือ และตะตัวออกเฉียงเหนือก่อน

3.1.2 อุณหภูมิของประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์ ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นที่ของประเทศเกือบทั้งปี เว้นแต่ตามชายฝั่งจะมีลมทะเลทำให้อุณหภูมิในตอนบ่ายลดลงไปบ้าง อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของประเทศไทยตลอดปีประมาณ 27°C อุณหภูมิสูงสุดโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 33.0 – 38.0°C และในเดือนเมษายนเป็นเดือนที่ร้อนที่สุด พิสัยอุณหภูมิในประเทศไทย (ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด) รายวันประมาณ 10 – 12°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในฤดูหนาวทางภาคเหนือมีพิสัยประมาณ 15°C ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 14°C ทางภคกลางประมาณ 12°C ซึ่งแสดงว่าตอนเช้าอากาศจะเย็นแต่ตอนบ่ายอากาศจะร้อน

ช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะลดลงมากกว่าทางภาคอื่น โดยจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 16°C ส่วนภาคกลางจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20°C

ภาคใต้จะมีอากาศอบอุ่นตลอดปี เนื่องจากอยู่ใกล้ทะเลอุณหภูมิในช่วงมรสุดตะวันออกเฉียงเหนือ (ฤดูหนาว และฤดูร้อน) กับมรสุดตะวันตกเฉียงใต้ (ฤดูฝน) แตกต่างกันไม่มากนัก กล่าวคือ ในหน้าหนาว เฉลี่ยประมาณ 26°C และหน้าร้อนประมาณ 27°C

3.2 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร

ในอดีตอาคารบ้านเรือนมักมีรูปแบบที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำประโยชน์ที่ดีมาใช้และป้องกันผลเสียที่เกิดขึ้นกับธรรมชาติได้เต็มที่ เมื่อสภาพแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาโดยเฉพาะเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพมหนครที่มีอาคารสูงและมลภาวะต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย ทำให้สภาพภูมิอากาศไม่อยู่ในภาวะน่าสบาย อาคารต่างๆ จึงได้นำเทคโนโลยีต่างๆ มาช่วยปรับสภาพภูมิอากาศ แต่นั่นก็คือการสูญเสียพลังงานอย่างมหาสาร จวบจนกระทั่งเข้าสู่ภาวะขาดแคลนพลังงาน ทั่วโลกพยายามให้มีการรณรงค์การใช้พลังงานอย่างประหยัด อาคารต่างๆ มีส่วนในการใช้พลังงานอย่างมาก ฉะนั้นถ้าเราสามารถนำระบบธรรมชาติมาใช้ในการสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น ก็จะเกิดสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน การทำเช่นนั้นได้ก็ต่อเมื่อมีการศึกษาให้เข้าใจสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้อ ทั้งอุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางลม ความเร็วลม การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ฝน เพื่อสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในวิจัยเล่มนี้ จะจัดทำจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบ 10 ปี (2532-2541) และข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี 2541 เพื่อให้ทราบความแตกต่างของภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป และยังทำให้ผู้ที่มาศึกษาวิจัยเล่มนี้ต่อ ทราบถึงข้อมูลภูมิอากาศในอดีตได้

ในการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศใน พ.ศ.2541 นอกจากมีการทำเป็นแผนภูมิต่างๆ แล้ว ยังมีการทำเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิเฉลี่ย และความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง เพื่อให้ทราบกลุ่มของช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิและความเร็วลมสูง ซึ่งในที่นี้กลุ่มอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน เวลาประมาณ 11:00 – 17:00 (ตาราง 3.2) แผนภูมิที่ 3.5 ทำให้ทราบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรุงเทพมีค่า Cooling Degree Day ในปี 2541 สูงเท่ากับ 1,806 โดยในที่นี้ได้เอาอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน ลบด้วย 27°C และนำค่าที่เป็นบวกมารวมกันในแต่ละเดือน และรวมค่าทั้ง 12 เดือนเข้าด้วยกันเป็นค่า Cooling Degree Day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลภูมิอากาศ กทม.(2541)

AGROCLIMATOLOGICAL FOR 1998

Station	BANG	NA	Elevation of station above MSL	3.00	m.
Latitude	13.6	N	Height of thermometer above ground	1.25	m.
Longtitude	100.6	E	Height of wind vane above ground	10.00	m.
			Height of rain gauge	1.00	m.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Air Temperature (celcuis)													
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	29.0	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	26.2	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	24.7	24.7	22.8	19.8	19.8
Grass minimum temperature (celsuis)													
Mean minimum	9.7	23.0	23.5	26.1	-	24.6	24.2	24.4	24.0	-	21.5	-	
Extrem minimum													
Water temperature (celcuis)													
Mean maximum	32.8	33.8	34.7	35.6	-	36.2	37.5	34.0	32.1	-	32.9	-	
Mean	30.7	32.8	33.5	34.1	-	34.3	33.7	31.4	30.2	-	28.5	-	
Mean minimum	18.0	21.0	19.6	22.3	-	23.5	21.1	20.0	20.4	-	16.2	-	
Relative humidity (%)													
Extreme maximum	98	97	91	96	97	99	100	98	99	99	98	98	100
Mean maximum	84	88	83	84	85	83	87	88	92	90	85	80	92
Mean	70	76	72	73	72	73	76	77	83	78	74	69	74
Mean minimum	50	59	55	56	55	59	62	64	71	63	59	55	50
Extreme minimum	29	40	35	36	34	49	47	46	55	42	46	43	29
Soil temperature(celcuis)													
Mean at serface	29.9	31.7	34.7	34.8	-	32.8	32.2	30.6	29.6	-	28.8	-	
Mean at 5 cm.	30.0	31.7	34.9	35.0	-	32.9	32.2	30.7	29.7	-	29.2	-	
Mean at 10 cm.	29.5	31.2	33.9	34.2	-	32.5	32.0	30.9	30.0	-	29.2	-	
Mean at 20 cm.	29.9	31.3	34.0	34.3	-	32.5	32.0	30.8	30.1	-	39.6	-	
Mean at 50 cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mean at 100 cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rainfall (mm)													
Total amount	44.7	33.2	0.9	55.6	231.4	224.2	222.9	448.7	591.1	202.3	18.9	-	2,073.9
Number of rainy day	2	4	1	4	14	16	15	22	21	15	8	-	122.0
Greatest in 24 hr	41.9	16.8	0.9	30.9	48.5	85.8	62.3	103.6	112	62.3	5.8	-	112.0
Evaporation (mm)													
Mean Evaporation	39.0	4.8	5.6	5.9	-	5.2	4.5	4.6	3.5	-	4.1	-	
Wind													
Prevailing direction	S	S	S	S	S	S	S	W	W	E	N	N	
Mean speed (m/s)	1.4	2.4	2.5	2.4	2.0	2.7	1.9	2.2	1.7	1.5	2.0	1.8	
Sunshine duration (hr)													
Extreme maximum	9.2	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.9	9.3	9.8	8.6	9.4	9.9
Mean	7.8	8.8	9.1	7.5	4.4	4.7	4.2	4.2	4.2	5.7	6.6	7.6	6.2
Radiation (Sun and Sky)													
Mean maximum	-	-	352.0	363.0	357.0	372.0	341.0	328.0	361.0	319.0	335.0	229.0	
Mean	-	-	154.5	159.0	151.0	118.0	113.0	112.0	65.5	85.0	65.5	79.0	
Mean total per day	-	-	2,179	2,292	2,176	1,878	1,768	1,768	1,451	1,597	1,496	1,501	

Remark : "_" indicate missing data

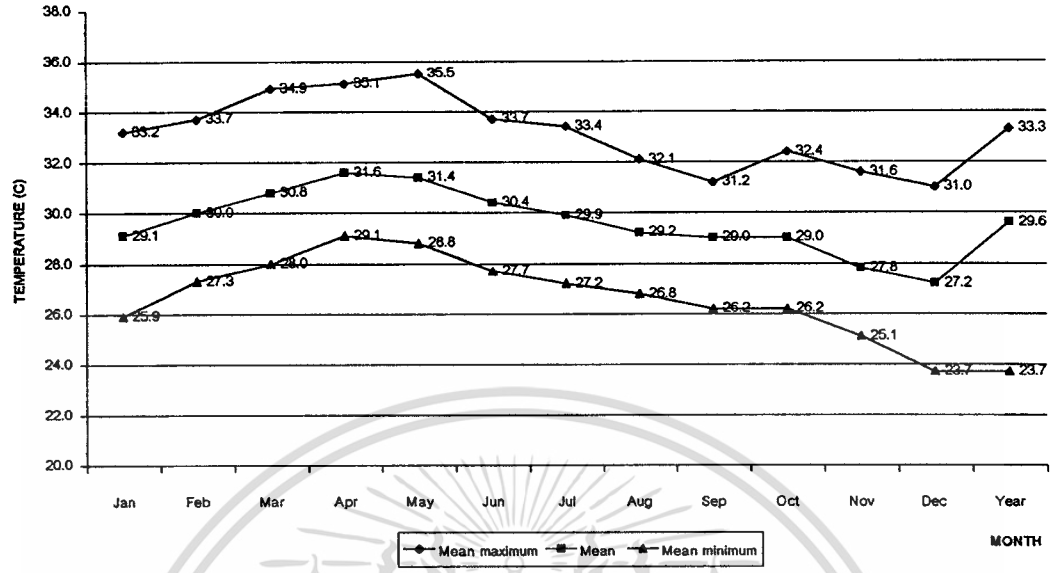
AGROMETEOROLOGICAL ANALYSIS SUB-DIBISION, AGROMETEOROLOGY DIVISION

DATA FROCESSING SUB-DIVISION, CLIMATOLOGY DIVISION

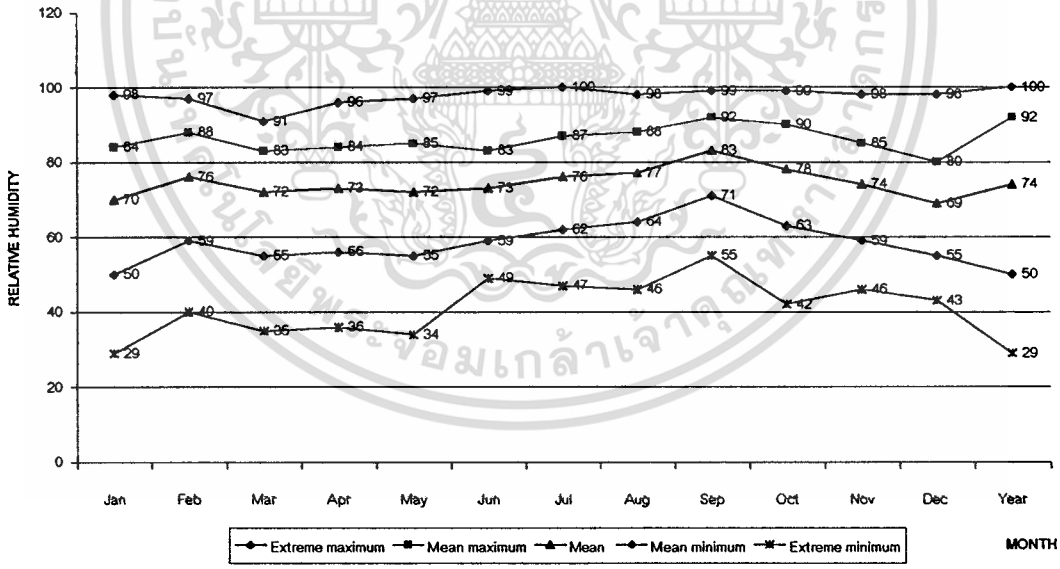
METEOROLOGICAL DEPARTMENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BANGKOK METROPOLIS period 1998



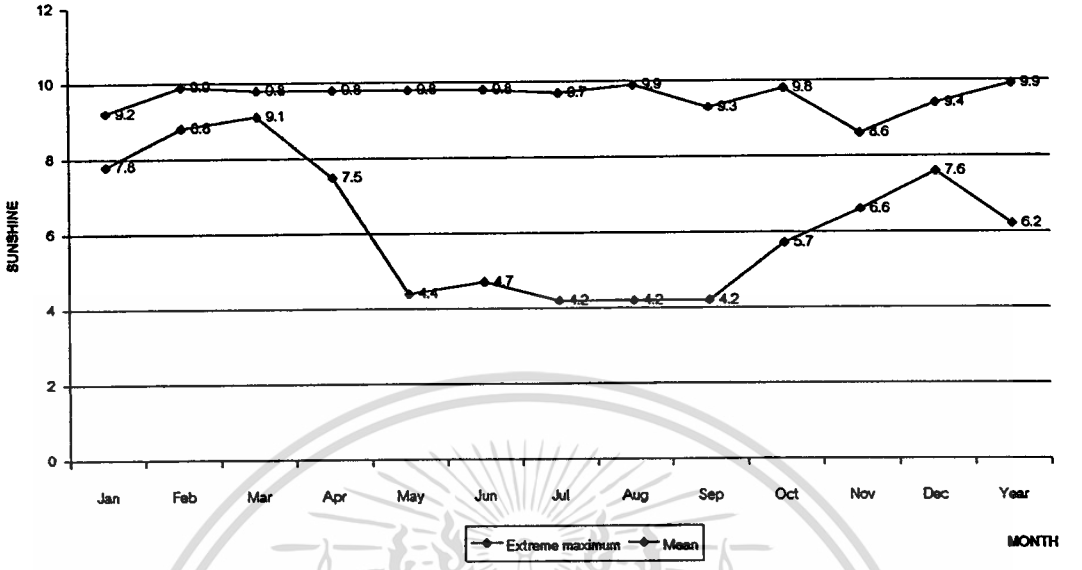
แผนภูมิที่ 3.1 TEMPERATURE (1998)



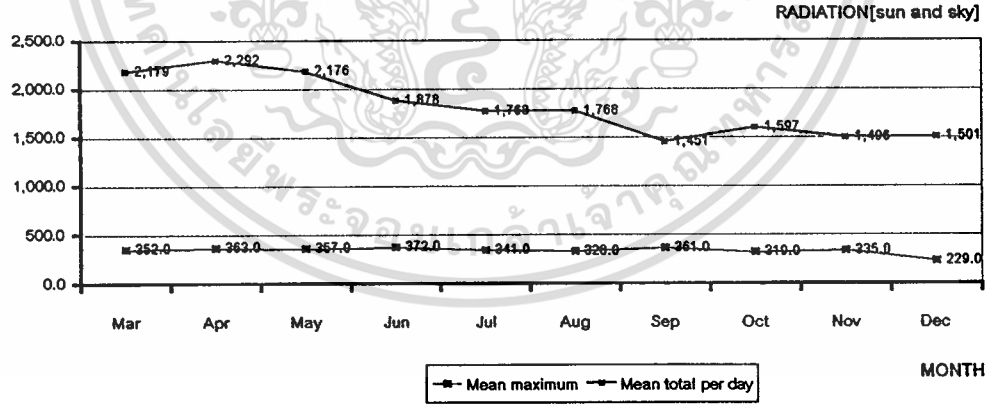
แผนภูมิที่ 3.2 RELATIVE HUMIDITY (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BANGKOK METROPOLIS period 1998



แผนภูมิที่ 3.3 SUNSHINE DURATION (1998)



แผนภูมิที่ 3.4 RADIATION (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง พ.ศ. 2541

Monthly mean of Temperature Isopleths (1998)

Celsiius

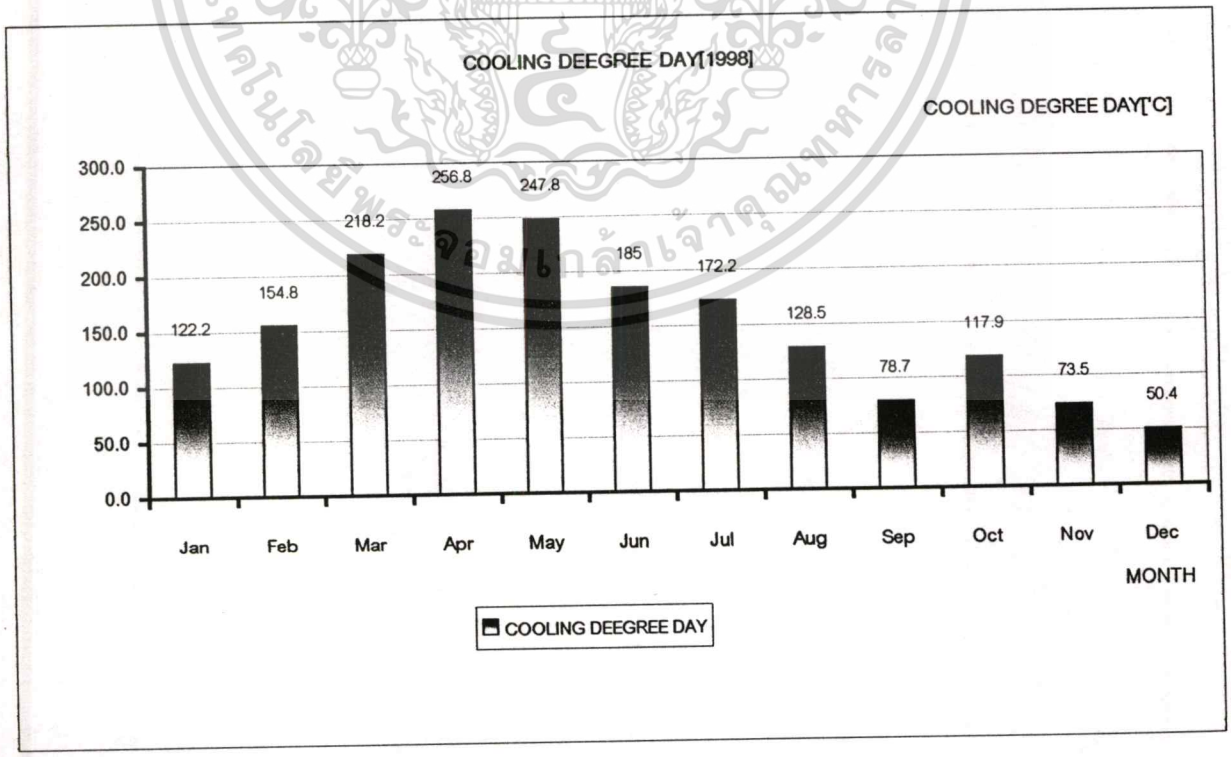
		1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
COOL SEASON	Jan	27.4	27.1	26.9	26.7	26.3	26.0	25.9	26.5	28.1	29.4	30.6	31.7	32.5	33.0	33.2	33.2	32.1	31.0	29.8	29.0	28.6	28.3	28.0	27.7
	Feb	28.4	28.2	28.0	27.8	27.6	27.4	27.3	28.0	29.7	30.8	31.9	32.6	33.4	33.6	33.7	33.5	32.5	31.2	29.9	29.3	29.0	28.9	28.7	28.6
HOT SEASON	Mar	29.0	28.8	28.6	28.4	28.2	28.0	28.0	29.1	30.7	32.0	33.0	33.9	34.4	34.8	34.9	34.4	33.5	31.9	30.6	29.7	29.7	29.5	29.3	29.2
	Apr	29.8	29.7	29.5	29.4	29.3	29.1	29.3	30.5	31.4	32.6	33.6	34.4	34.9	35.1	35.1	34.9	34.0	32.4	31.3	30.7	30.5	30.2	30.1	29.9
	May	29.3	29.0	28.9	28.8	28.8	28.8	29.1	30.6	32.1	33.0	33.6	34.4	34.8	35.2	35.3	34.6	33.9	32.6	31.5	30.7	30.3	30.1	29.6	29.4
RAINY SEASON	Jun	28.4	28.2	28.0	27.9	27.8	27.7	28.1	29.6	30.6	31.3	32.7	33.3	33.6	33.7	33.7	33.6	32.9	31.7	30.5	29.6	29.4	29.2	28.9	28.5
	Jul	28.3	27.9	27.7	27.5	27.3	27.2	27.3	28.7	30.1	31.3	32.1	32.6	32.8	33.3	33.4	33.3	32.4	31.1	30.1	29.0	28.6	28.4	28.3	28.3
	Aug	27.5	27.2	27.1	26.8	26.8	26.8	26.9	28.2	29.4	30.3	31.0	31.2	31.7	32.0	32.1	32.1	31.4	30.5	29.8	29.0	28.6	28.4	28.2	27.9
	Sep	26.8	26.6	26.4	26.2	26.1	26.1	26.2	27.4	28.8	29.8	30.9	31.2	31.1	30.8	31.0	31.2	30.4	29.2	28.3	27.7	27.5	27.4	27.2	26.9
	Oct	27.1	27.0	26.8	26.6	26.4	26.2	26.4	27.8	29.2	30.7	31.5	31.9	32.3	32.4	32.3	31.9	31.0	30.1	29.4	28.6	28.2	27.9	27.7	27.4
COOL SEASON	Nov	26.4	26.1	25.8	25.5	25.3	25.1	25.2	26.3	28.0	29.5	30.4	31.1	31.5	31.6	31.4	31.0	29.9	29.0	28.3	27.8	27.5	27.3	27.0	26.8
	Dec	25.5	25.2	24.9	24.5	24.5	23.9	23.7	24.6	26.3	27.8	29.3	30.1	30.7	31.0	30.8	30.4	29.7	28.7	27.9	27.3	27.1	26.4	26.3	25.8

อุณหภูมิอยู่ในช่วงร้อนวิกฤต (30.1-33.0 'c ขึ้นไป)

อุณหภูมิอยู่ในช่วงร้อนมาก (30.1-33.0 'c)

อุณหภูมิอยู่ในช่วงใกล้ภาวะน่าสบาย (27.1-30.0 'c)

อุณหภูมิอยู่ในช่วงภาวะน่าสบาย (22.0-27.0 'c)



แผนภูมิที่ 3.5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิเพื่อประเมินความต้องการความเย็นรายเดือน พ.ศ. 2541

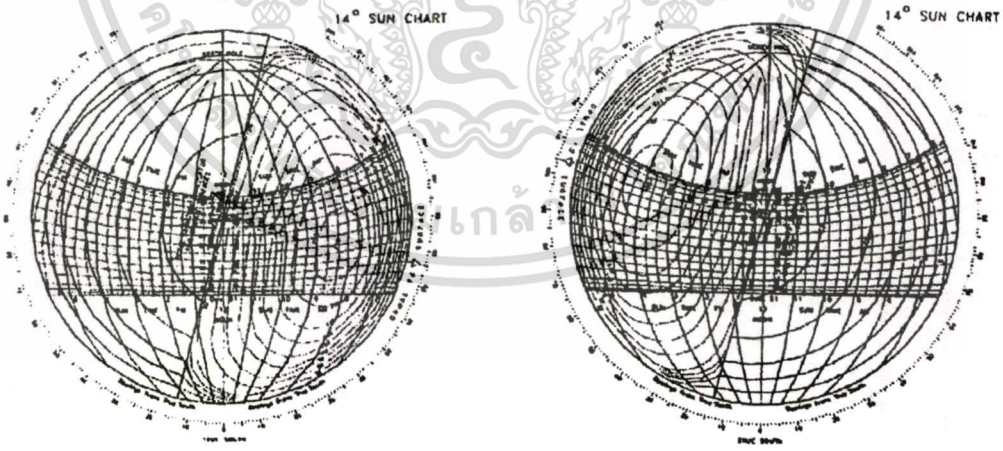
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ปริมาณความร้อนที่กระทำต่อด้านต่าง ๆ ของอาคารในกรุงเทพมหานคร

การคำนวณหาค่าการแผ่รังสีโดยวิธีการใช้ข้อมูลสถิติเป็นเรื่องที่ยาก Prof. Olgyay จึงได้คิดแผนภูมิการหาค่าการแผ่รังสีความร้อน(ดูภาคผนวก 1) สามารถที่จะวิเคราะห์ได้ทุกตำแหน่งที่ตั้งและลักษณะการวางอาคาร อ่านค่าได้ทั้งค่าการแผ่รังสีตรง รังสีกระจาย และการแผ่รังสีรวม ที่กระทำบนผนังทึบ (Opaque Surfaces) และกระจก (Glass Surfaces)

ตารางคำนวณรังสีความร้อน ใช้วิธีลากโยง (Projection) ในแบบ Equidstant Method ค่าของพลังงานที่อ่านได้ ได้จากวันที่ท้องฟ้าโปร่ง และสามารถปรับให้เข้ากับวันที่มีเมฆมากได้ ค่าการแผ่รังสีโดยตรงอ่านได้จากครึ่งล่างของวงกลม ส่วนครึ่งบนของวงกลมใช้อ่านค่าของการแผ่รังสีตามแนวนอน ค่าการแผ่รังสีรวมสามารถทราบได้จากการบวกค่าการแผ่รังสีกระจายจากครึ่ง บนและล่างของแผนภูมิวงกลม ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับตารางโคจรของดวงอาทิตย์ ของตำแหน่งเส้นรุ้งที่อาคารตั้งอยู่ เช่น กรุงเทพมหานคร ใช้ตารางโคจรสำหรับเส้นรุ้ง 14 องศาเหนือ ซึ่งตัวอย่างต่อไปนี้แสดงการหาค่าการแผ่รังสีความร้อนโดยตรงของด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้(ก) และแสดงการหาค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมของพื้นผิวตามแนวนอน(ข) เช่นหลังคา

การอ่านค่าการแผ่รังสีความร้อนเป็นรายเดือน ทำให้สามารถนำค่ามาเปรียบเทียบใช้ในการออกแบบ ในการเจาะช่องเปิด การใช้วัสดุทำกำแพง กางวางตำแหน่งห้องต่างๆ ตลอดจนการเลือกใช้วัสดุและสีต่างๆ



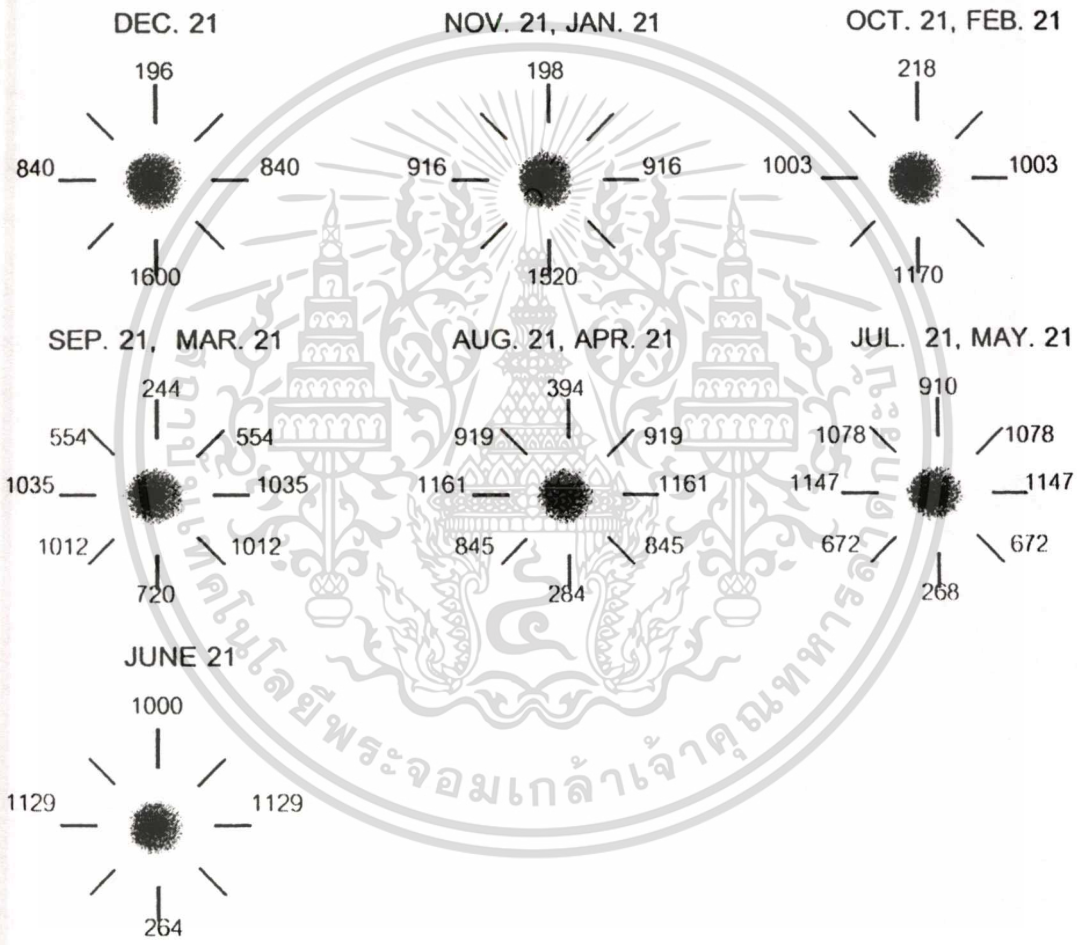
แผนภูมิที่ 3.6 แสดงการหาค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

จากการทดลองพบว่าในบริเวณที่อยู่ทางเส้นรุ้งทางเหนือ ทางใต้ของอาคารจะได้รับความร้อนเกือบ 2 เท่าของด้านเหนือของอาคารทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว เทียบกับอาคารในเส้นรุ้งต่ำลงมาจะมีความแตกต่างกันถึง1:4 และด้านทิศตะวันตกและตะวันออกจะได้รับความร้อนมากเป็น 2.5 เท่าของฤดูหนาว แต่ในเส้นรุ้งที่ต่ำลงมา อาคารด้านตะวันออก และตะวันตกจะได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนในฤดูร้อนแตกต่างกับฤดูหนาวน้อยมาก ปกตินั้น ด้านทิศเหนือของอาคารจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีน้อยมาก และส่วนใหญ่ที่ได้รับก็จะเป็นฤดูร้อน แต่ในเส้นรุ้งที่ต่ำลงมาก ด้านทิศเหนือของอาคารจะได้รับการแผ่รังสีในฤดูร้อนเกือบ 2 เท่าของทิศใต้

สำหรับกรุงเทพมหานคร ($14^{o}N$) ในฤดูร้อนทิศเหนือได้รับการแผ่รังสีความร้อนมากกว่าทิศใต้ประมาณ ½ เท่า ในฤดูหนาว ทิศใต้จะได้รับการแผ่รังสีความร้อนมากกว่าทิศเหนือประมาณ 8 เท่า



แผนภูมิที่ 3.7 แสดงการแผ่รังสีความร้อนที่กระทำต่อผนังทึบของกรุงเทพมหานคร

Total Radiation of Bangkok (Btu/ft2/day) (ตัวเลขนี้อาจผิดพลาดไม่เกิน 10%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สรุปสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

อุณหภูมิ (Temperature) : 22 – 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี เริ่มต่ำลงเดือนพฤศจิกายน ต่ำสุดเดือนธันวาคม (13.7°C) เริ่มสูงขึ้นเดือนกุมภาพันธ์

พิสัย (DR) : ประมาณ 8 – 10 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) : 20 – 90% ความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี โดยเฉพาะเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน

ช่วงเวลาที่มีแสดงจากพระอาทิตย์ (Sunshine – duration) : ประมาณ 5 – 9 ชั่วโมง มีค่ามากช่วงเดือนพฤศจิกายน – เมษายน(7.5-9 ชั่วโมง) มีค่าน้อยลงช่วงเดือน เมษายน – ตุลาคม (4.5 – 7 ชั่วโมง)

ค่าการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) : เฉลี่ยประมาณ 100 โดยมีค่ามากในช่วงเดือน มีนาคม – สิงหาคม

ฝน (Rainfall) : ฝนตกทั้งปีประมาณ 1507 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกมากในช่วงเดือน พฤษภาคม-ตุลาคม (ประมาณ 6 เดือน)

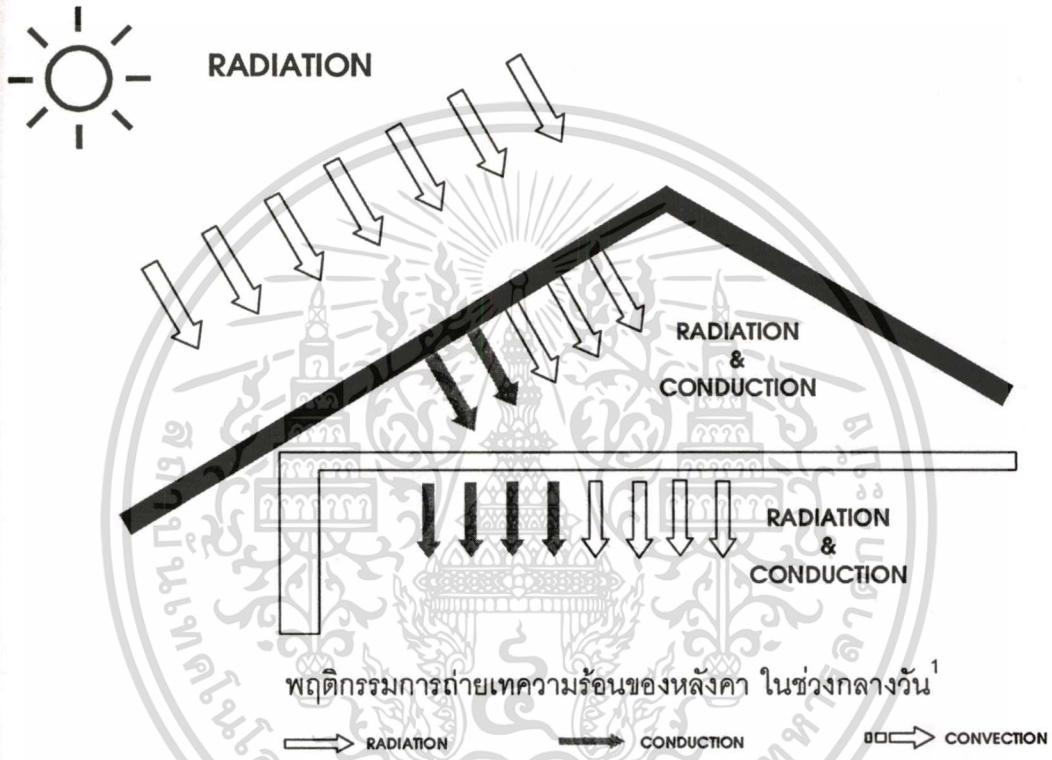
ลม (Wind) : ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.5 – 5.5 m/s ความเร็วลมช่วง 1.7 – 3.4 m/s มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
รายละเอียดการทดลองและการทดสอบสมมติฐาน

4.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั่วไป

จากการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั่วไปพบว่า



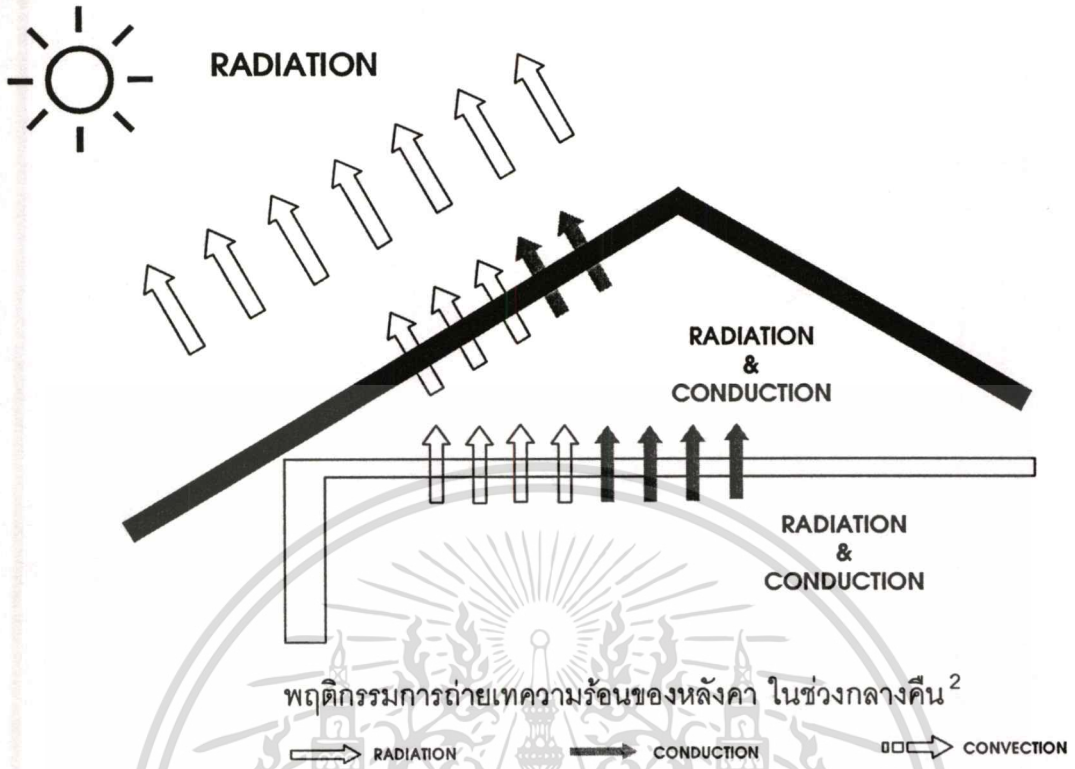
รูปที่ 4.1 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงกลางวัน

ในช่วงเวลากลางวันหลังคาจะเป็นส่วนที่ได้รับแสงแดดมากที่สุดเกือบตลอดทั้งวัน วัสดุมุงหลังคาจะดูดซับรังสีความร้อนที่มากับแสงอาทิตย์ จึงทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุมุงหลังคาสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอก ความร้อนที่สะสมในวัสดุมุงหลังคาจะถูกถ่ายเทไปยังช่องว่างอากาศใต้หลังคา เมื่อช่องอากาศใต้หลังคามีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะถ่ายเทความร้อนไปสู่ฝ้าเพดานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และเมื่อฝ้าเพดานมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ก็จะเกิดการแผ่รังสีความร้อนให้กับห้องส่งผลให้ภายในห้องมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย

---

[1] อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ การปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อน. วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงกลางคืน[2]

ในช่วงกลางคืนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าขึ้น (Night sky radiation) ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุมุงหลังคาภายนอกอาคารเย็นลงกว่าอุณหภูมิของอากาศเนื่องจากอิทธิพลของ Sol – air temperature ในส่วนของช่องว่างใต้หลังคาที่มีอุณหภูมิสูงกว่าก็จะสูญเสียความร้อนให้กับผิววัสดุมุงหลังคาภายนอกทำให้ช่องอากาศมีอุณหภูมิลดลง

เมื่อมีความร้อนสะสมในพื้นที่ใต้หลังคามากขึ้นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่ใต้หลังคาสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่ออากาศร้อนขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะน้อยลง อากาศที่ร้อนก็จะลอยตัวขึ้น เมื่อเป็นเช่นนี้หากมีพื้นที่ที่สามารถทำให้อากาศร้อนที่ลอยตัวอยู่ทางด้านบนระบายออกไปก็จะช่วยลดการสะสมความร้อนในพื้นที่ใต้หลังคา

4.2 การออกแบบและทดลอง

จากการเลือกวัสดุมุงที่มีการใช้งานกับบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปได้เลือกวัสดุมุงที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ 3 ชนิด คือ

1. กระเบื้องคอนกรีต (CPAC)
2. กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน (ลอนคู่) Asbestos-cement)

[2]เรื่องเดียวกับหน้า 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระเบื้องชิงเกิ้ล (Asphalt Shingles)

และได้เลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวนที่มีใช้ในอาคารประเภทบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปมา 3 แบบ คือ

1. ฉนวนเยื่อกระดาษ
2. ฉนวนใยแก้วแบบติดตั้งบนฝ้า (Stay Cool)
3. ฉนวนใยแก้วแบบติดตั้งใต้หลังคา (Roof Batt)

ดำเนินการสร้างแบบจำลองขนาด 1.60x1.60 เมตร แบ่งเป็น 3 ชุด และชุดละ 3 หลัง

ชุดที่ 1 ประกอบด้วย

หลังที่ 1 ปูกระเบื้องคอนกรีต (CPAC)

หลังที่ 2 ปูกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน (ลอนคู่)

หลังที่ 3 ปูกระเบื้องชิงเกิ้ล (Asphalt Shingles)

โดยชุดที่ 1 นี้ พ่นฉนวนเยื่อกระดาษทั้ง 3 หลัง

ชุดที่ 2 ประกอบด้วย

หลังที่ 4 ปูกระเบื้องคอนกรีต (CPAC)

หลังที่ 5 ปูกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน (ลอนคู่)

หลังที่ 6 ปูกระเบื้องชิงเกิ้ล (Asphalt Shingles)

โดยชุดที่ 2 นี้ ปูอลูมิเนียมฟอล์ยบนแป และติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Stay Cool) บนฝ้า

ชุดที่ 3 ประกอบด้วย

หลังที่ 7 ปูกระเบื้องคอนกรีต (CPAC)

หลังที่ 8 ปูกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน (ลอนคู่)

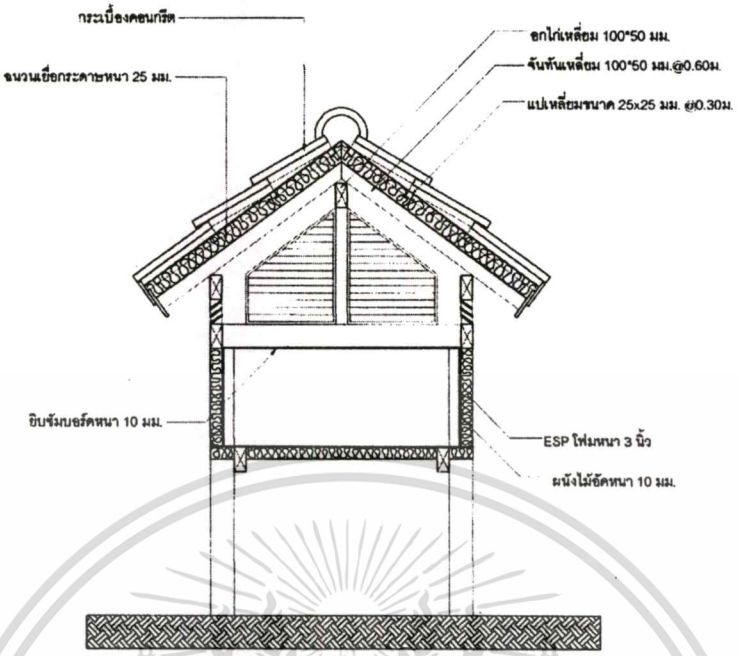
หลังที่ 9 ปูกระเบื้องชิงเกิ้ล (Asphalt Shingles)

โดยชุดที่ 3 นี้ ปูอลูมิเนียมฟอล์ยบนแป และติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Roof Batt) ใต้หลังคา

สถานที่ทดลอง

ดำเนินการสร้างบนอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยบนชั้นดาดฟ้าของอาคารดังกล่าวไม่มีเงาของอาคารข้างเคียงและต้นไม้มาส่งผลให้การทดลองคลาดเคลื่อน โดยวางสันหลังคาหันทางทิศระวันออก-ตะวันตก เพื่อให้ได้รับแสงแดดทั้งช่วงเช้าและบ่ายทั่วหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แบบจำลองที่ 1 หลังคาคอนกรีต ฉนวนเยื่อกระดาษ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 1

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องหลังคา (CPAC) 0.012 m	0.993	0.012
R_2	ฉนวนเยื่อกระดาษ 0.025 m	0.028	0.89
R_3	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.158
R_4	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35°

$R_{out} + R_1 \cos\theta + R_2 \cos\theta + R_3 + R_4 + R_i = \sum R$

$\sum R$ = 0.055+(0.819x0.012)+(0.819x0.89)+0.158+ 0.047+0.458

= 1.456

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 1.456 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.686 W / m^2.k

หมายเหตุ

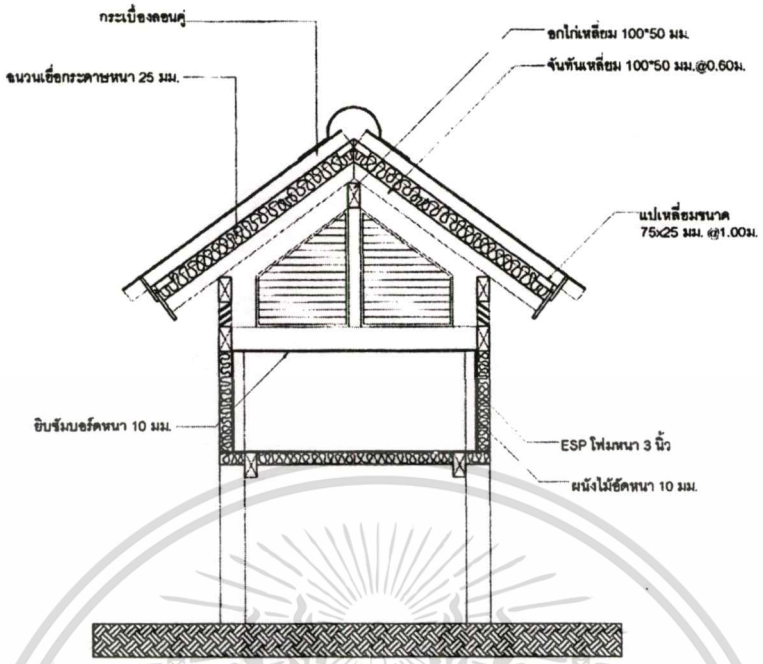
R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง (ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน)

R = 0.158

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงแบบจำลองที่ 2 หลังคาลอนคู่ ฉนวนเยื่อกระดาษ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 2

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องหลังคาลอนคู่ 0.005 m	0.441	0.011
R_2	ฉนวนเยื่อกระดาษ 0.025 m	0.028	0.89
R_3	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.158
R_4	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° COS 35° = 0.819

$\sum R = R_{out} + R_1 \cos\theta + R_2 \cos\theta + R_3 + R_4 + R_i$

$= 0.055+(0.819x0.011)+(0.819x0.89)+$

$0.158+0.047+0.458$

$= 1.455$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 1.455 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.687 W / m^2.k

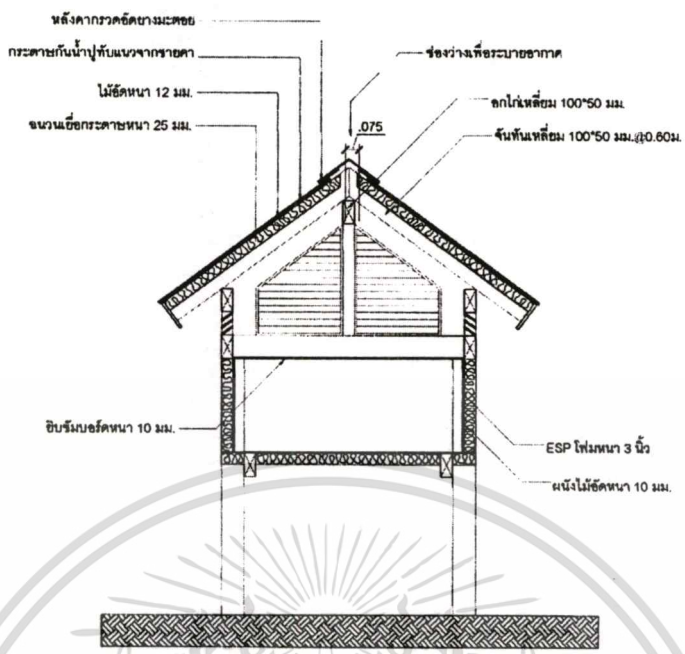
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง (ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน) R = 0.158

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงแบบจำลองที่ 3 หลังคากรวดอัดยางมะตอย ฉนวนเยื่อกระดาษ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 3

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องหลังคาซิงเกิล		0.704
R_2	ฉนวนเยื่อกระดาษ 0.025 m	0.028	0.89
R_3	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.158
R_4	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° COS 35° = 0.819

$\sum R = R_{out} + R_1 \cos\theta + R_2 \cos\theta + R_3 + R_4 + R_i$

$= 0.055+(0.819x0.704)+(0.819x0.89)+0.158+ 0.047+0.458$

$= 2.023$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 2.023 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.494 W / m^2.k

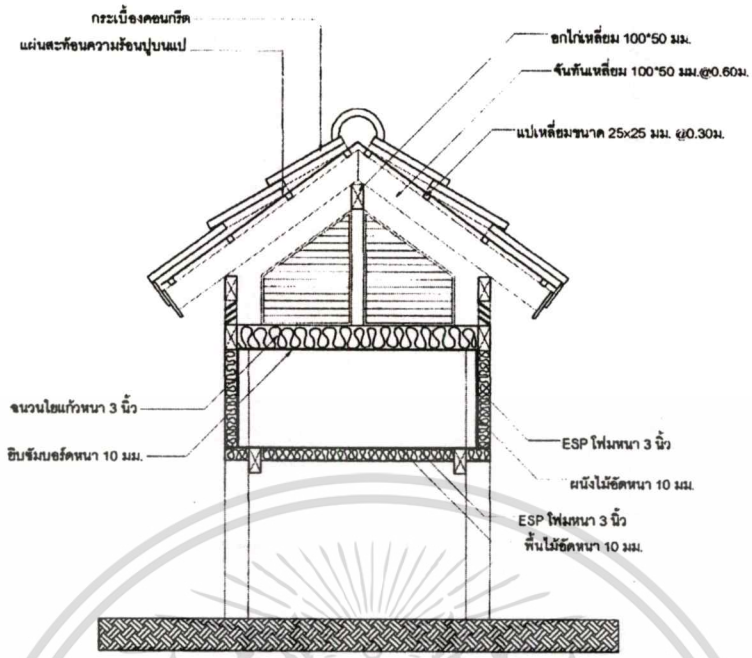
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง (ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน) R = 0.158

R_i **ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง** R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงแบบจำลองที่ 4 หลังคาคอนกรีต ฉนวนใยแก้วเหนือฝ้ายิบซั่มบอร์ด

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 4

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องหลังคาซีแพค CPAC 0.012 m	0.993	0.012
R_2	อลูมิเนียมฟอล์ย	-	-
R_3	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.768
R_4	ฉนวนใยแก้ว 0.075 m	0.040	1.881
R_5	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° COS 35° = 0.819

$\sum R = R_{out} + (R_1 \cos\theta) + R_3 + R_4 + R_5 + R_i$

$= 0.055+(0.012x0.819)+0.768+1.881+$

$0.047+0.458$

$= 3.218$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 3.218 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.310 W / m^2.k

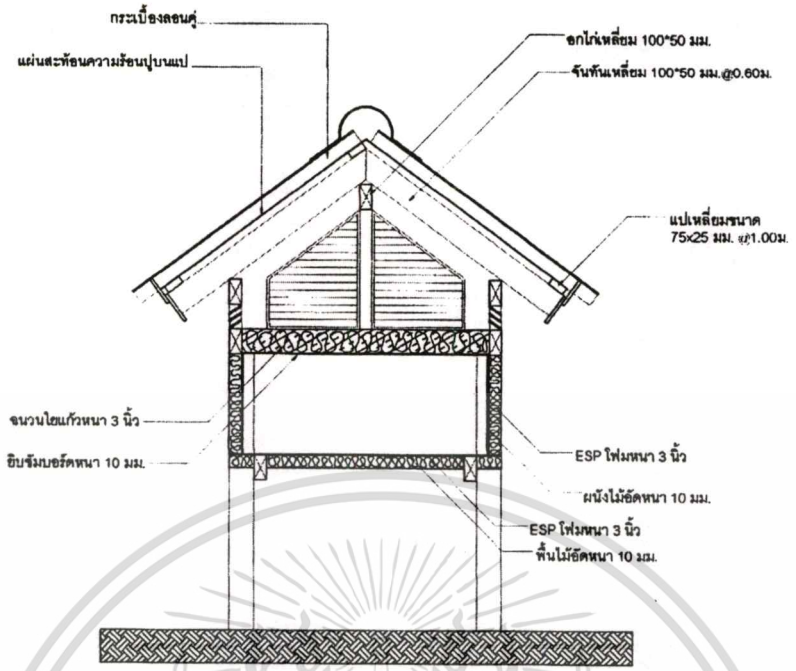
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ R = 0.768

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงแบบจำลองที่ 5 หลังคาลอนคู่ ฉนวนใยแก้วเหนือฝ้ายิบซั่มบอร์ด

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 5

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องลอนคู่ 0.005 m	0.441	0.011
R_2	อลูมิเนียมฟอล์ย	-	-
R_3	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.768
R_4	ฉนวนใยแก้ว 0.075 m	0.040	1.881
R_5	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° COS 35° = 0.819

$$\sum R = R_{out} + R_1 \cos\theta + R_3 + R_4 + R_5 + R_i$$

$$= 0.055+(0.011x0.819)+0.768+1.881+$$

$$0.047+0.458$$

$$= 3.218$$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 3.218 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.310 W / m^2.k

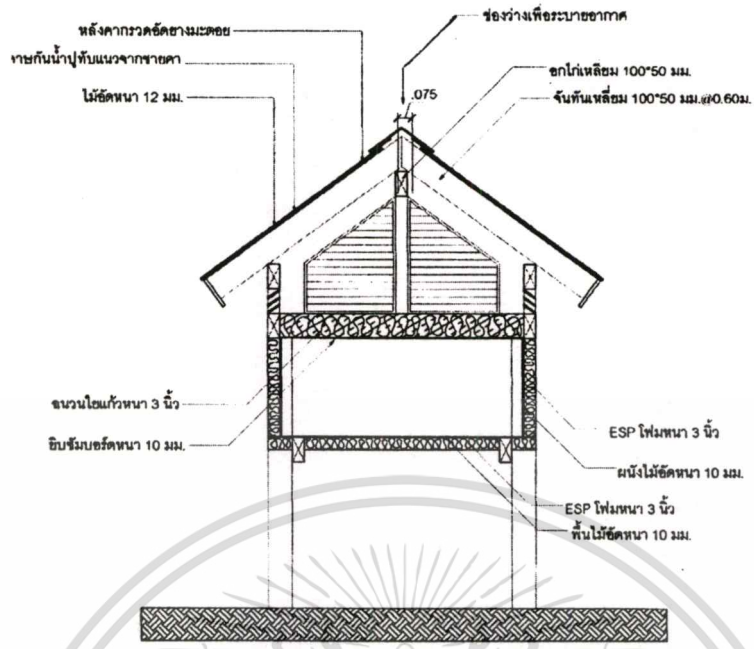
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ R = 0.768

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงแบบจำลองที่ 6 หลังคากรวดอัดยางมะตอย ฉนวนใยแก้วเหนือฝ้ายิบซั่มบอร์ด

ตางรางที่ 4.6 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 6

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องซิงเกิ้ล (Shigle Roof)		0.704
R_2	อลูมิเนียมฟอล์ย	-	-
R_3	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.768
R_4	ฉนวนใยแก้ว 0.075 m	0.040	1.881
R_5	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° $\cos 35^\circ$ = 0.819

$$\sum R = R_{out} + R_1 \cos\theta + R_3 + R_4 + R_5 + R_i$$

$$= 0.055+(0.704x0.819)+0.768+1.881+ 0.047+0.458$$

$$= 3.785$$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 3.785 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.264 W / m^2.k

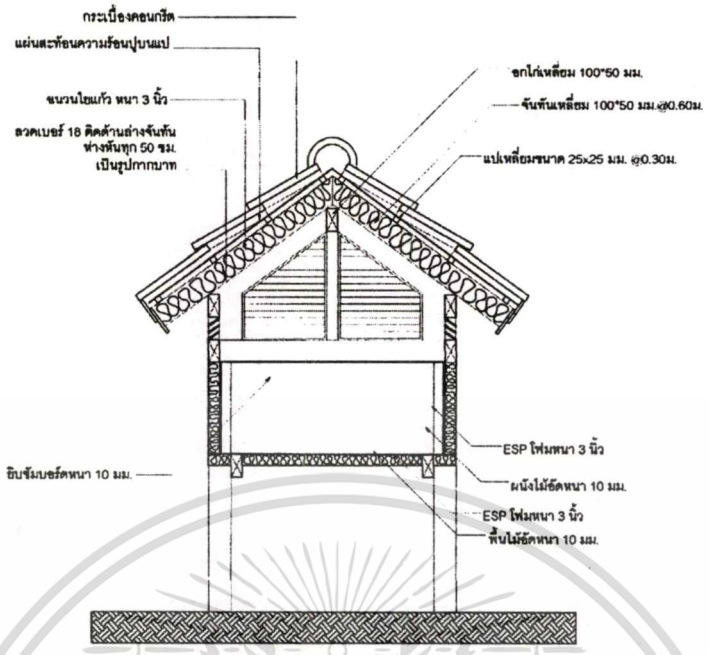
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ R = 0.768

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงแบบจำลองที่ 7 ฉนวนใยแก้วระหว่างจันทัน

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 7

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องซีแพค (CPAC) 0.012 m	0.993	0.012
R_2	อลูมิเนียมฟอล์ย	-	-
R_3	ฉนวนใยแก้ว 0.075 m	0.040	1.881
R_4	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.768
R_5	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° COS 35° = 0.819

$\sum R = R_{out} + (R_1 \cos\theta) + (R_3 \cos\theta) + R_4 + R_5 + R_i$

$= 0.055+(0.012x0.819)+(1.881x0.819)+$

$0.768+0.047+0.458$

$= 2.878$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 2.878 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.347 W / m^2.k

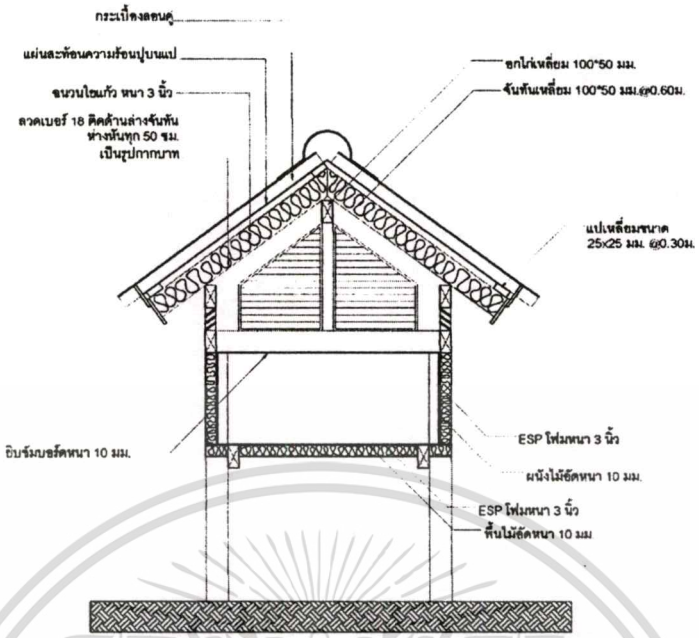
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ R = 0.768

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงแบบจำลองที่ 8 หลังคาลอนคู่ ฉนวนใยแก้วระหว่างจันทัน

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 8

		K W / m.k	R m^2.k / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องลอนคู่ 0.005 m	0.441	0.011
R_2	อลูมิเนียมฟอล์ย	-	-
R_3	ฉนวนใยแก้ว 0.075 m	0.040	1.881
R_4	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.768
R_5	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° COS 35° = 0.819

$\sum R = R_{out} + (R_1 COS\theta) + (R_3 COS\theta) + R_4 + R_5 + R_i$

$= 0.055+(0.011x0.819)+(1.881x0.819)+$

$0.768+0.047+0.458$

$= 2.877$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 2.877 m^2.k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.347 W / m^2.k

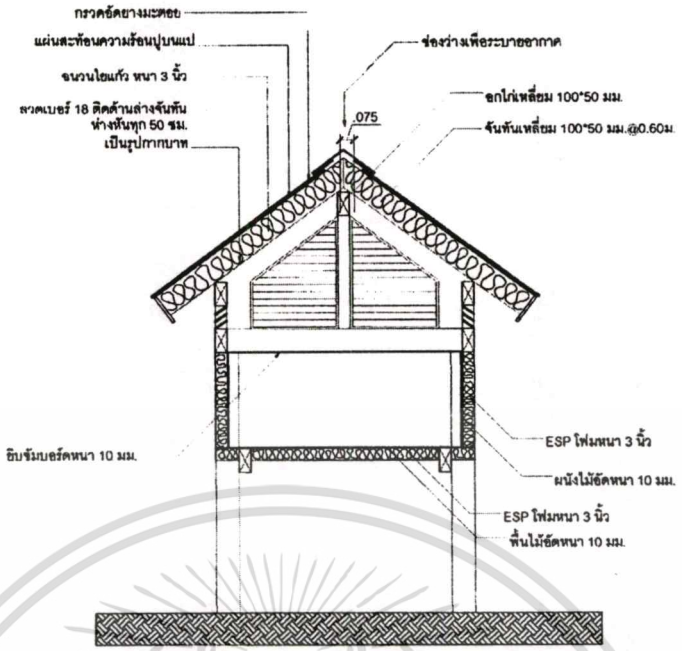
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ R = 0.768

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงแบบจำลองที่ 9 หลังคากรวดอัดยางมะตอย ฉนวนใยแก้วระหว่างจันทัน

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลังที่ 9

		K W / m.k	R $m^2.k$ / W
R_{out}	ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055
R_1	กระเบื้องซิงเกิล Shingle Roof		0.070
R_2	อลูมิเนียมฟอล์ย	-	-
R_3	ฉนวนใยแก้ว 0.075 m	0.040	1.881
R_4	ช่องว่างอากาศ (Air Gap)		0.768
R_5	ยิบซั่มบอร์ด 0.009 m	0.191	0.047
R_i	ฟิล์มอากาศด้านใน		0.458

หลังคาทำมุม 35° $\cos 35^\circ = 0.819$

$$\sum R = R_{out} + (R_1 \cos\theta) + (R_3 \cos\theta) + R_4 + R_5 + R_i$$

$$= 0.055+(0.07x0.819)+(1.881x0.819)+ 0.768+0.047+0.458$$

$$= 2.925$$

ค่าความต้านทานความร้อนโดยรวม (R) = 2.925 k / W

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) = 0.341 $W / m^2.k$

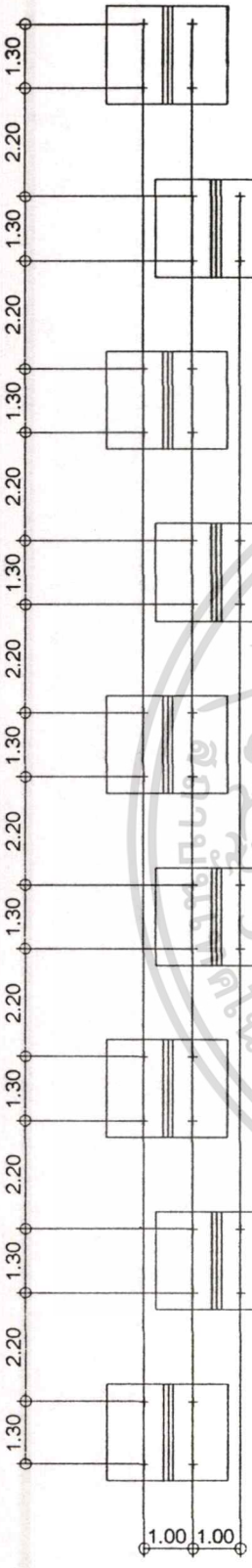
หมายเหตุ

R_{out} ฟิล์มอากาศด้านนอก ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่า R = 0.055

R_3 ช่องว่างอากาศ ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ R = 0.768

R_i ฟิล์มอากาศด้านใน ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R = 0.458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบจำลองที่ 9: หลังคากรวดอัดยางมะตอย ฉนวนไมโครไฟเบอร์ระหว่างจันทัน

แบบจำลองที่ 8: หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฉนวนไมโครไฟเบอร์ระหว่างจันทัน

แบบจำลองที่ 7: หลังคากระเบื้องคอนกรีต ฉนวนไมโครไฟเบอร์ระหว่างจันทัน

แบบจำลองที่ 6: หลังคากรวดอัดยางมะตอย ฉนวนไมโครไฟเบอร์บนฝ้ายิบซั่มบอร์ด

แบบจำลองที่ 5: หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฉนวนไมโครไฟเบอร์บนฝ้ายิบซั่มบอร์ด

แบบจำลองที่ 4: หลังคากระเบื้องคอนกรีต ฉนวนไมโครไฟเบอร์บนฝ้ายิบซั่มบอร์ด

แบบจำลองที่ 3: หลังคากระเบื้องกรวดอัดยางมะตอย ฉนวนเยื่อกระดาษ

แบบจำลองที่ 2: หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฉนวนเยื่อกระดาษ

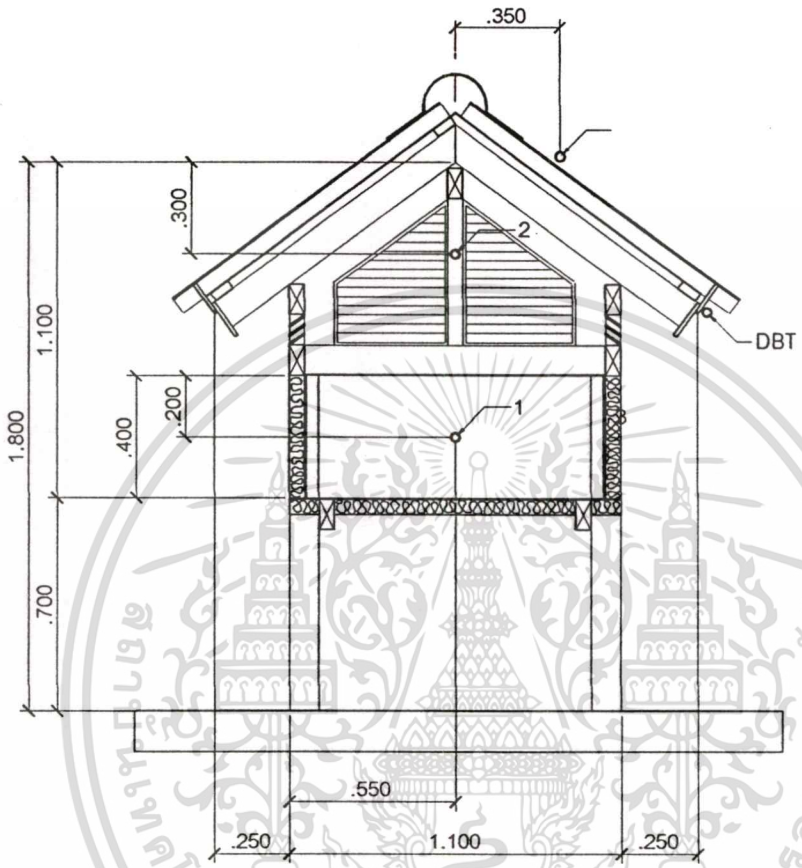
แบบจำลองที่ 1: หลังคากระเบื้องคอนกรีต ฉนวนเยื่อกระดาษ

ตำแหน่งเสา

รูปที่ 4.12 แสดงผังการวางเรียงแบบจำลองบนพื้นที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งการติดตั้ง ตัวรับสัญญาณ



รูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รายการอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล

1. **อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล Logger**

1.1. Opus200 จำนวน 5 เครื่อง จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งาน 10 ช่องสัญญาณ มีอุปกรณ์ประกอบ ประกอบด้วย

1.1.1. Can connector

1.1.2. Channel connector

1.1.3. Adaptor

1.1.4. PC. Interface

1.1.5. ละมุนภัณฑ์ SmartControl 1.0

1.2. Hobo จำนวน 1 เครื่อง จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งาน 3 ช่องสัญญาณ มีอุปกรณ์ประกอบ ประกอบด้วย

1.2.1. สาย TMC6-HA

1.2.2. PC. Interface

1.2.3. ละมุนภัณฑ์ BoxCar Pro 3.01

2. **อุปกรณ์สำหรับรับสัญญาณข้อมูล Sensor**

2.1. สายสัญญาณ Thermocouple สำหรับวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DBT) จำนวน9 เส้น ใช้ประกอบกับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200

2.2. Globe ball สำหรับวัดอุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) จำนวน 1 ลูก ใช้ประกอบกับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Hobo สายส่งสัญญาณ TMC6-HA และขาตั้ง

2.3. Pyranometer สำหรับวัดปริมาณการแผ่รังสี จำนวน 1 ตัว ใช้ประกอบกับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200

4.4 วิธีการทดลอง

4.4.1 แบบจำลองที่ทำการทดสอบ จำนวน 9 แบบ

4.4.2 แต่ละแบบจำลองต้องการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 3 จุด ได้แก่ อุณหภูมิผิวหลังคา อุณหภูมิช่องว่างอากาศใต้หลังคา และอุณหภูมิภายในแบบจำลอง รวมจำนวนข้อมูลที่ต้องการเก็บเพื่อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทั้งหมด 27 ข้อมูล

4.4.3 แบ่งกลุ่มการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 3 แบบจำลอง เนื่องจากข้อจำกัดด้านจำนวนอุปกรณ์เก็บข้อมูล ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 1 (ฉนวนเยื่อกระดาษพ่นติดใต้วัสดุมุง)

1. หลังที่ 1 หลังคา คอนกรีต
2. หลังที่ 2 หลังคา กระเบื้องลอนคู่
3. หลังที่ 3 หลังคา กรวดอัดยางมะตอย

กลุ่มที่ 2 (บุแผ่นสะท้อนความร้อนใต้วัสดุมุง ฝ้ายิบซัมแนวระดับ และฉนวนไมโครไฟเบอร์เหนือฝ้าเพดาน)

1. หลังที่ 1 หลังคา คอนกรีต
2. หลังที่ 2 หลังคา กระเบื้องลอนคู่
3. หลังที่ 3 หลังคา กรวดอัดยางมะตอย

ภลุ่มที่ 3 (ฉนวนไมโครไฟเบอร์ หุ้มด้วยแผ่นสะท้อนความร้อนระหว่างจันทันใต้วัสดุมุง)

1. หลังที่ 1 หลังคา คอนกรีต
2. หลังที่ 2 หลังคา กระเบื้องลอนคู่
3. หลังที่ 3 หลังคา กรวดอัดยางมะตอย

4.4.4 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการเก็บข้อมูล 3-5 วัน โดยเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ทำการทดลองในระหว่างการเก็บข้อมูลหลักจากแบบจำลองไปด้วย เพื่อเป็นตัวแปรปรับแก้สำหรับหาค่าเปรียบเทียบ เนื่องจากความแปรผันของสภาพอากาศระหว่างการเก็บข้อมูลแต่ละกลุ่ม

4.4.5 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ทำการทดลอง ที่ต้องเก็บเพื่อเป็นตัวแปรปรับแก้สำหรับหาค่าเปรียบเทียบ เนื่องจากความแปรผันสภาพอากาศระหว่างการเก็บข้อมูลแต่ละกลุ่ม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (DBT) อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และปริมาณการแผ่รังสีที่ระนาบแนวนอน (Ir_{hor})

4.4.6 แต่ละกลุ่มต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 13 ข้อมูล รวมทั้งหมด 39 ข้อมูลได้แก่

กลุ่มที่ 1 (a)

1. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 1 (Ts1)
2. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 1 (Tg1)
3. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 1 (Ti1)
4. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 2 (Ts2)
5. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 2 (Tg2)
6. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 2 (Ti2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 3 (Ts3)
8. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 3 (Tg3)
9. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 3 (Ti3)
10. อุณหภูมิอากาศ (DBT)a
11. อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT)a
12. ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)a
13. ปริมาณการแผ่รังสีที่ระนาบแนวนอน (Ir_{hor})a

กลุ่มที่ 2 (b)

1. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 4 (Ts4)
2. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 4 (Tg4)
3. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 4 (Ti4)
4. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 5 (Ts5)
5. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 5 (Tg5)
6. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 5 (Ti5)
7. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 6 (Ts6)
8. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 6 (Tg6)
9. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 6 (Ti6)
10. อุณหภูมิอากาศ (DBT)b
11. อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT)b
12. ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)b
13. ปริมาณการแผ่รังสีที่ระนาบแนวนอน (Ir_{hor})b

กลุ่มที่ 3 (c)

1. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 7 (Ts7)
2. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 7 (Tg7)
3. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 7 (Ti7)
4. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 8 (Ts8)
5. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 8 (Tg8)
6. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 8 (Ti8)
7. อุณหภูมิผิวหลังคา แบบจำลองที่ 9 (Ts9)
8. อุณหภูมิช่องอากาศใต้หลังคา แบบจำลองที่ 9 (Tg9)
9. อุณหภูมิภายในแบบจำลอง แบบจำลองที่ 9 (Ti9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. อุณหภูมิอากาศ (DBT)c

11. อุณหภูมิรวมการแผ่รังสี (GT)c

12. ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)c

13. ปริมาณการแผ่รังสีที่ระนาบแนวนอน (Ir_{hor})c

4.5 การตั้งค่าอุปกรณ์การเก็บข้อมูล (Logger)

4.5.1 สำหรับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200

1. ประกอบอุปกรณ์เก็บข้อมูล Opus200 ทั้ง 5 เครื่องเข้าด้วยกันด้วย can connector แล้วสั่งงานด้วยละมุนภัณฑ์ SmartControl 1.0 ผ่าน PC. Interface ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านช่องสัญญาณ com1 ให้บันทึกข้อมูลต่อเนื่องทุก 5 นาที

2. รายละเอียดการตั้งค่าช่องสัญญาณเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.10 แสดงลำดับสายสัญญาณสำหรับการเก็บข้อมูลกลุ่มที่ 1(a)

No.	Id.	Ch.	Tag.	Sensor type	Units
1.	241	1	(Ts1)	Thermocouple K	^{o}C
2.	241	2	(Tg1)	Thermocouple K	^{o}C
3.	366	1	(Ti1)	Thermocouple K	^{o}C
4.	366	2	(Ts2)	Thermocouple K	^{o}C
5.	367	1	(Tg2)	Thermocouple K	^{o}C
6.	367	2	(Ti2)	Thermocouple K	^{o}C
7.	371	1	(Ts3)	Thermocouple K	^{o}C
8.	371	2	(Tg3)	Thermocouple K	^{o}C
9.	373	1	(Ti3)	Thermocouple K	^{o}C
10.	373	2	(IR_{hor})a	Pyranometer	W/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงลำดับสายสัญญาณสำหรับการเก็บข้อมูลกลุ่มที่ 2(b)

No.	Id.	Ch.	Tag.	Sensor type	Units
1.	241	1	(Ts4)	Thermocouple K	^{o}C
2.	241	2	(Tg4)	Thermocouple K	^{o}C
3.	366	1	(Ti4)	Thermocouple K	^{o}C
4.	366	2	(Ts5)	Thermocouple K	^{o}C
5.	367	1	(Tg5)	Thermocouple K	^{o}C
6.	367	2	(Ti5)	Thermocouple K	^{o}C
7.	371	1	(Ts6)	Thermocouple K	^{o}C
8.	371	2	(Tg6)	Thermocouple K	^{o}C
9.	373	1	(Ti6)	Thermocouple K	^{o}C
10.	373	2	$(IR_{ho})b$	Pyranometer	W/m^2

ตารางที่ 4.12 แสดงลำดับสายสัญญาณสำหรับการเก็บข้อมูลกลุ่มที่ 3(c)

No.	Id.	Ch.	Tag.	Sensor type	Units
1.	241	1	(Ts7)	Thermocouple K	^{o}C
2.	241	2	(Tg7)	Thermocouple K	^{o}C
3.	366	1	(Ti7)	Thermocouple K	^{o}C
4.	366	2	(Ts8)	Thermocouple K	^{o}C
5.	367	1	(Tg8)	Thermocouple K	^{o}C
6.	367	2	(Ti8)	Thermocouple K	^{o}C
7.	371	1	(Ts9)	Thermocouple K	^{o}C
8.	371	2	(Tg9)	Thermocouple K	^{o}C
9.	373	1	(Ti9)	Thermocouple K	^{o}C
10.	373	2	$(IR_{hor})c$	Pyranometer	W/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 **สำหรับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล** Hobo

1. สั่งงานอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Hobo ด้วยละมุนภัณฑ์ BoxCar Pro 3.01 ผ่าน PC. Interface ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านช่องสัญญาณ com1 ให้บันทึกข้อมูลต่อเนื่องทุก 5 นาที

2. รายละเอียดการตั้งค่าช่องสัญญาณเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.13 แสดงรายละเอียดการติดตั้งค่าช่องสัญญาณ

No.	Id.	Ch.	Tag.	Sensor type	Units
1.	388148	1	(DBT) x	Internal	°C
2.	388148	2	(RH) x	Internal	%
3.	388148	4	(GT) x	TMC6-HA	°C

หมายเหตุ x คือชุดการเก็บข้อมูล (a, b, c)

4.6 การติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลและสายสัญญาณ

4.6.1 **สำหรับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล** Opus200

1. วางอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200 ซึ่งสั่งงานด้วยละมุนภัณฑ์ SmartControl 1.0 และประกอบเข้าด้วยกันด้วย can connector เรียบร้อยแล้ว ไว้ที่แบบจำลองตัวที่อยู่ตรงกลางของกลุ่มแบบจำลองแต่ละแบบ

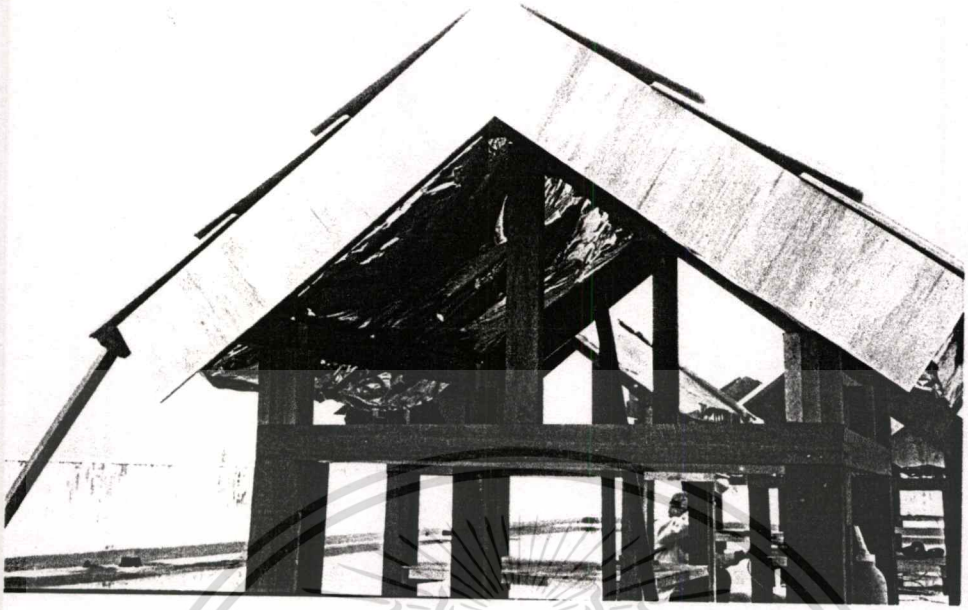
2. ติดตั้งปลายสายสัญญาณ Thermocouple K ที่ตำแหน่งติดตั้งทั้ง 9 ตำแหน่งบนแบบจำลองแต่ละแบบ แล้วเดินสายสัญญาณ Thermocouple K จากตำแหน่งติดตั้ง 9 แต่ละแบบมาสู่อุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200 ที่วางอยู่ที่แบบจำลองตัวกลาง แล้วต่อปลายอีกด้านเข้ากับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200 ด้วย channel connector เข้ากับช่องสัญญาณที่ตั้งค่าเอาไว้

3. ติดตั้ง Pyranometer บนหลังคาให้ได้ระนาบแนวนอน แล้วเดินสายสัญญาณมาต่อเข้ากับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Opus200 ด้วย channel connector

4.6.2 **อุปกรณ์บันทึกข้อมูล** Hobo

ติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Hobo ซึ่งสั่งงานด้วยละมุนภัณฑ์ BoxCar Pro 3.01 และประกอบเข้ากับ globe ball ด้วยสายสัญญาณ TMC6-HA เข้าบริเวณชายคาแบบจำลองตัวที่อยู่ตรงกลางแต่ละกลุ่มโดยวาง globe ball บนขาตั้งให้สามารถได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมได้โดยรอบ

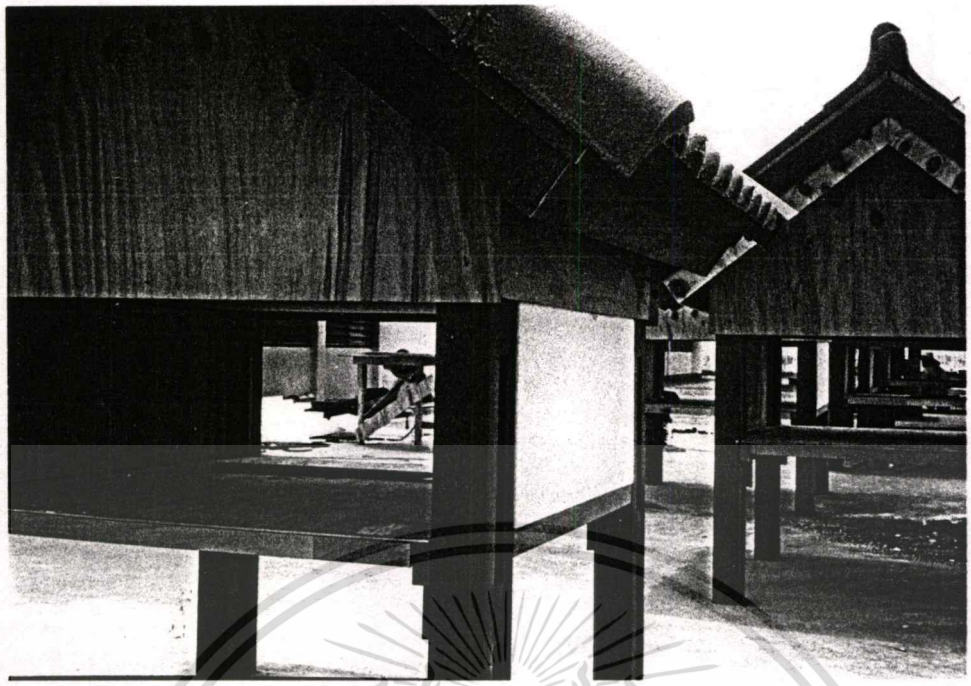
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 แสดงการติดตั้งกระเบื้องคอนกรีต (CPAC) กับฉนวนใยแก้ว (Roof batt) ระหว่างจันทัน

ภาพที่ 4.15 แสดงการติดตั้งกระเบื้องคอนกรีต (CPAC) กับฉนวนใยแก้ว (Stay Cool) วางบนฝ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

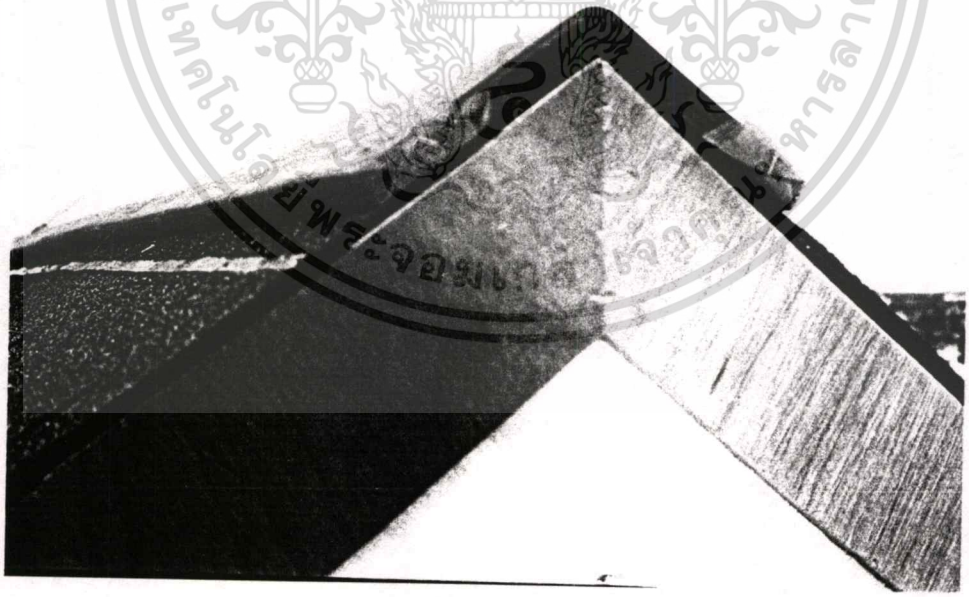


ภาพที่ 4.16 แสดงการบุโฟร์มด้านข้างและด้านใต้ป้องกันความร้อนจากพื้นเข้าสู่ห้องจำลอง

ภาพที่ 4.17 แสดงการติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Stay Cool) บนฝ้า

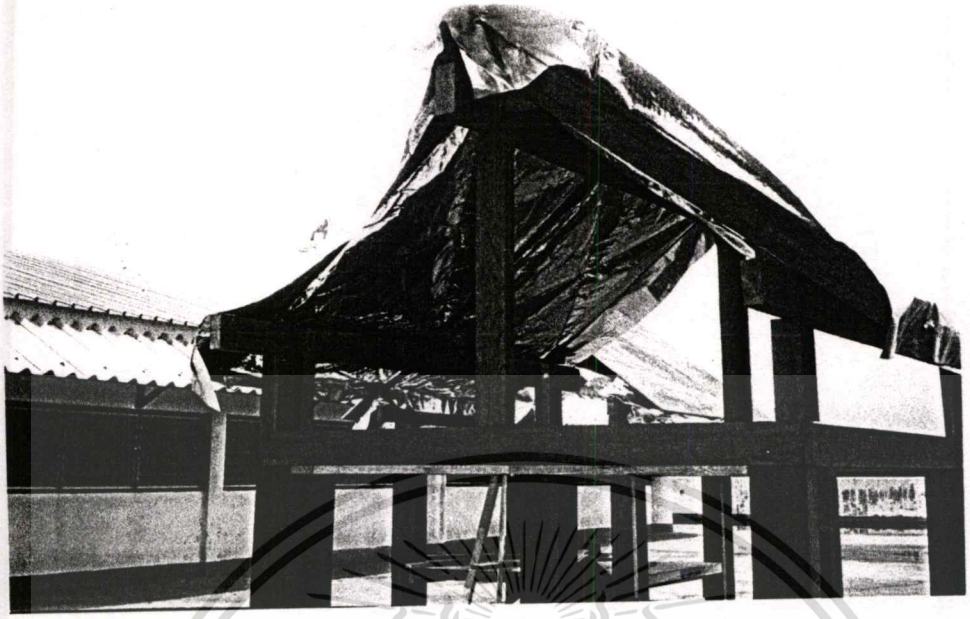
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.18 แสดงหุ่นจำลองมุงหลังคาด้วยกระเบื้องซิงเกิ้ล



ภาพที่ 4.19 แสดงช่องระบายอากาศบนสันหลังคาของกระเบื้องซิงเกิ้ล

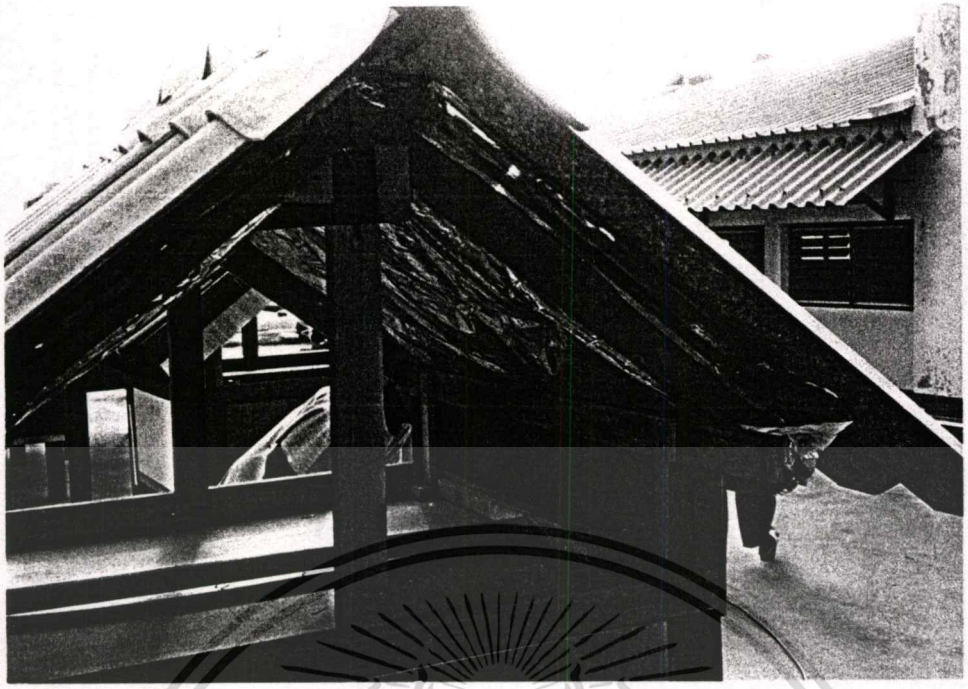
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



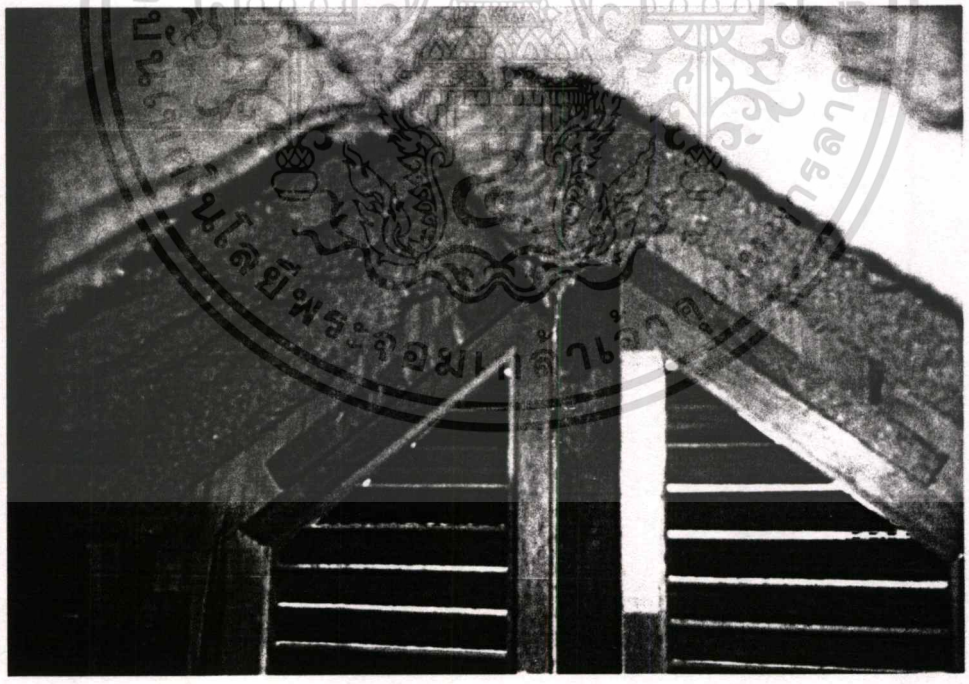
ภาพที่ 4.20 แสดงการติดตั้งอลูมิเนียมฟล์อย กับทุกหลังที่ใช้ฉนวนใยแก้ว

ภาพที่ 4.21 แสดงการติดตั้งอลูมิเนียมฟล์อย และวางฉนวนใยแก้วบนฝ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



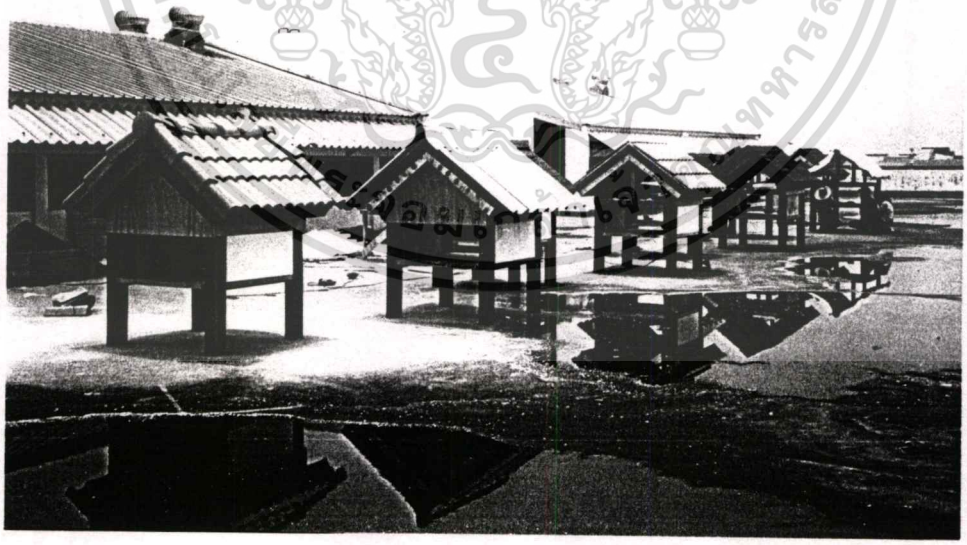
ภาพที่ 4.22 แสดงภาพรวมหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบงานวิจัย



ภาพที่ 4.23 แสดงภาพขณะก่อสร้างหุ่นจำลองบนดาดฟ้าอาคารคณะสถาปัตยฯ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.24 แสดงภาพการติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Roof batt) ระหว่างจันทัน



ภาพที่ 4.25 แสดงการพ่นฉนวนเยื่อกระดาษบริเวณใต้หลังคา

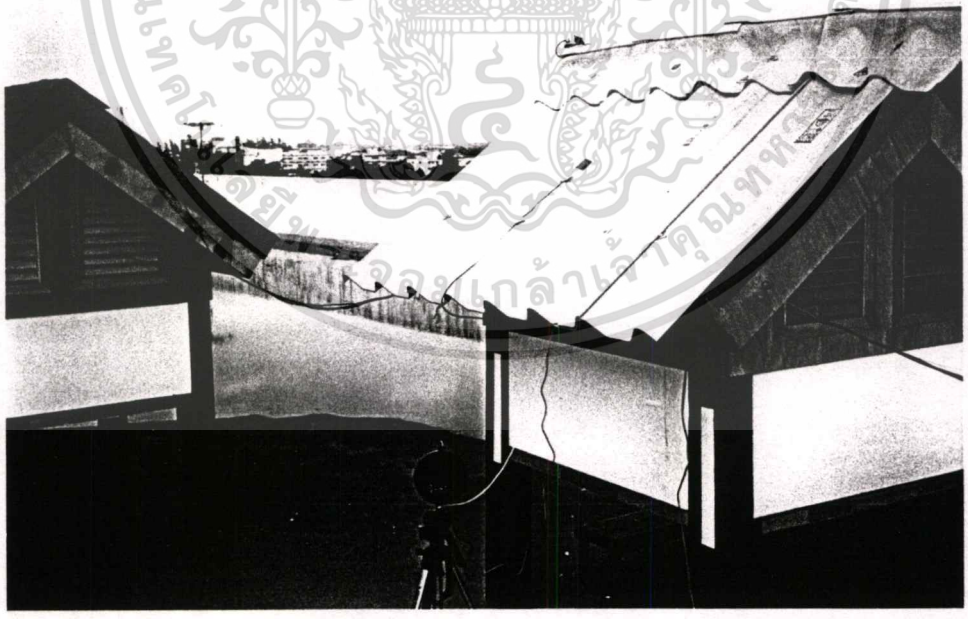
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.26 แสดงการติดตั้งกระเบื้องลอนคู่กับฉนวนใยแก้ว (Stay Cool) วางบนฝ้า

ภาพที่ 4.27 แสดงแผงเกล็ดระบายอากาศภายใต้หลังคาที่พ่นด้วยฉนวนเยื่อกระดาษ

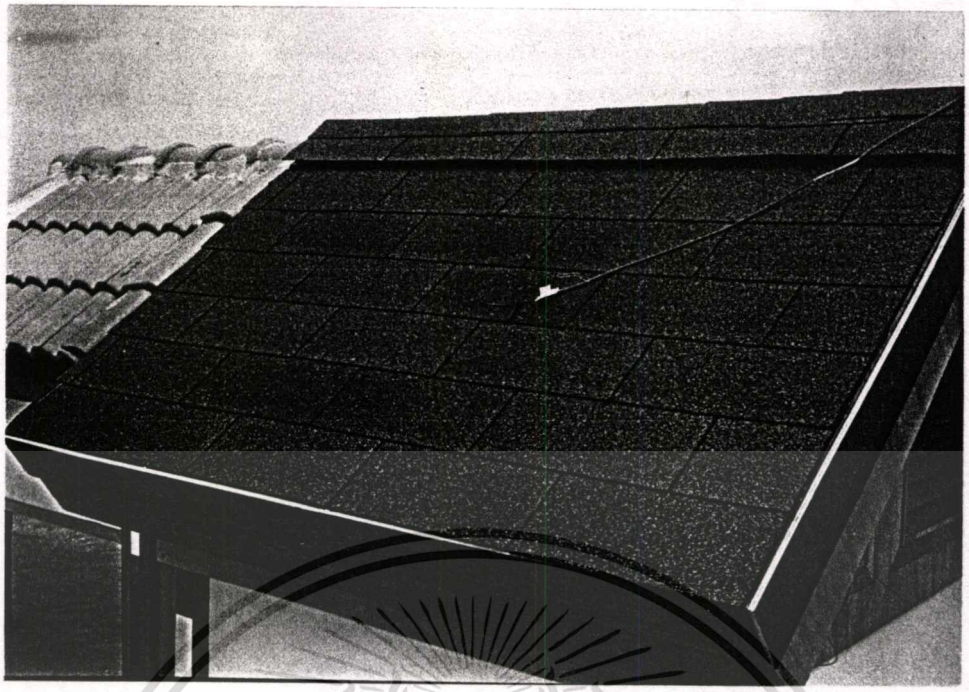
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.28 แสดงการวัดอุณหภูมิหลังคา โดยสายสัญญาณ Thermocouple

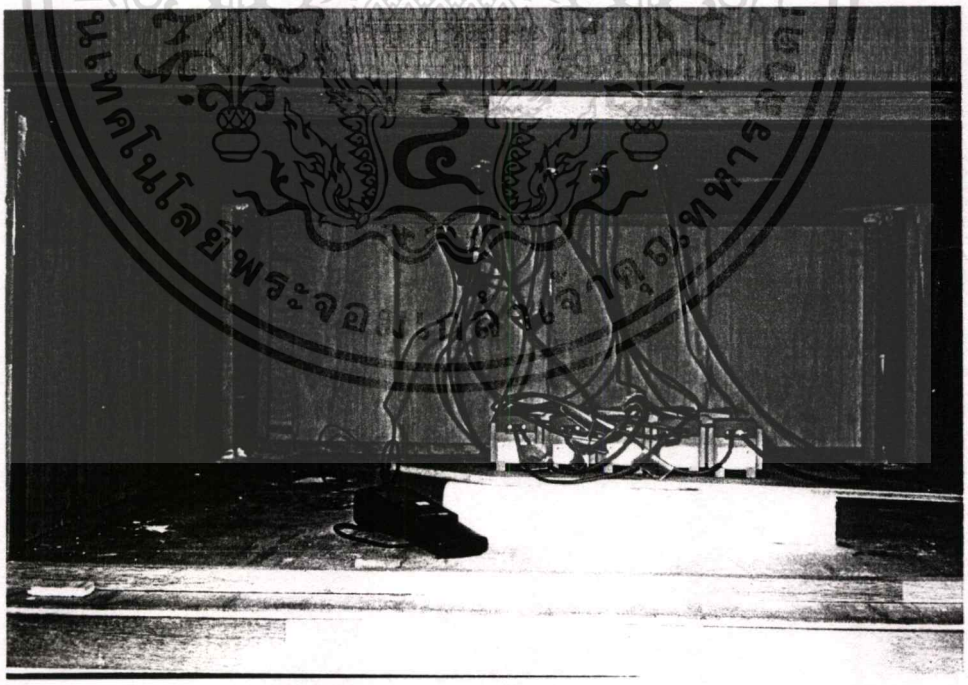


ภาพที่ 4.29 แสดงภาพรวมการติดตั้งสายสัญญาณ ขณะทำการบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

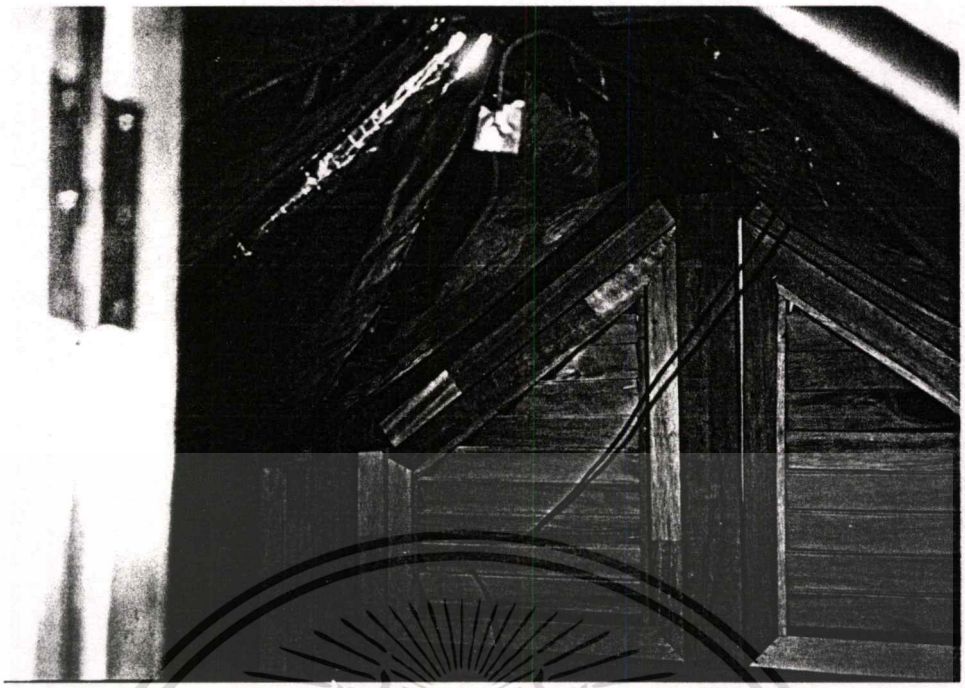


ภาพที่ 4.30 แสดงการวัดอุณหภูมิผิวหลังคากระเบื้องซิงเกิ้ลโดยสายสัญญาณ Thermocouple

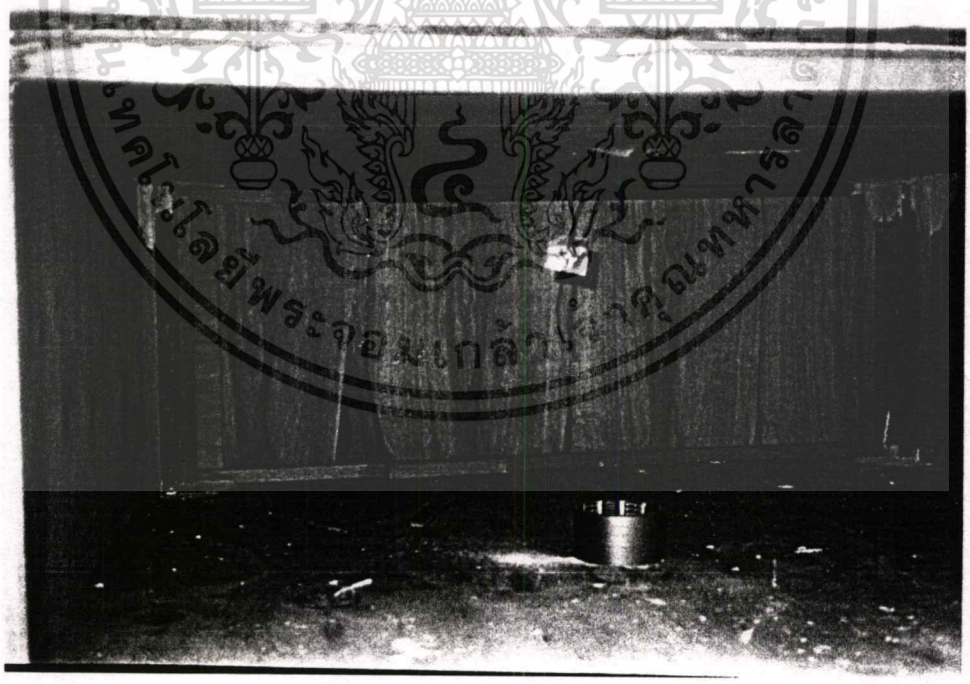


ภาพที่ 4.31 แสดงอุปกรณ์เก็บข้อมูล Data logger รุ่น Opus 200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



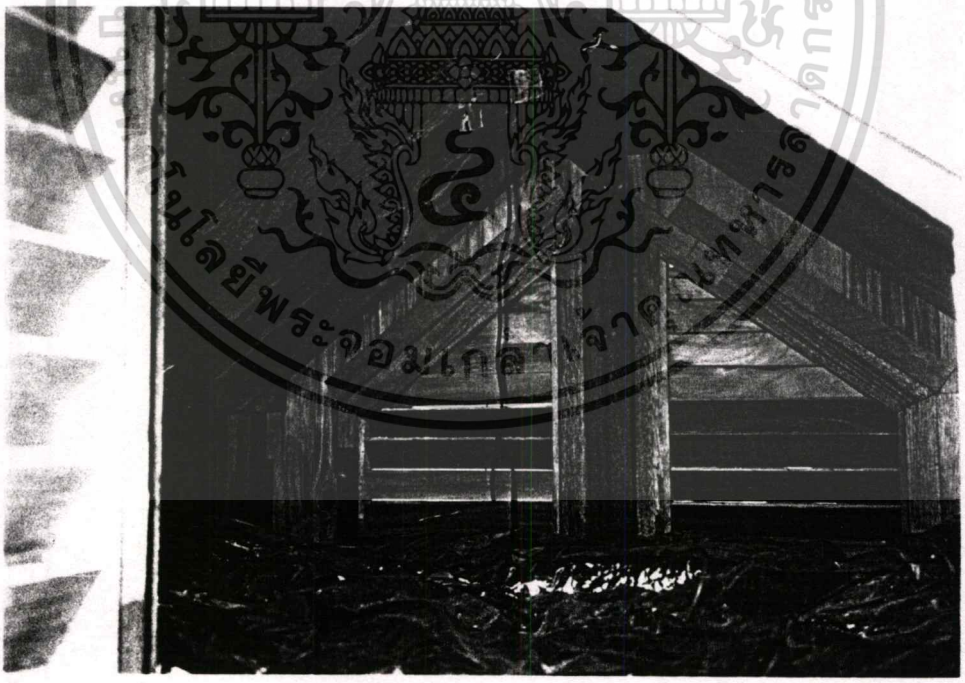
ภาพที่ 4.32 แสดงการวัดอุณหภูมิภายในช่องใต้หลังคาของฉนวนใยแก้วติดตั้งระหว่างจันทัน



ภาพที่ 4.33 แสดงการวัดอุณหภูมิภายในห้องจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

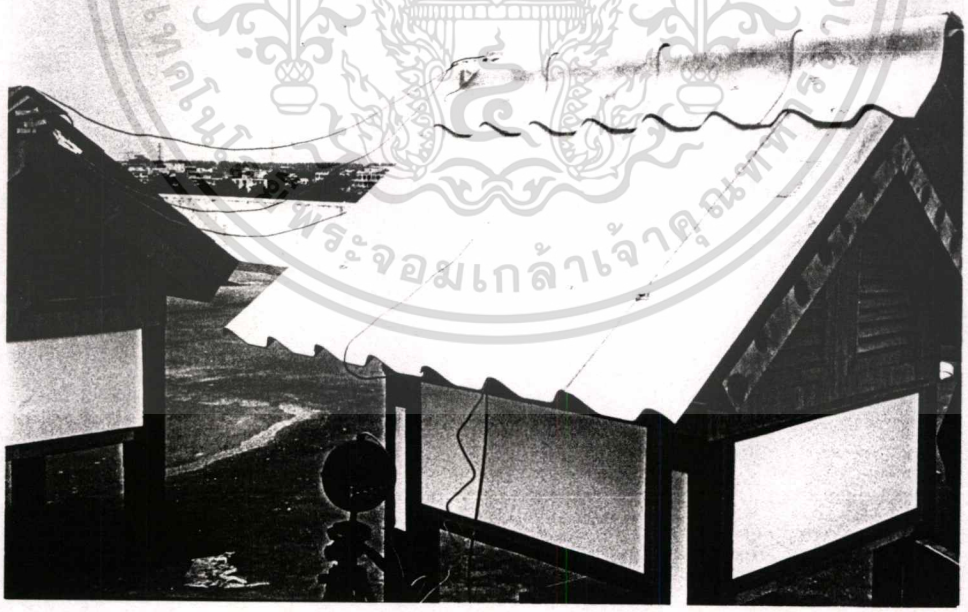
ภาพที่ 4.34 แสดงภาพการวัดอุณหภูมิในช่วงใต้หลังคาของฉนวนเยื่อกระดาษ



ภาพที่ 4.35 แสดงภาพการวัดอุณหภูมิภายในช่องใต้หลังคาของฉนวนใยแก้วบนฝ้า

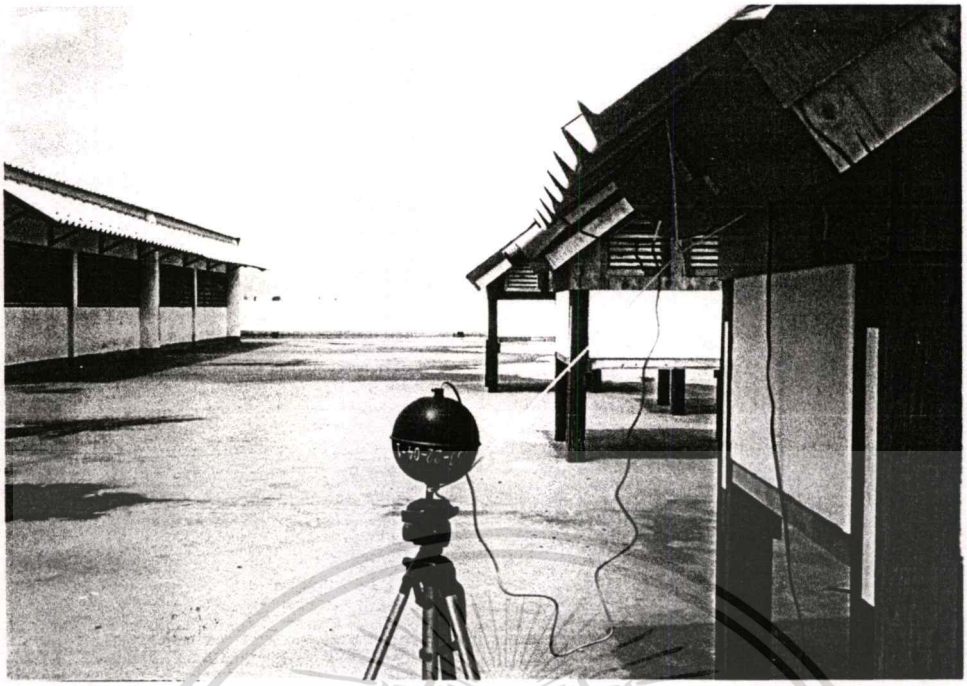
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.36 แสดงการทดสอบการวัดอุณหภูมิเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก Data logger



ภาพที่ 4.37 แสดงภาพขณะวัดอุณหภูมิและเก็บข้อมูล ห้องจำลองบุโฟร์มทั้งด้านข้าง และด้านใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.38 แสดงอุปกรณ์วัดการแผ่รังสีความร้อน (GT) โดย Globe Ball

ภาพที่ 4.39 แสดง Pyranometer สำหรับวัดปริมาณการแผ่รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองการออกแบบหลังคา

5.1 ผลการวัดค่าของอุณหภูมิของแบบจำลอง

5.1.1 แบบจำลองที่ 1

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง กระเบื้องคอนกรีต (CPAC)
- วัสดุสะท้อนความร้อน ไม่ใส่
- ฉนวน พ่นฉนวนเยื่อกระดาษ หนา 25 มม.
- ช่องใต้หลังคา แผงเกล็ดระบายอากาศ
- ฝ้า ยิบซั่มบอร์ด หนา 10 มม.
- ห้องภายในแบบจำลอง บุโฟร์มทั้งด้านข้างและด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิในหุ่นจำลอง

วันที่ 12 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.42°C ณ เวลา 06.40 น. และค่อยเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 49.60°C ณ เวลา 13.25 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 24.08°C ณ เวลา 08.55 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.92°C ณ เวลา 17.55 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 25.69°C ณ เวลา 8.25 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.37°C ณ เวลา 16.55 น.

วันที่ 13 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 25.03°C ณ เวลา 06.25 น. และค่อยเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 45.56°C ณ เวลา 12.45 น.

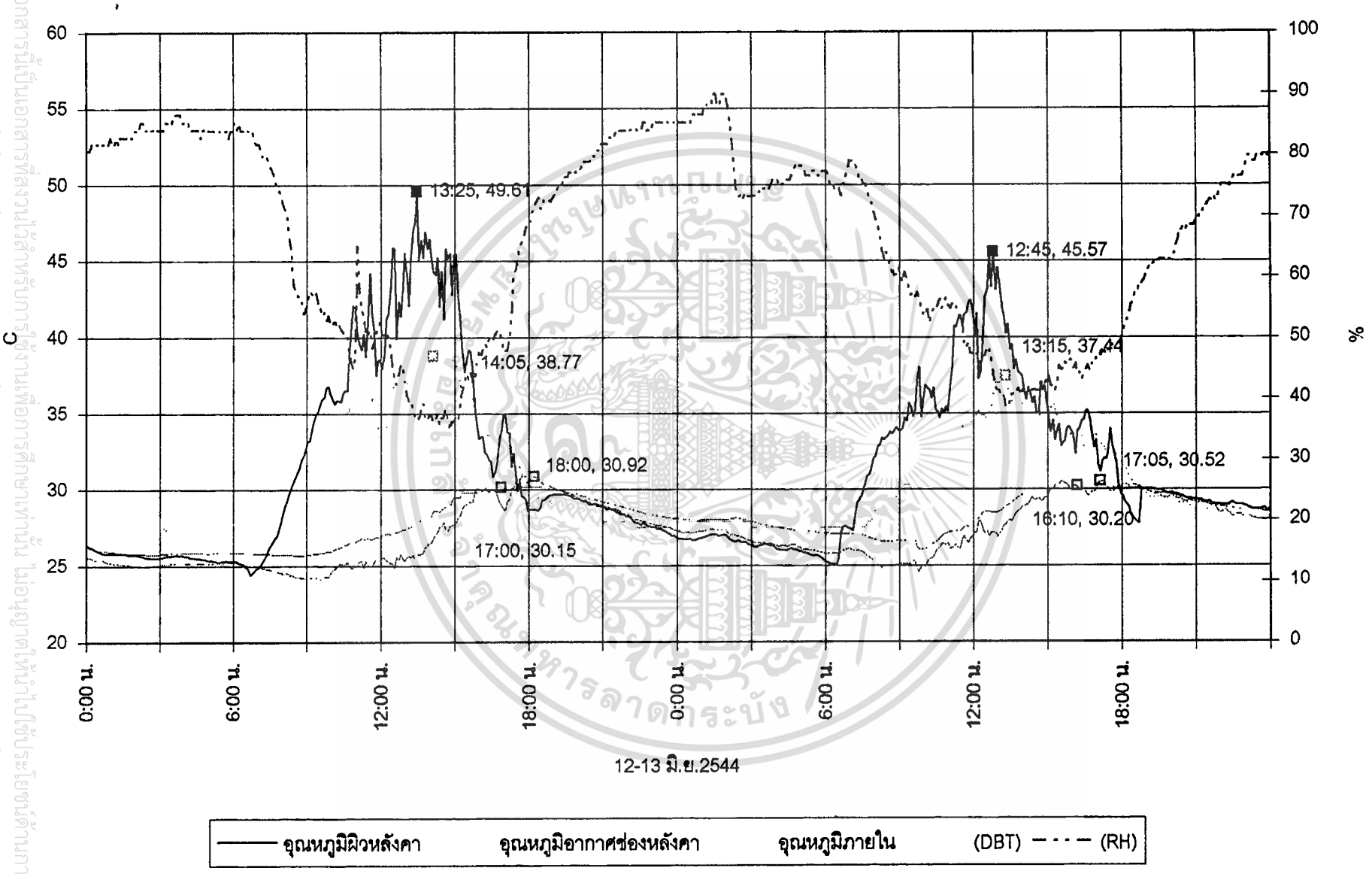
และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 24.58°C ณ เวลา 09.45 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.52°C ณ เวลา 15.30 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.04°C ณ เวลา 09.50 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.20°C ณ เวลา 15.50 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 1

หลังคาคอนกรีต ฉนวนเยื่อกระดาษใต้วัสดุมุง



รูปที่ 5.1 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 1

5.1.2 **แบบจำลองที่ 2**

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง กระเบื้องลอนคู่
- วัสดุสะท้อนความร้อน ไม่ใส่
- ฉนวน พ่นฉนวนเยื่อกระดาษ หนา 25 มม.
- ช่องใต้หลังคา เปิดให้มีการระบายอากาศ
- ฝ้า ยิบซั่มบอร์ด หนา 10 มม.
- ห้องภายในแบบจำลอง ปูโฟร์มทั้งด้านข้างและด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิในหุ่นจำลอง

วันที่ 12 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 25.46°C ณ เวลา 05.15 น. และค่อยเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 47.04°C ณ เวลา 13.25 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 23.23°C ณ เวลา 09.05 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.22°C ณ เวลา 17.55 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 24.57°C ณ เวลา 01.50 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.91°C ณ เวลา 16.00 น.

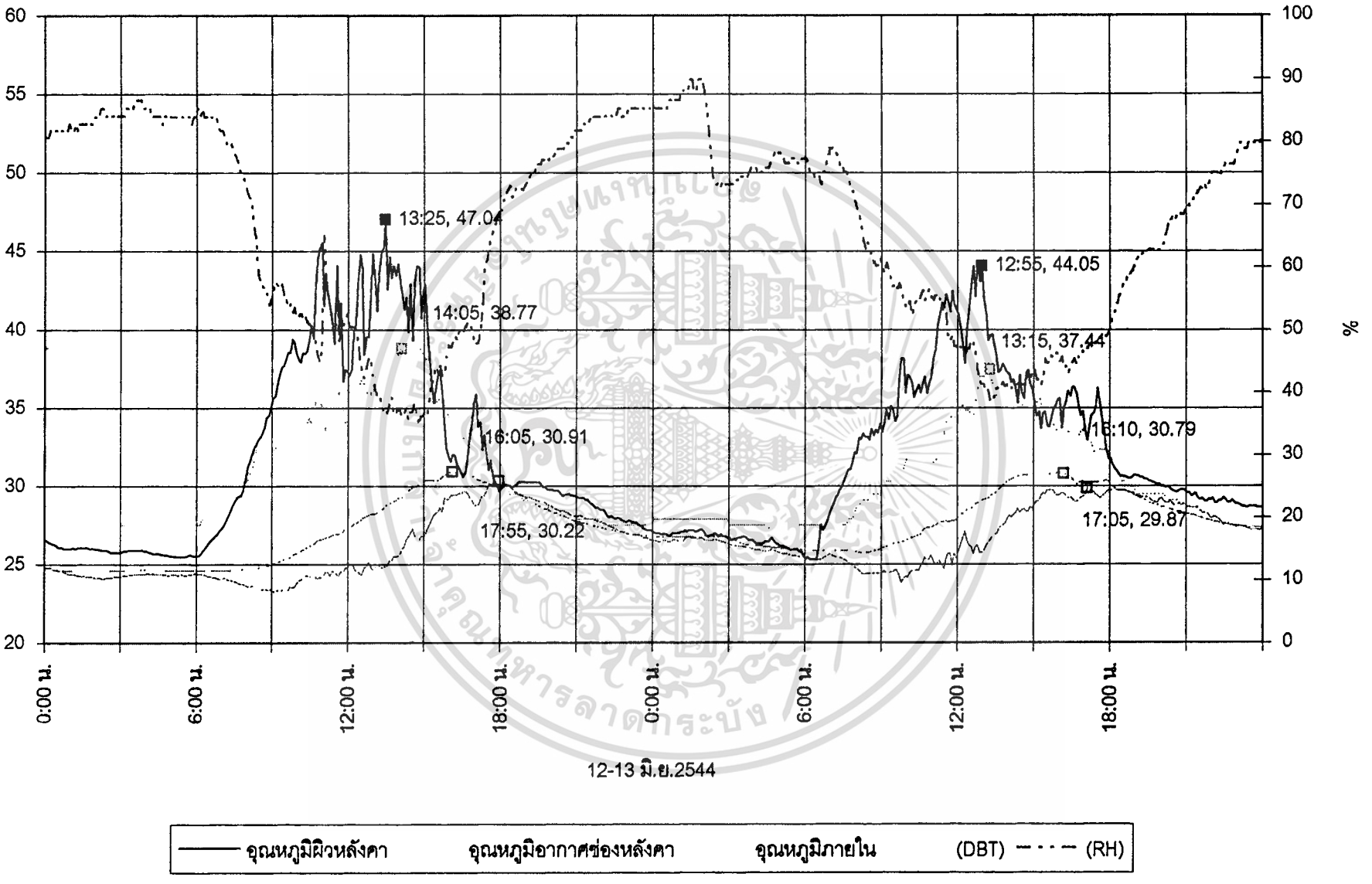
วันที่ 13 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 25.31°C ณ เวลา 06.10 น. และค่อยเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.38°C ณ เวลา 12.45 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 23.81°C ณ เวลา 09.45 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 29.87°C ณ เวลา 17.05 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 25.72°C ณ เวลา 08.15 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.86°C ณ เวลา 15.55 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 2

5.1.3 **แบบจำลองที่ 3**

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง กระเบื้องชิงเกิ้ล (Shingle Roof) ประกอบตามคำแนะนำผู้ผลิต
- วัสดุสะท้อนความร้อน ไม่ใส่
- ฉนวน เยื่อกระดาษ หนา 25 มม.
- ช่องใต้หลังคา แผงเกล็ดระบายอากาศ
- ฝ้า ยิบซั่มบอร์ด 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง บุด้วยโฟร์มทั้งด้านข้างและด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิในหุ่นจำลอง

วันที่ 12 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.36^{o}C ณ เวลา 06.35 น. และเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 53.11^{o}C ณ เวลา 13.25 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 23.23^{o}C ณ เวลา 09.15 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.27^{o}C ณ เวลา 17.55 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 24.96^{o}C ณ เวลา 07.40 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.47^{o}C ณ เวลา 16.35 น.

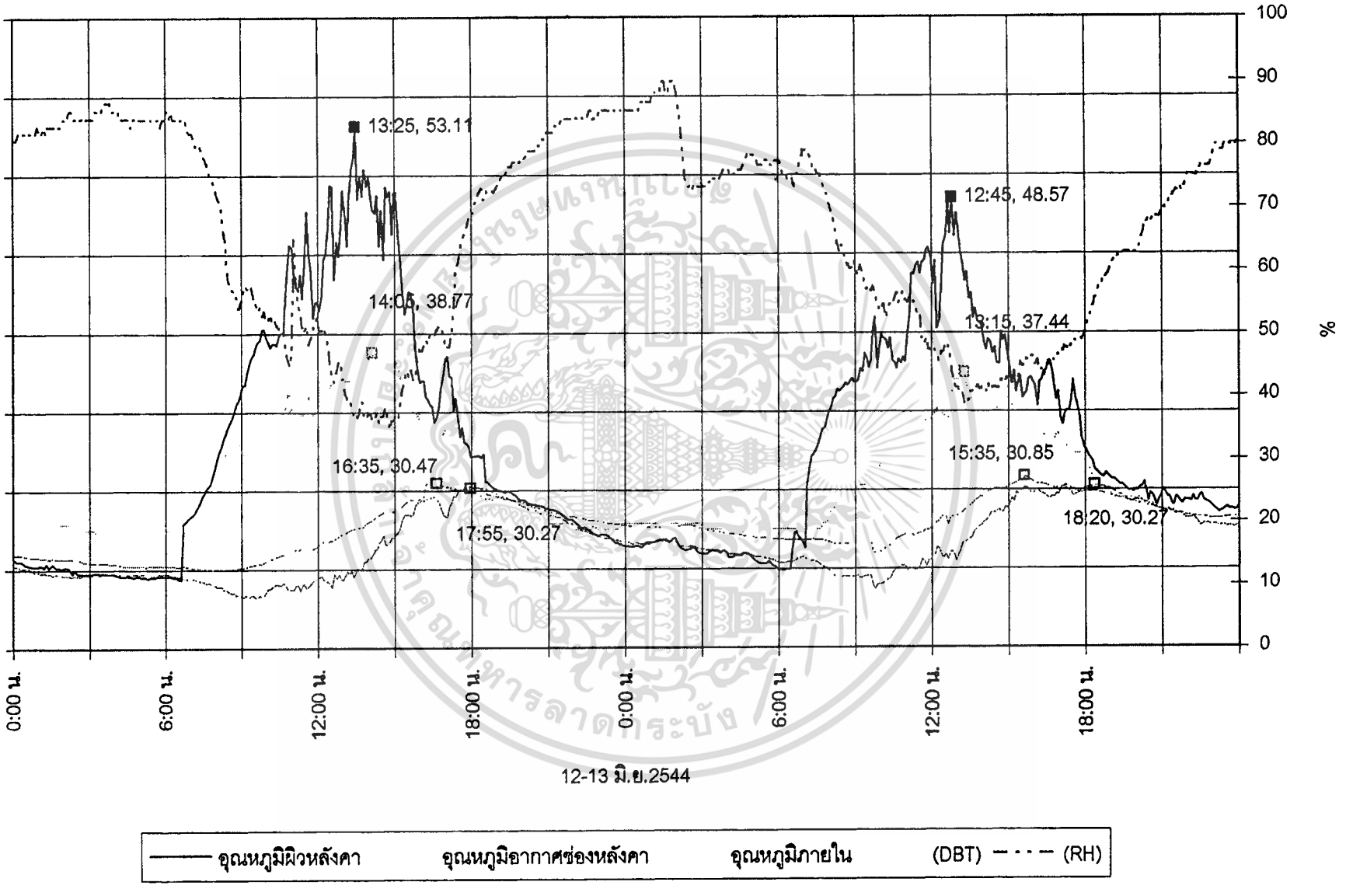
วันที่ 13 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.89^{o}C ณ เวลา 06.00 น. และเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 48.57^{o}C ณ เวลา 12.45 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 23.66^{o}C ณ เวลา 09.45 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.27^{o}C ณ เวลา 18.20 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.04^{o}C ณ เวลา 09.40 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.85^{o}C ณ เวลา 15.35 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 3

5.1.4 แบบจำลองที่ 4

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง กระเบื้องคอนกรีต (CPAC)
- วัสดุสะท้อนความร้อน อลูมิเนียม ฟอร์ย (Aluminium Foil)
- ฉนวนกันความร้อน ฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว ติดตั้งบนฝ้า
- ช่องใต้หลังคา ติดตั้งแผลเกล็ดระบายความร้อน
- ฝ้า ยิบซั่มบอร์ด หนา 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง บุโฟร์มด้านข้างและด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิที่หุ่นจำลอง

วันที่ 16 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 23.64°C ณ เวลา 05.10 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 47.45°C ณ เวลา 14.25 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.44°C ณ เวลา 06.00 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.61°C ณ เวลา 14.20 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.42°C ณ เวลา 07.10 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.04°C ณ เวลา 15.40 น.

วันที่ 18 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.42°C ณ เวลา 04.00 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 51.26°C ณ เวลา 13.55 น.

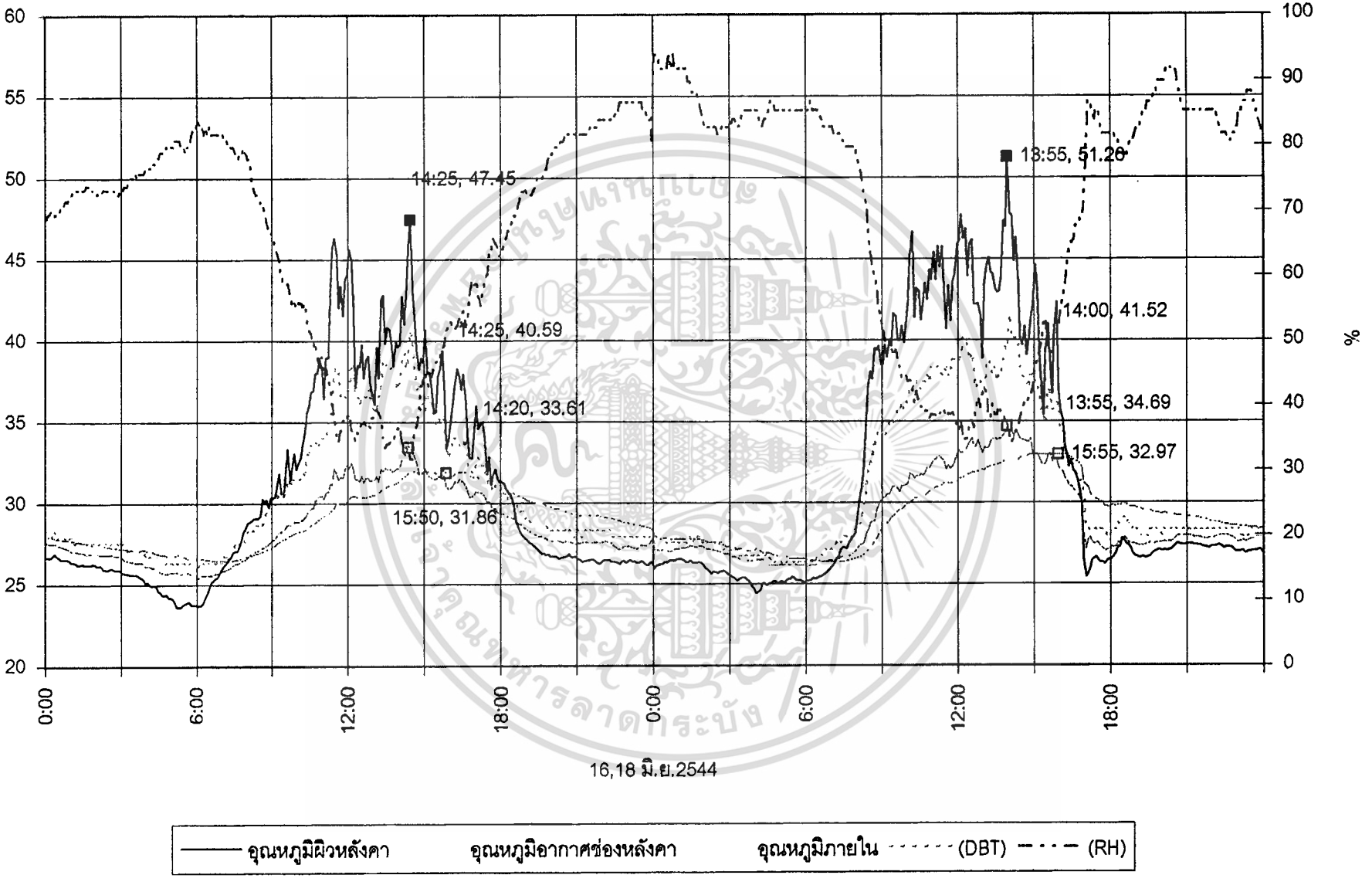
และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 26.10°C ณ เวลา 06.05 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 34.69°C ณ เวลา 13.55 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.35°C ณ เวลา 07.05 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.97°C ณ เวลา 15.35 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 4

หลังคาคอนกรีต ฉนวนไมโครไฟเบอร์เหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 4

5.1.5 **แบบจำลองที่ 5**

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน (ลอนคู่)
- วัสดุสะท้อนความร้อน อลูมิเนียม ฟอร์ย (Aluminium Foil)
- ฉนวนกันความร้อน ฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว ติดตั้งบนฝ้า
- ช่องใต้หลังคา ติดตั้งแผงเหล็กระบายความร้อน
- ฝ้า ยิบซั่มบอร์ด หนา 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง บุโฟร์มด้านข้างและด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิที่หุ่นจำลอง

วันที่ 16 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 22.24°C ณ เวลา 05.10 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 42.71°C ณ เวลา 14.20 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.52°C ณ เวลา 06.30 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.76°C ณ เวลา 14.20 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 27.15°C ณ เวลา 06.55 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.01°C ณ เวลา 15.10 น.

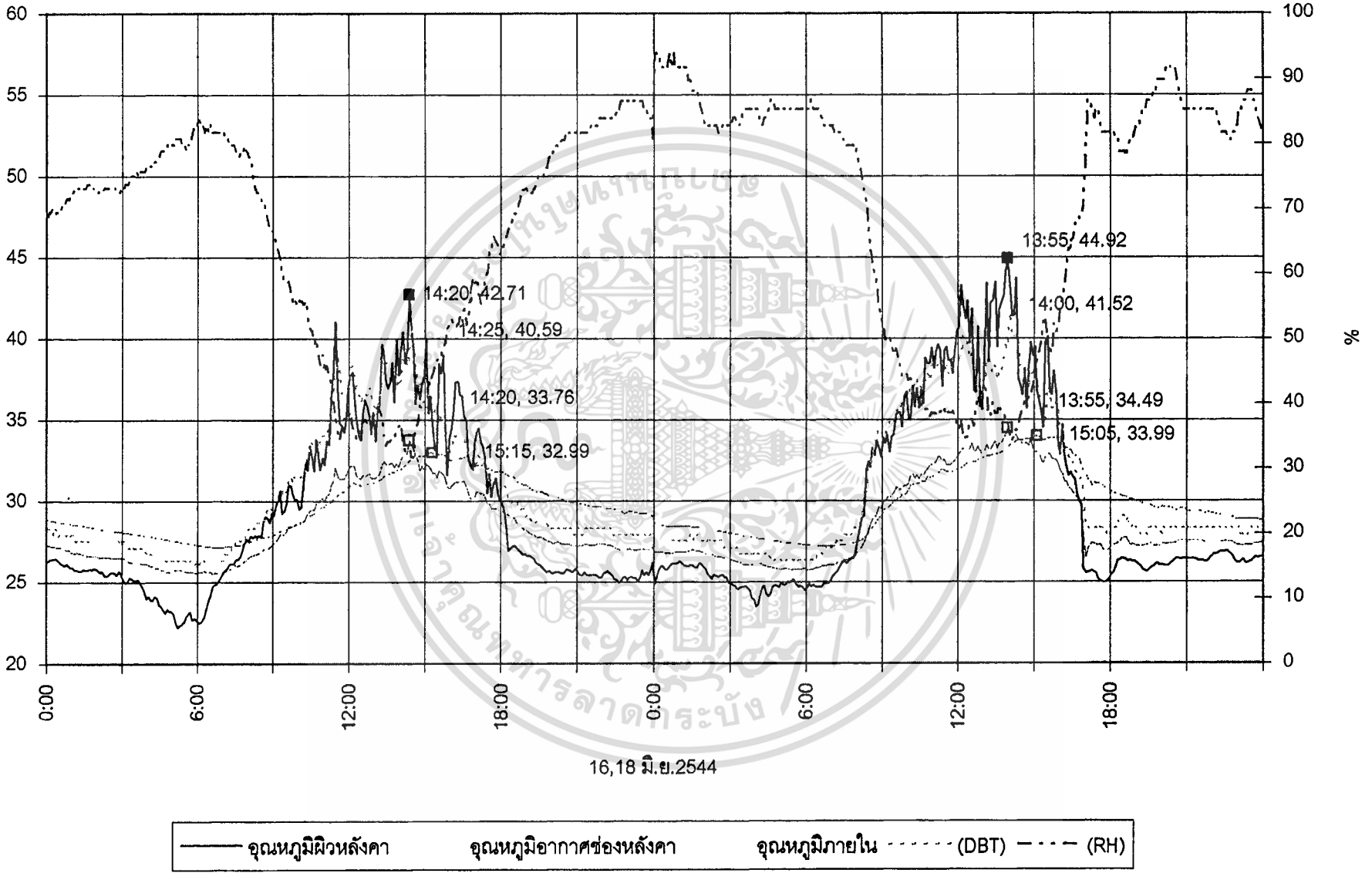
วันที่ 18 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.42°C ณ เวลา 04.05 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.92°C ณ เวลา 13.55 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 26.15°C ณ เวลา 04.55 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 34.49°C ณ เวลา 13.55 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.65°C ณ เวลา 07.05 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.99°C ณ เวลา 15.05 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 5

5.1.6 **แบบจำลองที่ 6**

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง กระเบื้องชิงเกิ้ล (Shingle Roof)
- วัสดุสะท้อนความร้อน อลูมิเนียม ฟอร์ย (Aluminium Foil)
- ฉนวนกันความร้อน ฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว ติดตั้งบนฝ้า
- ช่องใต้หลังคา ติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อน
- ฝ้า ยิบซั่มบอร์ด หนา 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง บุโฟร์มด้านข้างและด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิที่หุ่นจำลอง

วันที่ 16 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 23.29°C ณ เวลา 06.00 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 50.05°C ณ เวลา 14.25 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.37°C ณ เวลา 05.55 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.92°C ณ เวลา 14.20 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.72°C ณ เวลา 07.10 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.34°C ณ เวลา 15.40 น.

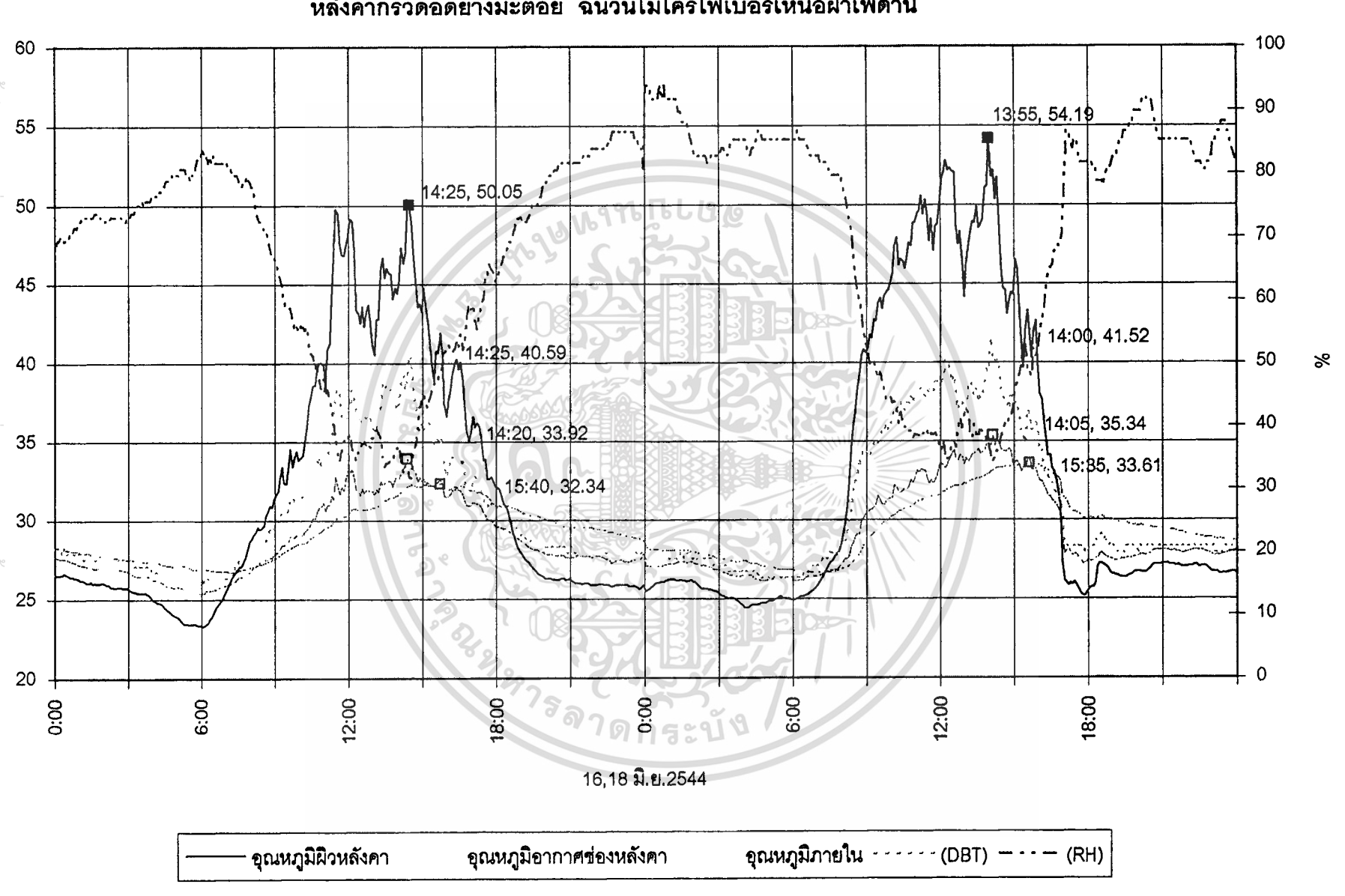
วันที่ 18 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.42°C ณ เวลา 04.05 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 54.19°C ณ เวลา 13.55 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 26.15°C ณ เวลา 04.50 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.34°C ณ เวลา 14.05 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.65°C ณ เวลา 07.05 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.54°C ณ เวลา 15.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 6

5.1.7 **แบบจำลองที่ 7**

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง	กระเบื้องคอนกรีต (CPAC)
- วัสดุสะท้อนความร้อน	อลูมิเนียมฟอล์ย (Aluminium Foil)
- ฉนวนกันความร้อน	ใยแก้วหนา 3" (Roof Batt) ติดตั้งระหว่างจันทัน
- ช่องใต้หลังคา	ติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อน
- ฝ้า	ยิปซั่มบอร์ดหนา 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง	บุโฟร์มทั้งด้านข้าง และด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิในหุ่นจำลอง

วันที่ 22 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.31°C ณ เวลา 06.30 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 52.61°C ณ เวลา 11.55 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.46°C ณ เวลา 08.50 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.92°C ณ เวลา 15.30 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.73°C ณ เวลา 04.35 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.52°C ณ เวลา 14.45 น.

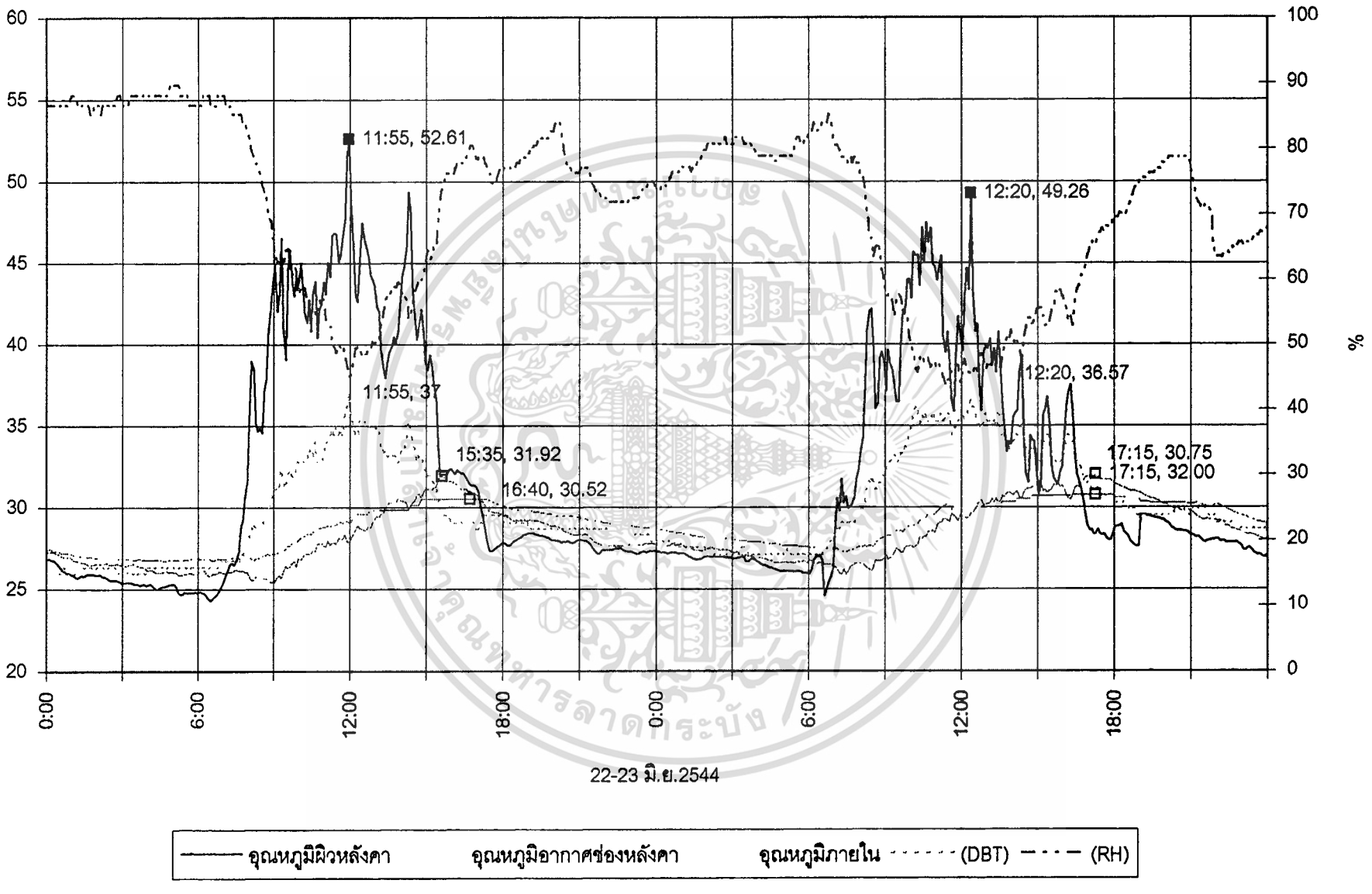
วันที่ 23 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 24.59°C ณ เวลา 06.35 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 49.26°C ณ เวลา 12.20 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.88°C ณ เวลา 07.15 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.00°C ณ เวลา 17.00 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 27.26°C ณ เวลา 07.20 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.75°C ณ เวลา 16.20 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 7

5.1.8 **แบบจำลองที่ 8**

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง	กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน (ลอนคู่)
- วัสดุสะท้อนความร้อน	อลูมิเนียมฟอล์ย (Aluminium Foil)
- ฉนวนกันความร้อน	ฉนวนใยแก้วหนา 3" (Roof Batt) ติดตั้งระหว่างจันทัน
- ช่องใต้หลังคา	ติดตั้งแผงเกล็ด ระบายความร้อน
- ฝ้า	ยิปซั่มบอร์ดหนา 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง	บุโฟร์มด้านข้าง และด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิในหุ่นจำลอง

วันที่ 22 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 23.66^{o}C ณ เวลา 06.20 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 45.75^{o}C ณ เวลา 11.55 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 24.96^{o}C ณ เวลา 09.00 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.35^{o}C ณ เวลา 15.40 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.51^{o}C ณ เวลา 08.20 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.45^{o}C ณ เวลา 16.55 น.

วันที่ 23 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 25.14^{o}C ณ เวลา 05.20 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 45.44^{o}C ณ เวลา 12.30 น.

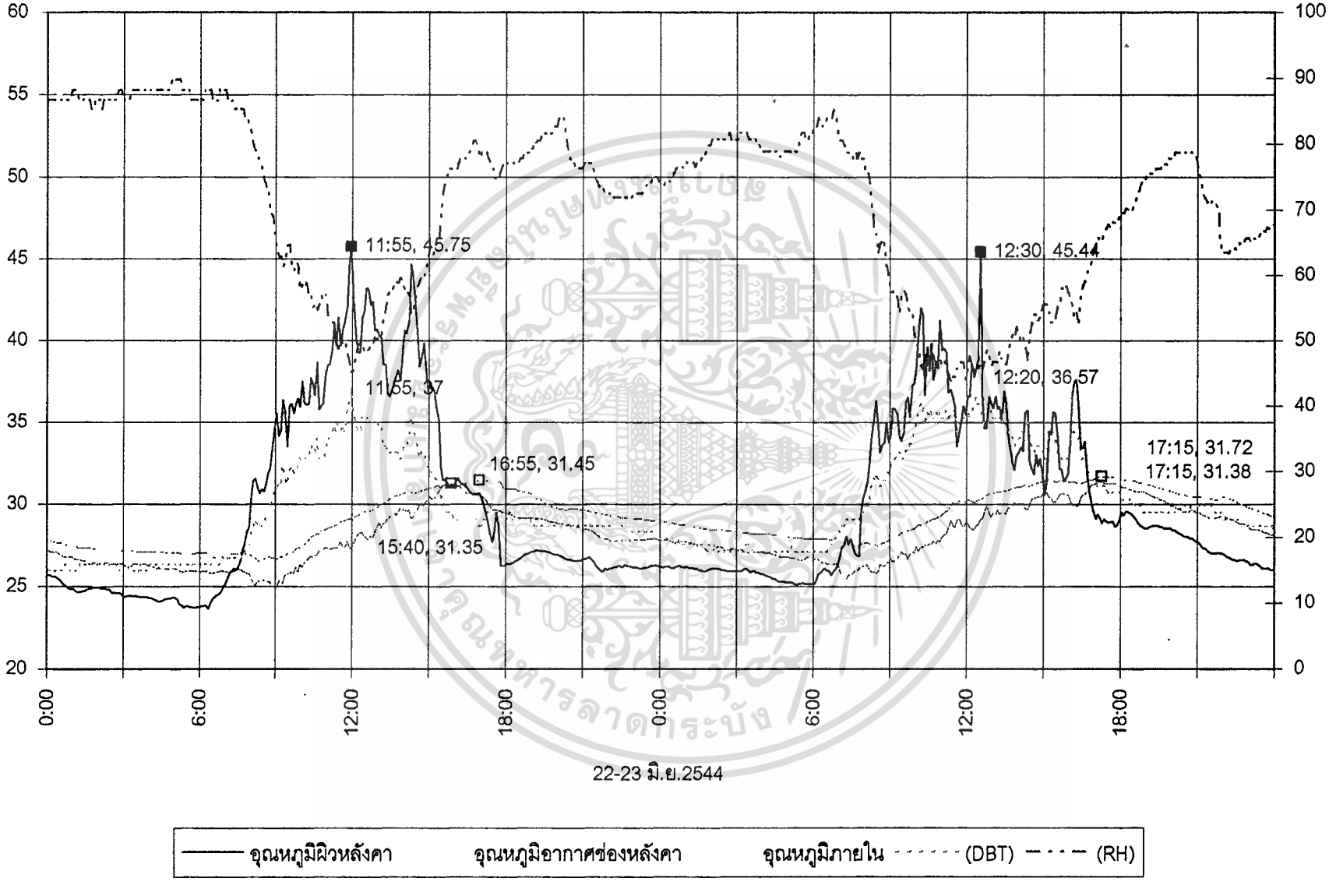
และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.46^{o}C ณ เวลา 07.15 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.38^{o}C ณ เวลา 17.10 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 27.44^{o}C ณ เวลา 08.30 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.72^{o}C ณ เวลา 17.10 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 8

หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฉนวนไมโครไฟเบอร์ระหว่างจันทัน



รูปที่ 5.8 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 8

5.1.9 **แบบจำลองที่** 9

ประกอบด้วย

- วัสดุมุง	กระเบื้องมุงหลังคาชิงเกิ้ล (Shingle Roof)
- วัสดุสะท้อนความร้อน	อลูมิเนียมฟอล์ย (Aluminium Foil)
- ฉนวนกันความร้อน	ฉนวนใยแก้วหนา 3" (Roof Batt) ติดตั้งระหว่างจันทัน
- ช่องใต้หลังคา	ติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อน
- ฝ้า	ยิปซั่มบอร์ดหนา 10 มม.
- ห้องภายในหุ่นจำลอง	บุโฟร์มด้านข้าง และด้านใต้

พฤติกรรมของอุณหภูมิในหุ่นจำลอง

วันที่ 22 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 23.36^{o}C ณ เวลา 06.35 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 57.13^{o}C ณ เวลา 11.55 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 25.39^{o}C ณ เวลา 09.00 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.13^{o}C ณ เวลา 15.35 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.66^{o}C ณ เวลา 03.50 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.74^{o}C ณ เวลา 15.00 น.

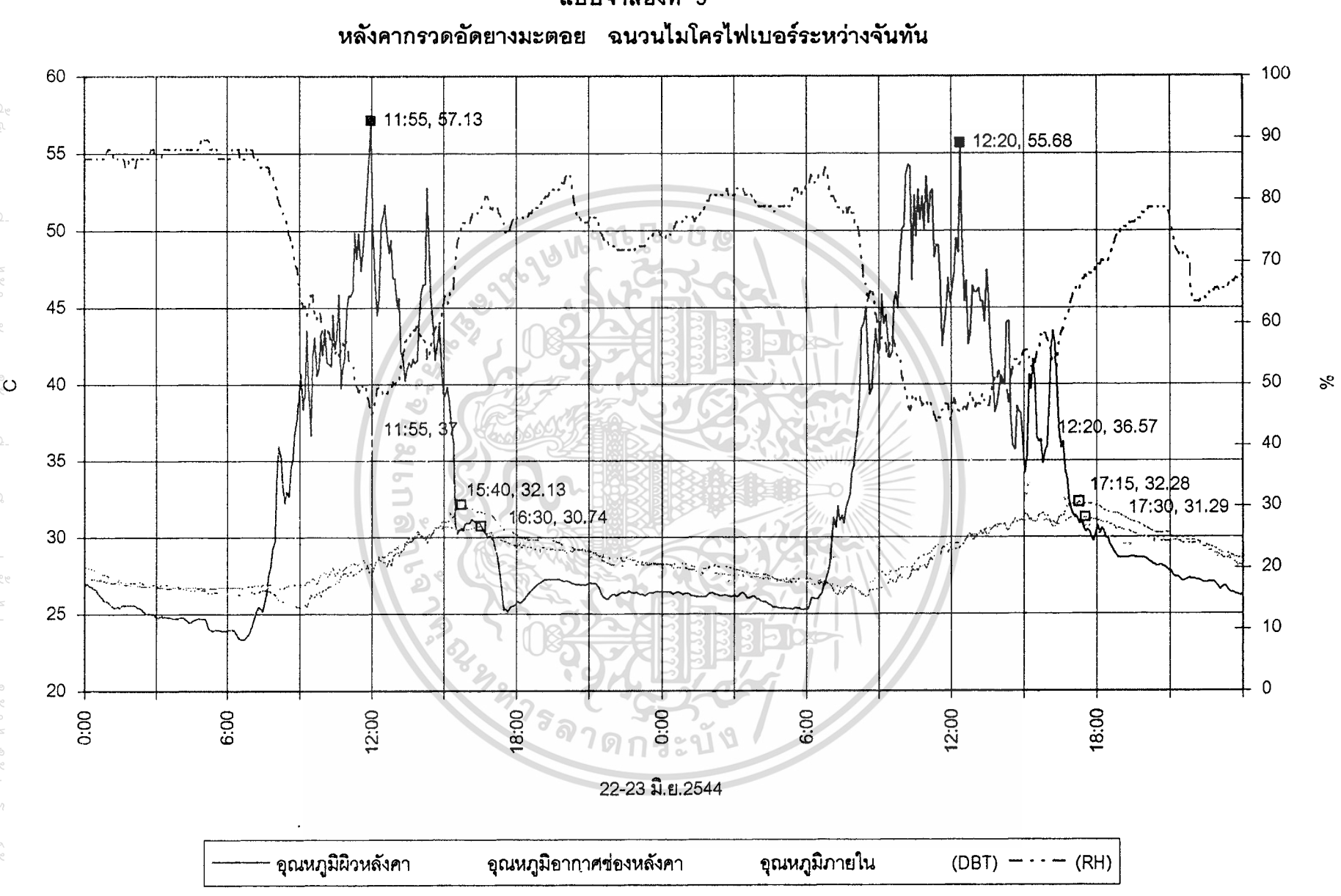
วันที่ 23 มิถุนายน 2544

อุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวหลังคา 25.26^{o}C ณ เวลา 05.45 น. และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากความร้อนของแสงแดด จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 55.68^{o}C ณ เวลา 12.20 น.

และอุณหภูมิที่ช่องใต้หลังคาต่ำสุดที่ 26.11^{o}C ณ เวลา 08.25 น. และเพิ่มขึ้นจน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.28^{o}C ณ เวลา 17.15 น.

และอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำสุดที่ 26.66^{o}C ณ เวลา 07.25 น. และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.29^{o}C ณ เวลา 17.10 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงแผนภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคา ช่องว่างอากาศ และอุณหภูมิภายใน ของแบบจำลองที่ 9

5.2 ผลการวัดอุณหภูมิของแบบจำลอง 1-9

ตารางที่ 5.10 ตารางสรุปค่าการวัดอุณหภูมิของแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ

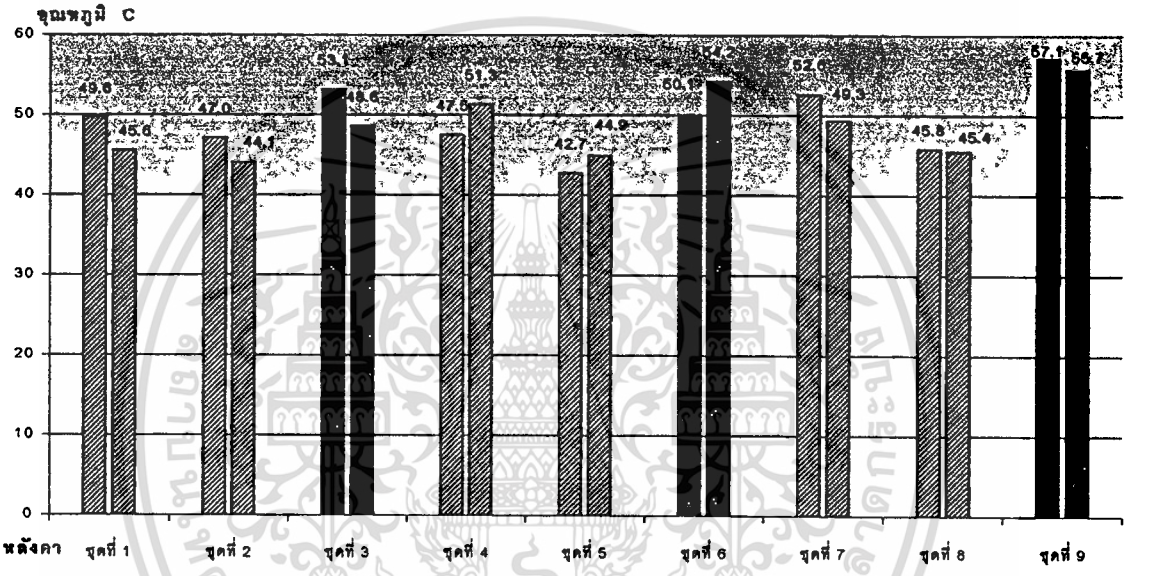
		Temp.max.s	Time of temp	Temp. Interior	1 - 3	Temp. Max	Time of temp.	1 - 5	5 - 3	6 - 2	Temp. min	Time of temp	Temp. min	Time of temp	Temp. max	Time of temp	Temp. min	Time of temp
		Surface (C)	max.Surface	Time of temp.maxs (C)		Interior (C)	Max. Interior				Surface	min. Serface	Interior	min In.	at Gap	max at Gap	in Gap	min in Gap
1	CPAC+																	
	1	49.60˚C	13.25	27.69˚C	21.91˚C	30.15˚C	17.00	19.45˚C	2.68˚C	3.35	24.42˚C	6.40	25.69˚C	8.20	30.92˚C	17.55	24.08˚C	8.55
	2	45.57˚C	12.45	28.47˚C	17.10˚C	30.20˚C	16.10	15.37˚C	1.73˚C	3.25	25.03˚C	6.25	26.04˚C	9.50	30.52˚C	15.30	24.58˚C	9.45
2	ลอนคู่																	
	1	47.04˚C	13.25	28.73˚C	18.31˚C	30.91˚C	16.05	16.13˚C	2.18˚C	2.45	25.46˚C	5.15	24.57˚C	5.55	30.22˚C	17.55	23.23˚C	9.05
	2	44.05˚C	12.45	28.93˚C	15.12˚C	30.79˚C	16.10	13.26˚C	1.86˚C	3.15	25.31˚C	6.10	25.72˚C	8.15	29.87˚C	17.05	23.81˚C	9.45
3	Shingle																	
	1	53.11˚C	13.25	27.62˚C	25.49˚C	30.47˚C	16.35	22.63˚C	2.85˚C	3.10	24.36˚C	6.35	24.96˚C	7.40	30.27˚C	17.55	23.23˚C	9.15
	2	48.57˚C	12.45	28.29˚C	20.28˚C	30.85˚C	15.35	17.72˚C	2.56˚C	2.50	24.89˚C	6.00	26.04˚C	9.40	30.27˚C	18.20	23.66˚C	9.45
4	CPAC																	
	1	47.45˚C	14.25	31.94˚C	15.51˚C	31.86˚C	15.50	15.59˚C	0.08˚C	1.25	23.64˚C	5.10	26.42˚C	7.10	33.61˚C	14.20	25.44˚C	6.00
	2	51.26˚C	13.55	32.61˚C	18.65˚C	32.97˚C	15.55	18.29˚C	0.36˚C	2.00	24.42˚C	4.00	26.35˚C	7.05	34.69˚C	13.55	26.10˚C	6.05
5	ลอนคู่																	
	1	42.71˚C	14.20	32.46˚C	10.25˚C	32.99˚C	15.10	9.72˚C	0.53˚C	0.55	22.24˚C	5.10	27.15˚C	6.55	33.76˚C	14.20	25.52˚C	6.30
	2	44.92˚C	13.55	33.31˚C	11.61˚C	33.99˚C	15.05	10.93˚C	0.68˚C	1.10	24.42˚C	4.05	26.65˚C	7.05	34.49˚C	13.55	26.15˚C	4.55
6	Shingle																	
	1	50.05˚C	14.25	32.24˚C	17.81˚C	32.34˚C	15.40	17.71˚C	0.1˚C	1.15	23.29˚C	6.00	26.72˚C	7.10	33.92˚C	14.20	25.37˚C	5.55
	2	54.19˚C	13.55	32.94˚C	21.25˚C	33.61˚C	15.35	20.85˚C	0.67˚C	1.45	24.42˚C	4.05	26.65˚C	7.05	35.34˚C	14.05	26.15˚C	4.50
7	CPAC																	
	1	52.61˚C	11.55	29.11˚C	23.50˚C	30.52˚C	16.40	22.09˚C	1.41˚C	4.45	24.31˚C	6.30	26.73˚C	4.35	31.92˚C	15.30	25.46˚C	8.50
	2	49.26˚C	13.55	30.00˚C	19.26˚C	30.75˚C	17.15	18.51˚C	0.75˚C	4.55	24.59˚C	6.35	27.26˚C	7.20	32.00˚C	17.00	25.88˚C	7.15
8	ลอนคู่																	
	1	45.75˚C	11.55	29.12˚C	16.63˚C	31.45˚C	16.55	14.30˚C	2.33˚C	5.00	23.66˚C	6.20	26.51˚C	8.20	31.35˚C	15.40	24.96˚C	9.00
	2	45.44˚C	12.30	30.27˚C	15.17˚C	31.72˚C	17.15	13.72˚C	1.45˚C	4.45	25.14˚C	5.20	27.44˚C	8.30	31.38˚C	17.10	25.46˚C	7.15
9	Shingle																	
	1	57.13˚C	11.55	28.26˚C	28.87˚C	30.74˚C	16.30	26.39˚C	2.48˚C	4.30	23.36	6.35	26.66˚C	3.50	32.13˚C	15.35	25.39˚C	9.00
	2	55.68˚C	12.20	29.57˚C	26.11˚C	31.29˚C	17.30	24.39˚C	1.72˚C	5.10	25.26	5.45	26.66˚C	7.25	32.28˚C	17.15	26.11˚C	8.25

จากการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบของหลังคาเพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร พบว่า อิทธิพลที่ทำให้พื้นที่ใช้สอยได้หลังคา มีอุณหภูมิสูง คือความร้อนที่เกิดจากแสงอาทิตย์ และสะสมที่วัสดุมุงหลังคา และถ่ายเทลงมาสู่พื้นที่ด้านล่าง

ดังนั้น จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.3 สรุปผลการทดลอง

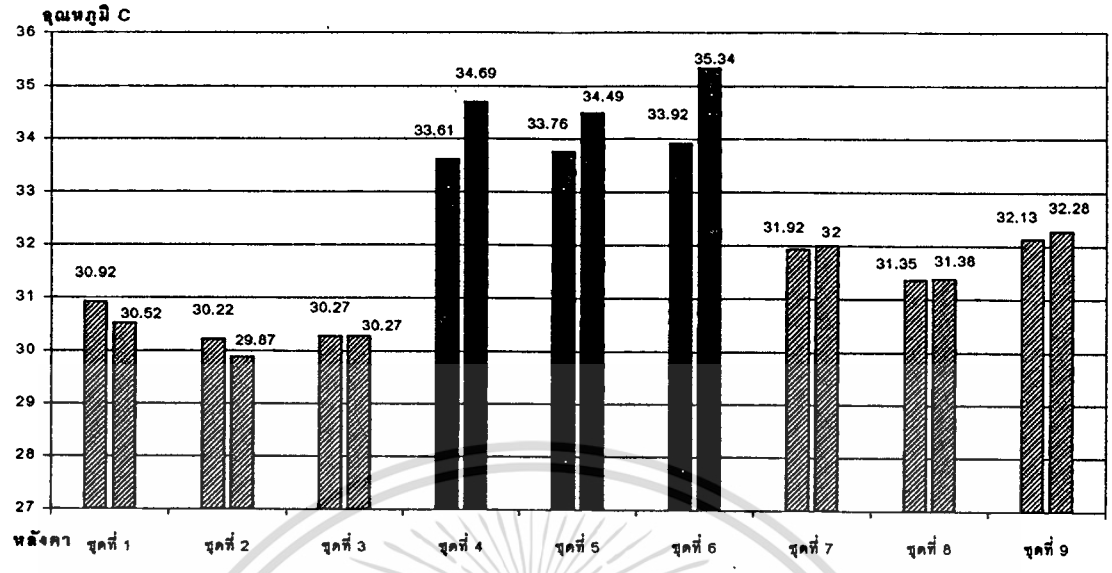
แผนภูมิที่ 5.11 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิหลังคาสูงสุด



จากแผนภูมิด้านบนจะเห็นว่า อุณหภูมิ ณ ผิวหลังคาของกระเบื้องชุดที่ 3,6 และ 9 มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งเป็นกระเบื้องซิงเกิ้ล และอุณหภูมิผิวหลังคาต่ำสุด เป็นกระเบื้องชุดที่ 2,5 และ 8 ซึ่งเป็นกระบื้องลอนคู่

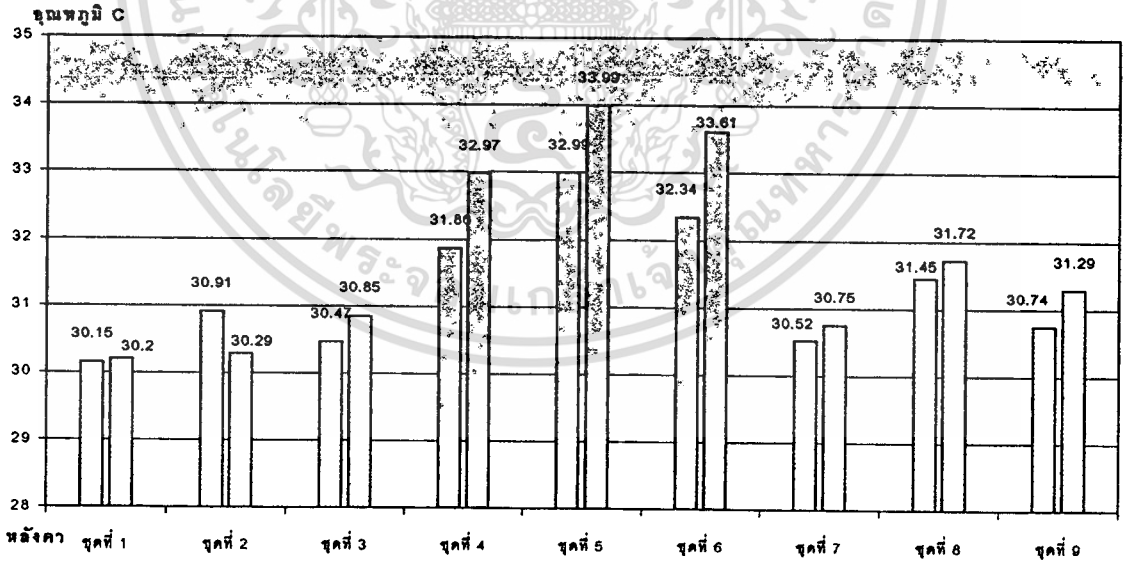
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 5.12 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิช่องใต้หลังคาสูงสุด



จากแผนภูมิด้านบนพบว่าอุณหภูมิในช่องใต้หลังคาของชุดที่ 4, 5 และ 6 มีอุณหภูมิสูงกว่าหลังอื่นๆ อันเนื่องมาจากตำแหน่งการวางฉนวนที่ติดตั้งบนฝ้า จึงมีเพียงกระเบื้องเท่านั้นที่เป็นตัวป้องกันความร้อน

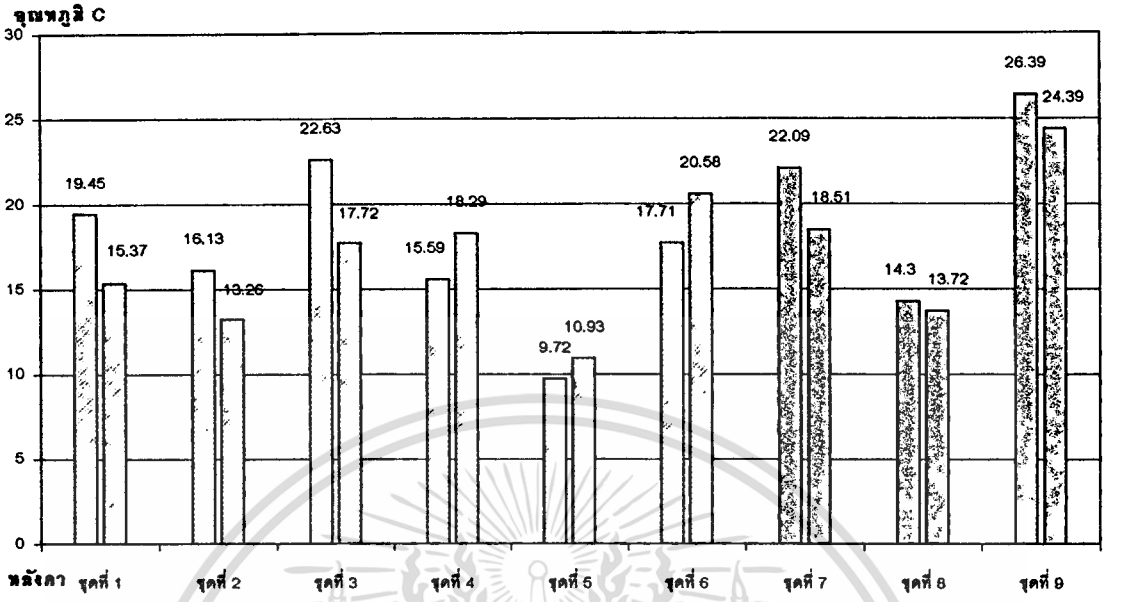
แผนภูมิที่ 5.13 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดในห้องจำลอง



จากแผนภูมิด้านบนจะพบว่า หลังคาชุดที่ 4,5 และ 6 มีอุณหภูมิในห้องจำลองสูงที่สุด และหลังคาชุดที่ 1,2,3,7,8 และ 9 มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

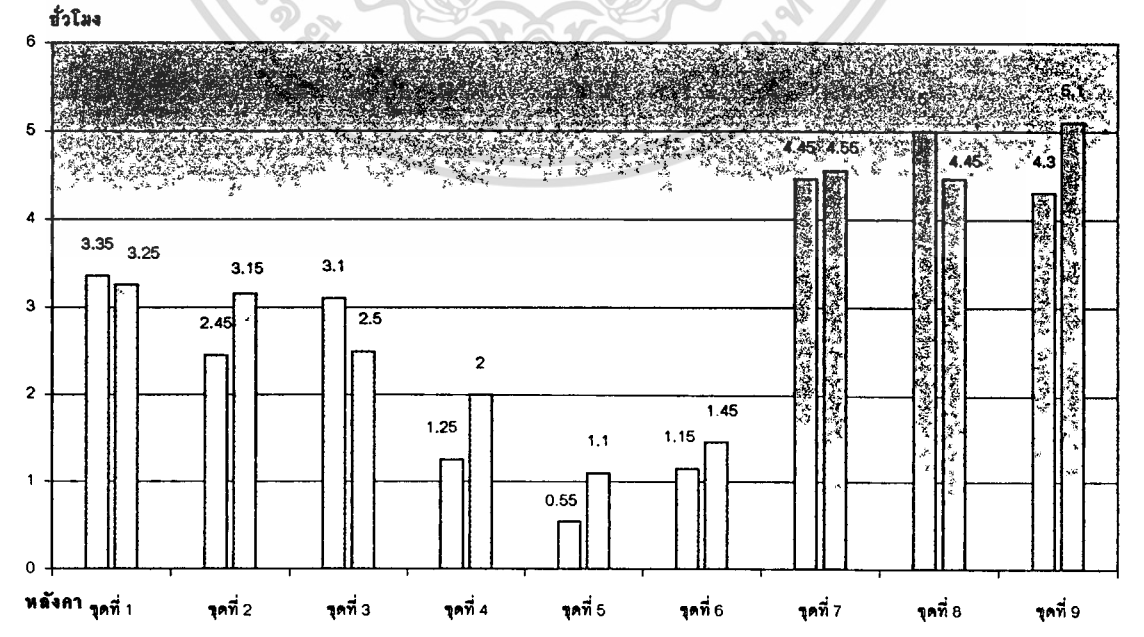
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 5.14 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวหลังคากับอุณหภูมิในห้องจำลอง



จากแผนภูมิข้างต้นพบว่าหลังคาชุดที่ 7,8,9 สามารถต้านทานความร้อนจากหลังคาได้มากกว่า เนื่องจากผลต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวหลังคากับอุณหภูมิสูงสุดในห้องจำลอง มีค่าความต่างมากที่สุด

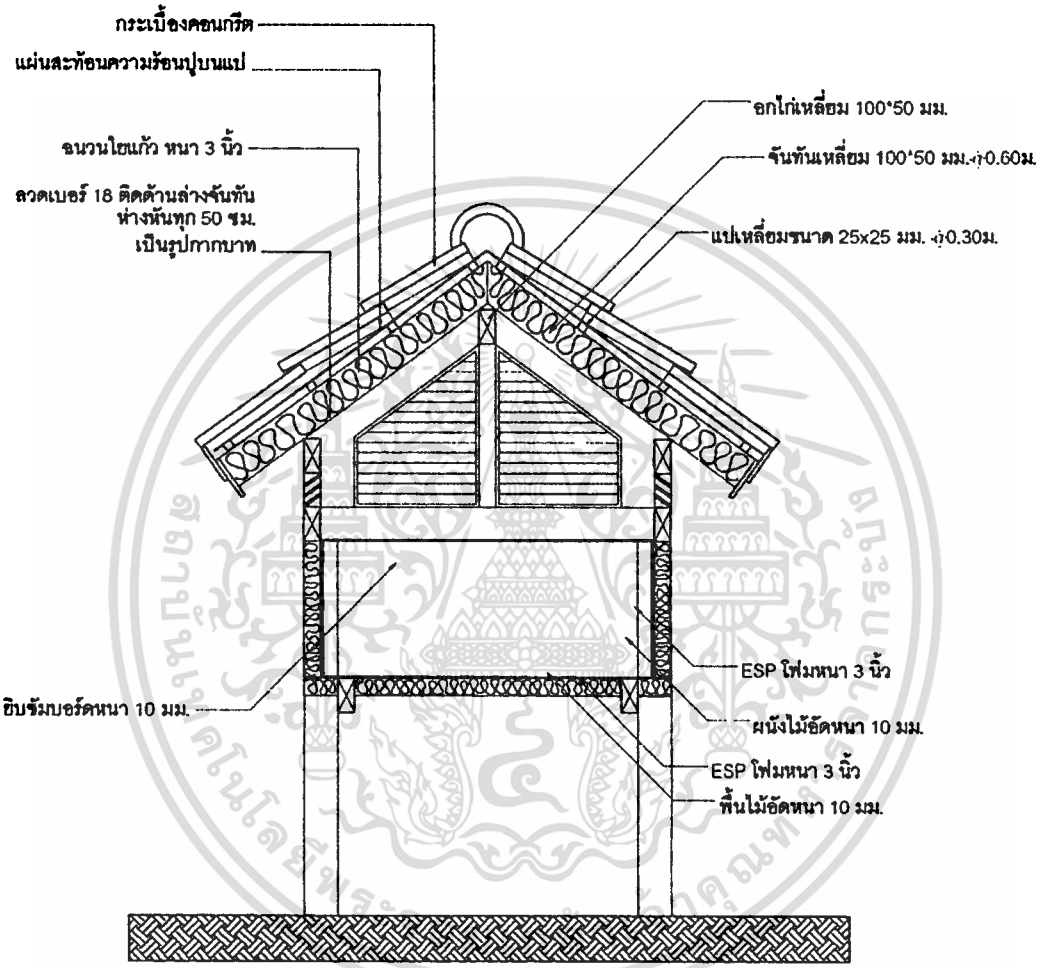
แผนภูมิที่ 5.15 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาจากอุณหภูมิที่ผิวหลังคา จนทำให้ห้องจำลองมีอุณหภูมิสูงสุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิข้างบนพบว่า หลังคาชุดที่ 7,8 และ 9 สามารถทนความร้อนได้นานกว่าชุดอื่นๆ

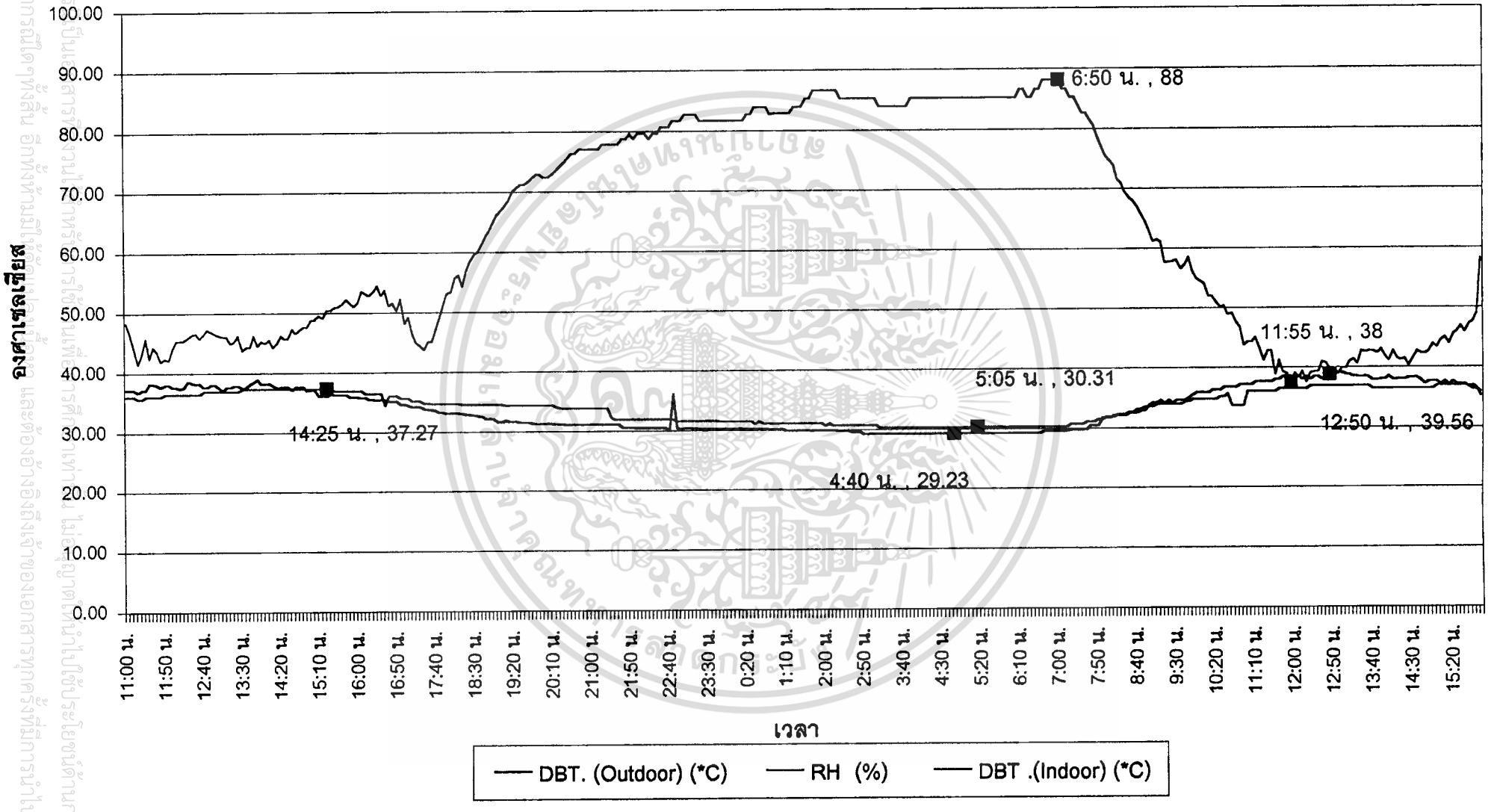
จากการวิเคราะห์ ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบหลังคาที่หน่วงความร้อนได้สูงและมีอุณหภูมิในห้องจำลองต่ำ คือหลังคาชุดที่ 7 ประกอบด้วยหลังคากระเบื้องคอนกรีต (CPAC) และฉนวนใยแก้วที่ติดตั้งใต้หลังคา



รูปที่ 5.15 รูปหลังคากระเบื้องคอนกรีตติดตั้งฉนวนใยแก้วใต้หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การวัดค่าอุณหภูมิของหุ่นจำลองที่ไม่ติดฉนวน หลังคาคอนกรีต (CPAC)

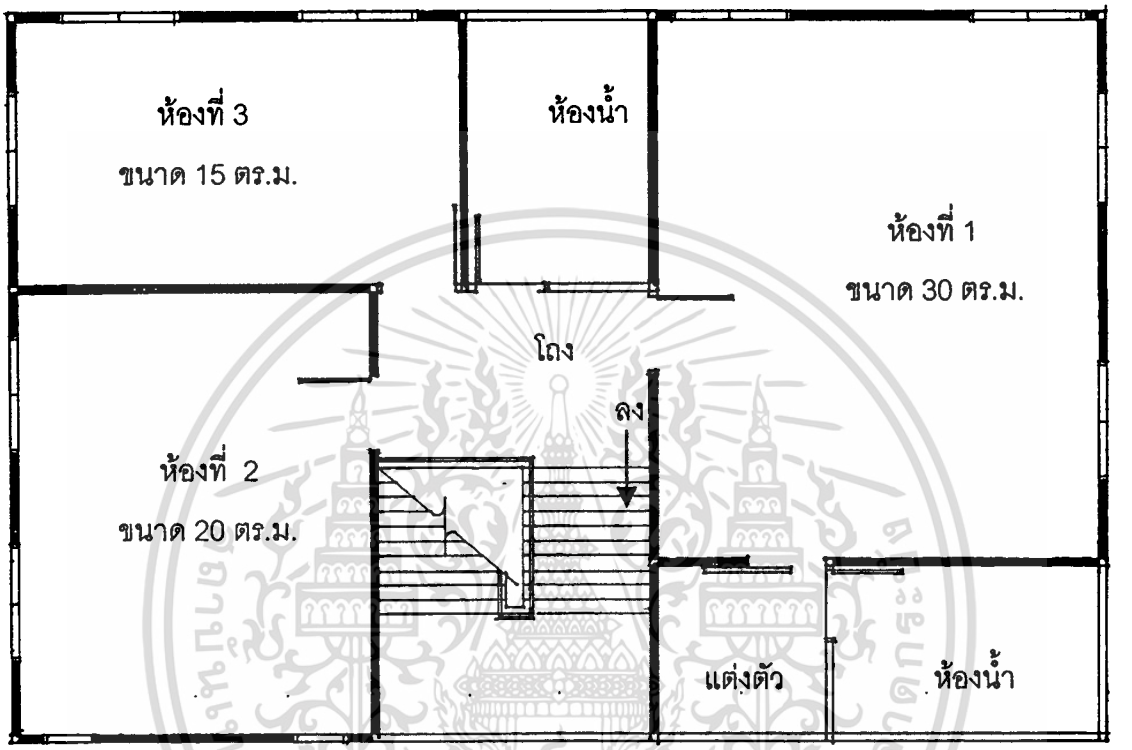


รูปที่ 5.16 แสดงอุณหภูมิการตรวจวัดค่าอุณหภูมิภายนอก, ภายในห้อง, ความชื้น

5.5 การทดสอบเปรียบเทียบการลดภาระการทำความเย็น

จากการสรุปผลการทดลองพบว่า หลังคาที่มุงด้วยกระเบื้องคอนกรีตและติดฉนวนใต้กระเบื้องมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีกว่าหลังอื่นๆ

จึงได้กำหนดอาคารตัวอย่างเพื่อคำนวณหาค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 5.17 แสดงพื้นจำลองเพื่อการคำนวณหาค่าไฟฟ้า *แปลนพื้นบ้านชั้น 2*

จากผังอาคารมีห้องที่ต้องปรับอากาศ 3 ห้อง

1. ห้องขนาด 30 ตร.ม. เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาด 24,000 Btu
2. ห้องขนาด 20 ตร.ม. เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 Btu
3. ห้องขนาด 15 ตร.ม. เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาด 14,000 Btu

ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศไม่เกิน 25,000 Btu เบอร์ 5 กินไฟ 1.13 kw/ton

$\therefore$ เครื่องขนาด 24,000 Btu 2 ton กินไฟ 2x1.13 = 2.26 kW

เครื่องขนาด 18,000 Btu 1.5 ton กินไฟ 1.5x1.13 = 1.69 kW

เครื่องขนาด 14,000 Btu 1.16 ton กินไฟ 1.16x1.13 = 1.31 kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องที่ 1 ขนาด 30 ตร.ม.

ความร้อนจากอากาศ ของห้องที่ไม่ติดฉนวน

อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย	30	องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมผัสในอากาศเฉลี่ย	70	เปอร์เซ็นต์
ความหนาแน่นของอากาศ	1.14	kg/m^2

การหาน้ำหนักอากาศ ปริมาตรห้อง 30 x สูง 3 เมตร x 1.14 = 102.6 kg

ดูจาก PSYCHROMETRIC CHART (ภาคผนวก)

ณ อุณหภูมิ 34.5 ^{o}C ความชื้น 70% มีค่าพลังงาน 96 kJ/kg

ณ อุณหภูมิ 25 ^{o}C ความชื้น 50% มีค่าพลังงาน 51 kJ/kg

ต้องการลดค่าพลังงานอากาศ 96-51 = 45 kJ/kg

ปริมาตรอากาศ 102.6 kg $\therefore$ ค่าความร้อนทั้งหมด = 102.6 x 45 = 4,617 kJ

จาก 1 kJ = 0.9478 Btu

จะได้ความร้อนของอากาศที่ต้องลดลง 4,617 x 0.9478 = 4,376 Btu ---------- ①

ความร้อนจากอากาศ ของห้องที่ติดฉนวนบนหลังคา

จาก PSYCHROMETRIC CHART (ภาคผนวก)

ณ อุณหภูมิ 29.5 ^{o}C ความชื้น 70% มีค่าพลังงาน 76 kJ/kg

ณ อุณหภูมิ 25 ^{o}C ความชื้น 50% มีค่าพลังงาน 51 kJ/kg

ต้องการลดค่าพลังงานอากาศ 76-51 = 25 kJ/kg

ปริมาตรอากาศ 102.6 kg = 25 x 102.6

= 2,565 kJ

จาก 1 kJ = 0.9478 Btu $\therefore$ Q = 2,565 x 0.9478

= 2,431 Btu ---------- ②

ความร้อนจากโครงสร้าง

ผนังอาคาร ก่ออิฐฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน มีค่า U-Value = 3.08 $W/m^2.k$

1 $W/m^2.k$ = 0.1761 $Btu/ft^2.h.F$

3.08 $W/m^2.k$ = 0.542 $Btu/ft^2.h.F$

อุณหภูมิภายนอก 30 ^{o}C = 85 ^{o}F

อุณหภูมิภายใน 25 ^{o}C = 77 ^{o}F

ค่า ETD จากตาราง1(ภาคผนวก) ความต่างอุณหภูมิสมมูล (ETD) อุณหภูมิออกแบบ 85 ^{o}F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังก่ออิฐฉาบปูน ค่า ETD = 6.3 ^{o}F ที่อุณหภูมิภายใน 75 ^{o}F

สำหรับอุณหภูมิภายใน 77 ^{o}F

ETD = 6.3-(77-75) = 4.3 ^{o}F

ความร้อนที่ได้จากผนัง Q = UAETD

= 0.542 x (25.72x10.76) x 4.3

= 644.98 Btu ---------- ③

กระจก ความร้อนจากกระจกขนาด 5.28 ตร.ม. , 1 ตร.ม. = 10.76 ft^2

กระจกใสหนา 6 mm U-Value = 5.88 $W/m^2.k$

= 1.035 $Btu/ft^2.h.F$

ค่าความร้อนที่ได้จากกระจก Q = $UA\Delta T$

= 1.035 x (5.28x10.76)x(85-77)

= 470.4 Btuh ---------- ④

ผนังภายใน ความร้อนจากผนังภายใน 33 ตร.ม.

Q = UAETD

= 0.542 x (33x10.76) x 4.3

= 827.54 Btuh ---------- ⑤

ความร้อนจากคน ความร้อนสัมผัส Qs , ความร้อนแฝง Q_L

จากตาราง 2 (ภาคผนวก) ปริมาณความร้อนที่คายออกจากร่างกายคนที่อาศัยอยู่ภายในห้องปรับอากาศช่วงต้นกิจกรรมนั่ง, เขียนหนังสือ , ทำงานเบามาก Qs = 230 Btuh

จำนวนคน = 2 คน

ค่า Factor โหลดความเย็นสำหรับคน (ตารางที่ 6.3) = 0.53

Qs = 230x2x0.57

= 243.8 Btuh

Q_L = 190 x 2 (จากตารางที่ 6.2) x จำนวนคน

= 380 Btuh

∴ ความร้อนจากคน = 623.8 Btuh ---------- ⑥

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนจากคน (เวลานอน)

จากตาราง 2 (ภาคผนวก)

ความร้อนสัมผัส (Qs) = 210 Btuh , ค่า Factor (ตารางที่ 6.3) = 0.89

ความร้อนแฝง (Q_L) = 140 Btuh

Qs = 210 x 2 x 0.89

= 373.8 Btuh

Q_L = 140 x 2

= 280 Btuh

$Qs+Q_L$ = 653.8 Btuh ---------- ⑦

ความร้อนจากหลังคา จากตาราง 1 (ภาคผนวก) ค่า ETD ของหลังคา ณ อุณหภูมิ 30 ^{o}C หรือ 85 ^{o}F

ค่า U-Value ของหลังคากระเบื้องคอนกรีต (ไม่ติด Insulation) = 0.748 W/m^2.k

= 0.1317 Btu/ft^2.h.f

ค่า ETD = 26.0 ^{o}F ณ อุณหภูมิ 75 ^{o}F

สำหรับอุณหภูมิภายใน 77 ^{o}F ETD = 26 – (77-75) = 24 ^{o}F

∴ Q = UAETD

= 0.132 x (30x10.76) x 24

= 1,020.4 Btuh ---------- ⑧

ค่า U-Value ของหลังคาคอนกรีตและติดตั้งฉนวนใยแก้วใต้หลังคา = 0.347 W/m^2.k

= 0.061 Btu/ft^2.h.k

∴ ค่า Q ของหลังคาจะเท่ากับ = 0.061 x (30x10.76)x24

= 473.4 Btuh ---------- ⑨

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของห้อง

เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 Btu กินไฟ 2.26 kW

ความร้อนอากาศของหลังคาไม่มีฉนวน ① = 4,376 Btu

ความร้อนจากโครงสร้าง ③+④+⑤+⑥+⑦+⑧ = 644.98+470.4+827.54
+623.8+653.8+1,020.4

= 4,240.92 Btu

ประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนความเย็น (รังผึ้ง) 85%

จะได้ 24,000 x 0.85 = 20,400 Btuh

คิดหาภาระของเครื่องปรับอากาศเบื้องต้น ที่ต้องลดอุณหภูมิอากาศ

โดยหักภาระความร้อนจากคนและโครงสร้างก่อน = 20,400-4,240.92

= 16,159 Btuh

∴ จะใช้เวลา = $\frac{4,376}{16,159}$

= 0.27 ชั่วโมง

= 0.27 x 2.26

= 0.61 kWh

ความร้อนจากหลังคามีฉนวน ② = 2,431 Btu

ความร้อนจากโครงสร้าง ③+④+⑤+⑥+⑦+⑨ = 644.98+470.4+827.54
623.8+623.8+473.4

= 3,693.92 Btuh

คิดหาภาระของเครื่องปรับอากาศเบื้องต้นที่ต้องลดอุณหภูมิอากาศ

= 20,400-3,693.92

= 16,706 Btuh

∴ จะใช้เวลา = $\frac{2,431}{16,706}$

= 0.14 ชั่วโมง

= 0.14x2.26

= 0.32 kWh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้เครื่องเดิน 10 ชั่วโมง/วัน เปอร์เซนต์การทำงานของเครื่องคอมเพลสเซอร์ 70% ของเวลา 10 ชั่วโมง

∴ จะใช้พลังงานไฟฟ้า 2.26x10x0.7 = 15.82 kWh

อัตราค่าไฟฟ้าบ้านพักอาศัย 2.7781 บาท/ kWh

∴ ค่าไฟ 2.7781x15.82 = 43.94 บาท

≈ 44 บาท/วัน

เมื่อเปรียบเทียบภาระการทำความร้อนของอาคารที่ไม่ติดฉนวน 4,240 Btuh

กับภาระการทำความร้อนของอาคารที่ติดฉนวน 3,694 Btuh

จะเห็นว่าสามารถลดภาระความร้อนได้ $\frac{(4,240-3,694) \times 100}{4,240}$ = 12.9%

จากการคำนวณข้างต้นลดกำลังไฟฟ้าจาก 15.82 kWh ลดลง 12.9%

จะได้ 95.82x0.129 = 2.04 kWh

ค่าไฟฟ้า 2.7781 บาท/kWh

= 2.04x2.7781

ประหยัดได้ = 5.6 บาท/วัน

= 168 บาท/วัน

และเมื่อเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นในช่วงเริ่มต้น

อาคารที่ไม่ติดฉนวน ใช้ไฟฟ้า 0.61 kWh

อาคารที่ติดฉนวน ใช้ไฟฟ้า 0.32 kWh

จะเห็นว่าสามารถลดภาระค่าไฟในช่วงเริ่มต้นได้ $\frac{(0.61-0.32) \times 100}{0.61}$ = 47.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องที่ 2 ขนาด 20 ตร.ม.

ความร้อนจากอากาศ ห้องไม่ติดฉนวน

การหาน้ำหนักอากาศจากปริมาตรห้อง x 1.14 kg/m^2

= 20x30x1.14

= 68.4 kg

ดูค่าพลังงานจาก PSYCHROMETRIC CHART ณ อุณหภูมิ 34.5 °C เทียบกับ 25 °C

ต้องการลดค่าพลังงาน 45 kJ/kg

ค่าความร้อนทั้งหมด = 45x68.4

= 3,078 kJ

ความร้อนของอากาศที่ต้องลดลง = 3,078x0.9478

= 2,917.3 Btu ---------- ①

ความร้อนจากอากาศ ห้องที่ติดฉนวนใต้หลังคา

ดูค่าพลังงานจาก PSYCHROMETRIC CHART ณ อุณหภูมิ 29.5 °C เทียบกับ 25 °C

ต้องการลดค่าพลังงาน 25 kJ/kg

ค่าความร้อนทั้งหมด = 25x68.4

= 1,710 kJ

ความร้อนของอากาศที่ห้องจำลอง = 1,710x0.9478

= 1,620.7 Btu ---------- ②

ความร้อนจากโครงสร้าง

ผนังอาคาร ภายนอก 22.62 ตร.ม.

1 ตร.ม. = 10.76 ตร.ฟุต

Q = UAETD

= 0.542 x (22.62x10.76) x 4.3

ความร้อนจากผนังภายนอก = 567.2 Btuh ---------- ③

ผนังกระจก (หน้าต่าง) ความร้อนจากกระจกขนาด 3.96 ตร.ม.

ค่าความร้อนที่ได้จากกระจก Q = UAΔT

= 1.035x(3.96x10.76)x(85-77)

= 352.8 Btuh ---------- ④

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังภายใน ความร้อนจากผนังภายใน 27 ตร.ม.

ค่าความร้อนที่ได้จากผนัง Q = UAETD

= 0.542x(27x10.76)x4.3

= 677 Btuh ---------- ⑤

ความร้อนจากคน **กิจกรรมเขียนหนังสือ , นั่ง, ทำงานเบามาก**

ความร้อนสัมผัส Q_S = 230x0.53

= 121.9 Btuh

ความร้อนแฝง Q_L = 190 Btuh

$Q_S + Q_L$ = 311.9 Btuh ---------- ⑥

กิจกรรม เวลานอน

ความร้อนสัมผัส Q_S = 210x0.89

= 186.9 Btuh

ความร้อนแฝง Q_L = 140 Btuh

$Q_S + Q_L$ = 326.9 Btuh ---------- ⑦

ความร้อนจากหลังคา ไม่ติดฉนวน พื้นที่ 20 ตร.ม.

ค่า U-Value = 0.1317 Btu/ft^2.h.k

ค่า ETD = 24 ^oF

∴ Q = 0.1317x(20x10.76)x24

ค่าความร้อนจากหลังคาที่ไม่ติดฉนวน = 680.2 Btuh ---------- ⑧

ความร้อนจากหลังคาติดฉนวน

ค่า U-Value ของหลังคาที่ติดฉนวน = 0.061 Btu/ ft^2.h.k

∴ Q = 0.061x(20x10.76)x24

ค่าความร้อนจากหลังคาที่ติดฉนวน = 315 Btuh ---------- ⑨

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของห้องที่ 2

เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu กินไฟ 1.695 kW

1. ความร้อนอากาศของหลังคาไม่มีฉนวน ① = 2,917.3 Btu

ความร้อนจากโครงสร้างและคน ③+④+⑤+⑥+⑦+⑧

= 567.2+352.8+677+311.9+326.9+680.9

= 2,916 Btuh

ประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนความเย็นของรังผึ้ง 85%

จะได้ 18,000 x 0.85 = 15,300 Btuh

คิดหาภาระของเครื่องปรับอากาศเบื้องต้นที่ต้องลดอุณหภูมิอากาศ

โดยหักภาระความร้อนจากโครงสร้างและคน = 15,300-2,916

= 12,384 Btuh

∴ จะใช้เวลาเบื้องต้น = $\frac{2,917.3}{12,384}$

= 0.235 ชั่วโมง

ใช้ไฟฟ้า = 0.235x1.695

= 0.40 kWh

2. ความร้อนอากาศของหลังคาที่ติดฉนวน ② = 1,620.7 Btu

ความร้อนจากโครงสร้างและคน ③+④+⑤+⑥+⑦+⑨

= 567.2+352.8+677+311.9+326.9+315

= 2,550 Btuh

คิดหาภาระของเครื่องปรับอากาศเบื้องต้น = 15,300-2,550

= 12,750 Btuh

∴ จะใช้เวลาเบื้องต้น = $\frac{1,620.7}{12,750}$

= 0.127 ชั่วโมง

ใช้ไฟฟ้า = 0.127x1.695

= 0.21 kWh

กำหนดให้ เปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง/วัน

การทำงานของคอมเพรสเซอร์ 70% ของเวลาทั้งหมด

∴ จะใช้พลังงาน 1.695x10x0.7 = 11.865 kWh

อัตราค่าไฟฟ้าบ้านพักอาศัย = 2.7781 บาท/kWh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ ค่าไฟ = 11.865x2.7781

= 32.96 บาท

≈ 33 บาท/วัน

3. เมื่อเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นอาคารที่ไม่ติดฉนวน 2,916 Btuh

กับภาระการทำความเย็นอาคารที่ติดฉนวน 2,550 Btuh

สามารถลดภาระความร้อนได้ $\frac{(2,916-2,550) \times 100}{2,916}$ = 12.6%

จากการคำนวณการทำงานข้างต้น 11.87 kWh ลดลง 12.6%

จะได้ 11.87x0.126 = 1.5 kWh

ประหยัดได้ = 4.17 บาท/วัน

= 125.1 บาท/เดือน

4. เปรียบเทียบภาระทำความเย็นในช่วงเริ่มต้น

อาคารที่ไม่ติดฉนวน ใช้ไฟฟ้า 0.40 kWh

อาคารที่ติดฉนวน ใช้ไฟฟ้า 0.21 kWh

จะเห็นว่าสามารถลดภาระค่าไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้น $\frac{(0.40-0.21) \times 100}{0.40}$ = 47.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องที่ 3 ขนาด 15 ตร.ม.

ความร้อนจากอากาศ ห้องไม่ติดฉนวน

การหาน้ำหนักอากาศจากปริมาตรห้อง x 1.14 kg/m^2

= 15x3x1.14

= 51.3 kg

ดูค่าพลังงานจาก PSYCHROMETRIC CHART ณ อุณหภูมิ 34.5 ^{o}C เทียบกับ 25 ^{o}C

ต้องการลดค่าพลังงาน 45 kJ/kg

ค่าความร้อนทั้งหมด = 45x51.3

= 2,308.5 kJ

ความร้อนของอากาศที่ต้องลดลง = 2,308.5x0.9478

= 2,188 Btu ---------- ①

ความร้อนจากอากาศ ห้องที่ติดฉนวนใต้หลังคา

ดูค่าพลังงานจาก PSYCHOMATIC CHART ณ อุณหภูมิ 29.5 ^{o}C เทียบกับ 25 ^{o}C

ต้องการลดค่าพลังงาน 25 kJ/kg

ค่าความร้อนทั้งหมด = 25x51.3

= 1,283 Btu ---------- ②

ความร้อนจากโครงสร้าง

ผนังอาคาร ภายนอก 20.04 ตร.ม.

Q = 0.542 x (20.04x10.76) x 4.3

= 502.5 Btuh ---------- ③

ผนังกระจก (หน้าต่าง) ความร้อนจากกระจกขนาด 3.96 ตร.ม.

Q = 1.035x(3.96x10.76)x(85-77)

= 352.8 Btuh ---------- ④

ผนังภายใน ความร้อนจากผนังภายใน 24 ตร.ม.

Q = 0.542x(24x10.76)x4.3

= 602 Btuh ---------- ⑤

ความร้อนจากคน นั่ง, เขียนหนังสือ, ทำงานเบามาก

ความร้อนสัมผัส Q_s = 230x0.53

= 121.9 Btuh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนแฝง Q_L = 190 Btuh

$Q_S + Q_L$ = 311.9 Btuh ---------- ⑥

เวลานอน

ความร้อนสัมผัส Q_S = 210x0.89

= 186.9 Btuh

ความร้อนแฝง Q_L = 140 Btuh

$Q_S + Q_L$ = 326.9 Btuh ---------- ⑦

ความร้อนจากหลังคา ไม่ติดฉนวน พื้นที่ 15 ตร.ม.

$\therefore Q$ = UAETD

= 0.1317x(15x10.76)x24

ค่าความร้อนจากหลังคาที่ไม่ติดฉนวน = 510 Btuh ---------- ⑧

ความร้อนจากหลังคาติดฉนวน

$\therefore Q$ = UAETD

= 0.061x(15x10.76)x24

= 236.3 Btuh ---------- ⑨

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของห้อง

เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 14,000 Btu กินไฟ 1.31 kW

1. ความร้อนอากาศของหลังคาไม่มีฉนวน ① = 2,188 Btu

ความร้อนจากโครงสร้างและคน ③+④+⑤+⑥+⑦+⑧

= 502.5+352.8+602+311.9+326.9+510

= 2,606 Btuh

ประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนความเย็นของรังผึ้ง 85%

จะได้ 14,000 x 0.85 = 11,900 Btuh

คิดหาภาระของเครื่องปรับอากาศเบื้องต้นที่ต้องลดอุณหภูมิอากาศ

โดยหักภาระความร้อนจากโครงสร้างและคน = 11,900-2,606

= 9,294 Btuh

$\therefore$ จะใช้เวลาเบื้องต้น = $\frac{2,188}{9,294}$

= 0.23 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ไฟฟ้า = 0.23x1.31

= 0.30 kWh

2. ความร้อนอากาศของหลังคาที่ติดฉนวน ② = 1,283 Btu

ความร้อนจากโครงสร้างและคน ③+④+⑤+⑥+⑦+⑨

= 502.5+352.8+602+311.9+326.9+236.3

= 2,332.4 Btuh

คิดค่าภาระของเครื่องปรับอากาศเบื้องต้น = 11,900-2,332.4

= 9,567.6 Btuh

∴ จะใช้เวลาเบื้องต้น = $\frac{1,283}{9,567.6}$

= 0.134 ชั่วโมง

ใช้ไฟฟ้า = 0.134x1.31

= 0.175 kWh

กำหนดให้ เปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง/วัน

การทำงานของคอมเพรสเซอร์ 70% ของเวลาทั้งหมด

∴ จะใช้พลังงาน 1.31x10x0.7 = 9.17 kWh

อัตราค่าไฟฟ้าบ้านพักอาศัย = 2.7781 บาท/kWh

∴ ค่าไฟ = 9.17x2.7781

= 25.5 บาท

3. เมื่อเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นอาคารที่ไม่ติดฉนวน 2,606 Btuh

กับภาระการทำความเย็นอาคารที่ติดฉนวน 2,332.4 Btuh

∴ สามารถลดภาระความร้อนได้ $\frac{(2,606-2,332.4) \times 100}{2,606}$ = 10.5%

จากการคำนวณการทำงานข้างต้น 9.17 kWh ลดลง 10.5%

จะได้ 9.17x0.105 = 0.96 kWh

ประหยัดได้ = 2.68 บาท/วัน

= 80 บาท/เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เปรียบเทียบภาระทำความเย็นเบื้องต้น

อาคารที่ไม่ติดฉนวน ใช้ไฟฟ้า 0.30 kWh

อาคารที่ติดฉนวน ใช้ไฟฟ้า 0.175 kWh

จะเห็นว่าสามารถลดภาระค่าไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้น $\frac{(0.30-0.175)}{0.30} \times 100 = 41.6\%$

รวมการลดค่าไฟฟ้าทั้ง 3 ห้อง

1. ห้องขนาด 30 ตร.ม. ลดได้ 168 บาท/เดือน
2. ห้องขนาด 20 ตร.ม. ลดได้ 125.1 บาท/เดือน
3. ห้องขนาด 15 ตร.ม. ลดได้ 80 บาท/เดือน

รวม 373.1 บาท/เดือน

หรือประมาณ 4,476 บาท/ปี

6.2.2 เปรียบเทียบกับการลงทุน

จากพื้นที่อาคารที่ได้ทำตัวอย่างขึ้นมาขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร มี พื้นที่ใช้งาน65 ตร.ม. คำนวณพื้นที่หลังคาที่ต้องติดตั้งฉนวน 120 ตร.ม.

ฉนวนใยแก้วประเภทที่ติดตั้งใต้หลังคา 185 บาท/ตร.ม.

ดังนั้นค่าติดตั้งฉนวน 22,200 บาท

จากการคำนวณสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ 4,476 บาท/ปี

∴ ใช้เวลาประมาณ 4.95 หรือ 5 ปี เพื่อให้ได้คุ้มกับการลงทุนติดตั้งฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

6.1 สรุปผลการออกแบบของหลังคาเพื่อป้องกันความร้อน

จากการพิจารณาสรุปผลการทดลองพบว่า การศึกษารูปแบบของหลังคาที่สามารถลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากแสงแดดที่ทำให้ภายในห้องด้านล่างมีอุณหภูมิสูง และเก็บสะสมความร้อนดังกล่าวไว้ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุมุงหลังคา และฉนวนกันความร้อน จะช่วยลดอุณหภูมิที่ส่งผ่านลงมายังห้องด้านล่างได้โดย การศึกษารูปแบบและทดสอบจึงสามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1.1 การลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากแสงแดดที่ผ่านมาทางหลังคาของอาคารนั้น จะต้องทำให้ความร้อนที่สะสมบริเวณผิวหลังคา และผ่านมายังช่องใต้หลังคาได้ถ่ายเทออกโดยเร็ว

6.1.2 รูปแบบหลังคาที่มีช่องระบายอากาศเข้าและออก จะสามารถช่วยลดการสะสมความร้อนในช่องใต้หลังคา

6.1.3 การเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาเพื่อมาศึกษาทั้ง 3 ชนิด คือ กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องลอนคู่ และกระเบื้องซิงเกิ้ล มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

6.1.3.1 กระเบื้องคอนกรีต หรือซีแพคโมเนียมีมวลและความหนามาก สามารถป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้ผลดีกว่าอีก 2 ชนิด และมีอุณหภูมิ ผิวเฉลี่ย 49 องศาเซลเซียส

6.1.3.2 กระเบื้องลอนคู่ หรือซีเมนต์ใยหินหนา 5 มม. ความร้อนสามารถส่งผ่านมาได้มากกว่าอีก 2 ชนิด และมีอุณหภูมิผิวเฉลี่ย 45 องศาเซลเซียส

6.1.3.3 กระเบื้องซิงเกิ้ล กระเบื้องชนิดนี้ทำจากยางแอสฟัส เนื้อวัสดุมีสีทึบดำ การเก็บความร้อนที่เนื้อวัสดุจึงสูงสุดเฉลี่ย 53 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิที่เนื้อวัสดุสูงความร้อนที่ส่งผ่านลงมาด้านล่างจึงสูงตาม

6.1.4 การติดตั้งฉนวนกันความร้อนจะช่วยลดการส่งผ่านความร้อนที่สะสมบริเวณหลังคาลงได้ และการติดตั้งบริเวณใต้หลังคาจะได้ประสิทธิภาพสูงสุด

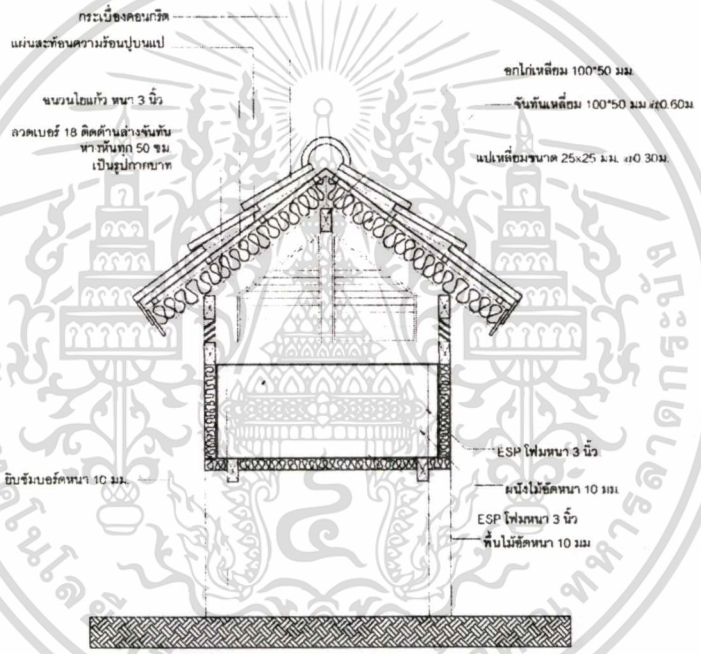
6.1.5 เมื่อเปรียบเทียบราคาของวัสดุในการใช้งาน กระเบื้องลอนคู่ มีราคาต่ำที่สุด และกระเบื้องคอนกรีตมีราคาสูงกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และกระเบื้องซิงเกิ้ลมีราคาสูงกว่าลอนคู่ถึง 88 เปอร์เซ็นต์ การเลือกใช้วัสดุมุงเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับราคาแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความสวยงาม ความพึงพอใจ และความต้องการของผู้เลือกใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.6 การติดตั้งฉนวนกันความร้อนได้เลือกใช้วัสดุ 3 แบบ คือ ฉนวนเยื่อกระดาษชนิดพ่นใต้หลังคา, ฉนวนใยแก้วแบบวางบนฝ้า และฉนวนใยแก้วแบบติดใต้หลังคา จากการทดลองพบว่าการติดตั้งฉนวนบริเวณใต้หลังคาสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่าติดตั้งบนฝ้า

6.1.7 เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าวัสดุและติดตั้งฉนวนใยแก้วแบบติดตั้งใต้หลังคา มีราคาถูกกว่าฉนวนเยื่อกระดาษ 26 เปอร์เซ็นต์

6.1.8 รูปแบบของหลังคาที่เหมาะกับการใช้งาน และมีประสิทธิภาพสูงสุดจากงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า หลังคากระเบื้องคอนกรีต และบุฉนวนใยแก้วใต้หลังคา และมีช่องระบายอากาศบริเวณหน้าจั่วทั้ง 2 ด้าน จะสามารถลดความร้อนที่จะส่งผ่านลงมายังพื้นที่ใช้สอยด้านล่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 6.1 แสดงรูปจำลองของหลังคาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความร้อน

6.1.9 จากการทดสอบเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าในการทำความเย็นของบ้านที่ติดฉนวนบริเวณใต้หลังคา กับบ้านที่ไม่ติดฉนวน พบว่าอุณหภูมิภายในห้องที่ติดฉนวนเวลา 20.00 น. มีอุณหภูมิ 29.5 องศาเซลเซียส และห้องที่ไม่ติดฉนวนเวลา 20.00 น. อุณหภูมิ 34.5 องศาเซลเซียส การทำงานในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ จากการคำนวณพบว่า สามารถลดภาระค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 42-48 เปอร์เซ็นต์

เมื่อคำนวณการทำงานตลอดระยะเวลา 10 ชั่วโมงต่อวัน อาคารที่ติดฉนวนสามารถลดภาระค่าไฟฟ้าได้ 10.5-12.6% และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าและการลงทุนติดตั้งฉนวนสามารถคุ้มทุนได้ในระยะเวลาประมาณ 5 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการเลือกให้วัสดุมุงหลังคาใดก็ตามต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ความสวยงามและความจำเป็นในการเลือกใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์การใช้งาน และรูปแบบในการติดตั้งฉนวนประเภทต่างๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพเต็มที่ สำหรับบ้านพักอาศัยที่สร้างเสร็จแล้วจะติดตั้งฉนวนภายหลังคงต้องเลือกใช้การวางฉนวนบนฝ้า แต่ก็จะมีปัญหาเรื่องระบบไฟฟ้าที่เดินอยู่บริเวณฝ้านั้น ส่วนบ้านที่อยู่ระหว่างการดำเนินงานก่อสร้างก็สามารถเลือกใช้การติดตั้งบริเวณใต้หลังคาได้ ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆอีกที่จะนำมาตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ทั้งทางด้านราคา และความงามทางสถาปัตยกรรมที่ผู้อยู่อาศัยต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**, จำนวน 3,000 เล่มพิมพ์ครั้งที่ 2 : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ 2536

ไพศาล จันเกยูร, ผศ CLIMATIC DESIGN IN TROPICAL HOUSING & BUILDING_ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2539

อุไรพร ตุมพสุวรรณ, **พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น** วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

ปรีชญา รังสอรักษ์,ผศ **แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ม.ป.ป.

ตระการ ก้าวกสิกรรม, นาวาอากาศตรี, **คู่มือฉนวนความร้อน**, หจก.อักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ 2537

วิเชษฎ ธวัชนันทชัย, **แนวทางการออกแบบระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับอาคารพักอาศัยประเภท** Double Loaded Corridor **เพื่อการประหยัดพลังงาน** : กรณีศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2542

ศุภลักษณ์ ใจเรือง, **การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อการระบายอากาศ และลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร** : กรณีศึกษา อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2542

สุรพล พฤกษพานิช, ผศ **การปรับอากาศหลักการและระบบ** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 2529

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, **การปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อน** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2541

Ashrae Handbook, Fundamentals, SI Edition, American Society of Heating Refrigerating and Air_Conditioning Engineers, Ins. 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benjamin Stein, John S. Reynold, MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT FOR BUILDINGS, Eighth Edition, University of Oregon 1992.

Otto Koenigsber, Robert lynn, **Roofs in the warm Humid tropics** , Architectural Association, London. 1965

Steven V. Szokolay, Dr. **Energy Conservation in Buildings.** การบรรยายพิเศษ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.1 ความต่างอุณหภูมิสมมูล (ETD)

อุณหภูมิออกแบบ F	85		90			95			100		105	110
ช่วงอุณหภูมิรายวัน[a]	L	M	L	M	H	L	M	H	M	H	H	H
ผนังและประตู												
1. Frame and veneer-on-frame	17.6	13.6	22.6	18.6	13.6	27.6	23.6	18.6	28.6	23.6	28.6	33.6
2. Masonry walls, 8-in. block or brick	10.3	6.3	15.3	11.3	6.3	20.3	16.3	11.3	21.3	16.3	21.3	26.3
3. Partitions, frame	9	5	14	10	5	19	15	10	20	15	20	25
masonry	2.5	0	7.5	3.5	0	12.5	8.5	3.5	13.5	8.5	13.5	18.5
4. Wood doors	17.6	13.6	22.6	18.6	13.6	27.6	23.6	18.6	28.6	23.6	28.6	33.6
เพดานและหลังคา[b]												
1. Ceilings under naturally vented attic												
or vented flat roof-dark	38	34	43	39	34	48	44	39	49	44	49	54
-light	30	26	35	31	26	40	36	31	41	36	41	46
2. Buit-up roof, no ceiling-dark	38	34	43	39	34	48	44	39	49	44	49	54
-light	30	26	35	31	26	40	36	31	41	36	41	46
3. Ceiling under unconditioned rooms	9	5	14	10	5	19	15	10	20	15	20	25
พื้น												
1. Over unconditioned rooms	9	5	14	10	5	19	15	10	20	15	20	25
2. Over basement, enclosed crawl space												
or conccrete slab on ground	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Over open drawl space	9	5	14	10	5	19	15	10	20	15	20	25

[a]Daily Temperture Range

L (Low) Calculation Value: 12 deg F. M(Medium) Calculation Value: 20 deg F. H(High) Calculation Value: 30 deg F.

Applicable Range: Less than 15 deg F. Applicable Range: 15 to 25 deg F. Applicable Range: More than 25 deg F.

[b]Ceiling and Roofs: For roofs in shade. 18-hr average = 11 deg temperature differential. At 90 deg F design and medium daily range. equivalent temperature differential for light-colored roof equals 11+(0.71)(39-11) = 31 deg F.

Reprinted with permission from the 1977 *Fundamentals*. ASHRAE Handbook & Product Directory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

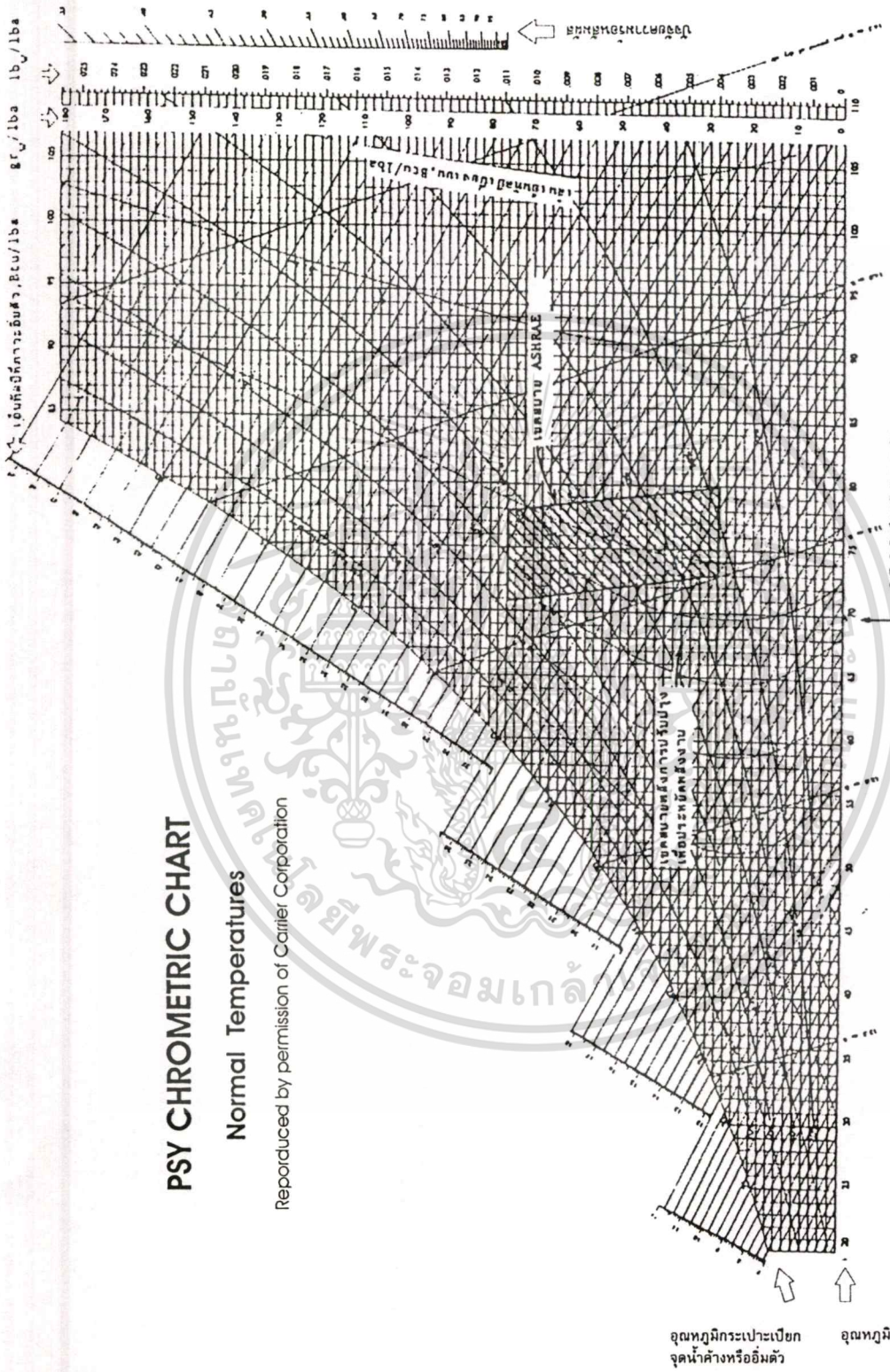
ตารางที่ ผ.2 ปริมาณความร้อนที่คายออกจากร่างกายคนที่อาศัยอยู่ภายในห้องปรับอากาศ

ประเภทกิจกรรม	ตัวอย่างสถานที่	ความร้อนรวม (ชายหนุ่ม)			ความร้อนรวมเฉลี่ย			ความร้อนสัมผัส			ความร้อนแฝง		
		Watt	Btuh	kcal/hr	Watt	Btuh	kcal/hr	Watt	Btuh	kcal/hr	Watt	Btuh	kcal/hr
นั่งนิ่ง	โรงหนัง	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
นั่ง,ทำงานเบามาก, เขียนหนังสือ	สำนักงาน, โรงแรม, อพาร์ทเม้นท์	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
นั่ง, กินอาหาร	ภัตตาคาร	150	520	130	170	580	145	75	255	60	95	325	80
นั่ง, ทำงานเบา, พิมพ์ดีด	สำนักงาน, โรงแรม, อพาร์ทเม้นท์	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
ยืน, ทำงานเบาหรือเดินช้าๆ	ร้านขายปลีก, ธนาคาร	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
งานโต๊ะช่างขนาดเบา	โรงงาน	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
เดิน 3 mph งานช่างขนาดเบา	โรงงาน	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
โบว์ลิ่ง	เลนโบว์ลิ่ง	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
เต้นรำปานกลาง	ห้องเต้นรำ	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
งานหนัก, งานช่างขนาดหนัก, ยกของ	โรงงาน	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
งานหนัก, กีฬา	ห้องพละ,ยิมเนเซียม	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

ตารางที่ ผ.3 แฟคเตอร์โหลดความเย็น (ความร้อนสัมผัส) สำหรับคน ; CLF

Total Hours in Space	Hours after Each Entry Into Space																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.1	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.8	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.8	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.2	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.3	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Reprinted with permission from the 1977 *Fundamentals*. ASHRAE Handbook & Product Directory.



ภาพที่ ผ.1 ไซโครเมตริกชาร์ทของแคร์เรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ภาคผนวก ข การวัดค่าอุณหภูมิกับหุ่นจำลองที่ไม่ได้ติดฉนวน

NO.	Date	Time	DBT. (Outdoor)	RH	DBT. (RS)	DBT. (G)	DBT .(Indoor)
			(*C)	(%)	(*C)	(*C)	(*C)
1	10 Apr 03	11:00 น.	37.13	48	48.40	36.85	36.01
2	10 Apr 03	11:05 น.	37.13	47	46.89	36.01	36.01
3	10 Apr 03	11:10 น.	37.13	44	47.89	36.43	36.01
4	10 Apr 03	11:15 น.	36.70	41	47.39	36.01	35.59
5	10 Apr 03	11:20 น.	37.16	43	47.39	36.01	35.59
6	10 Apr 03	11:25 น.	37.13	46	47.39	36.43	36.01
7	10 Apr 03	11:30 น.	38.13	42	46.40	36.01	36.01
8	10 Apr 03	11:35 น.	38.17	44	47.39	36.43	36.01
9	10 Apr 03	11:40 น.	38.00	44	49.96	36.85	36.01
10	10 Apr 03	11:45 น.	37.57	42	47.89	36.43	36.01
11	10 Apr 03	11:50 น.	38.00	42	49.43	36.85	36.43
12	10 Apr 03	11:55 น.	38.00	42	48.40	36.85	36.43
13	10 Apr 03	12:00 น.	37.57	44	47.89	36.43	36.43
14	10 Apr 03	12:05 น.	37.57	45	47.89	36.85	36.43
15	10 Apr 03	12:10 น.	37.35	45	47.89	36.85	36.43
16	10 Apr 03	12:15 น.	37.58	46	47.39	36.43	36.43
17	10 Apr 03	12:20 น.	38.52	46	47.39	36.43	36.43
18	10 Apr 03	12:25 น.	38.30	46	46.89	36.43	36.43
19	10 Apr 03	12:30 น.	38.12	47	47.39	36.43	36.43
20	10 Apr 03	12:35 น.	38.23	46	47.89	36.85	36.43
21	10 Apr 03	12:40 น.	37.57	46	47.39	36.43	36.85
22	10 Apr 03	12:45 น.	37.58	47	47.39	36.85	36.85
23	10 Apr 03	12:50 น.	38.00	47	47.89	36.85	36.85
24	10 Apr 03	12:55 น.	38.00	47	48.40	37.27	36.85
25	10 Apr 03	13:00 น.	37.57	46	46.89	36.85	36.85
26	10 Apr 03	13:05 น.	37.00	46	47.89	36.85	36.85
27	10 Apr 03	13:10 น.	37.60	46	48.40	36.85	36.85
28	10 Apr 03	13:15 น.	37.56	45	48.40	37.27	36.85
29	10 Apr 03	13:20 น.	37.80	45	47.89	36.85	36.85
30	10 Apr 03	13:25 น.	37.80	46	47.39	37.27	36.85
31	10 Apr 03	13:30 น.	37.44	44	48.40	37.27	37.27
32	10 Apr 03	13:35 น.	37.56	44	47.39	36.85	37.27
33	10 Apr 03	13:40 น.	38.10	44	47.89	37.27	37.27
34	10 Apr 03	13:45 น.	38.51	46	48.40	37.27	37.27
35	10 Apr 03	13:50 น.	38.87	45	49.43	38.13	37.27
36	10 Apr 03	13:55 น.	38.12	45	48.89	36.85	37.27
37	10 Apr 03	14:00 น.	38.15	45	47.89	37.27	37.27
38	10 Apr 03	14:05 น.	38.20	46	47.89	36.85	37.27
39	10 Apr 03	14:10 น.	37.80	44	47.39	37.27	37.27
40	10 Apr 03	14:15 น.	37.50	45	46.40	36.85	37.27
41	10 Apr 03	14:20 น.	37.57	46	46.40	36.85	37.27
42	10 Apr 03	14:25 น.	37.56	46	45.91	36.85	37.27
43	10 Apr 03	14:30 น.	37.57	46	46.40	37.27	37.27
44	10 Apr 03	14:35 น.	37.13	47	45.46	36.43	37.27
45	10 Apr 03	14:40 น.	37.57	47	45.91	36.85	37.27
46	10 Apr 03	14:45 น.	37.57	47	45.91	36.85	37.27
47	10 Apr 03	14:50 น.	37.57	48	46.40	36.85	37.27
48	10 Apr 03	14:55 น.	37.00	48	46.89	37.27	37.27
49	10 Apr 03	15:00 น.	37.13	49	44.94	36.85	37.27
50	10 Apr 03	15:05 น.	37.13	49	44.94	36.43	37.27
51	10 Apr 03	15:10 น.	36.00	50	44.46	36.43	37.27
52	10 Apr 03	15:15 น.	36.13	49	43.52	36.01	37.27
53	10 Apr 03	15:20 น.	36.00	50	43.05	36.43	37.27
54	10 Apr 03	15:25 น.	36.50	50	43.52	36.01	37.27
55	10 Apr 03	15:30 น.	36.27	51	42.59	36.01	36.85
56	10 Apr 03	15:35 น.	36.27	51	43.05	36.01	36.85
57	10 Apr 03	15:40 น.	36.27	51	42.59	36.01	36.85
58	10 Apr 03	15:45 น.	36.27	52	42.59	36.01	36.85
59	10 Apr 03	15:50 น.	35.89	52	42.59	36.01	36.85
60	10 Apr 03	15:55 น.	35.89	51	42.13	36.01	36.85
61	10 Apr 03	16:00 น.	35.89	52	41.67	35.59	36.85
62	10 Apr 03	16:05 น.	35.78	54	40.77	35.59	36.85
63	10 Apr 03	16:10 น.	35.74	53	40.32	35.17	36.43
64	10 Apr 03	16:15 น.	35.45	53	39.88	35.17	36.43
65	10 Apr 03	16:20 น.	35.45	54	39.88	35.17	36.43
66	10 Apr 03	16:25 น.	35.41	55	40.32	35.17	36.43
67	10 Apr 03	16:30 น.	35.42	53	39.44	35.17	36.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO.	Date	Time	DBT. (Outdoor)	RH	DBT. (RS)	DBT. (G)	DBT .(Indoor)
			(*C)	(%)	(*C)	(*C)	(*C)
68	10 Apr 03	16:35 น.	35.35	54	39.44	35.17	34.43
69	10 Apr 03	16:40 น.	35.12	51	38.57	35.17	36.01
70	10 Apr 03	16:45 น.	35.11	52	39.00	35.17	36.01
71	10 Apr 03	16:50 น.	35.10	50	39.00	35.17	36.01
72	10 Apr 03	16:55 น.	34.56	52	38.57	34.76	35.59
73	10 Apr 03	17:00 น.	34.55	48	37.70	34.76	35.59
74	10 Apr 03	17:05 น.	34.45	49	37.27	34.76	35.59
75	10 Apr 03	17:10 น.	34.20	46	36.45	34.34	35.17
76	10 Apr 03	17:15 น.	34.23	45	36.85	34.34	35.17
77	10 Apr 03	17:20 น.	34.21	44	36.43	34.34	35.17
78	10 Apr 03	17:25 น.	33.87	44	36.01	34.34	34.76
79	10 Apr 03	17:30 น.	33.76	45	35.59	33.93	34.76
80	10 Apr 03	17:35 น.	33.71	45	35.17	33.93	34.76
81	10 Apr 03	17:40 น.	33.54	47	34.76	33.93	34.64
82	10 Apr 03	17:45 น.	33.23	49	34.76	33.93	34.64
83	10 Apr 03	17:50 น.	33.23	51	33.93	33.52	34.64
84	10 Apr 03	17:55 น.	33.10	53	33.52	33.52	34.64
85	10 Apr 03	18:00 น.	33.12	53	33.52	33.12	34.64
86	10 Apr 03	18:05 น.	33.10	56	32.00	33.12	34.64
87	10 Apr 03	18:10 น.	33.09	56	32.31	33.12	34.64
88	10 Apr 03	18:15 น.	33.00	54	32.31	32.71	34.52
89	10 Apr 03	18:20 น.	32.82	57	31.90	32.71	34.52
90	10 Apr 03	18:25 น.	32.82	59	31.50	32.71	34.52
91	10 Apr 03	18:30 น.	32.76	60	31.50	32.31	34.52
92	10 Apr 03	18:35 น.	32.56	60	31.50	32.31	34.52
93	10 Apr 03	18:40 น.	32.51	61	31.10	32.31	34.52
94	10 Apr 03	18:45 น.	32.12	63	31.10	32.31	34.52
95	10 Apr 03	18:50 น.	32.23	64	31.10	31.90	34.52
96	10 Apr 03	18:55 น.	32.15	65	30.70	31.90	34.52
97	10 Apr 03	19:00 น.	31.56	66	30.70	31.90	34.52
98	10 Apr 03	19:05 น.	31.56	67	30.70	31.90	34.52
99	10 Apr 03	19:10 น.	31.90	68	30.70	31.50	34.32
100	10 Apr 03	19:15 น.	31.64	69	30.31	31.50	34.32
101	10 Apr 03	19:20 น.	31.64	70	30.31	31.50	34.32
102	10 Apr 03	19:25 น.	31.64	71	30.31	31.50	34.32
103	10 Apr 03	19:30 น.	31.51	71	30.31	31.50	34.32
104	10 Apr 03	19:35 น.	31.51	71	30.31	31.50	34.32
105	10 Apr 03	19:40 น.	31.51	72	30.31	31.50	34.32
106	10 Apr 03	19:45 น.	31.31	72	30.31	31.50	34.32
107	10 Apr 03	19:50 น.	31.21	73	30.31	31.50	34.32
108	10 Apr 03	19:55 น.	31.21	73	30.31	31.50	34.32
109	10 Apr 03	20:00 น.	31.21	72	30.31	31.50	34.32
110	10 Apr 03	20:05 น.	31.31	72	30.31	31.50	34.32
111	10 Apr 03	20:10 น.	31.21	73	29.91	31.10	34.31
112	10 Apr 03	20:15 น.	31.20	74	29.91	31.10	34.01
113	10 Apr 03	20:20 น.	31.20	74	29.91	31.10	33.81
114	10 Apr 03	20:25 น.	31.20	75	29.91	31.10	33.81
115	10 Apr 03	20:30 น.	31.10	76	29.91	31.10	33.81
116	10 Apr 03	20:35 น.	31.10	76	29.91	31.10	33.81
117	10 Apr 03	20:40 น.	31.10	76	29.91	31.10	33.81
118	10 Apr 03	20:45 น.	31.10	77	29.91	31.10	33.81
119	10 Apr 03	20:50 น.	31.11	77	29.91	31.10	33.81
120	10 Apr 03	20:55 น.	31.12	77	29.91	31.10	33.81
121	10 Apr 03	21:00 น.	31.10	77	29.91	31.10	33.81
122	10 Apr 03	21:05 น.	31.10	77	29.91	31.10	33.81
123	10 Apr 03	21:10 น.	31.10	77	29.91	31.10	33.81
124	10 Apr 03	21:15 น.	31.11	78	29.91	31.10	33.81
125	10 Apr 03	21:20 น.	31.10	78	29.91	31.10	33.81
126	10 Apr 03	21:25 น.	31.10	78	29.91	31.10	32.31
127	10 Apr 03	21:30 น.	31.10	78	29.91	31.10	31.90
128	10 Apr 03	21:35 น.	31.10	78	29.91	31.10	31.90
129	10 Apr 03	21:40 น.	30.50	79	29.91	31.10	31.90
130	10 Apr 03	21:45 น.	30.50	79	29.91	31.10	31.90
131	10 Apr 03	21:50 น.	30.50	80	29.91	31.10	31.90
132	10 Apr 03	21:55 น.	30.54	79	29.91	31.10	31.90
133	10 Apr 03	22:00 น.	30.45	80	29.91	31.10	31.90
134	10 Apr 03	22:05 น.	30.45	80	29.91	31.10	31.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO.	Date	Time	DBT. (Outdoor)	RH	DBT. (RS)	DBT. (G)	DBT .(Indoor)
			(*C)	(%)	(*C)	(*C)	(*C)
135	10 Apr 03	22:10 น.	30.46	80	29.91	31.10	31.90
136	10 Apr 03	22:15 น.	30.46	79	29.91	31.10	31.90
137	10 Apr 03	22:20 น.	30.46	80	29.91	31.10	31.90
138	10 Apr 03	22:25 น.	30.46	80	29.91	31.10	31.90
139	10 Apr 03	22:30 น.	30.46	81	29.91	30.70	31.90
140	10 Apr 03	22:35 น.	30.46	81	29.91	31.10	31.90
141	10 Apr 03	22:40 น.	30.00	81	29.91	31.10	31.90
142	10 Apr 03	22:45 น.	36.00	82	29.91	30.70	31.90
143	10 Apr 03	22:50 น.	30.36	82	29.91	30.70	31.57
144	10 Apr 03	22:55 น.	30.36	82	29.91	30.70	31.57
145	10 Apr 03	23:00 น.	30.36	83	29.91	30.70	31.57
146	10 Apr 03	23:05 น.	30.36	83	29.91	30.70	31.57
147	10 Apr 03	23:10 น.	30.36	83	29.91	30.70	31.57
148	10 Apr 03	23:15 น.	30.36	83	29.91	30.70	31.57
149	10 Apr 03	23:20 น.	30.32	82	29.91	30.70	31.57
150	10 Apr 03	23:25 น.	30.32	82	29.91	30.70	31.57
151	10 Apr 03	23:30 น.	30.32	82	29.91	30.70	31.57
152	10 Apr 03	23:35 น.	30.32	82	29.52	30.70	31.57
153	10 Apr 03	23:40 น.	30.32	82	29.52	30.70	31.57
154	10 Apr 03	23:45 น.	30.32	82	29.52	30.70	31.50
155	10 Apr 03	23:50 น.	30.32	82	29.52	30.70	31.50
156	10 Apr 03	23:55 น.	30.31	82	29.52	30.70	31.50
157	11 Apr 03	0:00 น.	30.31	82	29.52	30.70	31.50
158	11 Apr 03	0:05 น.	30.31	82	29.52	30.70	31.50
159	11 Apr 03	0:10 น.	30.30	82	29.52	30.70	31.50
160	11 Apr 03	0:15 น.	30.30	82	29.52	30.31	31.50
161	11 Apr 03	0:20 น.	30.30	83	29.12	30.31	31.50
162	11 Apr 03	0:25 น.	30.20	83	29.12	30.31	31.50
163	11 Apr 03	0:30 น.	30.20	84	29.12	30.31	31.10
164	11 Apr 03	0:35 น.	30.20	84	29.12	30.31	31.50
165	11 Apr 03	0:40 น.	30.20	84	29.12	30.31	31.10
166	11 Apr 03	0:45 น.	30.20	84	29.12	30.31	31.10
167	11 Apr 03	0:50 น.	30.10	83	29.12	30.31	31.10
168	11 Apr 03	0:55 น.	30.10	83	29.12	30.31	31.10
169	11 Apr 03	1:00 น.	30.10	83	29.12	30.31	31.10
170	11 Apr 03	1:05 น.	30.10	83	29.12	30.31	31.10
171	11 Apr 03	1:10 น.	29.89	83	29.12	30.31	31.10
172	11 Apr 03	1:15 น.	29.89	83	29.12	30.31	31.10
173	11 Apr 03	1:20 น.	29.89	84	29.12	30.31	31.10
174	11 Apr 03	1:25 น.	29.89	84	28.73	30.31	31.10
175	11 Apr 03	1:30 น.	29.87	84	29.12	30.31	31.10
176	11 Apr 03	1:35 น.	29.87	85	28.73	30.31	31.10
177	11 Apr 03	1:40 น.	29.87	85	28.73	30.31	31.10
178	11 Apr 03	1:45 น.	29.87	87	28.73	30.31	31.10
179	11 Apr 03	1:50 น.	29.87	87	28.73	30.31	31.10
180	11 Apr 03	1:55 น.	29.87	87	28.73	29.91	31.10
181	11 Apr 03	2:00 น.	29.87	87	28.73	29.91	30.70
182	11 Apr 03	2:05 น.	29.85	87	28.73	29.91	31.10
183	11 Apr 03	2:10 น.	29.85	87	28.73	29.91	30.70
184	11 Apr 03	2:15 น.	29.85	87	28.73	29.91	30.70
185	11 Apr 03	2:20 น.	29.83	85	28.73	29.91	30.70
186	11 Apr 03	2:25 น.	29.83	85	28.73	29.91	30.70
187	11 Apr 03	2:30 น.	29.83	85	28.34	29.91	30.70
188	11 Apr 03	2:35 น.	29.56	85	28.34	29.91	30.70
189	11 Apr 03	2:40 น.	29.56	85	28.34	29.91	30.70
190	11 Apr 03	2:45 น.	29.56	85	28.34	29.91	30.70
191	11 Apr 03	2:50 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.70
192	11 Apr 03	2:55 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.70
193	11 Apr 03	3:00 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.70
194	11 Apr 03	3:05 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.70
195	11 Apr 03	3:10 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
196	11 Apr 03	3:15 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
197	11 Apr 03	3:20 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
198	11 Apr 03	3:25 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
199	11 Apr 03	3:30 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
200	11 Apr 03	3:35 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
201	11 Apr 03	3:40 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO.	Date	Time	DBT. (Outdoor)	RH	DBT. (RS)	DBT. (G)	DBT .(Indoor)
			(*C)	(%)	(*C)	(*C)	(*C)
202	11 Apr 03	3:45 น.	29.23	84	28.34	29.52	30.31
203	11 Apr 03	3:50 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
204	11 Apr 03	3:55 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
205	11 Apr 03	4:00 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
206	11 Apr 03	4:05 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
207	11 Apr 03	4:10 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
208	11 Apr 03	4:15 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
209	11 Apr 03	4:20 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
210	11 Apr 03	4:25 น.	29.23	85	27.95	29.52	30.31
211	11 Apr 03	4:30 น.	29.23	85	27.95	29.52	30.31
212	11 Apr 03	4:35 น.	29.23	85	27.95	29.52	30.31
213	11 Apr 03	4:40 น.	29.23	85	27.95	29.52	30.31
214	11 Apr 03	4:45 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
215	11 Apr 03	4:50 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
216	11 Apr 03	4:55 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
217	11 Apr 03	5:00 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
218	11 Apr 03	5:05 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
219	11 Apr 03	5:10 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
220	11 Apr 03	5:15 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
221	11 Apr 03	5:20 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
222	11 Apr 03	5:25 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
223	11 Apr 03	5:30 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
224	11 Apr 03	5:35 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
225	11 Apr 03	5:40 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
226	11 Apr 03	5:45 น.	29.23	85	28.73	29.91	30.31
227	11 Apr 03	5:50 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
228	11 Apr 03	5:55 น.	29.23	85	28.34	29.91	30.31
229	11 Apr 03	6:00 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
230	11 Apr 03	6:05 น.	29.23	85	28.34	29.52	30.31
231	11 Apr 03	6:10 น.	29.23	87	28.34	29.91	30.31
232	11 Apr 03	6:15 น.	29.23	87	28.34	29.52	30.31
233	11 Apr 03	6:20 น.	29.23	85	29.73	29.91	30.31
234	11 Apr 03	6:25 น.	29.23	85	29.73	29.91	30.31
235	11 Apr 03	6:30 น.	29.23	87	29.12	29.91	30.31
236	11 Apr 03	6:35 น.	29.23	87	29.52	29.91	30.31
237	11 Apr 03	6:40 น.	29.58	88	29.91	29.91	30.31
238	11 Apr 03	6:45 น.	29.58	88	30.31	29.91	30.31
239	11 Apr 03	6:50 น.	29.58	88	30.70	29.91	30.31
240	11 Apr 03	6:55 น.	29.58	88	31.50	30.31	30.31
241	11 Apr 03	7:00 น.	29.58	88	31.90	30.31	30.31
242	11 Apr 03	7:05 น.	29.58	87	32.31	30.31	30.31
243	11 Apr 03	7:10 น.	29.58	87	33.12	30.70	30.31
244	11 Apr 03	7:15 น.	29.75	85	33.52	30.70	30.70
245	11 Apr 03	7:20 น.	29.75	85	33.93	30.70	30.70
246	11 Apr 03	7:25 น.	29.75	84	34.34	31.10	30.70
247	11 Apr 03	7:30 น.	29.79	83	34.76	31.10	30.70
248	11 Apr 03	7:35 น.	29.79	83	35.59	31.50	31.10
249	11 Apr 03	7:40 น.	30.46	82	36.43	31.50	31.10
250	11 Apr 03	7:45 น.	30.46	81	36.85	31.90	31.10
251	11 Apr 03	7:50 น.	30.46	79	37.27	31.90	31.50
252	11 Apr 03	7:55 น.	31.71	77	38.13	32.31	31.50
253	11 Apr 03	8:00 น.	31.71	75	38.13	32.31	31.90
254	11 Apr 03	8:05 น.	31.71	75	38.13	32.31	31.90
255	11 Apr 03	8:10 น.	32.12	74	39.00	32.31	31.90
256	11 Apr 03	8:15 น.	32.12	72	39.00	32.31	32.31
257	11 Apr 03	8:20 น.	32.12	71	39.00	32.31	32.31
258	11 Apr 03	8:25 น.	32.12	70	39.00	32.31	32.31
259	11 Apr 03	8:30 น.	32.52	69	39.88	32.71	32.71
260	11 Apr 03	8:35 น.	32.52	68	40.77	33.12	32.71
261	11 Apr 03	8:40 น.	32.52	67	40.77	33.12	33.12
262	11 Apr 03	8:45 น.	32.93	66	41.22	33.12	33.12
263	11 Apr 03	8:50 น.	32.93	65	41.22	33.52	33.52
264	11 Apr 03	8:55 น.	33.76	63	42.13	33.93	33.52
265	11 Apr 03	9:00 น.	34.17	61	43.99	34.34	33.52
266	11 Apr 03	9:05 น.	34.17	62	43.05	33.93	33.93
267	11 Apr 03	9:10 น.	34.59	61	44.46	34.34	33.93
268	11 Apr 03	9:15 น.	34.17	58	43.05	34.34	33.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO.	Date	Time	DBT. (Outdoor)	RH	DBT. (RS)	DBT. (G)	DBT .(Indoor)
			(*C)	(%)	(*C)	(*C)	(*C)
269	11 Apr 03	9:20 น.	34.59	58	43.52	34.34	33.93
270	11 Apr 03	9:25 น.	34.17	58	43.52	34.34	33.93
271	11 Apr 03	9:30 น.	34.59	58	43.99	34.34	33.93
272	11 Apr 03	9:35 น.	34.59	57	43.52	34.76	33.93
273	11 Apr 03	9:40 น.	34.59	57	43.99	34.76	34.34
274	11 Apr 03	9:45 น.	35.01	59	45.42	34.76	34.34
275	11 Apr 03	9:50 น.	35.43	56	45.91	35.17	34.76
276	11 Apr 03	9:55 น.	35.85	55	43.91	35.17	34.76
277	11 Apr 03	10:00 น.	35.85	55	43.05	34.76	34.76
278	11 Apr 03	10:05 น.	35.85	54	45.91	35.59	34.76
279	11 Apr 03	10:10 น.	35.85	52	45.42	35.17	34.76
280	11 Apr 03	10:15 น.	36.27	52	47.39	35.59	34.76
281	11 Apr 03	10:20 น.	36.27	51	46.89	35.59	34.76
282	11 Apr 03	10:25 น.	36.27	50	47.89	36.01	35.17
283	11 Apr 03	10:30 น.	36.70	50	47.89	36.01	35.17
284	11 Apr 03	10:35 น.	36.70	49	48.40	36.43	35.59
285	11 Apr 03	10:40 น.	36.70	49	46.89	36.01	33.59
286	11 Apr 03	10:45 น.	36.70	48	46.89	36.01	33.59
287	11 Apr 03	10:50 น.	37.13	47	47.39	36.01	33.59
288	11 Apr 03	10:55 น.	37.13	44	47.89	36.01	33.59
289	11 Apr 03	11:00 น.	37.13	44	47.39	36.01	36.01
290	11 Apr 03	11:05 น.	37.13	44	47.39	36.43	36.01
291	11 Apr 03	11:10 น.	37.63	45	47.89	36.43	36.01
292	11 Apr 03	11:15 น.	37.57	43	47.89	36.85	36.01
293	11 Apr 03	11:20 น.	37.57	41	47.89	36.85	36.01
294	11 Apr 03	11:25 น.	37.57	43	47.89	36.43	36.01
295	11 Apr 03	11:30 น.	37.57	43	47.89	36.85	36.01
296	11 Apr 03	11:35 น.	38.00	39	48.40	36.85	36.01
297	11 Apr 03	11:40 น.	38.00	41	48.40	36.85	36.43
298	11 Apr 03	11:45 น.	38.44	39	49.96	37.27	36.43
299	11 Apr 03	11:50 น.	38.44	39	48.91	37.27	36.43
300	11 Apr 03	11:55 น.	38.44	38	48.40	37.27	36.43
301	11 Apr 03	12:00 น.	38.44	39	48.40	37.27	36.43
302	11 Apr 03	12:05 น.	38.44	38	48.91	37.27	36.43
303	11 Apr 03	12:10 น.	38.00	39	47.89	36.85	36.43
304	11 Apr 03	12:15 น.	38.44	38	48.91	37.27	36.43
305	11 Apr 03	12:20 น.	38.00	39	49.43	37.27	36.85
306	11 Apr 03	12:25 น.	38.44	39	49.96	37.70	36.85
307	11 Apr 03	12:30 น.	38.44	39	47.89	37.27	36.85
308	11 Apr 03	12:35 น.	38.00	41	45.42	36.01	36.85
309	11 Apr 03	12:40 น.	38.44	41	47.89	36.85	36.85
310	11 Apr 03	12:45 น.	38.78	40	48.40	36.85	36.85
311	11 Apr 03	12:50 น.	39.56	40	47.89	37.27	36.85
312	11 Apr 03	12:55 น.	39.12	39	47.89	36.85	36.85
313	11 Apr 03	13:00 น.	39.10	40	47.89	36.85	36.85
314	11 Apr 03	13:05 น.	38.89	40	47.89	37.27	36.85
315	11 Apr 03	13:10 น.	38.79	41	45.91	36.43	36.85
316	11 Apr 03	13:15 น.	38.49	41	46.89	36.85	36.85
317	11 Apr 03	13:20 น.	38.46	41	45.42	36.85	36.85
318	11 Apr 03	13:25 น.	38.42	43	45.42	36.85	36.85
319	11 Apr 03	13:30 น.	38.44	43	44.46	36.43	36.85
320	11 Apr 03	13:35 น.	38.32	43	45.42	36.43	36.85
321	11 Apr 03	13:40 น.	37.85	43	44.46	36.01	36.43
322	11 Apr 03	13:45 น.	37.89	42	44.94	36.43	36.43
323	11 Apr 03	13:50 น.	37.97	43	44.46	36.01	36.43
324	11 Apr 03	13:55 น.	38.00	42	45.42	36.85	36.43
325	11 Apr 03	14:00 น.	38.44	41	43.05	35.17	36.43
326	11 Apr 03	14:05 น.	37.89	43	43.99	36.01	36.43
327	11 Apr 03	14:10 น.	38.00	42	44.46	36.01	36.43
328	11 Apr 03	14:15 น.	38.00	41	44.94	36.43	36.43
329	11 Apr 03	14:20 น.	38.00	41	45.42	36.43	36.43
330	11 Apr 03	14:25 น.	38.23	40	44.46	36.43	36.43
331	11 Apr 03	14:30 น.	38.21	41	43.05	35.59	36.43
332	11 Apr 03	14:35 น.	38.21	43	43.99	36.43	36.43
333	11 Apr 03	14:40 น.	37.87	42	45.42	36.85	36.43
334	11 Apr 03	14:45 น.	37.23	42	43.99	36.01	36.43
335	11 Apr 03	14:50 น.	37.57	43	44.94	36.85	36.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO.	Date	Time	DBT. (Outdoor)	RH	DBT. (RS)	DBT. (G)	DBT .(Indoor)
			(*C)	(%)	(*C)	(*C)	(*C)
336	11 Apr 03	14:55 น.	37.56	44	44.94	36.43	36.43
337	11 Apr 03	15:00 น.	37.57	43	44.46	36.43	36.85
338	11 Apr 03	15:05 น.	37.13	45	43.99	36.43	36.85
339	11 Apr 03	15:10 น.	37.63	45	43.52	36.01	36.85
340	11 Apr 03	15:15 น.	37.13	44	43.99	36.43	36.85
341	11 Apr 03	15:20 น.	37.57	46	43.05	36.01	36.85
342	11 Apr 03	15:25 น.	37.13	46	43.52	36.43	36.85
343	11 Apr 03	15:30 น.	37.13	47	44.46	36.43	36.85
344	11 Apr 03	15:35 น.	37.13	46	43.05	36.43	36.85
345	11 Apr 03	15:40 น.	36.70	47	41.67	35.59	36.85
346	11 Apr 03	15:45 น.	36.27	48	41.67	36.01	36.85
347	11 Apr 03	15:50 น.	36.26	49	40.77	36.43	36.43
348	11 Apr 03	15:55 น.	35.83	58	39.59	35.17	35.17

max	39.56	88	49.96	38.13	37.27
min	29.23	38	27.95	29.52	30.31
mean	33.58	64	37.47	33.35	33.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าอุณหภูมิจากแบบจำลองที่ 7, 8, 9และสภาพภูมิอากาศ วันที่ 22-23 มิ.ย. 2544

File: \GAME\ORIG\DATA_C.LDC
on:22/6/01-23/6/01

	Device Address	OP241	OP241	OP366	OP366	OP367	OP367	OP371	OP371	OP373	OP373	HOBO	HOBO	HOBO
	Channel Number	M01	M02	M01	M02	M01	M02	M01	M02	M01	M02	1	2	3
	Sensor:	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Spannung 0(-100)..100mV			
	Unit:	C	C	C	C	C	C	C	C	C	W/m2	C	%	C
	Comment:	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Thermoelement K	Spannung 0(-100)..100mV			
	Description:	(Ts7)	(Tg7)	(Ti7)	(Ts8)	(Tg8)	(Ti8)	(Ts9)	(Tg9)	(Ti9)	(IRhor) c	(DBT) c	(RH) c	(GT) c
	Mean	31.79	28.35	28.88	29.92	28.09	29.19	32.46	28.65	28.59	174.53	29.93	70.76	31.02
	Min	24.31	25.46	26.73	23.66	24.96	26.51	23.36	25.39	26.66	0.31	25.95	43.80	25.17
	Max	52.61	32.00	30.75	45.75	31.38	31.72	57.13	32.28	31.29	901.37	37.00	89.80	44.40
		cpac			คอนคู			shingle				climate		
No.:	Date/Time:	(Ts7)	(Tg7)	(Ti7)	(Ts8)	(Tg8)	(Ti8)	(Ts9)	(Tg9)	(Ti9)	(IRhor) c	(DBT) c	(RH) c	(GT) c
1	0:00	26.87	27.29	27.51	25.69	27.19	27.81	26.92	28.07	27.46	0.32	25.95	86.70	25.17
2	0:05	26.87	27.31	27.46	25.71	27.11	27.81	27.04	28.04	27.39	0.32	25.95	86.70	25.17
3	0:10	26.77	27.29	27.39	25.61	27.11	27.74	26.82	27.99	27.31	0.32	25.95	86.70	25.17
4	0:15	26.77	27.31	27.39	25.64	27.06	27.71	26.82	27.97	27.26	0.32	25.95	86.70	25.17
5	0:20	26.62	27.21	27.36	25.54	27.11	27.66	26.67	27.92	27.31	0.32	25.95	86.70	25.17
6	0:25	26.49	27.16	27.31	25.46	26.99	27.66	26.64	27.84	27.26	0.32	25.95	86.70	25.17
7	0:30	26.32	27.06	27.26	25.29	26.89	27.64	26.37	27.72	27.24	0.32	25.95	86.70	25.56
8	0:35	26.17	27.01	27.24	25.16	26.84	27.59	26.22	27.67	27.24	0.32	25.95	86.70	25.56
9	0:40	26.09	26.96	27.24	25.09	26.81	27.56	26.12	27.59	27.24	0.32	26.34	86.70	25.56
10	0:45	26.02	26.96	27.24	24.96	26.84	27.51	25.89	27.59	27.16	0.32	25.95	86.70	25.56
11	0:50	25.99	27.01	27.18	24.89	26.81	27.49	25.89	27.59	27.11	0.32	25.95	86.70	25.56
12	0:55	25.92	26.94	27.18	24.86	26.81	27.44	25.82	27.49	27.08	0.32	25.95	88.20	25.56
13	1:00	25.87	26.81	27.11	24.86	26.74	27.44	25.74	27.42	27.08	0.32	25.95	88.20	25.56
14	1:05	25.76	26.76	27.08	24.74	26.66	27.44	25.59	27.26	27.03	0.32	25.95	88.20	25.56
15	1:10	25.69	26.74	27.08	24.66	26.64	27.36	25.42	27.19	27.03	0.32	25.95	86.70	25.56
16	1:15	25.76	26.76	27.08	24.68	26.64	27.36	25.44	27.21	27.03	0.32	26.34	86.70	25.56
17	1:20	25.84	26.66	27.01	24.74	26.59	27.36	25.52	27.19	27.01	0.32	26.34	86.70	25.56
18	1:25	25.79	26.66	27.01	24.74	26.56	27.36	25.44	27.11	26.96	0.32	26.34	86.70	25.56
19	1:30	25.87	26.58	27.01	24.81	26.49	27.36	25.57	27.11	26.96	0.32	26.34	86.70	25.56
20	1:35	25.94	26.53	26.96	24.89	26.36	27.34	25.59	26.99	26.96	0.32	26.34	86.70	25.56
21	1:40	25.92	26.46	27.01	24.89	26.36	27.34	25.59	27.04	26.93	0.32	26.34	85.30	25.56
22	1:45	25.94	26.53	26.96	24.94	26.44	27.29	25.59	27.06	26.93	0.32	26.34	85.30	25.56
23	1:50	25.92	26.53	26.96	24.96	26.44	27.29	25.59	27.06	26.88	0.32	26.34	86.70	25.56
24	1:55	25.87	26.58	26.93	24.94	26.36	27.26	25.57	27.04	26.86	0.32	26.34	86.70	25.56
25	2:00	25.87	26.58	26.88	24.96	26.36	27.26	25.57	27.04	26.81	0.32	26.34	86.70	25.56
26	2:05	25.87	26.53	26.88	24.89	26.41	27.26	25.57	27.04	26.86	0.32	26.34	85.30	25.56
27	2:10	25.79	26.58	26.88	24.89	26.41	27.26	25.44	27.06	26.86	0.32	26.34	86.70	25.56
28	2:15	25.76	26.58	26.88	24.89	26.44	27.26	25.42	27.11	26.86	0.32	26.34	86.70	25.56
29	2:20	25.69	26.61	26.88	24.81	26.44	27.21	25.34	27.06	26.81	0.32	26.34	86.70	25.56
30	2:25	25.61	26.53	26.88	24.81	26.36	27.21	25.21	26.99	26.81	0.32	26.34	86.70	25.56
31	2:30	25.54	26.51	26.88	24.61	26.36	27.21	25.04	26.96	26.81	0.32	26.34	86.70	25.56
32	2:35	25.54	26.53	26.88	24.66	26.36	27.21	25.06	26.96	26.76	0.32	26.34	86.70	25.56
33	2:40	25.54	26.53	26.88	24.61	26.36	27.19	25.06	26.96	26.81	0.32	26.34	86.70	25.56
34	2:45	25.54	26.58	26.88	24.61	26.36	27.19	25.04	26.96	26.76	0.32	25.95	88.20	25.56
35	2:50	25.49	26.53	26.86	24.61	26.41	27.19	24.99	26.91	26.73	0.31	25.95	88.20	25.56
36	2:55	25.39	26.46	26.88	24.51	26.34	27.14	24.84	26.89	26.76	0.32	26.34	86.70	25.56
37	3:00	25.41	26.38	26.88	24.38	26.29	27.19	24.79	26.81	26.76	0.32	26.34	86.70	25.56

38	3:05	25.41	26.43	26.88	24.43	26.26	27.19	24.81	26.84	26.73	0.32	26.34	86.70	25.56
39	3:10	25.46	26.46	26.86	24.46	26.19	27.19	24.91	26.96	26.73	0.32	25.95	86.70	25.56
40	3:15	25.39	26.53	26.88	24.46	26.21	27.19	24.81	26.96	26.73	0.32	25.95	88.20	25.56
41	3:20	25.39	26.51	26.86	24.43	26.36	27.14	24.81	26.96	26.73	0.34	25.95	88.20	25.56
42	3:25	25.34	26.58	26.81	24.46	26.36	27.14	24.81	26.91	26.68	0.34	25.95	88.20	25.56
43	3:30	25.31	26.46	26.81	24.38	26.36	27.11	24.79	26.89	26.68	0.32	25.95	88.20	25.56
44	3:35	25.29	26.43	26.86	24.38	26.29	27.11	24.79	26.89	26.68	0.32	25.95	88.20	25.56
45	3:40	25.24	26.38	26.86	24.36	26.34	27.11	24.74	26.84	26.73	0.32	25.95	88.20	25.56
46	3:45	25.29	26.38	26.81	24.36	26.36	27.11	24.74	26.89	26.73	0.32	25.95	88.20	25.56
47	3:50	25.29	26.31	26.81	24.36	26.36	27.11	24.74	26.81	26.66	0.32	25.95	88.20	25.56
48	3:55	25.24	26.23	26.81	24.36	26.29	27.11	24.79	26.81	26.68	0.32	25.95	88.20	25.56
49	4:00	25.29	26.16	26.81	24.31	26.26	27.11	24.79	26.71	26.73	0.32	26.34	88.20	25.56
50	4:05	25.29	26.23	26.81	24.31	26.21	27.11	24.81	26.66	26.68	0.32	26.34	88.20	25.56
51	4:10	25.21	26.16	26.81	24.23	26.19	27.11	24.66	26.66	26.73	0.32	26.34	88.20	25.56
52	4:15	25.09	26.08	26.81	24.18	26.11	27.11	24.59	26.59	26.73	0.32	26.34	88.20	25.56
53	4:20	25.01	26.03	26.81	24.08	26.14	27.06	24.44	26.59	26.73	0.34	26.34	88.20	25.95
54	4:25	25.09	26.03	26.76	24.11	26.11	27.11	24.51	26.56	26.73	0.34	26.34	88.20	25.56
55	4:30	25.14	26.03	26.81	24.16	26.11	27.11	24.59	26.51	26.73	0.35	26.34	88.20	25.56
56	4:35	25.16	26.08	26.73	24.23	26.11	27.06	24.66	26.56	26.73	0.34	26.34	88.20	25.56
57	4:40	25.21	26.16	26.73	24.26	26.06	27.04	24.74	26.59	26.68	0.35	26.34	88.20	25.56
58	4:45	25.24	26.08	26.76	24.26	26.06	27.06	24.74	26.59	26.68	0.34	26.34	88.20	25.56
59	4:50	25.31	26.08	26.81	24.31	26.11	27.06	24.71	26.59	26.73	0.34	26.34	89.80	25.56
60	4:55	25.31	26.08	26.76	24.36	26.11	27.04	24.71	26.56	26.68	0.34	26.34	89.80	25.56
61	5:00	25.34	26.03	26.81	24.31	26.06	27.06	24.74	26.56	26.68	0.34	26.34	89.80	25.56
62	5:05	25.21	26.08	26.81	24.23	26.06	27.04	24.51	26.51	26.66	0.35	26.34	89.80	25.56
63	5:10	24.86	25.88	26.81	23.93	25.96	27.04	24.04	26.34	26.66	0.35	26.34	89.80	25.95
64	5:15	24.71	25.88	26.76	23.86	25.91	26.96	23.99	26.34	26.68	0.34	26.34	88.20	26.34
65	5:20	24.71	25.88	26.76	23.73	25.89	26.96	23.89	26.36	26.68	0.34	26.34	88.20	25.95
66	5:25	24.84	25.96	26.81	23.81	25.96	26.96	23.96	26.44	26.68	0.34	26.34	88.20	25.95
67	5:30	24.79	25.96	26.81	23.81	25.99	26.96	23.96	26.44	26.68	0.34	26.34	88.20	25.95
68	5:35	24.79	26.01	26.81	23.76	25.96	26.96	23.96	26.41	26.73	0.34	26.34	86.70	25.95
69	5:40	24.79	26.01	26.86	23.76	25.96	26.99	23.96	26.41	26.73	0.37	26.34	86.70	25.95
70	5:45	24.79	25.96	26.88	23.73	25.96	26.99	23.89	26.36	26.73	0.41	26.34	86.70	25.95
71	5:50	24.86	26.03	26.88	23.76	25.96	27.04	23.89	26.41	26.73	0.55	26.34	86.70	25.95
72	5:55	24.79	25.96	26.88	23.76	25.91	27.04	23.91	26.41	26.73	0.75	26.34	86.70	25.95
73	6:00	24.86	26.08	26.86	23.81	25.91	27.04	23.99	26.51	26.73	0.99	26.34	86.70	25.95
74	6:05	24.84	26.03	26.86	23.81	25.96	27.04	23.96	26.51	26.73	1.69	26.34	86.70	25.95
75	6:10	24.79	26.08	26.81	23.86	25.91	27.04	23.99	26.51	26.73	3.53	26.34	88.20	25.95
76	6:15	24.76	26.16	26.86	23.81	25.96	27.04	23.96	26.51	26.73	7.49	26.34	88.20	25.95
77	6:20	24.61	25.93	26.88	23.66	25.89	26.99	23.74	26.36	26.73	11.92	26.34	88.20	26.34
78	6:25	24.39	25.81	26.88	24.00	25.81	26.96	23.46	26.26	26.73	15.89	26.34	88.20	26.34
79	6:30	24.31	25.86	26.81	24.21	25.79	26.96	23.39	26.26	26.73	19.40	26.73	86.60	26.34
80	6:35	24.45	25.96	26.81	24.35	25.81	26.96	23.36	26.34	26.68	22.62	26.73	86.60	26.34
81	6:40	24.62	25.93	26.81	24.48	25.89	26.96	23.39	26.36	26.76	22.95	26.73	86.60	26.34
82	6:45	24.76	26.01	26.86	24.54	25.89	26.96	23.53	26.44	26.73	24.22	26.34	88.20	26.34
83	6:50	24.95	26.11	26.86	24.68	25.96	26.96	23.69	26.51	26.81	28.19	26.34	88.20	26.34
84	6:55	25.17	26.08	26.86	24.91	25.96	26.96	23.95	26.49	26.81	33.58	26.73	88.20	26.34
85	7:00	25.52	26.01	26.86	25.18	25.91	26.96	24.36	26.41	26.81	44.35	26.73	88.20	26.73
86	7:05	25.88	25.96	26.86	25.47	25.89	26.96	24.78	26.36	26.86	58.59	26.73	86.60	27.12
87	7:10	26.15	26.03	26.88	25.80	25.91	26.96	25.21	26.41	26.88	70.65	26.73	86.60	27.12

88	7:15	26.53	26.08	26.88	25.96	25.89	26.99	25.50	26.41	26.86	68.07	26.73	86.60	27.12
89	7:20	26.59	26.08	26.93	26.07	25.91	26.99	25.35	26.51	26.81	61.77	26.73	85.30	27.12
90	7:25	26.45	26.16	26.96	25.98	25.99	26.99	25.19	26.56	26.88	71.98	26.73	85.30	26.73
91	7:30	26.75	26.23	26.96	26.15	26.06	26.99	25.70	26.59	26.96	79.70	26.73	85.30	27.12
92	7:35	27.25	26.16	26.96	26.55	26.04	27.04	26.39	26.51	26.96	99.31	26.73	85.30	27.52
93	7:40	28.74	26.11	26.96	27.20	25.96	27.04	27.60	26.51	26.88	145.25	27.12	85.30	27.91
94	7:45	29.23	26.16	26.96	27.56	25.89	26.99	28.11	26.44	26.93	153.25	27.12	84.00	28.31
95	7:50	30.61	26.08	26.96	28.24	25.81	26.99	29.22	26.36	26.88	190.16	27.52	84.00	28.70
96	7:55	31.55	26.08	26.96	28.66	25.79	26.96	29.74	26.29	26.88	227.40	27.52	82.80	29.10
97	8:00	35.67	25.81	26.96	30.32	25.51	26.89	33.93	26.11	26.86	346.72	28.31	81.70	30.31
98	8:05	39.00	25.58	26.88	31.43	25.26	26.81	35.99	25.81	26.73	362.53	28.70	79.70	31.93
99	8:10	38.55	25.58	26.76	31.60	25.08	26.74	35.28	25.71	26.66	287.41	29.10	78.70	31.52
100	8:15	35.18	25.76	26.86	31.03	25.31	26.59	33.26	25.81	26.66	248.89	28.70	77.90	30.71
101	8:20	34.69	25.73	26.88	30.67	25.36	26.51	32.27	25.74	26.73	246.00	28.70	77.10	30.31
102	8:25	34.89	25.73	26.96	30.93	25.36	26.66	32.98	25.74	26.81	251.51	28.70	76.40	30.71
103	8:30	34.56	25.73	27.01	30.79	25.39	26.66	32.66	25.79	26.88	266.85	28.70	74.30	30.71
104	8:35	37.20	25.68	27.11	31.28	25.36	26.71	34.52	25.66	26.88	419.00	29.50	73.50	32.34
105	8:40	37.89	25.66	27.11	31.88	25.31	26.79	35.09	25.71	26.88	330.19	29.50	72.90	32.34
106	8:45	40.75	25.53	27.16	32.17	25.24	26.79	36.82	25.59	26.93	481.32	29.90	69.70	34.01
107	8:50	42.34	25.46	27.11	33.54	25.11	26.74	37.72	25.46	26.96	535.01	30.31	69.10	34.43
108	8:55	43.84	25.46	27.16	34.60	25.11	26.74	39.27	25.46	26.96	565.89	30.71	66.40	35.27
109	9:00	45.00	25.46	27.16	35.54	24.96	26.66	40.74	25.39	26.93	559.25	31.12	64.10	36.13
110	9:05	42.05	25.76	27.24	34.18	25.36	26.74	38.34	25.59	27.03	550.27	31.12	62.80	34.43
111	9:10	42.99	25.86	27.26	34.51	25.26	26.79	39.43	25.64	26.88	619.46	31.12	62.80	35.27
112	9:15	46.54	25.68	27.24	36.38	25.18	26.81	43.57	25.46	27.11	727.67	32.34	61.30	37.88
113	9:20	40.97	26.08	27.36	35.70	25.66	26.89	39.60	25.89	27.11	388.40	31.52	62.40	34.43
114	9:25	39.06	26.43	27.46	33.49	25.79	26.99	36.69	26.26	27.18	338.28	31.12	64.50	32.76
115	9:30	44.71	26.31	27.64	35.98	25.74	27.06	41.98	26.11	27.36	670.18	31.93	64.70	36.57
116	9:35	45.85	26.38	27.66	36.11	25.89	27.06	43.12	26.14	27.24	667.45	32.34	61.30	36.57
117	9:40	43.77	26.58	27.79	35.55	25.81	27.11	40.59	26.34	26.88	525.56	31.93	60.80	35.27
118	9:45	42.99	26.74	27.96	36.17	26.21	27.26	41.01	26.49	27.36	615.09	31.93	62.00	35.27
119	9:50	44.28	26.38	27.89	36.47	25.81	27.36	43.35	26.14	27.56	632.36	32.34	61.30	36.57
120	9:55	43.50	26.89	27.99	35.96	26.36	27.36	41.93	26.59	27.56	651.80	32.76	57.70	36.13
121	10:00	45.04	26.76	28.14	37.52	26.19	27.51	43.64	26.51	27.79	651.19	32.76	58.50	37.00
122	10:05	43.43	26.96	28.19	36.23	26.44	27.51	41.48	26.71	27.44	529.33	32.76	58.20	36.13
123	10:10	41.97	27.14	28.26	36.07	26.51	27.71	41.38	26.81	27.46	429.35	32.76	58.70	35.27
124	10:15	41.34	27.16	28.34	36.13	26.71	27.79	41.19	26.81	27.91	475.20	32.76	56.80	35.27
125	10:20	42.76	27.16	28.44	37.72	26.84	27.99	44.58	26.89	28.04	804.52	33.59	56.80	37.88
126	10:25	40.82	27.21	28.36	37.36	26.79	28.04	42.32	26.96	27.51	443.67	33.17	55.10	36.13
127	10:30	43.20	27.46	28.51	36.69	26.91	28.11	42.95	27.19	27.66	495.27	33.17	55.80	36.57
128	10:35	43.89	27.31	28.49	38.68	26.89	28.19	45.89	27.11	27.99	607.68	34.01	54.70	37.44
129	10:40	40.42	27.79	28.59	35.80	27.21	28.21	39.77	27.52	27.81	503.92	32.76	55.60	34.85
130	10:45	42.16	27.76	28.74	36.02	27.19	28.37	41.00	27.59	27.84	512.26	32.76	56.80	35.70
131	10:50	42.54	27.86	28.74	36.19	27.21	28.42	41.77	27.74	27.96	579.47	32.76	56.10	36.13
132	10:55	43.86	27.64	28.81	37.94	27.37	28.44	44.93	27.52	28.11	542.22	33.17	56.90	37.00
133	11:00	43.12	27.61	28.81	38.51	27.34	28.52	45.85	27.49	28.11	622.62	34.01	53.90	37.44
134	11:05	45.07	27.99	28.89	38.57	27.29	28.59	45.75	27.84	28.26	663.95	34.01	53.10	37.44
135	11:10	44.19	27.71	28.84	39.43	27.29	28.64	46.12	27.52	28.36	599.25	34.43	52.80	37.88
136	11:15	46.76	27.84	28.89	41.13	27.44	28.67	49.88	27.67	28.26	701.22	34.85	50.40	39.22
137	11:20	46.85	27.86	28.89	39.70	27.26	28.72	48.19	27.59	28.19	611.16	34.43	49.60	38.32

138	11:25	46.80	27.76	28.96	41.42	27.44	28.82	49.83	27.74	28.19	594.75	34.85	48.80	38.77
139	11:30	45.11	28.16	29.04	39.71	27.72	28.92	47.41	27.99	28.44	463.54	34.43	50.00	37.88
140	11:35	45.55	28.01	29.11	40.66	27.44	28.97	48.67	27.82	28.56	515.11	34.85	49.70	38.77
141	11:40	46.63	28.09	29.06	41.20	27.34	28.99	50.36	27.84	28.34	512.73	34.43	50.00	39.67
142	11:45	47.72	28.31	29.14	42.05	27.74	29.04	52.80	28.19	28.34	771.11	35.70	48.30	41.05
143	11:50	51.69	27.94	29.19	44.66	27.44	29.12	54.79	27.72	28.29	829.99	36.13	46.70	43.42
144	11:55	52.61	27.86	29.11	45.75	27.29	29.12	57.13	27.52	28.26	780.45	37.00	45.20	44.40
145	12:00	48.55	28.09	29.11	42.72	27.49	29.04	50.45	27.82	28.36	613.60	35.70	45.40	40.59
146	12:05	45.78	28.46	29.37	40.38	27.97	29.27	46.68	28.34	28.36	463.10	34.85	47.80	38.32
147	12:10	43.04	28.61	29.49	39.29	28.12	29.29	44.50	28.37	28.51	436.54	34.43	49.40	37.44
148	12:15	42.64	28.92	29.59	39.27	28.29	29.37	45.52	28.64	28.84	497.41	34.43	49.60	37.44
149	12:20	45.46	28.76	29.64	41.42	28.27	29.52	50.49	28.44	28.84	521.02	35.27	49.10	39.67
150	12:25	47.48	28.69	29.57	41.83	28.04	29.52	50.98	28.37	28.66	584.13	35.27	48.60	40.59
151	12:30	46.54	28.64	29.59	43.19	27.97	29.57	51.71	28.37	28.74	478.88	35.27	48.70	40.59
152	12:35	46.04	28.61	29.52	43.18	27.84	29.57	49.85	28.14	28.79	415.55	35.27	48.60	39.67
153	12:40	45.40	28.87	29.72	42.16	28.04	29.59	48.55	28.59	29.04	407.88	35.27	49.40	39.22
154	12:45	44.27	28.76	29.67	42.37	27.97	29.67	49.41	28.12	28.99	366.99	34.85	49.50	39.22
155	12:50	43.99	29.09	29.79	40.61	28.27	29.67	46.94	28.79	29.26	360.21	34.85	50.40	38.32
156	12:55	43.63	29.24	29.89	40.71	28.57	29.82	46.93	28.89	29.21	363.49	34.85	50.20	38.32
157	13:00	42.32	29.47	29.89	40.28	28.89	29.89	45.13	29.12	29.37	297.79	34.85	50.60	37.44
158	13:05	42.05	29.39	29.89	40.22	28.57	29.97	45.64	28.82	29.49	234.08	34.85	50.80	37.44
159	13:10	39.67	29.62	29.85	38.57	28.82	30.04	42.11	29.12	29.52	181.85	33.59	53.10	35.27
160	13:15	38.61	29.62	29.85	38.53	28.89	30.12	41.60	29.14	29.57	166.48	33.59	55.00	34.85
161	13:20	37.95	30.02	29.85	36.76	29.12	30.19	40.24	29.60	29.59	166.21	33.17	56.90	34.01
162	13:25	38.90	30.14	29.85	36.60	29.22	30.29	40.95	29.75	29.52	278.53	33.17	57.60	34.85
163	13:30	39.54	30.32	29.85	36.96	29.37	30.37	41.51	29.97	29.72	327.70	33.17	57.60	35.27
164	13:35	39.88	30.29	29.85	37.37	29.52	30.50	41.17	30.00	29.74	302.41	33.17	58.40	35.27
165	13:40	40.47	30.17	29.85	37.86	29.35	30.52	41.71	29.90	29.84	338.29	33.17	58.90	36.13
166	13:45	40.10	30.32	29.85	38.22	29.52	30.52	41.41	30.07	29.89	306.00	33.17	58.90	36.13
167	13:50	40.84	30.57	29.85	37.55	29.80	30.57	41.55	30.45	30.22	401.13	32.76	59.50	35.70
168	13:55	42.61	30.47	29.85	39.22	29.67	30.65	44.19	30.27	30.22	477.21	33.17	59.20	37.00
169	14:00	44.23	30.39	29.85	40.63	29.67	30.67	45.91	30.00	30.19	548.78	33.59	57.80	38.32
170	14:05	44.83	30.39	29.85	40.42	29.57	30.72	46.49	30.12	29.99	534.84	33.59	57.60	38.32
171	14:10	45.97	30.32	29.85	41.18	29.65	30.72	46.55	30.12	29.82	604.23	34.01	57.00	38.77
172	14:15	49.39	29.84	29.85	44.70	29.14	30.72	52.77	29.67	30.12	757.02	35.27	54.20	41.99
173	14:20	48.19	30.07	30.15	43.96	29.19	30.67	49.40	29.82	30.22	554.76	34.85	54.10	40.59
174	14:25	43.54	30.32	30.15	42.47	29.52	30.67	45.77	30.12	30.04	335.12	34.01	56.30	37.00
175	14:30	41.58	30.42	30.15	40.37	29.67	30.72	43.83	30.37	30.29	294.00	33.59	58.30	35.70
176	14:35	40.31	30.77	30.15	38.46	29.97	30.75	41.61	30.67	30.37	274.22	32.76	59.00	34.43
177	14:40	41.12	30.85	30.15	38.91	30.07	30.82	42.47	30.65	30.44	381.44	33.17	60.30	35.27
178	14:45	42.16	30.64	30.52	39.85	29.92	30.85	43.89	30.65	30.37	400.76	33.17	60.00	36.57
179	14:50	40.87	30.92	30.52	38.36	30.15	30.90	41.54	30.90	30.49	258.10	32.76	61.00	34.85
180	14:55	39.04	31.17	30.52	36.92	30.30	30.97	39.45	31.12	30.72	181.12	32.34	62.90	33.17
181	15:00	38.43	31.15	30.52	37.31	30.45	31.00	39.28	31.00	30.74	188.26	31.93	64.40	33.17
182	15:05	39.37	31.10	30.51	37.17	30.30	31.05	39.87	31.00	30.67	222.07	31.93	63.30	33.59
183	15:10	38.71	31.10	30.51	36.87	30.37	31.05	39.00	31.07	30.74	168.79	31.93	63.70	33.17
184	15:15	37.53	31.22	30.51	35.89	30.52	31.12	37.54	31.20	30.74	97.99	31.52	65.20	32.34
185	15:20	36.59	31.32	30.51	35.11	30.75	31.20	36.26	31.38	30.44	76.62	31.12	65.60	31.52
186	15:25	33.65	31.72	30.52	32.25	31.00	31.22	30.86	31.90	30.44	77.32	30.71	69.50	29.10
187	15:30	31.94	31.92	30.52	31.51	31.12	31.05	30.22	32.05	30.45	88.32	29.90	72.90	27.91

188	15:35	32.08	31.92	30.52	31.49	31.20	31.05	30.53	32.13	30.44	95.60	29.90	74.10	27.52
189	15:40	32.00	31.87	30.51	31.23	31.35	31.05	30.56	32.13	30.45	79.12	29.50	75.50	27.12
190	15:45	32.04	31.72	30.51	31.14	31.20	31.05	30.53	32.00	30.47	66.22	29.50	76.30	27.91
191	15:50	32.29	31.62	30.51	31.20	31.27	31.05	30.91	31.98	30.48	51.48	29.50	76.30	28.31
192	15:55	32.38	31.62	30.51	31.21	31.20	31.10	30.90	31.93	30.51	46.79	29.10	76.30	28.31
193	16:00	32.18	31.55	30.51	31.39	31.12	31.10	30.90	31.90	30.51	44.89	29.10	76.30	28.70
194	16:05	32.08	31.47	30.51	31.63	31.12	31.10	31.20	31.90	30.58	57.16	29.10	77.10	28.31
195	16:10	32.31	31.40	30.52	31.33	31.07	31.15	31.13	31.85	30.61	61.20	29.10	77.90	27.91
196	16:15	32.16	31.25	30.52	31.25	30.87	31.22	31.00	31.75	30.67	60.00	29.10	77.90	27.52
197	16:20	32.08	31.10	30.52	31.15	30.75	31.22	30.93	31.65	30.69	53.89	29.10	77.90	27.12
198	16:25	32.08	31.10	30.52	31.08	30.67	31.35	30.98	31.75	30.70	60.78	29.10	77.90	26.73
199	16:30	31.85	31.15	30.52	30.88	30.67	31.35	30.75	31.65	30.74	79.08	29.10	78.70	26.73
200	16:35	31.63	31.02	30.52	30.70	30.67	31.35	30.45	31.60	30.37	78.13	29.10	79.60	27.52
201	16:40	31.40	31.00	30.52	30.62	30.67	31.40	30.30	31.53	30.19	49.63	29.10	80.60	28.31
202	16:45	31.33	30.95	30.52	30.62	30.65	31.40	30.05	31.53	30.27	57.88	29.10	80.60	28.31
203	16:50	31.33	30.85	30.52	30.62	30.67	31.40	30.13	31.45	30.27	61.39	29.10	79.60	28.31
204	16:55	31.25	30.79	30.52	30.70	30.67	31.45	29.98	31.45	30.37	71.73	28.70	77.90	28.70
205	17:00	30.95	30.64	30.52	30.42	30.52	31.45	29.83	31.35	30.12	82.05	28.70	78.80	28.70
206	17:05	30.08	30.47	30.52	30.02	30.42	31.45	29.30	31.15	30.19	105.14	29.10	78.70	29.50
207	17:10	29.37	30.34	30.52	29.42	30.27	31.45	28.72	31.05	30.19	128.91	29.10	78.70	29.90
208	17:15	28.70	30.14	30.52	28.92	30.07	31.40	27.82	30.67	29.89	152.11	29.50	77.80	30.31
209	17:20	27.95	29.94	30.52	28.24	29.90	31.40	26.82	30.67	29.84	174.21	29.50	77.00	31.52
210	17:25	27.34	29.77	30.44	27.69	29.67	31.40	25.26	30.52	29.74	171.25	29.90	76.20	32.34
211	17:30	27.32	29.77	30.37	28.32	29.67	31.40	25.34	30.45	29.74	142.31	29.50	74.80	31.52
212	17:35	27.39	29.69	30.29	29.47	29.65	31.39	25.14	30.37	29.67	128.92	29.50	74.80	31.12
213	17:40	27.49	29.69	30.27	28.77	29.60	31.38	25.37	30.37	29.64	105.04	29.50	74.80	30.31
214	17:45	27.62	29.69	30.22	26.24	29.60	31.35	25.52	30.37	29.52	92.52	29.50	76.30	29.90
215	17:50	27.69	29.64	30.19	26.24	29.57	31.01	25.52	30.27	29.52	82.95	29.50	77.00	29.90
216	17:55	27.79	29.57	30.12	26.29	29.50	30.94	25.67	30.20	29.44	72.05	29.50	77.00	29.90
217	18:00	27.85	29.47	30.12	26.39	29.45	30.94	25.84	30.12	29.59	65.77	29.10	77.10	29.50
218	18:05	27.77	29.42	30.04	26.34	29.42	30.94	25.74	30.05	29.42	66.74	29.50	77.00	29.50
219	18:10	27.64	29.42	29.99	26.39	29.37	30.94	25.79	30.00	29.34	58.47	29.50	77.00	29.50
220	18:15	27.72	29.32	29.97	26.46	29.29	30.94	25.92	29.92	29.59	42.09	29.10	77.10	29.50
221	18:20	27.85	29.22	29.92	26.56	29.22	30.94	26.12	29.90	29.42	31.18	29.10	77.10	29.50
222	18:25	27.95	29.17	29.89	26.61	29.22	30.81	26.29	29.85	29.37	24.91	29.10	77.10	29.10
223	18:30	28.02	29.24	29.89	26.71	29.19	30.82	26.44	29.85	29.34	18.93	29.10	77.90	29.10
224	18:35	28.10	29.17	29.84	26.79	29.19	30.80	26.59	29.90	29.37	16.25	29.10	77.90	29.10
225	18:40	28.17	29.24	29.82	26.92	29.19	30.75	26.72	29.82	29.26	12.65	29.10	78.70	28.70
226	18:45	28.32	29.22	29.82	26.99	29.19	30.74	26.84	29.85	29.21	8.12	29.10	78.70	28.70
227	18:50	28.32	29.24	29.82	27.02	29.19	30.72	26.97	29.85	29.21	5.31	29.10	78.70	28.70
228	18:55	28.40	29.17	29.82	27.09	29.19	30.65	27.04	29.82	29.19	3.22	29.10	78.70	28.70
229	19:00	28.40	29.24	29.82	27.09	29.19	30.55	27.12	29.82	29.37	2.29	28.70	79.70	28.70
230	19:05	28.40	29.22	29.79	27.17	29.12	30.42	27.22	29.82	29.37	1.22	28.70	79.70	28.31
231	19:10	28.40	29.22	29.74	27.22	29.12	30.35	27.27	29.82	29.26	0.52	28.70	80.60	28.31
232	19:15	28.35	29.17	29.74	27.17	29.14	30.31	27.29	29.82	29.21	0.40	28.70	80.60	28.31
233	19:20	28.32	29.17	29.72	27.17	29.12	30.28	27.27	29.82	29.21	0.38	28.70	81.60	28.31
234	19:25	28.25	29.14	29.67	27.14	29.12	30.21	27.27	29.82	29.26	0.37	28.70	81.60	28.31
235	19:30	28.25	29.09	29.67	27.14	29.04	30.03	27.27	29.80	29.21	0.37	28.70	81.60	28.31
236	19:35	28.22	29.02	29.67	27.09	28.99	30.00	27.27	29.72	29.14	0.38	28.70	81.60	28.31
237	19:40	28.17	29.02	29.64	27.07	28.97	29.94	27.27	29.67	29.14	0.40	28.70	81.60	28.31

238	19:45	28.15	28.94	29.59	27.02	28.92	29.85	27.27	29.65	29.19	0.40	28.70	81.60	28.31
239	19:50	28.02	28.87	29.59	26.94	28.92	29.82	27.19	29.52	29.19	0.40	28.70	82.70	28.31
240	19:55	28.00	28.87	29.57	26.92	28.84	29.79	27.14	29.52	29.19	0.40	28.70	82.70	28.31
241	20:00	28.00	28.87	29.52	26.92	28.84	29.74	27.19	29.52	28.99	0.40	28.70	83.90	28.31
242	20:05	27.95	28.84	29.49	26.87	28.84	29.72	27.14	29.45	28.96	0.40	28.70	83.90	28.31
243	20:10	27.92	28.76	29.44	26.79	28.82	29.72	27.07	29.45	29.11	0.40	28.70	83.90	28.31
244	20:15	27.85	28.69	29.44	26.71	28.79	29.67	26.99	29.37	29.06	0.41	28.70	81.60	28.31
245	20:20	27.92	28.56	29.49	26.69	28.74	29.67	26.97	29.27	29.19	0.41	28.70	79.70	28.31
246	20:25	27.87	28.49	29.52	26.61	28.74	29.72	26.92	29.22	29.21	0.41	28.70	77.90	28.31
247	20:30	27.95	28.49	29.52	26.61	28.67	29.74	26.92	29.19	29.21	0.43	28.70	77.10	28.31
248	20:35	27.87	28.39	29.49	26.56	28.67	29.72	26.92	29.19	29.26	0.43	28.70	77.10	28.31
249	20:40	27.79	28.39	29.49	26.54	28.67	29.72	26.89	29.19	29.26	0.44	28.70	76.40	28.31
250	20:45	27.87	28.31	29.44	26.54	28.64	29.72	26.89	29.14	29.19	0.43	28.70	76.40	28.31
251	20:50	27.95	28.31	29.44	26.54	28.57	29.67	26.92	29.07	29.19	0.44	28.70	76.40	28.31
252	20:55	28.02	28.31	29.42	26.61	28.49	29.67	26.99	29.12	29.14	0.46	28.70	76.40	28.31
253	21:00	28.02	28.34	29.34	26.69	28.44	29.67	27.04	29.12	29.06	0.46	28.70	77.10	28.31
254	21:05	28.00	28.31	29.34	26.71	28.52	29.64	26.99	29.04	29.04	0.46	28.70	77.10	28.31
255	21:10	27.95	28.39	29.29	26.76	28.44	29.59	26.97	28.97	28.89	0.46	28.70	77.10	28.31
256	21:15	27.95	28.34	29.26	26.76	28.44	29.57	26.97	28.99	28.89	0.46	28.70	77.10	27.91
257	21:20	27.79	28.16	29.21	26.61	28.37	29.52	26.82	28.84	28.81	0.46	28.70	76.40	28.31
258	21:25	27.64	28.09	29.21	26.46	28.27	29.52	26.49	28.67	28.81	0.46	28.70	74.90	28.31
259	21:30	27.47	27.94	29.21	26.21	28.14	29.49	26.22	28.52	28.89	0.46	28.70	74.30	28.70
260	21:35	27.29	27.86	29.19	26.09	28.04	29.44	26.07	28.44	28.81	0.46	28.70	73.60	28.70
261	21:40	27.17	27.76	29.14	25.94	27.97	29.44	25.97	28.34	28.79	0.46	28.70	73.00	28.70
262	21:45	27.17	27.76	29.14	25.91	27.92	29.42	25.97	28.29	28.74	0.46	28.70	73.00	28.70
263	21:50	27.39	27.69	29.11	26.09	27.89	29.37	26.19	28.22	28.59	0.46	28.70	72.50	28.70
264	21:55	27.42	27.69	29.04	26.01	27.89	29.37	26.27	28.19	28.59	0.46	28.70	72.50	28.70
265	22:00	27.39	27.69	29.04	26.09	27.82	29.34	26.29	28.19	28.74	0.46	28.70	72.50	28.70
266	22:05	27.39	27.69	29.04	26.09	27.79	29.29	26.19	28.12	28.59	0.46	28.70	71.90	28.70
267	22:10	27.39	27.61	28.99	26.16	27.79	29.27	26.29	28.12	28.66	0.46	28.70	71.90	28.70
268	22:15	27.42	27.69	28.96	26.16	27.74	29.27	26.37	28.12	28.66	0.47	28.70	71.90	28.31
269	22:20	27.47	27.64	28.96	26.24	27.79	29.27	26.44	28.14	28.44	0.47	28.70	71.90	28.31
270	22:25	27.47	27.61	28.96	26.24	27.82	29.19	26.37	28.12	28.44	0.47	28.70	71.90	28.31
271	22:30	27.49	27.64	28.96	26.16	27.82	29.19	26.37	28.12	28.49	0.46	28.70	71.90	28.31
272	22:35	27.54	27.64	28.96	26.31	27.82	29.19	26.52	28.12	28.59	0.46	28.70	71.90	28.31
273	22:40	27.42	27.64	28.91	26.29	27.82	29.19	26.44	28.12	28.56	0.46	28.70	71.90	28.31
274	22:45	27.34	27.69	28.91	26.24	27.79	29.14	26.37	28.12	28.51	0.46	28.70	71.90	28.31
275	22:50	27.32	27.69	28.89	26.21	27.82	29.14	26.37	28.14	28.51	0.44	28.70	71.90	28.31
276	22:55	27.29	27.71	28.89	26.16	27.82	29.14	26.42	28.19	28.44	0.46	28.31	72.50	28.31
277	23:00	27.32	27.69	28.89	26.16	27.84	29.12	26.34	28.22	28.36	0.44	28.31	72.50	27.91
278	23:05	27.24	27.69	28.84	26.16	27.84	29.12	26.29	28.22	28.34	0.44	28.31	72.50	27.91
279	23:10	27.17	27.69	28.81	26.09	27.82	29.12	26.27	28.19	28.41	0.44	28.31	72.50	27.91
280	23:15	27.14	27.69	28.81	26.09	27.84	29.12	26.19	28.19	28.29	0.44	28.31	72.50	27.91
281	23:20	27.24	27.71	28.81	26.14	27.84	29.07	26.27	28.22	28.36	0.44	28.31	73.10	27.91
282	23:25	27.29	27.69	28.79	26.16	27.84	29.07	26.37	28.19	28.29	0.44	28.31	73.70	27.91
283	23:30	27.29	27.76	28.74	26.16	27.89	29.04	26.37	28.22	28.34	0.46	28.31	73.70	27.91
284	23:35	27.24	27.79	28.74	26.24	27.89	28.99	26.37	28.29	28.36	0.46	28.31	74.30	27.91
285	23:40	27.32	27.76	28.74	26.24	27.89	28.99	26.44	28.27	28.29	0.47	28.31	75.00	27.52
286	23:45	27.34	27.76	28.71	26.31	27.89	28.99	26.44	28.27	28.21	0.46	27.91	75.00	27.52
287	23:50	27.32	27.76	28.66	26.29	27.89	28.97	26.44	28.27	28.26	0.46	27.91	75.00	27.52

288	23:55	27.34	27.76	28.66	26.24	27.84	28.97	26.42	28.27	28.26	0.44	27.91	74.40	27.52
289	0:00	27.29	27.69	28.66	26.21	27.82	28.97	26.42	28.19	28.26	0.44	27.91	73.70	27.52
290	0:05	27.29	27.69	28.66	26.16	27.82	28.97	26.42	28.22	28.19	0.44	27.91	73.70	27.52
291	0:10	27.24	27.69	28.64	26.24	27.84	28.92	26.42	28.22	28.26	0.44	27.91	74.40	27.52
292	0:15	27.24	27.69	28.59	26.21	27.84	28.92	26.42	28.22	28.21	0.44	27.91	74.40	27.52
293	0:20	27.24	27.69	28.59	26.24	27.82	28.89	26.42	28.22	28.19	0.44	27.91	74.40	27.52
294	0:25	27.17	27.64	28.56	26.14	27.74	28.89	26.27	28.19	27.99	0.44	27.91	74.40	27.52
295	0:30	27.22	27.64	28.51	26.14	27.72	28.84	26.37	28.27	28.06	0.44	27.91	75.70	27.52
296	0:35	27.24	27.79	28.51	26.21	27.64	28.82	26.44	28.34	28.06	0.46	27.91	76.40	27.12
297	0:40	27.24	27.71	28.49	26.24	27.72	28.79	26.42	28.34	27.96	0.46	27.91	76.40	27.12
298	0:45	27.22	27.71	28.44	26.24	27.74	28.74	26.37	28.34	28.06	0.46	27.52	76.50	27.12
299	0:50	27.17	27.71	28.44	26.16	27.74	28.74	26.27	28.29	28.04	0.46	27.52	76.50	27.12
300	0:55	27.17	27.76	28.44	26.16	27.74	28.74	26.34	28.29	28.04	0.46	27.52	77.20	27.12
301	1:00	27.17	27.69	28.41	26.21	27.72	28.72	26.37	28.27	27.96	0.44	27.52	77.20	27.12
302	1:05	27.17	27.61	28.36	26.16	27.67	28.67	26.34	28.22	27.89	0.44	27.52	77.20	27.12
303	1:10	27.07	27.56	28.36	26.14	27.64	28.67	26.22	28.14	27.89	0.44	27.52	77.20	27.12
304	1:15	26.99	27.56	28.34	26.14	27.59	28.67	26.19	28.12	27.89	0.43	27.52	77.20	27.12
305	1:20	26.94	27.49	28.29	26.06	27.52	28.59	26.19	28.07	27.91	0.43	27.52	76.50	27.12
306	1:25	26.87	27.41	28.26	26.09	27.49	28.59	26.14	28.04	27.71	0.41	27.52	77.20	27.12
307	1:30	26.84	27.39	28.26	26.01	27.44	28.59	26.12	28.04	27.74	0.40	27.52	77.20	27.12
308	1:35	26.79	27.39	28.21	25.99	27.44	28.57	26.12	28.04	27.74	0.38	27.52	78.00	27.12
309	1:40	26.84	27.39	28.19	25.91	27.37	28.52	26.12	27.97	27.66	0.38	27.52	78.00	27.12
310	1:45	26.87	27.31	28.19	25.94	27.26	28.52	26.14	27.97	27.71	0.38	27.52	78.90	27.12
311	1:50	26.94	27.39	28.14	26.01	27.14	28.49	26.22	27.97	27.59	0.38	27.52	79.80	26.73
312	1:55	26.99	27.41	28.11	26.06	27.19	28.44	26.34	28.04	27.51	0.37	27.52	79.80	26.73
313	2:00	27.02	27.46	28.11	26.09	27.21	28.44	26.37	28.12	27.51	0.37	27.52	80.70	26.73
314	2:05	26.99	27.54	28.11	26.09	27.29	28.44	26.37	28.12	27.46	0.38	27.52	80.70	26.73
315	2:10	26.94	27.54	28.11	26.09	27.37	28.44	26.29	28.19	27.66	0.38	27.12	80.70	26.73
316	2:15	27.02	27.46	28.11	26.09	27.42	28.42	26.27	28.12	27.66	0.40	27.12	80.70	26.73
317	2:20	26.94	27.49	28.11	26.06	27.44	28.42	26.22	28.07	27.59	0.41	27.12	80.70	26.73
318	2:25	26.94	27.41	28.11	26.01	27.37	28.44	26.19	28.04	27.56	0.40	27.12	80.70	26.73
319	2:30	26.94	27.39	28.11	26.01	27.19	28.42	26.22	28.04	27.59	0.38	27.12	80.70	26.73
320	2:35	26.94	27.41	28.11	25.99	27.29	28.37	26.22	28.04	27.59	0.40	27.12	80.70	26.73
321	2:40	26.94	27.39	28.11	25.94	27.19	28.37	26.22	28.07	27.56	0.40	27.12	81.80	26.73
322	2:45	26.92	27.41	28.06	25.94	27.29	28.37	26.19	28.04	27.51	0.40	27.12	80.70	26.73
323	2:50	26.92	27.39	28.06	25.94	27.29	28.34	26.14	27.97	27.59	0.40	27.12	80.70	26.73
324	2:55	26.92	27.29	28.04	25.94	27.26	28.34	26.19	27.92	27.51	0.38	27.12	80.70	26.73
325	3:00	26.87	27.24	28.04	25.99	27.19	28.34	26.19	27.84	27.56	0.38	27.12	80.70	26.73
326	3:05	26.87	27.24	27.99	25.94	27.26	28.34	26.14	27.89	27.56	0.38	27.12	81.80	26.73
327	3:10	26.92	27.29	27.99	25.99	27.26	28.29	26.22	27.84	27.51	0.40	27.12	81.80	26.73
328	3:15	26.94	27.16	27.96	26.06	27.19	28.26	26.37	27.79	27.51	0.40	27.12	81.80	26.34
329	3:20	26.94	27.09	27.96	26.09	27.19	28.26	26.37	27.74	27.46	0.41	27.52	81.70	26.73
330	3:25	26.94	26.96	27.96	26.01	27.04	28.26	26.27	27.67	27.51	0.41	27.52	80.70	26.73
331	3:30	26.69	27.09	27.96	25.86	27.19	28.21	26.04	27.72	27.51	0.41	27.52	80.70	26.73
332	3:35	26.69	27.01	27.91	25.94	27.19	28.21	26.07	27.67	27.51	0.40	27.12	80.70	26.73
333	3:40	26.79	27.01	27.89	25.94	27.06	28.19	26.14	27.59	27.39	0.40	27.12	80.70	26.73
334	3:45	26.87	26.96	27.89	25.86	27.11	28.19	26.19	27.64	27.46	0.40	27.12	79.80	26.73
335	3:50	26.84	26.94	27.89	25.84	27.06	28.19	26.12	27.59	27.39	0.38	27.12	79.80	26.73
336	3:55	26.72	26.94	27.89	25.76	27.11	28.21	25.97	27.59	27.44	0.38	27.12	78.90	26.73
337	4:00	26.64	26.96	27.89	25.76	27.06	28.19	25.97	27.59	27.36	0.37	27.12	78.90	26.73

338	4:05	26.54	26.89	27.89	25.69	27.04	28.19	25.84	27.57	27.36	0.37	27.12	78.90	26.73
339	4:10	26.47	26.89	27.84	25.64	27.04	28.19	25.79	27.59	27.26	0.35	27.12	78.90	26.73
340	4:15	26.47	26.86	27.81	25.61	27.04	28.19	25.82	27.59	27.31	0.37	27.12	78.90	26.73
341	4:20	26.39	26.81	27.81	25.54	26.99	28.14	25.74	27.52	27.39	0.37	27.12	78.90	26.73
342	4:25	26.32	26.76	27.79	25.46	26.96	28.14	25.64	27.49	27.26	0.35	27.12	78.90	26.73
343	4:30	26.32	26.74	27.74	25.46	26.91	28.14	25.59	27.44	27.31	0.35	27.12	78.90	26.73
344	4:35	26.24	26.66	27.79	25.29	26.89	28.11	25.42	27.34	27.18	0.35	27.12	78.10	26.73
345	4:40	26.22	26.61	27.74	25.34	26.81	28.11	25.44	27.29	27.18	0.35	27.12	78.10	26.73
346	4:45	26.17	26.61	27.74	25.29	26.79	28.06	25.42	27.26	27.24	0.35	27.12	78.10	26.73
347	4:50	26.09	26.58	27.71	25.31	26.79	28.04	25.37	27.26	27.16	0.35	27.12	78.90	26.73
348	4:55	26.09	26.66	27.66	25.24	26.79	28.04	25.37	27.26	27.16	0.35	27.12	78.90	26.73
349	5:00	26.09	26.66	27.66	25.24	26.79	28.04	25.37	27.26	27.16	0.35	27.12	78.90	26.73
350	5:05	26.09	26.66	27.66	25.24	26.74	27.99	25.37	27.21	27.08	0.35	27.52	78.90	26.73
351	5:10	26.09	26.61	27.64	25.24	26.74	27.99	25.34	27.26	27.01	0.34	27.12	78.90	26.73
352	5:15	26.09	26.66	27.66	25.16	26.74	27.96	25.37	27.26	27.11	0.34	27.12	78.90	26.73
353	5:20	26.09	26.61	27.66	25.14	26.71	27.96	25.29	27.26	27.01	0.35	27.12	78.90	26.73
354	5:25	26.07	26.58	27.64	25.14	26.59	27.96	25.34	27.29	27.08	0.35	27.12	80.70	26.73
355	5:30	26.09	26.66	27.64	25.21	26.59	27.96	25.44	27.26	27.08	0.35	27.12	81.80	26.73
356	5:35	26.09	26.68	27.59	25.21	26.64	27.91	25.37	27.26	26.96	0.35	27.12	81.80	26.73
357	5:40	26.07	26.66	27.59	25.16	26.74	27.89	25.37	27.29	26.96	0.37	27.12	80.70	26.73
358	5:45	25.99	26.74	27.59	25.16	26.81	27.89	25.26	27.26	26.96	0.41	27.12	80.70	26.73
359	5:50	25.99	26.68	27.59	25.14	26.71	27.89	25.26	27.26	26.96	0.58	27.12	81.80	26.73
360	5:55	25.99	26.61	27.59	25.16	26.59	27.89	25.34	27.26	26.96	0.93	27.12	81.80	26.73
361	6:00	25.94	26.76	27.51	25.16	26.66	27.89	25.29	27.34	27.03	1.62	27.12	82.80	26.73
362	6:05	26.22	26.74	27.56	25.39	26.74	27.89	25.59	27.29	27.01	3.30	27.12	82.80	26.34
363	6:10	26.77	26.66	27.56	25.76	26.66	27.89	26.04	27.26	26.93	6.32	27.12	84.00	25.56
364	6:15	26.99	26.53	27.51	25.86	26.51	27.89	26.04	27.19	26.96	10.29	27.12	82.80	25.56
365	6:20	27.02	26.61	27.51	26.01	26.44	27.89	25.99	27.21	26.88	16.35	27.12	82.80	25.56
366	6:25	27.02	26.61	27.51	26.09	26.51	27.89	25.97	27.19	27.01	22.83	27.12	82.80	25.56
367	6:30	26.79	26.58	27.51	26.01	26.36	27.89	26.16	27.21	26.93	29.76	27.12	84.00	25.95
368	6:35	24.59	26.53	27.51	25.94	26.36	27.84	26.34	27.21	27.08	38.55	27.52	84.00	26.34
369	6:40	24.96	26.51	27.46	25.71	26.49	27.84	26.84	27.11	26.81	49.57	27.52	84.00	26.73
370	6:45	25.44	26.53	27.51	25.92	26.36	27.81	27.19	27.11	26.88	63.75	27.52	85.20	27.12
371	6:50	25.80	26.51	27.51	26.11	26.41	27.81	27.68	26.99	27.01	83.03	27.91	83.90	27.12
372	6:55	26.29	26.38	27.46	26.33	26.36	27.81	28.20	26.91	26.96	95.21	27.91	81.70	27.52
373	7:00	28.74	26.38	27.46	26.77	25.96	27.81	29.68	26.81	26.96	111.61	28.31	80.60	28.31
374	7:05	30.58	26.23	27.46	27.36	25.74	27.79	31.28	26.49	26.88	111.43	28.70	80.60	29.10
375	7:10	29.77	25.93	27.36	27.55	25.59	27.66	30.65	26.29	26.88	113.83	28.70	79.70	29.10
376	7:15	31.75	25.88	27.31	28.04	25.46	27.59	32.05	26.26	26.76	140.84	29.10	78.70	30.31
377	7:20	30.29	26.23	27.26	27.58	25.71	27.56	31.11	26.59	26.68	143.24	29.10	78.70	30.71
378	7:25	30.68	25.88	27.26	27.90	25.79	27.51	31.44	26.21	26.66	134.51	29.10	78.70	31.12
379	7:30	29.94	26.08	27.31	27.51	25.79	27.51	30.88	26.44	26.66	135.73	29.10	77.90	30.71
380	7:35	30.03	26.36	27.39	27.05	25.96	27.51	31.84	26.59	26.73	148.93	29.10	78.70	30.71
381	7:40	30.22	26.43	27.39	26.89	25.99	27.51	32.25	26.64	26.73	150.37	29.10	77.90	31.12
382	7:45	30.65	26.53	27.51	26.85	26.11	27.51	32.79	26.79	26.76	172.73	29.10	78.70	31.12
383	7:50	31.81	26.58	27.51	29.53	26.19	27.59	34.25	26.74	26.96	203.43	29.50	77.80	31.52
384	7:55	32.28	26.58	27.59	30.44	26.26	27.59	34.64	26.74	26.96	204.06	29.50	77.80	31.93
385	8:00	33.32	26.58	27.56	30.81	26.36	27.64	35.90	26.66	26.96	249.45	29.90	75.50	31.93
386	8:05	34.24	26.58	27.59	31.42	26.26	27.64	37.09	26.59	26.96	249.34	29.90	75.50	32.34
387	8:10	37.15	26.43	27.64	32.57	26.04	27.59	39.56	26.44	27.08	322.07	30.31	74.10	34.43

388	8:15	40.92	26.31	27.59	34.08	25.89	27.56	43.65	26.26	27.08	423.03	31.12	70.50	38.32
389	8:20	42.04	26.23	27.66	35.34	25.91	27.56	44.07	26.26	27.08	447.62	31.52	67.10	38.77
390	8:25	42.20	26.08	27.64	36.34	25.81	27.51	45.05	26.11	27.08	391.91	31.93	66.30	38.77
391	8:30	39.89	26.31	27.56	35.00	25.84	27.44	41.99	26.11	26.93	301.18	31.52	63.40	36.57
392	8:35	36.07	26.76	27.81	33.18	26.36	27.44	39.32	26.59	27.03	272.34	31.12	64.90	34.43
393	8:40	36.39	26.74	27.96	33.65	26.29	27.66	39.70	26.51	27.01	294.09	31.12	65.60	34.43
394	8:45	39.17	26.74	28.06	33.74	26.26	27.66	42.12	26.59	27.24	443.51	31.52	64.10	36.57
395	8:50	39.53	26.74	28.11	35.01	26.41	27.74	43.63	26.59	27.36	519.17	31.93	61.40	37.88
396	8:55	38.90	26.89	28.21	33.77	26.51	27.81	42.01	26.66	27.46	461.71	31.93	59.70	36.57
397	9:00	37.13	27.06	28.19	34.24	26.71	27.96	42.36	26.74	27.59	528.65	32.34	57.60	36.57
398	9:05	39.65	26.81	28.29	35.85	26.49	28.11	45.87	26.66	27.74	530.80	32.76	57.50	38.32
399	9:10	38.85	26.89	28.26	35.82	26.56	28.06	43.98	26.71	27.64	379.73	32.76	57.70	37.44
400	9:15	38.41	27.01	28.29	35.51	26.71	28.06	44.54	26.81	27.46	456.23	33.17	56.40	37.88
401	9:20	37.50	27.24	28.36	34.17	26.89	28.14	42.87	26.99	27.39	400.03	33.17	54.30	37.00
402	9:25	36.46	27.46	28.59	33.86	27.11	28.26	41.73	27.26	27.74	363.25	32.76	56.80	35.70
403	9:30	36.50	27.41	28.51	34.40	26.96	28.29	42.14	27.19	27.81	448.38	32.76	57.50	36.13
404	9:35	40.13	27.24	28.59	36.29	26.99	28.44	45.46	26.99	27.81	467.89	33.17	57.20	37.88
405	9:40	42.13	27.24	28.49	36.51	26.66	28.37	46.02	27.04	27.74	380.98	33.59	55.00	40.13
406	9:45	41.92	27.56	28.66	35.32	26.96	28.42	44.96	27.44	27.89	552.21	33.59	54.40	38.77
407	9:50	43.99	27.61	28.84	37.27	27.14	28.49	48.68	27.52	27.99	693.82	34.01	53.90	39.67
408	9:55	43.96	27.61	28.81	37.41	27.04	28.52	50.14	27.34	28.06	605.75	34.43	51.00	41.05
409	10:00	42.84	27.69	28.89	38.42	27.44	28.64	50.28	27.44	27.99	649.18	34.85	49.50	41.05
410	10:05	45.67	27.54	28.89	40.32	27.14	28.74	53.64	27.34	28.11	674.57	35.70	49.00	42.46
411	10:10	45.47	27.61	28.81	42.01	27.44	28.74	54.31	27.29	27.91	753.34	36.13	46.20	43.42
412	10:15	45.51	27.69	28.96	41.58	27.37	28.79	54.18	27.44	27.96	685.01	36.13	45.70	43.42
413	10:20	43.62	28.21	29.19	36.68	27.52	28.82	46.81	27.97	28.06	571.57	34.85	47.80	39.22
414	10:25	47.19	28.06	29.26	39.63	27.49	28.92	52.29	27.74	28.26	716.22	35.70	48.30	41.52
415	10:30	45.02	28.24	29.26	38.16	27.59	28.97	49.62	27.92	28.36	584.89	35.27	47.40	40.59
416	10:35	47.50	28.21	29.37	39.86	27.57	29.04	52.69	27.84	28.59	713.02	35.70	47.40	41.52
417	10:40	46.29	28.54	29.57	37.62	27.79	29.12	50.69	28.12	28.66	686.34	35.27	47.70	40.13
418	10:45	47.16	28.46	29.52	38.58	27.59	29.12	52.23	28.04	28.74	757.36	35.70	46.50	41.52
419	10:50	44.94	28.61	29.57	38.32	27.84	29.22	50.11	28.19	28.81	610.32	35.27	47.20	40.13
420	10:55	44.81	28.46	29.52	41.25	27.74	29.27	53.50	27.89	28.84	709.05	35.70	47.10	41.52
421	11:00	43.95	28.87	29.74	39.43	28.04	29.37	50.51	28.37	28.91	652.96	35.27	46.30	40.59
422	11:05	44.85	29.09	29.84	39.55	28.14	29.52	52.48	28.67	28.96	696.14	35.27	46.70	40.59
423	11:10	45.46	29.02	29.97	39.29	28.19	29.57	52.68	28.49	29.19	785.03	35.70	46.30	41.52
424	11:15	40.47	29.24	30.07	36.87	28.57	29.67	48.29	28.79	29.29	555.46	35.27	45.00	39.67
425	11:20	39.50	29.29	30.14	37.01	29.07	29.92	49.09	28.97	29.44	624.37	35.70	43.80	39.67
426	11:25	40.77	29.22	30.19	36.59	28.74	30.12	49.06	28.92	29.49	856.93	35.70	44.60	40.13
427	11:30	38.96	29.07	30.12	36.00	28.57	30.04	46.82	28.82	29.37	525.11	35.70	44.40	39.22
428	11:35	36.63	29.62	29.82	33.54	29.04	30.07	42.51	29.42	29.26	499.42	34.43	45.70	37.00
429	11:40	35.89	29.47	30.00	34.38	29.12	30.22	43.86	29.35	29.44	513.54	34.85	46.70	37.88
430	11:45	39.51	29.39	30.00	35.12	28.84	30.19	45.04	29.27	29.44	702.46	34.85	46.80	38.77
431	11:50	41.71	29.14	30.00	36.01	28.59	30.19	46.96	28.99	29.52	643.18	35.27	46.70	40.13
432	11:55	40.45	29.57	30.00	35.48	28.89	30.14	45.34	29.37	29.64	687.93	35.27	44.10	39.67
433	12:00	39.56	29.39	30.00	36.62	28.89	30.27	46.30	29.14	29.64	575.09	35.27	45.50	39.22
434	12:05	42.82	29.39	30.00	36.58	28.59	30.27	47.24	29.27	29.64	676.72	35.70	47.60	40.13
435	12:10	44.71	29.34	30.00	38.63	28.52	30.19	49.50	29.22	29.59	805.01	35.70	46.60	41.05
436	12:15	43.35	29.39	30.00	37.79	28.49	30.14	48.64	29.27	29.59	745.88	36.13	45.70	41.52
437	12:20	49.26	29.62	30.00	38.28	28.72	30.14	55.68	29.37	29.57	901.37	36.57	45.50	42.46

438	12:25	43.20	29.62	30.00	38.80	28.74	30.27	49.46	29.45	29.57	621.96	36.13	45.40	41.05
439	12:30	40.79	29.87	30.00	45.44	29.12	30.27	45.42	29.65	29.74	623.61	35.70	46.80	39.22
440	12:35	41.24	30.14	30.00	36.52	29.12	30.37	46.75	29.92	29.92	621.41	35.27	45.80	39.67
441	12:40	37.77	30.34	30.00	34.63	29.57	30.45	42.63	30.20	29.97	439.09	34.85	46.80	37.88
442	12:45	35.90	30.47	30.00	34.67	29.92	30.57	43.27	30.20	30.04	476.83	34.85	48.50	37.44
443	12:50	39.48	30.09	30.19	36.57	29.50	30.65	46.44	29.82	30.14	574.92	35.27	47.70	40.13
444	12:55	39.94	30.17	30.19	36.18	29.22	30.60	46.05	29.90	30.14	680.60	35.70	46.20	40.59
445	13:00	39.77	30.22	30.19	35.87	29.52	30.67	46.01	30.15	30.07	539.03	35.27	46.70	39.22
446	13:05	40.33	30.24	30.19	36.61	29.37	30.72	46.27	30.12	30.14	574.15	35.27	46.90	39.22
447	13:10	38.72	30.54	30.19	35.85	29.72	30.75	45.43	30.42	30.37	598.20	35.27	46.70	39.22
448	13:15	39.76	30.32	30.19	35.99	29.37	30.75	45.41	30.12	30.37	522.15	35.27	48.40	39.22
449	13:20	38.30	30.54	30.19	35.15	29.52	30.75	44.10	30.42	30.49	490.34	34.85	47.30	38.32
450	13:25	40.77	30.32	30.19	36.92	29.50	30.82	47.46	30.15	30.52	665.14	35.70	47.30	41.05
451	13:30	38.66	30.39	30.19	36.26	29.42	30.82	45.45	30.20	30.49	447.05	34.85	46.40	38.77
452	13:35	36.42	30.69	30.35	34.27	29.82	30.85	42.26	30.50	30.64	377.44	34.43	48.10	37.44
453	13:40	35.01	30.64	30.35	33.46	29.75	30.92	41.06	30.57	30.59	283.52	34.43	49.60	36.57
454	13:45	33.40	30.85	30.35	32.55	29.92	30.97	38.17	30.72	30.74	287.53	34.01	51.00	35.70
455	13:50	34.01	30.95	30.35	32.11	30.12	30.97	38.55	30.82	30.59	383.26	33.59	50.70	36.13
456	13:55	33.88	30.85	30.35	32.95	30.00	31.07	39.46	30.75	30.82	314.97	34.01	52.10	36.13
457	14:00	35.56	30.77	30.35	33.19	30.07	31.07	40.58	30.72	30.82	417.67	34.01	50.60	37.44
458	14:05	35.80	30.92	30.35	33.51	30.00	31.07	40.31	30.80	30.84	471.29	34.43	49.80	37.44
459	14:10	35.94	30.95	30.52	33.27	30.12	31.12	40.07	30.90	30.82	458.88	34.43	50.30	37.44
460	14:15	38.31	30.62	30.52	35.59	29.75	31.20	44.04	30.50	30.92	624.91	34.85	49.70	39.67
461	14:20	39.15	30.54	30.52	35.73	29.67	31.15	44.15	30.45	30.92	482.28	35.27	46.90	40.13
462	14:25	34.13	30.95	30.52	32.67	30.00	31.12	37.90	30.82	30.82	184.92	34.01	51.10	35.70
463	14:30	32.10	31.10	30.52	32.19	30.30	31.15	36.00	30.90	30.89	207.10	33.59	52.60	34.43
464	14:35	31.54	31.15	30.52	31.83	30.42	31.27	35.72	31.20	30.84	253.96	33.17	54.00	34.85
465	14:40	34.38	31.15	30.52	33.00	30.37	31.27	38.58	31.00	30.97	455.14	33.59	54.00	37.44
466	14:45	34.12	31.25	30.69	32.34	30.52	31.30	38.24	31.12	30.97	383.44	33.59	53.10	36.57
467	14:50	34.01	31.17	30.69	32.78	30.37	31.37	38.13	31.05	31.12	358.47	33.59	53.70	37.00
468	14:55	32.20	31.32	30.69	31.89	30.60	31.37	36.01	31.27	31.04	220.33	33.17	55.30	34.85
469	15:00	30.67	31.55	30.69	30.58	30.67	31.42	34.22	31.50	31.04	199.54	32.76	55.60	34.01
470	15:05	31.64	31.50	30.69	31.35	30.75	31.45	35.25	31.53	31.12	309.60	32.76	55.60	34.85
471	15:10	35.71	31.02	30.69	34.44	30.45	31.52	40.65	31.12	30.97	564.55	34.01	54.30	38.77
472	15:15	36.03	31.10	30.69	34.28	30.37	31.45	39.69	31.20	31.07	532.33	34.01	52.90	38.32
473	15:20	36.77	30.85	30.69	35.63	30.15	31.45	41.63	31.00	31.04	550.75	34.43	52.80	40.13
474	15:25	35.39	31.00	30.69	35.59	30.15	31.37	40.39	31.00	30.99	356.67	34.01	53.50	37.88
475	15:30	32.50	31.10	30.70	34.18	30.37	31.37	36.48	31.05	30.99	245.07	33.17	55.10	35.70
476	15:35	31.81	31.40	30.70	32.16	30.60	31.45	36.25	31.45	30.97	224.31	33.17	55.30	34.85
477	15:40	31.60	31.32	30.70	32.13	30.67	31.45	36.41	31.45	30.99	238.77	32.76	58.00	34.85
478	15:45	31.41	31.55	30.70	31.44	30.67	31.42	34.82	31.60	30.99	245.21	32.76	57.70	34.43
479	15:50	32.16	31.25	30.70	31.63	30.60	31.42	35.63	31.38	31.12	306.35	32.76	58.20	35.27
480	15:55	32.51	31.32	30.70	31.87	30.57	31.37	35.96	31.45	31.12	310.82	32.76	57.50	35.70
481	16:00	34.25	31.15	30.70	33.57	30.30	31.37	38.43	31.27	30.99	457.05	33.59	56.60	37.88
482	16:05	36.30	30.69	30.70	36.76	30.00	31.37	42.48	30.80	31.04	537.29	34.43	55.30	41.52
483	16:10	37.11	30.54	30.70	37.46	29.85	31.37	43.49	30.67	31.04	535.94	34.43	53.60	41.99
484	16:15	37.53	30.49	30.70	37.62	29.90	31.30	42.68	30.67	30.92	504.37	34.43	54.20	41.52
485	16:20	35.99	30.77	30.75	36.31	29.92	31.27	40.50	30.82	30.82	340.42	34.01	52.90	38.77
486	16:25	33.26	31.22	30.75	33.54	30.42	31.27	37.03	31.30	30.82	237.73	33.17	56.70	35.70
487	16:30	32.02	31.30	30.75	33.46	30.57	31.30	35.87	31.38	30.97	248.38	32.76	58.50	35.27

488	16:35	31.66	31.25	30.75	33.85	30.60	31.37	36.25	31.27	31.04	270.89	32.76	59.00	36.13
489	16:40	31.10	31.50	30.75	31.81	30.82	31.45	34.36	31.75	31.04	196.76	32.34	60.50	34.01
490	16:45	30.46	31.62	30.75	30.82	30.97	31.45	33.82	31.83	31.14	195.44	31.93	61.40	33.59
491	16:50	29.57	31.87	30.75	30.13	31.20	31.50	32.40	32.13	31.19	150.61	31.93	62.00	32.76
492	16:55	28.92	31.87	30.75	29.62	31.22	31.57	31.82	32.13	31.27	122.62	31.52	63.70	32.34
493	17:00	28.59	32.00	30.75	29.11	31.27	31.60	31.40	32.23	31.27	123.41	31.52	65.20	32.34
494	17:05	28.63	31.87	30.75	29.40	31.35	31.65	31.44	32.20	31.27	115.80	31.12	65.60	31.93
495	17:10	28.36	31.87	30.75	29.19	31.38	31.72	31.21	32.15	31.29	99.31	31.12	66.00	31.93
496	17:15	28.38	32.00	30.75	28.85	31.38	31.72	30.88	32.28	31.27	114.99	31.12	65.60	31.93
497	17:20	28.65	31.87	30.75	29.12	31.27	31.67	31.07	32.15	31.27	114.94	31.12	66.80	31.93
498	17:25	28.39	31.77	30.75	29.01	31.27	31.67	30.62	32.13	31.22	99.28	31.12	67.20	31.52
499	17:30	28.31	31.70	30.75	28.90	31.27	31.67	30.36	32.15	31.29	98.05	30.71	67.70	31.52
500	17:35	28.35	31.72	30.75	28.94	31.27	31.65	30.49	32.20	31.22	93.64	30.71	67.30	31.52
501	17:40	28.11	31.70	30.75	28.97	31.27	31.67	30.36	32.13	31.12	78.17	30.71	68.10	31.12
502	17:45	28.03	31.72	30.75	28.63	31.27	31.65	29.95	32.15	31.19	73.29	30.71	68.10	31.12
503	17:50	27.97	31.72	30.75	28.72	31.27	31.60	29.75	32.20	31.12	70.31	30.71	68.10	30.71
504	17:55	28.44	31.50	30.75	29.09	31.12	31.60	30.32	32.05	31.12	81.87	30.71	69.50	31.12
505	18:00	28.83	31.42	30.61	29.50	31.07	31.52	30.75	31.98	31.07	84.95	30.71	69.50	31.52
506	18:05	28.80	31.40	30.61	29.32	31.05	31.52	30.24	32.00	31.07	79.21	30.31	69.60	31.12
507	18:10	28.86	31.32	30.61	29.58	31.05	31.50	30.58	31.85	30.99	82.30	30.31	70.10	31.52
508	18:15	28.95	31.25	30.61	29.55	30.90	31.45	30.38	31.75	30.89	72.80	30.31	70.10	31.12
509	18:20	28.55	31.22	30.61	29.49	30.90	31.45	29.97	31.75	30.97	57.04	30.31	70.10	30.71
510	18:25	28.42	31.15	30.54	29.40	30.90	31.45	29.93	31.65	30.89	44.64	30.31	70.10	30.31
511	18:30	28.23	31.07	30.54	29.19	30.80	31.42	29.49	31.60	30.82	33.50	29.90	71.20	30.31
512	18:35	27.97	31.02	30.54	29.01	30.80	31.37	29.30	31.60	30.82	23.99	29.90	71.70	29.90
513	18:40	27.79	31.02	30.54	28.82	30.75	31.30	29.08	31.53	30.74	17.67	29.90	72.90	29.50
514	18:45	27.68	31.00	30.54	28.69	30.80	31.30	28.85	31.58	30.52	11.23	29.90	74.10	29.50
515	18:50	27.63	30.95	30.54	28.60	30.80	31.27	28.65	31.53	30.57	5.89	29.50	74.80	29.10
516	18:55	27.62	30.92	30.54	28.54	30.72	31.27	28.67	31.45	30.59	3.34	29.50	74.80	29.10
517	19:00	29.57	30.87	30.35	28.53	30.67	31.22	28.67	31.38	30.52	2.40	29.50	75.50	29.10
518	19:05	29.55	30.79	30.35	28.62	30.57	31.20	28.67	31.30	30.42	0.99	29.50	75.50	29.10
519	19:10	29.55	30.69	30.35	28.69	30.52	31.12	28.67	31.22	30.42	0.58	29.50	75.50	29.10
520	19:15	29.47	30.64	30.35	28.69	30.45	31.12	28.67	31.15	30.42	0.47	29.50	75.50	29.10
521	19:20	29.47	30.62	30.35	28.69	30.42	31.05	28.72	31.07	30.37	0.46	29.50	76.30	29.10
522	19:25	29.42	30.54	30.27	28.69	30.42	31.05	28.72	31.05	30.29	0.46	29.50	76.30	29.10
523	19:30	29.40	30.54	30.27	28.62	30.27	30.97	28.72	31.00	30.22	0.44	29.50	76.30	29.10
524	19:35	29.32	30.47	30.27	28.62	30.27	30.97	28.65	30.92	30.22	0.44	29.50	77.00	29.10
525	19:40	29.32	30.42	30.27	28.54	30.20	30.92	28.65	30.90	30.19	0.44	29.50	77.00	29.10
526	19:45	29.30	30.32	30.27	28.54	30.12	30.90	28.65	30.80	30.14	0.43	29.50	77.00	29.10
527	19:50	29.25	30.24	30.27	28.54	30.05	30.85	28.65	30.75	29.99	0.43	29.50	77.80	29.10
528	19:55	29.25	30.22	30.27	28.54	29.92	30.82	28.67	30.67	30.04	0.41	29.50	77.80	29.10
529	20:00	29.10	30.22	30.27	28.42	29.90	30.75	28.60	30.60	29.99	0.43	29.50	77.80	29.10
530	20:05	29.02	30.02	30.27	28.42	29.82	30.72	28.45	30.52	29.97	0.41	29.50	78.70	29.10
531	20:10	28.87	30.07	30.27	28.32	29.75	30.67	28.37	30.45	29.89	0.41	29.50	78.70	29.10
532	20:15	28.72	29.94	30.27	28.22	29.72	30.65	28.27	30.37	29.89	0.41	29.50	78.70	29.10
533	20:20	28.62	29.92	30.27	28.17	29.65	30.60	28.20	30.30	29.82	0.41	29.90	78.70	29.10
534	20:25	28.57	29.87	30.27	28.07	29.52	30.60	28.12	30.27	29.82	0.40	29.90	78.70	29.50
535	20:30	28.57	29.87	30.27	28.02	29.57	30.57	28.15	30.27	29.82	0.40	29.90	78.70	29.10
536	20:35	28.57	29.79	30.27	28.02	29.52	30.52	28.20	30.27	29.74	0.40	29.90	78.70	29.10
537	20:40	28.55	29.87	30.27	27.94	29.60	30.50	28.12	30.27	29.72	0.40	29.90	78.70	29.10

538	20:45	28.55	29.87	30.27	27.92	29.65	30.50	28.05	30.37	29.74	0.38	29.50	78.70	29.50
539	20:50	28.47	29.87	30.22	27.79	29.60	30.45	27.92	30.30	29.74	0.40	29.50	78.70	29.10
540	20:55	28.35	29.77	30.22	27.72	29.57	30.45	27.80	30.20	29.74	0.38	29.50	77.80	29.50
541	21:00	28.32	29.79	30.22	27.69	29.52	30.45	27.80	30.12	29.74	0.38	29.90	76.20	29.50
542	21:05	28.25	29.62	30.22	27.54	29.45	30.45	27.57	29.97	29.79	0.37	29.90	74.80	29.50
543	21:10	28.17	29.47	30.27	27.32	29.37	30.42	27.42	29.82	29.79	0.37	29.90	72.30	29.50
544	21:15	28.22	29.39	30.19	27.34	29.29	30.42	27.45	29.82	29.82	0.37	29.90	71.70	29.50
545	21:20	28.10	29.34	30.19	27.24	29.27	30.37	27.37	29.75	29.74	0.35	29.90	71.20	29.50
546	21:25	27.95	29.24	30.14	27.09	29.19	30.37	27.19	29.75	29.67	0.34	29.90	70.70	29.50
547	21:30	27.87	29.24	30.12	27.02	29.14	30.35	27.14	29.75	29.59	0.35	29.90	71.20	29.50
548	21:35	27.95	29.32	30.04	27.02	29.14	30.27	27.19	29.75	29.57	0.35	29.90	71.20	29.50
549	21:40	28.00	29.24	30.04	27.02	29.19	30.27	27.27	29.80	29.57	0.35	29.50	70.70	29.50
550	21:45	28.02	29.32	30.04	27.07	29.22	30.27	27.35	29.80	29.59	0.37	29.50	70.20	29.50
551	21:50	28.02	29.22	30.12	27.02	29.27	30.29	27.27	29.75	29.57	0.38	29.50	65.10	29.10
552	21:55	28.07	29.24	30.14	27.02	29.27	30.42	27.27	29.82	29.59	0.38	29.50	63.40	29.10
553	22:00	28.10	29.22	30.19	26.94	29.27	30.45	27.27	29.75	29.59	0.40	29.10	63.50	29.10
554	22:05	27.95	29.22	30.12	26.84	29.19	30.42	27.19	29.75	29.72	0.43	29.10	63.50	29.10
555	22:10	27.92	29.07	30.04	26.76	29.14	30.37	27.19	29.67	29.64	0.43	29.10	63.50	29.10
556	22:15	27.95	28.94	29.97	26.71	29.12	30.35	27.12	29.65	29.34	0.43	29.10	63.80	28.70
557	22:20	27.85	28.87	29.92	26.61	29.04	30.27	27.04	29.52	29.37	0.44	29.10	63.80	28.70
558	22:25	27.85	28.87	29.84	26.61	28.97	30.19	27.04	29.50	29.37	0.44	29.10	64.10	28.70
559	22:30	27.85	28.71	29.79	26.56	28.89	30.14	27.04	29.45	29.26	0.44	29.10	64.50	28.70
560	22:35	27.87	28.69	29.72	26.61	28.84	30.07	27.12	29.42	29.11	0.44	28.70	64.90	28.31
561	22:40	27.87	28.69	29.67	26.61	28.82	29.99	27.07	29.37	29.11	0.44	28.70	65.30	28.31
562	22:45	27.87	28.61	29.59	26.64	28.82	29.97	27.12	29.29	28.99	0.44	28.70	65.30	28.31
563	22:50	27.77	28.61	29.57	26.54	28.74	29.89	26.97	29.27	28.91	0.44	28.70	65.60	28.31
564	22:55	27.64	28.54	29.52	26.49	28.67	29.82	26.84	29.14	28.96	0.44	28.70	65.60	28.31
565	23:00	27.42	28.41	29.49	26.31	28.52	29.79	26.59	29.04	28.81	0.44	28.70	65.30	28.31
566	23:05	27.39	28.41	29.44	26.31	28.49	29.74	26.67	28.99	28.74	0.44	28.70	65.60	28.31
567	23:10	27.54	28.31	29.37	26.41	28.49	29.67	26.82	28.97	28.64	0.43	28.70	65.60	28.31
568	23:15	27.54	28.39	29.34	26.39	28.49	29.64	26.79	28.97	28.66	0.41	28.70	65.60	28.31
569	23:20	27.42	28.34	29.26	26.31	28.44	29.59	26.59	28.92	28.59	0.41	28.70	66.00	28.31
570	23:25	27.22	28.31	29.21	26.21	28.42	29.52	26.44	28.89	28.59	0.41	28.70	66.40	28.31
571	23:30	27.17	28.24	29.19	26.09	28.34	29.52	26.37	28.82	28.51	0.41	28.70	66.80	28.31
572	23:35	27.09	28.21	29.11	26.09	28.29	29.44	26.37	28.79	28.41	0.40	28.70	66.80	28.31
573	23:40	27.09	28.14	29.11	26.09	28.27	29.42	26.29	28.72	28.34	0.37	28.70	67.20	28.31
574	23:45	27.02	28.09	29.04	26.09	28.19	29.37	26.27	28.67	28.14	0.34	28.70	67.20	28.31
575	23:50	26.94	28.06	29.04	26.01	28.14	29.29	26.19	28.64	28.21	0.35	28.70	67.20	28.31
576	23:55	27.09	28.09	28.96	26.06	28.14	29.27	26.29	28.64	28.11	0.34	28.31	67.60	27.91

ประวัติผู้เขียน

นายดนุช ธีรธนาธร เกิดเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ.2517 ที่ จ.นครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

2521-2526	ระดับอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 4 ที่โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จ.นครศรีธรรมราช
2527-2528	ระดับประถมศึกษาปีที่ 5 – 6 ที่โรงเรียนวัดพระมหาธาตุ จ.นครศรีธรรมราช
2529-2532	ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-4 ที่โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จ.นครศรีธรรมราช
2533-2534	ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-5 ที่โรงเรียนเซนคาเบรียล กรุงเทพมหานคร แผนกวิทย์-คณิต
2535-2539	ระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต (สถ.บ.)
2541-2545	ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

ประวัติการทำงาน

2537	กระทรวงการคลัง (ผู้ช่วยจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารสำหรับงานกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ ที่กรุงเทพมหานคร)
2539-2541	บริษัท วิศวกรที่ปรึกษาต่อตระกูลยมนาค และคณะ จำกัด (สถาปนิกประสานงานโครงการก่อสร้างศูนย์กีฬาเอเชี่ยนเกมส์ ม.ธรรมศาสตร์)
2542-2545	บริษัท แอค เซนา ดีไซน์ สตูดิโอ จำกัด (สถาปนิกโครงการ)
2546-ปัจจุบัน	บริษัท เค แอน แอล จำกัด (สถาปนิกโครงการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้