การใช้ระบบธรรมชาติ โดยผนังสัมผัสน้ำ เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้อง
กรณีศึกษา : อาคารผนังสัมผัสน้ำ ที่จังหวัดเชียงราย

นางสาวจิตราวดี รุ่งอินทร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974 - 17 - 0774 - 6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A PASSIVE SYSTEM BY WATER WALL FOR IMPROVING INSIDE TEMPERATURE.
CASE STUDY : WATER WALL ROOM IN CHIANGRAI PROVINCE.

Miss Jitravadee Roongin

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2001
ISBN 974 - 17 - 0774 - 6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ระบบธรรมชาติ โดยผนังสัมผัสน้ำ เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้อง กรณีศึกษา : อาคารผนังสัมผัสน้ำที่จังหวัดเชียงราย
โดย	นางสาวจิตราวดี รุ่งอินทร์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ คมกฤช ชูเกียรติมั่น

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ แตงเที่ยง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิค)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ คมกฤช ชูเกียรติมั่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์ พิรัส พัชรเศวต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จิตราวดี รุ่งอินทร์ : การใช้ระบบธรรมชาติ โดยผนังสัมผัสน้ำ เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้อง กรณีศึกษา : อาคารผนังสัมผัสน้ำ ที่จังหวัดเชียงราย (A PASSIVE SYSTEM BY WATER WALL FOR IMPROVING INSIDE TEMPERATURE. CASE STUDY : WATER WALL ROOM IN CHIANGRAI PROVINCE.) อาจารย์ที่ปรึกษา : ร.ศ. สมสิทธิ นิตยะ , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผ.ศ. ธนิต จินดาวณิค, อาจารย์ คมกฤช ชูเกียรติมั่น. 123 หน้า. ISBN 974 - 17 - 0774 - 6

สภาพอากาศที่ร้อน ดังเช่นประเทศไทย ความร้อนจากสภาพแวดล้อม และอากาศ ที่ผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร เป็นผลให้อุณหภูมิห้องสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่า ระบบผนังสัมผัสน้ำเป็นระบบธรรมชาติ ระบบหนึ่งที่น่าสนใจ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติน้ำ ว่าสามารถลดช่วงความต่างของอุณหภูมิสูงสุด กับต่ำสุดในช่วงวัน โดยการใช้น้ำสัมผัสกับผนังห้อง เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้อง ให้อยู่ หรือเข้าใกล้เขตสบาย ได้มากที่สุด

การศึกษาใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง โดยทำแบบจำลองบ่อน้ำ ค.ส.ล. 3 บ่อ คือ บ่อเล็ก บ่อกลาง และบ่อใหญ่ ตัดอิทธิพลจากพื้นและผนังโดยรอบ ยกเว้นผนังด้านที่พิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำ ต่ออุณหภูมิห้อง และทำหน่วยทดลอง (ห้องจำลอง) โดยตัดอิทธิพลจากภายนอกเช่นกัน การทดลองขั้นตอนแรก เริ่มจาก การเปรียบเทียบอิทธิพลจากน้ำ และอากาศ ต่ออุณหภูมิห้อง และศึกษาพฤติกรรมน้ำในทุกระดับความลึก 50 ซ.ม. โดยมีตัวแปรคือ ปริมาตร และระบบการระเหยที่แตกต่างกันได้แก่ การเปิดบ่อ การปิดบ่อ และบังแดดบ่อ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพน้ำกับอุณหภูมิห้องจำลอง ในระบบการระเหยที่แตกต่างกัน การทดลองทั้ง 2 ขั้นตอนกระทำที่กรุงเทพฯ ขั้นตอนสุดท้าย เป็นการนำผลสรุป และกระบวนการทดสอบที่เหมาะสมมาทดสอบกับอาคารจริง ที่จังหวัดเชียงราย ในบ่อตามสภาพแวดล้อมจริง การทดลองจะเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง ทุก 30 นาที ด้วยเครื่องมือที่เชื่อถือได้ ช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์

ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิน้ำมี อิทธิพลต่ออุณหภูมิห้องมากกว่าอุณหภูมิอากาศ และระดับน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ จะมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ระดับ –2.00 ม. ในระบบบังแดด เพราะมีค่าการแกว่งตัวของอุณหภูมิตลอดวันน้อยที่สุด รองลงมา คือ –1.50 ม. และ –1.00 ม. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำทั้ง 3 ระบบ จะพบว่า ช่วงกลางคืน อุณหภูมิน้ำ ระบบบังแดดจะต่ำที่สุด ระบบเปิดจะสูงที่สุด ส่วนช่วงกลางวัน ระบบปิดจะต่ำที่สุด ระบบเปิดจะสูงที่สุด นอกจากนี้จะพบว่า ในระดับความลึกที่เท่ากัน ปริมาตรจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ แต่จะมีผลต่ออุณหภูมิห้อง คือ บ่อใหญ่ระบบปิดจะมีอุณหภูมิหน่วยทดลอง ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในตอนกลางวัน และสูงกว่าในตอนกลางคืน ขณะที่บ่อใหญ่ระบบบังแดด จะมีอุณหภูมิหน่วยทดลอง ตลอดวัน ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนกรณีศึกษา มีแนวโน้มว่าอุณหภูมิน้ำจะมีผลต่ออุณหภูมิภายในห้องมากกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เพราะส่งผลให้ ช่วงความต่างของอุณหภูมิสูงสุด กับต่ำสุดในช่วงวัน ของห้องลดลงได้ โดยเฉพาะกลางคืน จะมีอุณหภูมิห้อง เท่ากับ 22.92 อยู่ต่ำกว่าเขตสบาย

ผลจากการศึกษา จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของอุณหภูมิน้ำ ที่ระดับ –2.00 ม. ในระบบบังแดดบ่อ จะมีค่าต่ำที่สุด และหากจะทำการลดอุณหภูมิหน่วยทดลอง ช่วงกลางคืนควรใช้ระบบบังแดด กลางวันควรใช้ระบบปิด หากจะเพิ่มอุณหภูมิหน่วยทดลอง กลางคืนควรใช้ระบบปิด กลางวันควรใช้ระบบเปิด สำหรับหน่วยทดลองที่มีการใช้งานตลอดวันควรใช้ระบบบังแดด ผลของกรณีศึกษา และผลการทดลองทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า ผนังสัมผัสน้ำจะได้ผลดีในระดับหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นผู้ที่จะนำระบบนี้ไปใช้งาน ควรจะศึกษาเพิ่มเติม ในตัวแปรอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อระบบผนังสัมผัสน้ำ ต่อไป

ภาควิชา……สถาปัตยกรรมศาสตร์……..
สาขาวิชา……สถาปัตยกรรม……..
ปีการศึกษา…….2544……..

ลายมือชื่อนิสิต……
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา……
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม……
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม……..

437 41145 25 MAJOR ARCHITECTURE
/ INSIDE TEMPERATURE / WATER WALL / AMPLITUDE SWING

JITRAVADEE ROONGIN : A PASSIVE SYSTEM BY WATER WALL FOR IMPROVING INSIDE TEMPERATURE. CASE STUDY : WATER WALL ROOM IN CHIANGRAI PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMSIT NITTAYA. THESIS CO-ADVISOR : ASSIST. PROF. TANIT JINDAWANIK AND INSTRUCTOR KOMGRIT CHUKIATMAN. 123 pp. ISBN 974 - 17 - 0774 - 6

As Thailand has a tropical climate, heat can radiate through walls, increasing the room temperature According to a study, water wall is one of the most interesting passive systems. The purpose of this study is to determine whether water can reduce the difference between the highest and lowest temperatures in a day by using a water wall to improve the inside temperature so that it is within or close to the comfortable limit.

This is experimental research which was conducted in Bangkok with 3 pond models whose sizes were small, medium and large were built. The influences from floor and other walls were excluded except for the wall affected by water. A unit model was also constructed and the external factors were excluded. The first phase was carried out by comparing the effects of water to the room temperature with those of air to the room temperature. Additionally, water with a depth of 50 cm. was checked The variables to be considered were volume and evaporation rates. These resulted from opening, closing and shading the ponds. The second phase was carried out by testing the effect of water to the temperature in the room model at different evaporation rates. The final phase in Chiangrai was to find a practical means to improve the inside temperature based on the conclusions made from the two phases. An existing pond was used and the data were collected every 30 min. by using reliable equipment from the period of January to February.

It is found that water temperature affects room temperature more than air temperature and the level of water that yields the desirable result is at -2.00m. in a shade since the water temperature at this level fluctuates least followed by the level of -1.50 m. and of –1.00m. respectively. As for ways of controlling water temperature, it is found that at night the shading system causes the lowest water temperature whereas the opening system the highest. During the day, the water temperature of the closing system is the lowest but that of the opening system is the highest. It is, furthermore, found that at the same depth, volume does not affect water temperature but it affects room temperature. A unit model temperature of the large pond under the closing system is lower than the outside temperature during the day but it is higher at night. A unit model temperature of the large pond under the shading system is lower than the outside temperature all day long. In terms of case study, it is likely that water temperature affects room temperature more than outside temperature, resulting in a reduction in the difference between the highest and the lowest temperatures of the day especially at night when the room temperature is at 22.92 which is lower the comfortable limit.

It can be concluded that water temperature at –2.00m under the shading system is the lowest. To lower room temperature at night, the shading system is ideal while during the day, the closing system is the best alternative. On the other hand, to increase unit model temperature at night, the closing system is the best option while during the day, the opening system is the best one. As for a unit model which is used all day, the shading system is ideal. The results gained from the case study and those from the experiments show that water wall gives a satisfactory result at a certain level. If one wants to put it into a practical use, other variables affecting water wall should be further studied.

Department/Program……Architecture……
Field of study……..Architecture……..
Academic year……..2001……

Student's signature……
Advisor's signature……
Co - advisor's signature……
Co - advisor's signature……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิค, อาจารย์ คมกฤช ชูเกียรติมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ อาจารย์พิรัส พัชรเศวต ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด และในการวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

และขอขอบคุณ บุคคลสำคัญที่ช่วยให้งานวิจัยนี้ สำเร็จได้ ดังนี้

ขอขอบคุณ คุณสรชาญ กันกา ที่เป็นกำลังใจ, กำลังงาน และเป็นที่ปรึกษา

ขอขอบคุณ คุณอนุพล ฐาปนวรเกียรติ เพื่อน สถ.6 ที่ช่วยเหลืองานพิมพ์ บางส่วน

ขอขอบคุณโรงเรียนดนตรีศิริปิ่น และผู้ปกครองนักเรียน ที่ให้ลาสอนเพื่อไปทำการวิจัยที่เชียงราย

ขอขอบคุณ คุณชาญนริศ จากสำนักข่าวสถานฑูตอเมริกา ที่ให้คำปรึกษาด้านภาษาอังกฤษ

ขอขอบคุณ คุณโรจน์ และคนงานของคุ้มเค้าแมวทุกคนที่เป็นกำลังงานให้

ขอขอบคุณ คุณนุช ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการติดต่อ ประสานงาน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณแม่อรสา รุ่งอินทร์ ที่เป็นทั้งกำลังใจ, ให้ทุนทรัพย์ และเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูปภาพ..... ฏ

สารบัญแผนภาพ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา..... 1

1.2 ความสำคัญของปัญหา..... 1

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.4 สมมุติฐานการวิจัย..... 2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย..... 3

1.7 ระเบียบวิธีวิจัย..... 3

2. ทฤษฎีและตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 การนำระบบธรรมชาติมาใช้ในการทำความเย็น..... 6

2.2 ระบบเปลือกอาคาร กับเทคนิคการใช้ประโยชน์จากน้ำ..... 6

2.3 MICROCLIMATIC MODIFICATION..... 7

2.4 MOISTURE AND INFILTRATION..... 10

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย..... 11

2.5.1 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร..... 11

2.5.2 การคำนวณหาปริมาณความร้อน..... 13

2.5.3 อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน..... 13

2.5.4 ค่า CONDUCTIVITY ของวัสดุ..... 14

2.5.5 ค่า Heat Capacity ของวัสดุ..... 14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ) หน้า

2.6 แนวคิดในการทำความเย็นจากน้ำ และตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16
2.6.1 ความเย็นจากการคายรังสีความร้อน (Roof Pond) 16
2.6.2 ความเย็นจากการระเหย..... 19
2.6.3 INDUCED EVAPORATION..... 21
2.6.4 DIRECTING CONVECTION..... 21
2.6.5 ICE WALLS..... 22
2.6.6 DEW POND..... 23
3. การดำเนินการวิจัย
3.1 การดำเนินการวิจัย..... 24
3.1.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมการวิจัย..... 24
3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินวิจัย..... 25
3.2 การกำหนดจุดติดตั้งสายสัญญาณ 38
3.2.1 เครื่องมือในการเก็บข้อมูล..... 38
3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือ..... 39
4. ผลการวิจัย และวิเคราะห์ผล
4.1 การทดลองชุดที่ 1 การศึกษาอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิอากาศ 42
4.1.1 ผลการทดลอง..... 42
4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 44
4.2 การทดลองชุดที่ 2 การศึกษาปริมาตร และความลึกของน้ำ ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ..... 46
4.2.1 ผลการทดลอง..... 46
4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 49
4.3 การทดลองชุดที่ 3 การศึกษาการระเหยของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ..... 50
4.3.1 ผลการทดลอง..... 50
4.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การทดลองชุดที่ 4 การทดสอบทั้ง 3 ระบบ กับห้องโฟมทดลอง..... 59
4.4.1 ผลการทดลอง..... 59
4.4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 67
4.5 การทดสอบกับอาคารจริง ห้องดูปลา ประกบบ่อปลา
4.5.1 ผลการทดลอง ห้องดูปลา ประกบบ่อปลาเปล่า 72
4.5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 77
4.5.3 ผลการทดลอง ห้องดูปลา ประกบบ่อปลาใส่น้ำ..... 79
4.5.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 83
5. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 บทสรุป..... 89
5.1.1 การศึกษาอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจาก
อากาศ..... 89
5.1.2 การศึกษาพฤติกรรมของอุณหภูมิน้ำ ในปริมาตร และระดับความลึก
ต่างๆ..... 91
5.1.3 การระเหยของน้ำ นั้นต่างมีผลกับอุณหภูมิน้ำหรือไม่..... 92
5.1.4 การทดสอบทั้ง 3 ระบบ กับห้องโฟมทดลอง..... 95
5.1.5 การทดสอบกับอาคารจริง : กรณีบ่อเปล่า , กรณีบ่อใส่น้ำ..... 98
5.1.6 ผลสรุป และข้อสังเกตที่ได้จากการทดลองทั้งหมด..... 101
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 101
รายการอ้างอิง..... 103
ภาคผนวก..... 104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 123

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุ.....	15
2.2	แสดงค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ.....	15
4.3.1	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารแยกช่วงเวลา กลางวัน – กลางคืน.....	55
4.3.2	แสดงค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำ : ค่าพิสัยอุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด ในเวลาตลอดวัน (0.00 น. – 23.30 น. วันถัดไป) วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหยมีผลต่ออุณหภูมิน้ำ.....	56
4.3.3	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารตลอดวัน.....	58
4.4.1	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานอาคาร แยกช่วงเวลา.....	68
4.4.2	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานอาคารตลอดเวลา.....	70
5.1	แสดงผลสรุปรวมพฤติกรรมน้ำ และอากาศ และผลต่างค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงว่าอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ.....	89
5.2	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารแยกช่วงเวลา กลางวัน – กลางคืน.....	93
5. 3	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารตลอดวัน.....	94
5. 4	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานอาคาร แยกช่วงเวลา.....	96
5.5	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานอาคารตลอดเวลา.....	97

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดง Daytime/Night time……	8
2.2	แสดง Daily Cold Airflow……	8
2.3	แสดง RADIATION LOSS ON CLEAR NIGHT และ RADIATION CONSERVATION BY WATER VAPER CEILING……..	9
2.4	แสดงประโยชน์ของ ทรงพุ่มต้นไม้ และความหนาแน่นของพุ่มไม้ต่อ Solar Radiation……	10
2.5	แสดง THE CLIMATIC IMPACT OF LANDFORM AND VEGETATION COMBINED……	10
2.6	แสดงพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของรังสีความร้อนที่กระทำต่อวัตถุ…	12
2.7	แสดงลักษณะของ Roof Pond และการถ่ายเทและสะท้อนกลับของรังสีความร้อนในแต่ละฤดูกาล……	16
2.8	แสดงการถ่ายเทและสะท้อนกลับของรังสีความร้อนในแต่ละฤดูกาลของ Roof Pond โดยการใช้ระบบเปิดและปิดตามคุณสมบัติ ของการถ่ายเทรังสีความร้อนในตอนกลางวันและกลางคืน……..	17
2.9	แสดงแนวคิด Roof Storage ในแบบต่างๆ……..	19
2.10	แสดงภาพอาคารที่ได้ทำการใช้เทคนิคการระบายความร้อนด้วยระบบ Evaporative Cooling……..	20
2.11	**แสดงพฤติกรรมของ** INDUCED EVAPORATION……	21
2.12	**แสดงพฤติกรรมของ** DIRECTING CONVECTION ใน Temperature Mass ที่เหมือน และแตกต่างกัน……	21
2.13	**แสดงพฤติกรรมของ ICE WALLS**……..	22
2.14	**แสดงพฤติกรรมของ DEW POND**……	23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงผังบ่อทดลอง ชุดที่ 1 – 2.....	26
3.2	แสดงรูปตัดบ่อทดลอง.....	26
3.3	แสดงการก่อสร้างบ่อทดลอง และห้องโฟม.....	27
3.4	แสดงผังการประกอบห้อง.....	28
3.5	แสดงรูปตัดการประกอบห้องทดลองกับบ่อคอนกรีตทดลอง ชุดที่ 1 และตำแหน่งจุดทดสอบ.....	28
3.6	แสดงรูปการทดลอง ชุดที่ 1 และตำแหน่งจุดทดสอบ.....	29
3.7	แสดงสภาพบ่อทดลอง และการติดตั้งสายสัญญาณ สำหรับชุดที่ 2 – 3...	30
3.8	แสดงจุดติดตั้งสายสัญญาณบ่อทดลอง ชุดที่ 2 – 3.....	30
3.9	แสดงระบบชุดทดลองทั้ง 3 ของบ่อทดลอง ชุดที่ 2 – 3.....	31
3.10	แสดงผังการประกบห้องโฟมเข้ากับบ่อทดลอง ชุดที่ 4.....	32
3.11	รูปตัดแสดงจุดติดตั้งสายสัญญาณในบ่อทดลอง และห้องทดลอง ชุดที่ 4..	32
3.12	รูปตัดแสดงรูปแบบระบบบ่อ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4.....	33
3.13	แสดงระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4 – บ่อเล็ก.....	34
3.14	แสดงระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4 – บ่อกลาง.....	34
3.15	แสดงระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4 – บ่อใหญ่.....	34
3.16	แสดงการติดสายสัญญาณในห้องโฟม และบ่อทดลอง.....	35
3.17	แสดงบรรยากาศกรณีศึกษา และการติดตั้งสายสัญญาณ.....	36
3.18	รูปจำลองรูปตัดห้องดูปลา กับบ่อปลาใส่น้ำ.....	36
3.19	รูปจำลองรูปตัดด้านข้าง ห้องดูปลา กับบ่อปลา แสดงตำแหน่งการติดสายสัญญาณ.....	37
3.20	รูปจำลองรูปด้านหน้าผนังห้องดูปลา แสดงตำแหน่งการติดสายสัญญาณ..	37
3.21	แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิน้ำ (Data logger) และ Power Supply.....	38
3.22	แสดงการต่อเครื่องมือในการวัด.....	39
3.23	แสดงการต่อเครื่องมือใน ปรับ สายสัญญาณ.....	40
5.2	รูปจำลองแสดงทิศทางพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน จากห้องถ่ายเทสู่บ่อน้ำ.....	98

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
4.1.1	แสดงผลการวัดอุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศ ในบ่อทดลอง เทียบกับอุณหภูมิห้อง ส่วนประกบน้ำ และอากาศ วันที่ 22 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : อิทธิพลของน้ำหรืออากาศ ที่มีผลต่ออุณหภูมิห้องที่ลดลง.....	43
4.2.1	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง - บ่อเล็ก ในระดับ -2.00ม. – 0.00 ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : ความลึก มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ.....	47
4.2.2	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง – บ่อกลาง ในระดับ –2.00 – 0.00 ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : ความลึก มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ.....	47
4.2.3	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง – บ่อใหญ่ ในระดับ –2.00 – 0.00 ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : ความลึก มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ....	48
4.2.4	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง – บ่อเล็ก-กลาง-ใหญ่ ในระดับ-2.00 ม. ศึกษากรณี : ปริมาตร ต่อผลของอุณหภูมิน้ำ.....	48
4.3.1	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง - บ่อใหญ่ ในระดับ-0.50ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ....	51
4.3.2	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อปิด- บ่อใหญ่ ในระดับ- 2.00ม. วันที่ 24 – 25 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ.....	51
4.3.3	แสดงผลของอุณหภูมิบ่อบังแดด – บ่อใหญ่ ในระดับ – 2.00 ม. วันที่ 25 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ....	52
4.3.4	แสดงค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด กลางคืน (19.30 น.- 8.30 น.) / กลางวัน (9.00 น. – 19.00 น.) วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหยมีผลต่ออุณหภูมิน้ำ.....	52
4.3.5	แสดงค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำ : ค่าพิสัยอุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด ในเวลาตลอดวัน (0.00 น. – 23.30 น. วันถัดไป) วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ...	56

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

แผนภาพที่		หน้า
4.4.1	แสดงผลของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก เทียบกับอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่เปิดกลางแจ้งประกบด้วยห้องโฟม วันที่ 27 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	60
4.4.2	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม เทียบกับอุณหภูมิห้องโฟม และอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่เปิดกลางแจ้งประกบห้องโฟม วันที่ 27 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	61
4.4.3	แสดงผลของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก เทียบกับอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ปิดกันการระเหย ประกบด้วยห้องโฟม วันที่ 28 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	62
4.4.4	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม เมื่อมีการสัมผัสน้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้องโฟม และอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ปิดกันการระเหยประกบห้องโฟม วันที่ 28 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	63
4.4.5	แสดงผลของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก เทียบกับอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่มีการบังแดดประกบด้วยห้องโฟม วันที่ 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	64
4.4.6	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟมเทียบกับอุณหภูมิห้องโฟม และอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่มีการบังแดด ประกบห้องโฟม วันที่ 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	65
4.4.7	แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำ : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ระบบเปิด –ปิด -บังแดด ประกบห้องโฟม <u>แยกช่วงกลางวัน กับกลางคืน</u> วันที่ 27 - 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	66
4.4.8	แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำ : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ระบบเปิด –ปิด -บังแดด ประกบห้องโฟม <u>รวมตลอดวัน</u> วันที่ 27 - 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่.....	69

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

แผนภาพที่		หน้า
4.5.1	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545……..	73
4.5.2	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง กระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545……..	74
4.5.3	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านใน ของห้องดูปลา ประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545……...	75
4.5.4	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านนอก ของห้องดูปลา ประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิ อากาศในบ่อ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ อากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545…….	75
4.5.5	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลา ประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545……...	76
4.5.6	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ ที่ระดับเท่ากัน วันที่ 12 ก.พ. 2545……..	79
4.5.7	แสดงผลของอุณหภูมิผนังกระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ ที่ระดับเท่ากัน วันที่ 12 ก.พ. 2545…….	80
4.5.8	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านนอก ของห้องดูปลา ประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 12 ก.พ. 2545……..	81
4.5.9	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านใน ของห้องดูปลา ประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 12 ก.พ. 2545……..	81

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

แผนภาพที่		หน้า
4.5.10	แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 12 ก.พ. 2545.....	82
4.5.11	แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแต่ละวัน และอุณหภูมิน้ำตลอดวัน วันที่ 11 –12 ก.พ. 2545 : กรณี ศึกษา - บ่อปลาเปล่า และบ่อปลาใส่น้ำ ประกบห้องดูปลา.....	85
4.5.12	แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแต่ละวัน และอุณหภูมิน้ำแยกกลางวัน – กลางคืน วันที่ 11 –12 ก.พ. 2545 : กรณี ศึกษา - บ่อปลาเปล่า และบ่อปลาใส่น้ำ ประกบห้องดูปลา.....	86
4.5.13	แสดงผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิห้องตลอดวัน กับอุณหภูมิอากาศตลอดวัน เทียบระหว่างบ่อปลาเปล่า กับบ่อปลาใส่น้ำ วันที่ 11 –12 ก.พ. 2545 : กรณีศึกษา - บ่อปลาเปล่า และบ่อปลาใส่น้ำ ประกบห้องดูปลา.....	87
5.1	แสดงค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด กลางคืน (19.30 น.- 8.30 น.) / กลางวัน (9.00 น. – 19.00 น.) วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ.....	92
5.2	แสดงตัวอย่างลำดับพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของ ผนังห้องกรณีศึกษา ณ.ช่วงเวลาหนึ่ง คือ 0.00 น. – 1.00 น. - วันที่เป็นบ่อปลาใส่น้ำ.....	99

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป สภาพอากาศในประเทศไทยสูงขึ้นกว่าในอดีตมาก ซึ่งเปลือกอาคาร โดยเฉพาะผนังภายนอกอาคาร ต้องรับความร้อนจากสภาพแวดล้อมโดยตรง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้น ทั้งนี้การดูดซับความร้อนของผนังหากจะให้มีประสิทธิภาพดีเท่าไร ส่วนใหญ่ก็ขึ้นอยู่กับราคาที่สูงเช่นกัน และการที่จะทำให้อุณหภูมิห้องเย็นลงได้ ก็ต้องทำให้มวลของวัตถุที่สัมผัสผนังเย็นลงกว่าที่เป็นอยู่ (กว่าอากาศ) และหาได้ง่าย

ซึ่งจากการศึกษา พบว่า น้ำ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เรามีอยู่มากมาย มีคุณสมบัติเฉพาะ ที่เหมาะสมกว่าอากาศหลายอย่างในการใช้ปรับอุณหภูมิห้อง ซึ่งน่าจะนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบอาคารได้ โดยให้สามารถเลือกใช้น้ำ ได้ตามแต่ลักษณะการใช้งาน เพื่อปรับสภาพอุณหภูมิห้อง ให้อยู่ หรือเข้าใกล้เขตสบาย (Comfort zone) ได้

วิธีนี้ จัดเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่มุ่งก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานที่ไม่สิ้นเปลือง และก่อเกิดทัศนียภาพที่สบายตาได้

1.2 ความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากที่ผ่านมา แม้ว่าเราใช้ *น้ำ* ในการปรับอุณหภูมิให้แก่อาคารในระบบธรรมชาติ (Passive cooling) ได้ และทราบว่า *น้ำ* ที่ระดับลึกลงไปจะมีอุณหภูมิลดลง (วิชัย อิทธิวิศวกุล, อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร , วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) ซึ่งสามารถนำมาใช้ช่วยลดอุณหภูมิภายในแก่อาคารได้ ก็ตาม แต่เรายังขาดข้อมูลในเรื่องศักยภาพ ประสิทธิภาพของน้ำ ตลอดจนวิธีการและแนวทางในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่อาคาร จากการศึกษา พบว่า ระบบผนังสัมผัสน้ำ เป็นระบบหนึ่งในระบบธรรมชาติ (Passive cooling) ที่มีการนำน้ำมาใช้ แต่เนื่องจากเป็นระบบที่ยังใหม่ และเป็นองค์ความรู้ที่ไม่มีผู้ใดได้ศึกษาวิจัย หรือทำงานวิทยานิพนธ์ ผนังระบบนี้มาก่อน

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของ ระบบ ผนังสัมผัสน้ำ โดยอาศัยคุณสมบัติของน้ำ ที่สามารถลดช่วงความต่างของอุณหภูมิสูงสุด กับต่ำสุดในช่วงวัน (Amplitude swing) เมื่อมีการนำน้ำมาสัมผัสกับผนังห้อง เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่หรือเข้าใกล้เขตสบาย (Comfort zone) ได้มากที่สุด

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาว่าน้ำมีอิทธิพลของต่ออุณหภูมิภายในห้อง เช่นไรเมื่อเทียบกับอากาศภายนอก และศึกษาว่าในระดับความลึก และปริมาตรต่างๆน้ำจะมีอุณหภูมิ เป็นเช่นไร
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของอุณหภูมิน้ำ เมื่อมีการนำการระเหยของน้ำแต่ละระบบ (เปิดบ่อ – ปิดบ่อ –บังแดดบ่อ) เข้ามาเกี่ยวข้อง
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของอุณหภูมิภายในห้อง เมื่อนำมวลน้ำทั้งก้อน มาสัมผัสกับห้อง โดยมีการนำการระเหยของน้ำแต่ละระบบ (เปิด – ปิด –บังแดด) เข้ามาเกี่ยวข้อง
4. เพื่อศึกษาแนวทางการนำ ระบบผนังสัมผัสน้ำ ไปใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

1. อุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ
2. ในระดับความลึกระดับเดียวกัน ปริมาตร ไม่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ
3. ความลึกของน้ำ โดยเฉพาะระดับความลึก ตั้งแต่ 1.00 - 2.00 ม. มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ
4. การระเหยของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิน้ำที่จะนำมาใช้
5. ปริมาตร และความลึกของน้ำ มีผลต่อการทำความเย็นแก่ห้อง (ปริมาตรน้ำ ต่อ ปริมาตรห้อง)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. บ่อน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นบ่อประดิษฐ์ ตัดปัจจัยภายนอกด้วยโฟม
2. เปิดบ่อ คือ บ่อที่ปราศจากร่มเงาจากสิ่งแวดล้อมปกคลุมให้มีการระเหยได้เต็มที่ ปิดบ่อ คือ บ่อที่ให้ร่มเงาผิวน้ำ และกันการระเหย และ บังแดดบ่อ คือ บ่อที่ให้ร่มเงาที่ผิวน้ำ และให้มีการระเหยได้บางส่วน
3. กำหนดผนังทดลองเป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก เพราะ เป็นวัสดุที่สามารถรับแรงดัน น้ำได้ดี และตรงกับการนำไปใช้งานจริงของวัสดุผนัง และกำหนดอัตราส่วนขนาดบ่อ คือ 1 : 1.5 : 2 ตามข้อจำกัดในการก่อสร้าง และให้หน่วยทดลอง ตั้งอยู่ ระดับเหนือดิน

4. บ่อน้ำที่เป็นบ่อนิ่ง หมายถึงบ่อที่ขังน้ำไว้ไม่มีการหมุนเวียนของน้ำเท่านั้น
5. ห้องโฟมทดลอง จะใช้เรียกแทน หน่วยทดลอง ที่ทำด้วยโฟม
6. ใช้ COMFORT ZONE ช่วง 23.3 - 29.4 °C ของ Victor olgyay
7. การทดลองกระทำในช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์

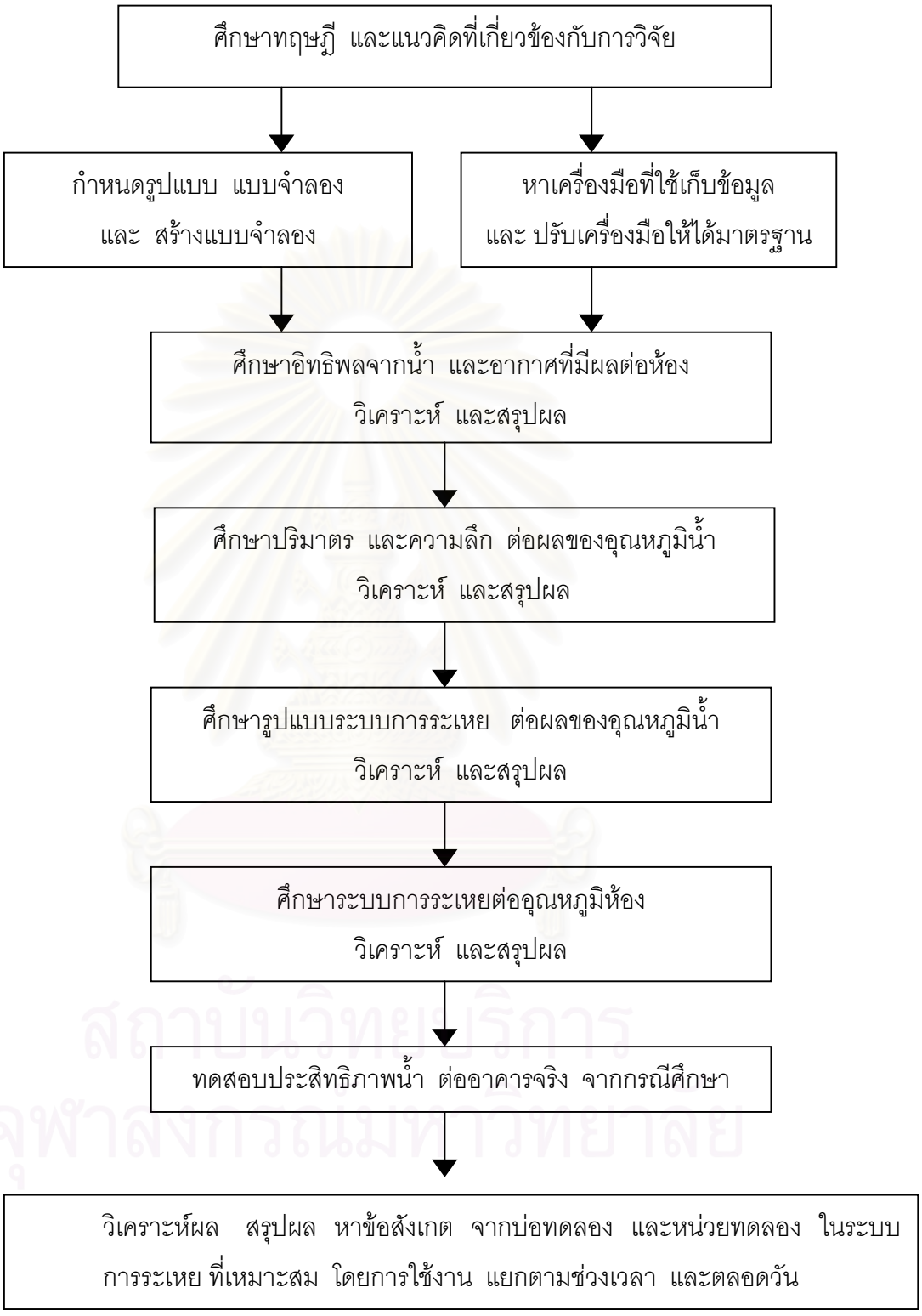
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ทราบพฤติกรรมอุณหภูมิน้ำ ที่ปริมาตร และ ระดับความลึกต่างๆ
2. ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ
3. ทำให้ทราบถึงแนวทางการใช้น้ำ เพื่อปรับอุณหภูมิห้อง
4. เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำไปแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

1.7 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับระบบผนังสัมผัสน้ำ
2. ทำการออกแบบ แบบจำลอง และทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
3. ทำการเก็บข้อมูลการทดลองจากแบบจำลอง ในปริมาตร และระบบต่างๆ ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้
4. วิเคราะห์ผล และประเมินผลการทดลอง จากแบบจำลอง
5. วิเคราะห์ผล สรุปผล หาข้อสังเกต จากบ่อทดลอง และหน่วยทดลอง ในระบบการระเหย ที่เหมาะสม โดยการใช้งาน แยกตามช่วงเวลา และตลอดวัน
6. ทำการทดลอง และเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษา โดยใช้ผลจากการวิเคราะห์ข้างต้นเป็นแนวทางการทดสอบ
7. วิเคราะห์ และประเมินผลการทดลองจากกรณีศึกษา

โดยมีรายละเอียดของแนวคิดในการศึกษา ดังแผนภูมิที่ 1.1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การออกแบบอาคารโดยใช้ระบบ และเทคนิคทางธรรมชาติ (Passive design) เป็นแนวคิดของการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานทั้งจากตัวอาคารซึ่งหมายถึงผู้ใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้า และจากการรุกรานของสภาพแวดล้อมภายนอก ภายในอาคารเรามีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าสามารถผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ช่วยประหยัดพลังงานได้ และเทคโนโลยีนี้เองที่มนุษย์เรานำมาออกแบบประสานกับระบบธรรมชาติเพื่อแก้ปัญหาจากสภาพแวดล้อมภายนอก

จากเนื้อหาตอนหนึ่งของเรื่อง Passive Cooling ของ Kevin W. Green เรียบเรียงโดย รศ. สมสิทธิ์ นิตยะ ได้กล่าวไว้ว่า

" การควบคุม หรือป้องกันความร้อนเพิ่ม (Heat Gain Control) ที่อาคารจะได้รับจากสภาพแวดล้อมภายนอก เป็นวิธีการแรกในการปรับเย็นในตัวอาคาร (Passive Cooling) และการปรับร้อนในตัวอาคาร (Passive Heating) ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการทั้งสองนี้ค่อนข้างจะวิกฤต สิ่งที่ควรเน้น คือ การที่จะทำให้อาคารเย็นลงโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใดๆ ในการทำให้เย็นลงตามธรรมชาติ

ดังนั้น เมื่อการควบคุม หรือป้องกันความร้อนเพิ่ม วิธีการอันแรกในการปรับเย็นในอาคารที่จำเป็นต้องศึกษาคือ สภาพภูมิอากาศของบริเวณที่ตั้งอาคารซึ่งเป็นที่ทำให้เกิดความร้อนที่ไม่ต้องการ ข้อมูลที่ควรนำมาศึกษา ได้แก่ ข้อมูลบรรยากาศรอบปี ทั้งค่าเฉลี่ยสภาพอุณหภูมิความชื้นรายเดือนและรายวัน ไปจนถึงความเร็วและทิศทางลม มุมของดวงอาทิตย์ สภาพท้องฟ้า ซึ่งทำให้การคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load) เป็นของง่าย และโดยข้อมูลเฉพาะของที่ตั้งอาคารที่สามารถจะควบคุมปริมาณความร้อนได้โดยการหันทิศทางอาคารจากความเข้มของแสงอาทิตย์ การใช้แสงธรรมชาติแทนแสงผลิต (Artificial Light) การให้ร่มเงาแก่หลังคา ผนัง และหน้าต่างด้วยกันสาด ปีกผนัง (Wing Wall) มู่ลี่ และร่มไม้ โดยการจัดสัดส่วนของปริมาตร กับพื้นที่ผิวของอาคาร และการเลือกวัสดุผิวนอกของอาคารที่ชาญฉลาด "

ในการศึกษาทฤษฎีและตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ จะมุ่งศึกษาในเรื่องปัจจัยต่างๆที่ช่วยทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเข้าใกล้สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ให้มากที่สุดเป็นสำคัญ ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องต่างๆดังนี้

2.1 การนำระบบธรรมชาติมาใช้ในการทำความเย็น (Passive Cooling Application for Buildings in a Hot and Humid Climate) (ดร. สุกัญญา นุตาลัย, เทคนิคการนำ Indirect Evaporative Cooling System มาใช้ในการปรับอุณหภูมิอาคาร, สาระศาสตร์สถาปัตย์ ฉบับที่ 3, น. 159 - 160)

การออกแบบอาคารในประเทศร้อนชื้นเพื่อให้เกิดความสบายทางกายภาพแก่ผ็อยู่อาศัยนั้น จะต้องแก้ปัญหาหลัก 2 ประการ คือ

1) ความร้อนที่สูงเกินไป
2) ความชื้นที่มีมากเกินสบาย

จุดประสงค์หลักที่ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงเมื่อต้องแก้ปัญหาในการออกแบบดังกล่าวนั้น โดยทั่วไปมีด้วยกัน 2 ปรัชญาหลักดังนี้

1) รักษาอุณหภูมิภายในอาคารที่เหมาะสมโดยใช้พลังงานแต่น้อย คือออกแบบอาคารให้ลดภาระการทำความเย็นของอาคารให้มากที่สุด โดยใช้พลังงานให้น้อยที่สุด ส่วนนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับระบบเศรษฐศาสตร์ของอาคาร แต่ไม่ได้พิจารณาถึงความสบายในส่วนของผู้ใช้

2) ได้ความสบายทางกายภาพ คือต้องการปรับสภาพภายในอาคาร ให้ผู้ใช้มีความรู้สึกสบายทางการภาพอันเนื่องมาจากอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารอยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับผู้ใช้และกิจกรรมที่ทำ ในการที่จะบรรลุจุดประสงค์หลักดังที่กล่าวมาสามารถใช้กลวิธีดังนี้

1) การออกแบบกรอบอาคารใช้เอื้อต่อการใช้ Passive Cooling Application ดังที่รู้กันดีว่า การออกแบบอาคารแบบที่มีระบบปรับอากาศ (Conditioned Building Design) จะมีวิธีการออกแบบแตกต่างจาก การออกแบบที่ให้ความเย็นของอาคารแบบพึ่งพาระบบธรรมชาติ (Passive Cooling Design) ดังนั้น ในการให้อาคารทั้งสองแบบแระหยัดพลังงาน ก่อนออกแบบควรมีการตัดสินใจที่ดีว่าอาคารนั้นจะมีการปรับอากาศแบบใดให้ผลดีที่สุด

2) เมื่ออาคารดังกล่าวได้ออกแบบให้เอื้อต่อการปรับอากาศแบบ Passive Cooling Design แล้ว เราก็สามารถเลือกระบบ Passive Cooling Application ที่ต้องการมาใช้ในการปรับความเย็นแก่อาคารได้อย่างเหมาะสม

2.2 ระบบเปลือกอาคาร กับเทคนิคการใช้ประโยชน์จากน้ำ

จากการศึกษาพบว่า ระบบเปลือกอาคารและห้องที่เราอยู่อาศัย เป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งผลให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ซึ่งเปลือกอาคารทำหน้า

ที่เสมือนตัวกลาง (Transition Space) ระหว่างสภาพแวดล้อมภายใน กับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

P.O Famger นักวิจัยผู้ได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้ริเริ่มงานวิจัยเกี่ยวกับ Thermal Comfort โดยเฉพาะที่เป็นการศึกษาจากอาคารจริงๆที่ยังไม่เคยทดลองและมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาก ซึ่ง P.O Famger ได้ค้นพบตัวแปรที่มีผลต่อ Thermal Comfort 6 ตัวแปร ดังนี้

- <u>ปัจจัยทางด้านบุคคล</u>
  - เสื้อผ้าที่ผู้ใช้อาคารสวมใส่
  - อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย
- <u>ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม</u>
  - อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature)
  - อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
  - ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
  - ความเร็วลม (Wind Speed)

อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมภายในอาคารสามารถถูกปรับเปลี่ยนอย่างง่ายโดยเปลือกอาคารได้ (Building Envelope) แต่ความชื้นสัมพัทธ์นั้นจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะถูกควบคุมโดยปราศจากเครื่องกลเข้ามาช่วย ในขณะที่ MRT. (Mean Radiant Temperature) ขึ้นอยู่กับการออกแบบการเลือกใช้วัสดุมาเป็นเปลือกอาคาร เพื่อให้สามารถลดขนาดและระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศลงได้

จากข้างต้น ทำให้เราพบว่าปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคหรือท้องถิ่น มักจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างกันออกไปในแต่ละที่ตั้ง อันเนื่องมาจากสภาพทางกายภาพขององค์ประกอบในแต่ละท้องที่และโดยรอบที่ตั้ง ดังนั้นการปรับแต่ง Microclimate จะเป็นโอกาสหนึ่งที่ผู้ออกแบบจะสามารถจัดการกับปัจจัยภายนอกเพื่อให้บรรลุสภาวะน่าสบาย ซึ่ง Microclimate คืออะไร และมีองค์ประกอบธรรมชาติมีผลต่อ Microclimate อย่างไร สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.3 <u>MICROCLIMATIC MODIFICATION</u>

การใช้ข้อมูล Microclimate ในการออกแบบอาคาร การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ ที่ตั้ง พื้นที่โดยรอบเป็นสิ่งจำเป็น ส่วนสำคัญในการทำ Site Planing และใน Energy - Conscious Design เริ่มตั้งแต่การเลือกที่ตั้ง การเลือกตำแหน่งการวางอาคารสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์และลมเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด และถ้าที่ตั้งไม่เอื้ออำนวยการปรุงแต่งองค์ประกอบต่างๆ ก็ควรได้รับ

การออกแบบ (ธนิต จินดาวณิค. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501494 Energy Arch Design ตอนที่ 1 – 5 : น. 62)

ในช่วงเริ่มต้นของการออกแบบวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ ควรทำความเข้าใจรู้ลักษณะของพื้นที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศของที่ตั้งและพื้นที่นั้นๆ หลังจากนั้นการวิเคราะห์รายละเอียด Microclimate ของที่ตั้ง จะทำให้เราเห็นความเหมาะสมของที่ตั้ง ตำแหน่งอาคารและทิศทางการวางอาคาร

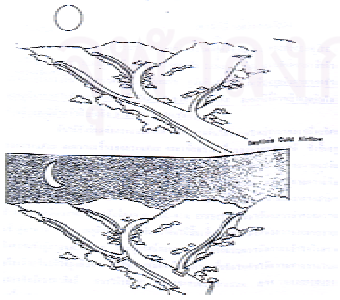
องค์ประกอบธรรมชาติที่มีผลต่อ Microclimate ประกอบด้วย

1) LANDFORM หรือ TOPHOGRAPHY
2) WATER BODY
3) VEGETABLE & PLANTS
4) BUILT FORM

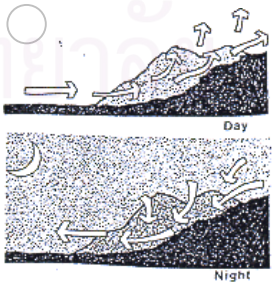
การดัดแปลง Microclimate จะเปิดโอกาสให้ผู้ออกแบบจัดการกับ External Factors เพื่อให้บรรลุสภาวะน่าสบาย

1) LANDFORM & TOPHOGRAPHY

ลักษณะรูปร่างที่ตั้งมีผลต่อ Microclimate อุณหภูมิอากาศจะเปลี่ยนตามระดับความสูงที่ที่เป็นภูเขาอุณหภูมิอากาศจะลดลงโดยประมาณ 1 ° F สำหรับความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก 330 ฟุต ในฤดูหนาว ภูเขาขนาดใหญ่มีผลกระทบต่อ Microclimate เช่นเดียวกันกับสภาพที่เป็นหุบเขา และเนินขนาดเล็กก็มีผลต่อ Microclimate อากาศที่เย็นจะหนักกว่าอากาศที่อุ่น ในตอนกลางคืนการการแผ่รังสีกลับสู่ท้องฟ้าจะทำให้เกิด Layer ของอากาศเย็นตามผิวดิน อากาศเย็นซึ่งเสมือนของไหลก็จะเคลื่อนตัวไปสู่จุดที่ต่ำ การเคลื่อนตัวของอากาศเย็นก็จะทำให้เกิดแอ่งอากาศเย็น ซึ่งตรงกันข้ามกับเวลากลางวันอากาศร้อนเคลื่อนตัวขึ้นไปตามหุบเขา นอกจากนี้ลักษณะเนินหรือแอ่งก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง Pattern ของกระแสลมท้องถิ่นด้วย



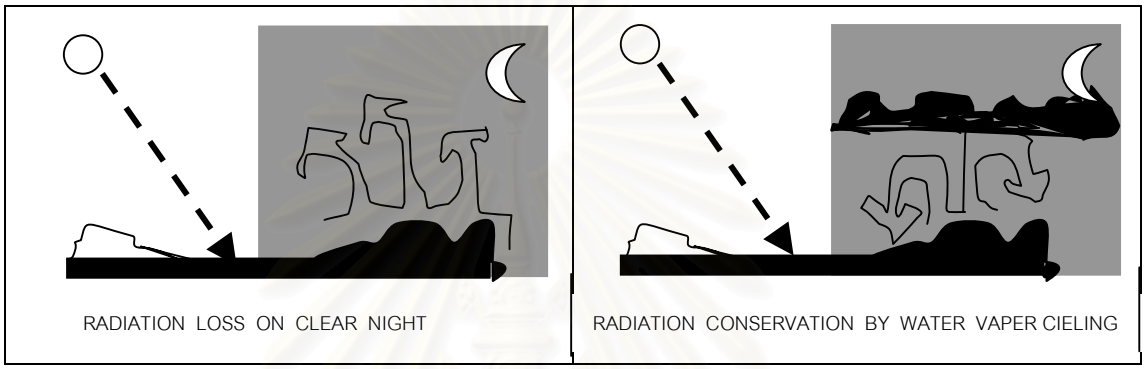
รูปที่ 2.1 **แสดง** Daytime/Night time



รูปที่ 2.2 **แสดง** Daily Cold Airflow

2) WATER BODY

น้ำมีค่า Specific Heat สูงกว่าดินหรือแผ่นดิน ทำให้บริเวณน้ำอุ่นกว่าในช่วงฤดูหนาว และเย็นกว่าในช่วงฤดูร้อน ในระหว่างวันก็เช่นกัน บริเวณน้ำ จะเย็นกว่าในช่วงเวลากลางวันและอุ่นกว่าในช่วงเวลากลางคืน ดังนั้นบริเวณที่ตั้งใกล้แหล่งน้ำขนาดใหญ่ จะช่วยลดการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิที่ขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุด ผลกระทบที่เกิดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแหล่งน้ำ นอกจากนี้บริเวณใกล้แหล่งน้ำ หรือด้านท้ายลมของแหล่งน้ำก็จะมีผลเรื่องของความชื้นในอากาศ และ Evaporative Cooling Effect ด้วย

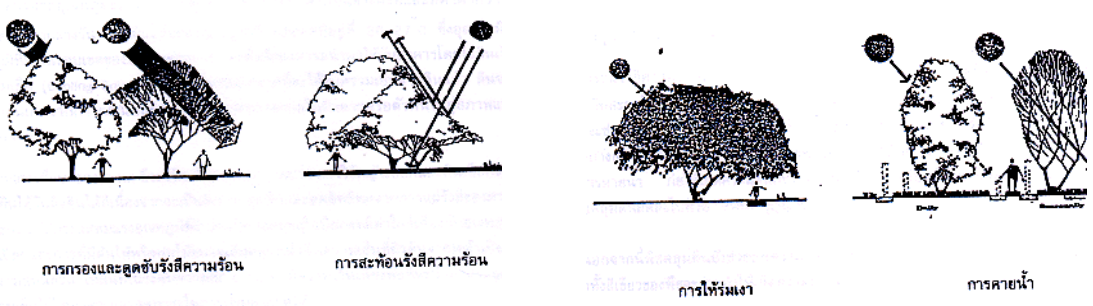


รูปที่ 2.3 แสดง RADIATION LOSS ON CLEAR NIGHT และ RADIATION CONSERVATION BY WATER VAPER CIELING

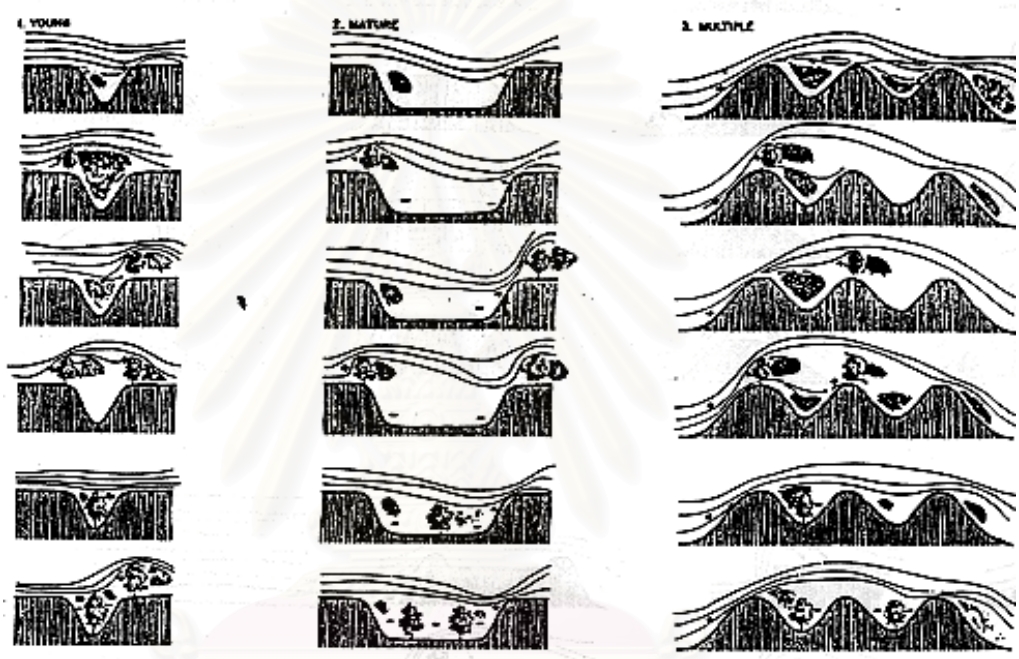
3) VEGETABLE & PLANTS

ต้นไม้และพืชคลุมดินสามารถลดอุณหภูมิลงได้โดยการดูดซึม Insulation และทำความเย็นด้วยวิธี Transpiration จากการศึกษาวิจัยพบว่า กลุ่มต้นไม้ใหญ่และพืชคลุมดินสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงอากาศร้อนจัดได้ถึง 3 ° C อุณหภูมิที่ผิวหญ้าคลุมดินในวันที่ร้อนมีอุณหภูมิดินถึง 5 – 8 ° C

นอกจากนี้ต้นไม้ยังมีผลต่อกระแสลมประจำถิ่น และยังช่วยควบคุมผลกระทบจากแสงแดดโดยต้นไม้จะช่วยกรองรังสีดวงอาทิตย์ และช่วยควบคุมอุณหภูมิที่ผิวดิน และปริมาณความร้อนที่สะสม สะท้อนหรือแผ่รังสีจากพื้นผิวต่างๆ ร่มเงาของต้นไม้ที่พาดผ่านจะช่วยลดอุณหภูมิผิวลงได้เนื่องจาก Sol – Air Effect ยังผลให้ลดการถ่ายเทความร้อน แต่ต้นไม้บางชนิดจะมีช่วงผลัดใบทำให้ความสามารถในการกรองรังสีดวงอาทิตย์ การให้ร่มเงา ผลต่อกระแสลม รวมถึงการ Transpiration เปลี่ยนไป (Robinette, 1976, ธนิต จินดาวณิค, เอกสารประกอบการสอนวิชา Energy Conservation : น. 62-71)



รูปที่ 2.4 **แสดงประโยชน์ของ ทรงพุ่มต้นไม้ และความหนาแน่นของพุ่มไม้ต่อ** Solar Radiation



รูปที่ 2.5 **แสดง** THE CLIMATIC IMPACT OF LANDFORM AND VEGETATION COMBINED

2.4 MOISTURE AND INFILTRATION

ในสภาพอากาศเย็น พื้นที่ผิวภายในที่เย็นก็เกิด การ Condensation ได้ โดยเฉพาะที่บริเวณหน้าต่าง ทั้งๆที่อากาศในห้องอาจจะไม่ชื้นมาก (RH 40-50% ถือว่าปกติ) อากาศก็มีความชื้นพอเพียงที่จะเกิด Condensation บนพื้นผิวเย็นได้ และมีผลก่อให้เกิดการรบกวนและเสียหายได้ไม่มากก็น้อย ความชื้นนี้เกิดขึ้นได้ในผนัง ฝ้าเพดาน หรือพื้นได้ วัสดุก่อสร้างทั่วไปส่วนใหญ่รวมถึงยิบซั่มบอร์ด คอนกรีต อิฐ และไม้ ความชื้นสามารถซึมแผ่ผ่านวัสดุเหล่านี้ไปได้ในสภาพอากาศเย็น อากาศภายนอก เมื่อเปรียบเทียบมีปริมาณความชื้นค่อนข้างน้อย ทั้งๆที่ค่า RH อาจจะสูง ในทางตรงกันข้าม อากาศภายในมีปริมาณความชื้นมากกว่าต่อหน่วยปริมาตร

ทั้งๆที่ RH อาจต่ำกว่า ผลก็คือการถ่ายเทของไอน้ำจากที่มี Vapor Pressure สูง ไปสู่ที่มี Vapor Pressure ต่ำ (โดยทั่วไปจากที่อุ่นไปสู่ที่เย็น)

ปัญหาของการถ่ายเทความชื้นดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อ อุณหภูมิภายในผนัง (หรือพื้นเป็นต้น) ลดลงต่ำพอที่ไอน้ำกลั่นตัวเป็นไอ ฉนวนจะถูกทำให้เปียกและมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากน้ำนำความร้อนได้ดีกว่าช่องอากาศเล็กๆ ในตัวฉนวนถ้าฉนวนเปียกเกิดการแน่นตัวขึ้น ก็จะสูญเสียช่องอากาศไปตลอด

การป้องกันโดยทั่วไปก็คือการติดตั้ง Vapor Barrier ภายใน Building Envelope เพื่อให้มีการซึมผ่านของความชื้นได้น้อย Barrier เหล่านี้ ทั่วไปเป็นฟิล์มพลาสติกติดตั้งให้มีรูน้อยที่สุด เนื่องจากอากาศชื้นในด้านที่อุ่นกว่าเป็นแหล่งของปัญหา Barrier จำเป็นต้องถูกติดตั้งใกล้กับด้านอุ่นเท่าที่จะเป็นไปได้ (ธนิต จินดาวณิค, เอกสารประกอบการสอนวิชา Energy Conservation : น. 28-29)

2.5 <u>ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย</u>

การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความเย็นให้แก่อาคารโดยใช้ผนังบ่อน้ำ ประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

2.5.1 <u>การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร</u>

ความร้อนเข้าสู่อาคารได้ 3 วิธีคือ

1.1 **การนำความร้อน** (Conduction) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังที่มีอุณหภูมิสูงภายในตัวกลางเดียวกันหรือตัวกลางติดกัน

1.2 **การพาความร้อน** (Convection) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล ของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาให้หรือพาความร้อนออกจากผิวของของแข็ง

1.3 **การแผ่รังสีความร้อน** (Radiation) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยอาศัยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากผิวที่ร้อนผ่านตัวกลางโปร่งใส หรือสุญญากาศไปสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า

การที่ความร้อนจะสามารถเข้าสู่อาคารได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย

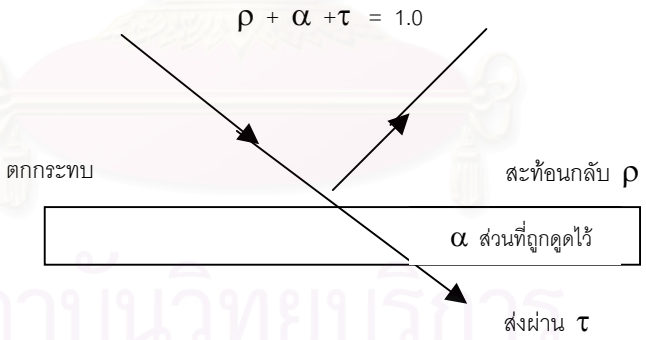
- **ค่าการนำความร้อน** (Thermal Conductivity) ซึ่งเป็นค่าคงที่ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารโดยจะใช้การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (U) ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน (R)

- การถ่ายเทความร้อนจากฟิล์มของอากาศที่ผิววัตถุ (Surface air Film Conductance) การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านผิวและลักษณะของพื้นผิว

- **ค่าความจุความร้อน** (Heat Capacity) วัตถุที่มีค่าความจุความร้อนมากจะดูดและเก็บกักความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตราการไหลผ่านในอัตราที่ช้า

- **การแลกเปลี่ยนความร้อนของวัตถุกับสภาพแวดล้อม** (Long wave Radiation Heat Exchange) เกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผนังอาคารกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

- **ค่าการส่งผ่านความร้อน** (Transmissivity) มีความสัมพันธ์กับค่า absorbtivity และ Reflectivity ดังนี้



รูปที่ 2.6 แสดงพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของรังสีความร้อนที่กระทำต่อวัตถุ

- **การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ** (Time Lag) โดยปกติวัตถุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัตถุที่มีมวลสารน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2 <u>การคำนวณหาปริมาณความร้อน</u>

1. การนำความร้อน (conduction Heat Gain) ผ่านผนังและกระจกภายนอกปริมาณความร้อนที่เข้ามาเป็นดังนี้

$$Q = UA\ \Delta T$$

เมื่อ Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร
มีหน่วยเป็น Watts หรือ Btu/hr

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือกระจก
มีหน่วยเป็น $Watt/m^2$ หรือ $Btu / hr. / Ft^2 / {}^\circ F$

ΔT = ความต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศภายใน
มีหน่วยเป็น ${}^\circ C$ (หรือ ${}^\circ F$)

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารเนื่องจาก Conduction Heat Gain ขึ้นอยู่กับชนิดของผนังกระจกภายนอกและขึ้นอยู่กับความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน Conduction Heat Gain ที่ผ่านเข้ามาทางผนังและกระจกก็จะลดลงตาม ซึ่งมีผลทำให้ภาระการปรับอากาศ (Cooling Load) ลดลงด้วย

2.5.3 <u>อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน</u>

อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ มวลสาร (Thermal Mass) มีความสามารถในการกักเก็บความร้อน และการหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนของวัสดุได้มากหรือน้อยต่างกัน กล่าวคือ วัสดุที่มีน้ำหนักเบา และมีมวลสารน้อย จะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้น้อย แต่มีคุณสมบัติในการกีดกันการถ่ายเทความร้อนไปในอัตราที่ช้า ในทางกลับกันวัสดุที่มีมวลสารมาก จะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้มาก เมื่อปริมาณความร้อนที่กักเก็บมีมากขึ้นก็จะส่งผ่านตัวไปเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้ความร้อนที่สะสมไว้จึงค่อยๆเคลื่อนตัวผ่านเข้าสู่อาคารในเวลาถัดไป อิทธิพลนี้เรียกว่า การหน่วงเหนี่ยวเวลา หรือ Time Lag Effect ถ้าหากในช่วงเวลาที่ผนังนั้นกักเก็บความร้อนอยู่ อุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลงกว่าอุณหภูมิของผนังแล้ว ในช่วงเวลานั้นก็เกิดการถ่ายเทความร้อนจากผนังสู่อากาศภายนอกด้วย

ในกรณีนี้จะเห็นว่า ความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังนั้น ส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวเข้าสู่อาคาร และอีกส่วนหนึ่งเคลื่อนตัวจากผนังสู่ภายนอก ซึ่งถ้าหากผนังมีมวลสารมาก และมี Time Lag มาก โอกาสที่ความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังจะสูญเสียให้กับอาคารภายนอกก็มีมาก ดังมีรายละเอียดของการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุมวลสารที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน ดั'นี้

1. **ค่าการนำความร้อน** (Thermal Conductivity – K)

หมายถึง การคำนวณปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุทึบตัน ในอัตราส่วนของพลังงานความร้อนในเวลา 1 ชั่วโมง ถ่ายเทผ่านวัสดุหนา 1 นิ้ว ในพื้นที่ 1 ตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 ^{0}F (ภายใต้สภาพการถ่ายเทความร้อนที่คงที่) หน่วยเป็น Btu / hr/ ft^{2}.^{0}F

2. **ค่าการต้านทานความร้อน** (Thermal Resistance / R - Value)

หมายถึง ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุทึบตัน เพื่อแสดงประสิทธิภาพความเป็นฉนวนของวัสดุนั้นๆ ถ้าค่า R มากแสดงถึงความเป็นฉนวนที่ดี สามารถต้านทานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุได้มาก หน่วยเป็น hr.ft^{2}.^{0}F / Btu

3. **ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน** (Coefficient of Heat Transmission / U – Value)

หมายถึง ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ เพื่อแสดงประสิทธิภาพความเป็นฉนวนของวัสดุนั้นๆ ถ้าค่า U น้อยแสดงถึงความเป็นฉนวนที่ดี ค่า U จะเป็นส่วนกลับของค่า R โดยที่ U = 1 / R หน่วยเป็น Btu / hr./ ft^{2}.^{0}F

4. **ความจุความร้อน** (Thermal Heat Capacity - q)

หมายถึง วัสดุที่มีความจุความร้อนมาก จะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อน Heat Capacity โดยคุณสมบัติขึ้นอยู่กับ ปริมาตรความหนาแน่น ปริมาณความร้อน และความแตกต่างของอุณหภูมิ หน่วยเป็น Btu / ft.^{3}/ ^{0}F

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.4 **ค่า CONDUCTIVITY ของวัสดุ**

MATERIAL	CONDUCTIVITY (K) Btu / hr./ ft^2 / ^0F
adobe	4.0
brick	5.0
concrete	12.0
earth	6.0
sand	2.3
steel	310.0
stone	10.8
water	4.1
wood	0.8

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุ ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น. 142

2.5.5 **ค่า Heat Capacity ของวัสดุ**

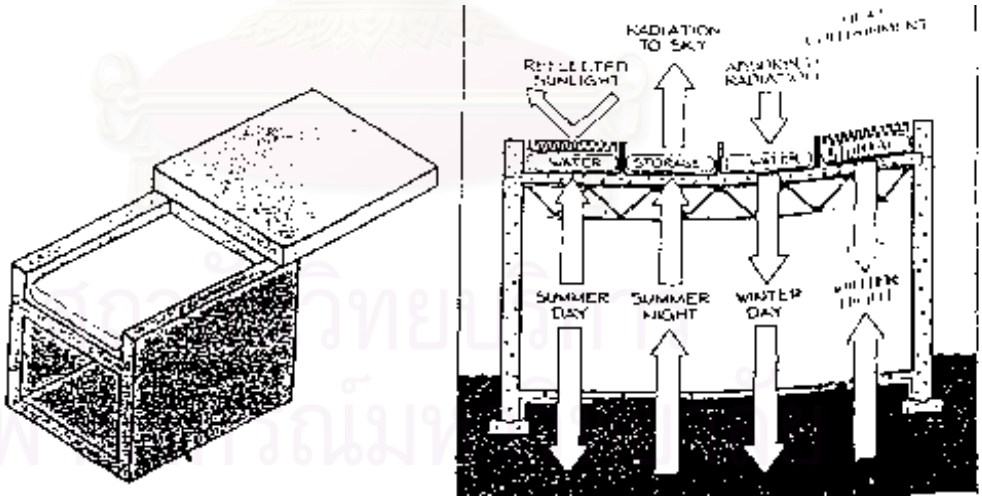
Material	(C) Btu/ lb, ^0F	(d) lb. / ft^3	(q) Btu / ft^3 / ^0F
Brick	0.20	120	24
Concrete	0.16	144	23
Earth	0.21	95	20
Sand	0.19	95	18
Water	1.00	62.5	62.5
wood	0.45	35	15.6

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Heat Capacity ของวัสดุ ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น.158

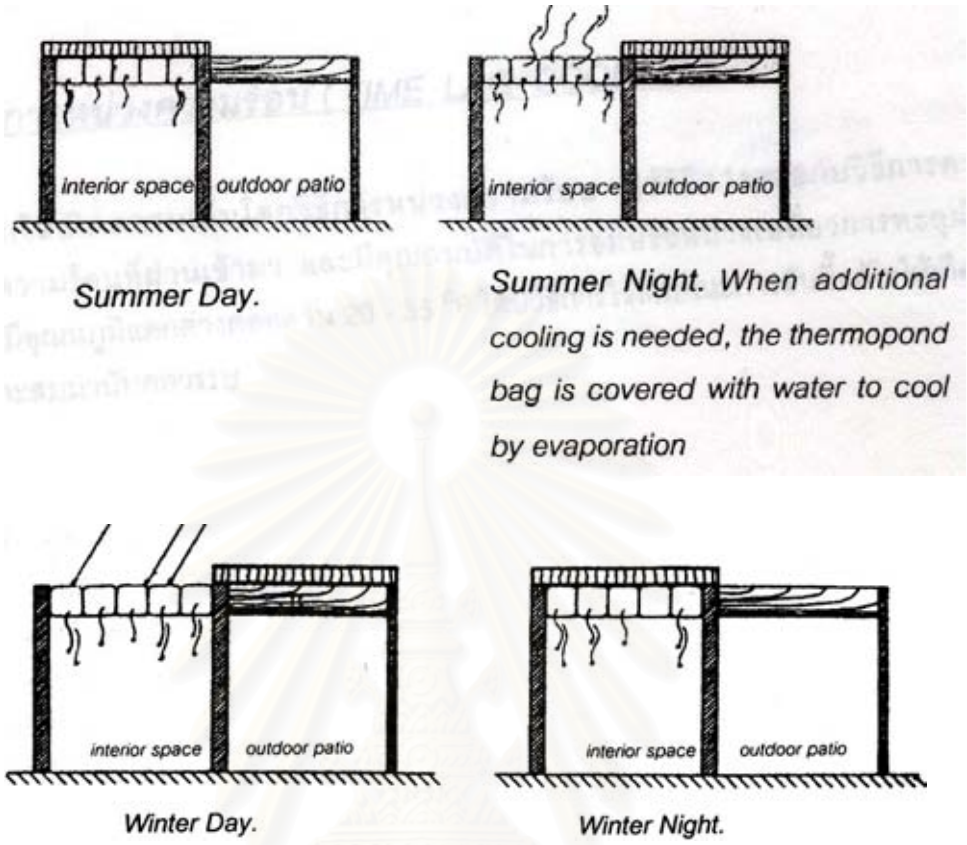
2.6 แนวคิดในการทำความเย็นจากน้ำ และตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 **ความเย็นจากการคายรังสีความร้อน** (ROOF PONDS)

ในแนวคิดของ ROOF PONDS ที่ใช้เป็น PASSIVE COOLING อาศัยน้ำบนหลังคาเป็น THERMAL STORAGE ทำหน้าที่เป็น HEAT SINK และอาศัยหลักการของ NIGHTSKY RADIATION ท้องฟ้าช่วงกลางคืนที่ปราศจากเมฆจะเย็นกว่าพื้นโลก จึงเกิด RADIATION COOLING ขึ้น โดยการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากโลกไปสู่ท้องฟ้า ในเวลากลางคืนบ่อน้ำที่อยู่บนหลังคาจะเปิดออก เกิดการแผ่รังสีความร้อนกลับขึ้นไปสู่ท้องฟ้าจึงทำให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำลง ในเวลากลางวันบ่อน้ำที่อยู่บนหลังคาจะถูกปิดด้วยแผ่นฉนวนเพื่อป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ตัวน้ำเองทำหน้าที่เป็น THERMAL STORAGE ดูดซึมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารในช่วงเวลากลางวัน ระบบนี้ใช้ได้ผลดีกับบ้านพักอาศัย หรืออาคารที่มีผู้ใช้น้อย ถ้าเป็นอาคารคนมากจะมีปัญหาของการต้องนำอากาศร้อนภายนอกเข้ามา VENTILATION และอาคารพาณิชย์ที่มี INTERNAL HEAT SOURCE มาก เช่นความร้อนจากแสงประดิษฐ์และความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ จะทำให้วิธีนี้ใช้ไม่ได้ผล



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของ Roof Pond และการถ่ายเทและสะท้อนกลับของรังสีความร้อนในแต่ละฤดูกาล ที่มา ธนิต จินดาวณิค. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501494 Energy Arch Design. ตอนที่ 5 น. 17



รูปที่ 2.8 แสดงการถ่ายเทและสะท้อนกลับของรังสีความร้อนในแต่ละฤดูกาลของ Roof Pond โดยใช้ระบบเปิดและปิดตามคุณสมบัติ ของการถ่ายเทรังสีความร้อนในตอนกลางวันและกลางคืน

ผู้ออกแบบที่จะใช้ Roof Pond ควรเช็คสภาพอากาศในฤดูร้อนกับ PSYCROCLIMETRIC CHART สภาพอากาศควรตกอยู่ในกรอบของ EVAPORATIVE COOLING หรือ HIGH THERMAL MASS ขนาดของ Roof Pond โดยทั่วไปจะเท่ากับพื้นที่ตัวอาคารและเฉลี่ยความลึกของน้ำอยู่ระหว่าง 3 ถึง 6 นิ้ว การประมาณขนาดของ Pond คิดได้ดังนี้

ขนาดของ Pond = **HEAT GAIN ของอาคารต่อวัน**

(Ft^2 Ft^2 Floor Area) (BTU/DAY Ft^2 Floor Area)

ความร้อนที่สามารถเก็บใน Pond ต่อวัน

(BTU/DAY Ft^2 Floor Area)

ความร้อนจากอาคารที่ Pond สามารถเก็บไว้ได้ BTU/DAY Ft^2 = 0.7 x Pond ΔT X ความลึกของ Pond เป็นฟุต (ไม่เกิน 0.75 x 62.5 lb/Ft^3 ของน้ำ) โดยสมมุติว่า 70% ของ HEAT GAIN จากอาคารสะสมใน Pond และ 30% ความร้อนมาจากแผ่นฉนวนที่ใช้ปิดเหนือ Pond นั่นเอง (ธนิต จินดาวณิค, เอกสารประกอบการสอนวิชา Energy Conservation : น. 16 – 18, MEEB : p. 222)

$$\text{POND } \Delta T = \text{POND MAXIMUM} - \text{POND}$$

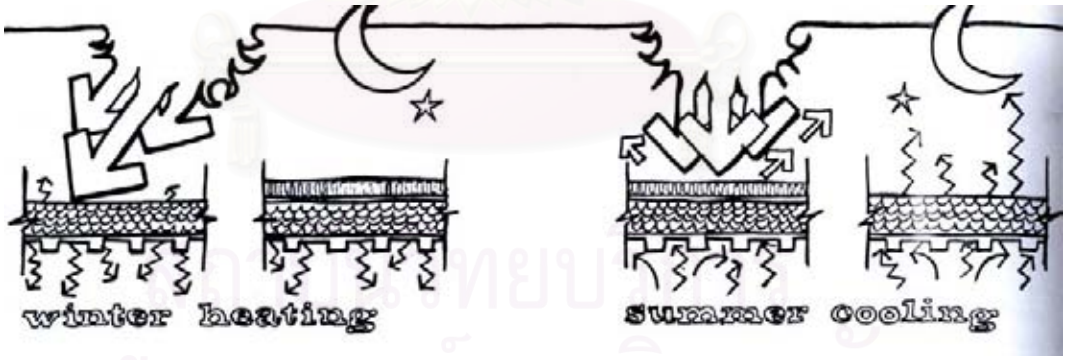
โดยที่ POND MAXIMUM TEMPERATURE = 80 ° F

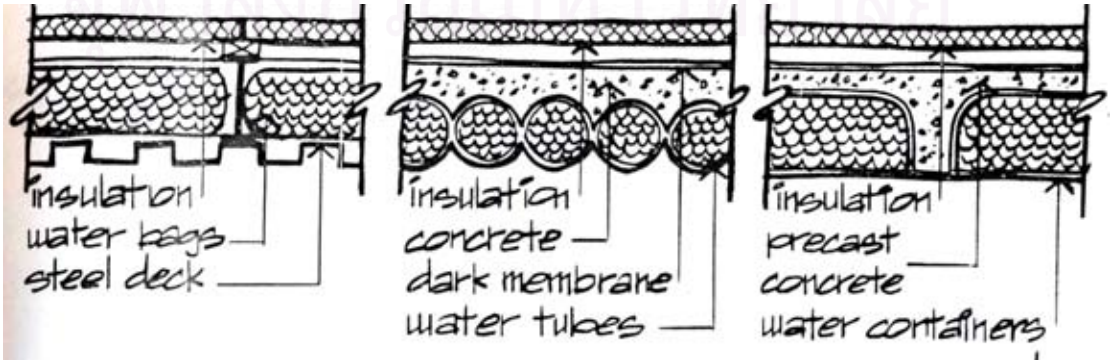
POND MINIMUM TEMPERATURE = MINIMUM NIGHT – TIME (DB)

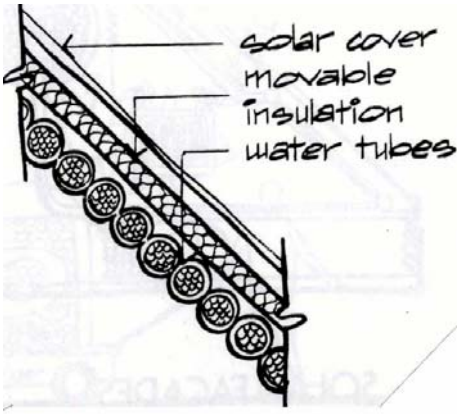
(= MAX. DAILY TEMP - MEAN DAILY RANGE)

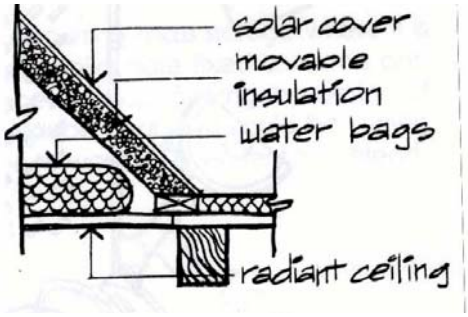
* <u>หมายเหตุ</u> ระบบ Roof Pond และการคำนวนข้างต้น จะใช้ได้ในสภาพอากาศเขตหนาวเท่านั้น จะไม่สามารถนำมาใช้กับเขตร้อนชื้น เช่นประเทศไทย ได้ นอกจากเป็นการดูแนวคิด แล้วนำมาประยุกต์ใช้ภายหลัง

- แนวคิด Roof Storage ในแบบต่างๆ









รูปที่ 2.9 แสดงแนวคิด Roof Storage ในแบบต่างๆ ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น. 154

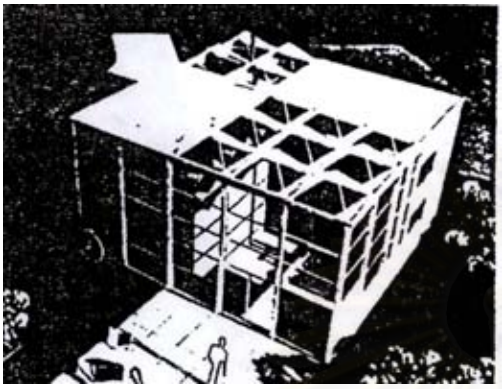
2.6.2 **<u>ความเย็นจากการระเหย</u>**

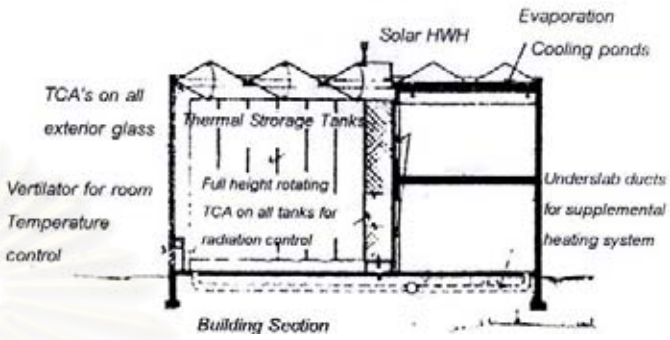
SWAMP COOLERS คอร์ดน้ำพุและ ATTRIUM POOLS เป็นแนวทางของการใช้เทคนิคของความเย็นจากการระบาย ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้อย่างแพร่หลายในท้องที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เมื่อละอองถูกพ่นขึ้นไปในอากาศในพื้นที่ที่ร้อน และมีความชื้นต่ำ ละอองไอน้ำจะระเหยไปในอากาศและเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ กระบวนการนี้จะเปลี่ยนความร้อนที่จะรู้สึกได้เป็นความร้อนแฝง เอกสารบันทึกว่าจะลดอุณหภูมิของอากาศได้ในปริมาณเท่ากับ 1000 BTUs ต่อน้ำจำนวน 1 ปอนด์ ที่ระเหยไปในอากาศ

การระเหยเพื่อให้ความเย็นสามารถนำมาใช้กับหลังคา ดาดฟ้า หรือพื้นผิวที่กลายเป็นตัวเรืองรังสีความร้อน อันเป็นผิวของเนื้อที่ใช้สอย ถ้าพ่นละออง น้ำบนหลังคา การระเหยเป็นไอจะลดอุณหภูมิของหลังคาลงและช่วยให้สภาพภายในดีขึ้น

ประสิทธิผลของกลวิธีการทำให้เย็นโดยการระเหยนี้ จะต้องจัดเตรียมน้ำเข้าสู่ระบบอย่างพอเพียง แต่ระบบดังกล่าวใช้ได้ในเขตร้อนแห้ง การเตรียมน้ำต้องเป็นปัญหาอยู่แล้ว วิธีการก็คือการให้ร่มเงาอยู่ดี เนื่องจากปัญหาของความร้อน เป็นความร้อนของอากาศ ไม่ใช่ความร้อนของแสงแดด การทำความเย็นโดยการระเหยจะต้องใช้ร่วมกับการระบายอากาศ เพื่อให้ได้ผลตาม

ต้องการ (เควิน ดับเบิลยู กรีน. Passive Cooling. เรียบเรียงโดย สมสิทธิ นิตยะ, เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501494 Energy Arch Design)





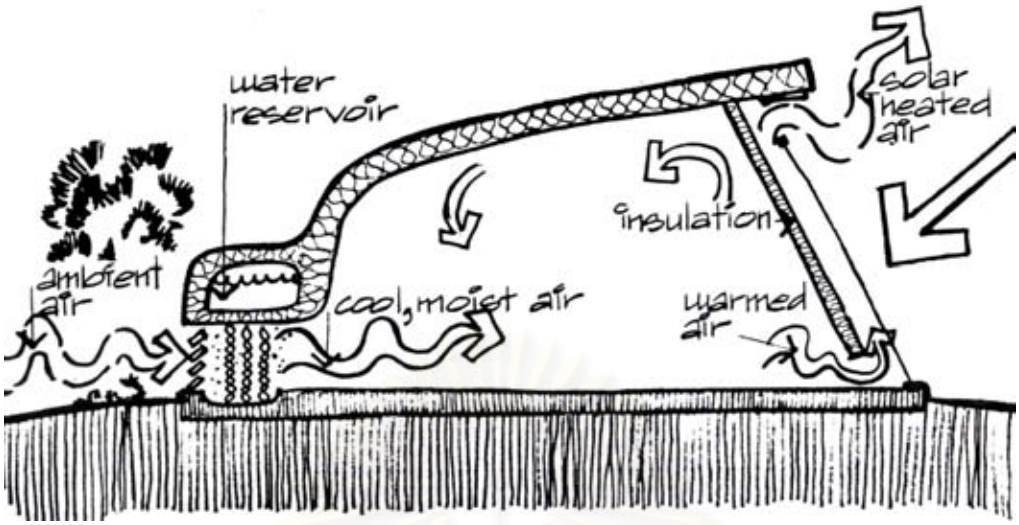
Proposal by Architects, Taos, using vertical water storage exposed to sun

The Skytherm System House,

รูปที่ 2.10 แสดงภาพอาคารที่ได้ทำการใช้เทคนิคการระบายความร้อนด้วยระบบ Evaporative Cooling ที่มา เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501494 Energy Arch Design เรื่อง Passive Cooling ของ เควิน ดับเบิลยู กรีน. เรียบเรียงโดย สมสิทธิ นิตยะ

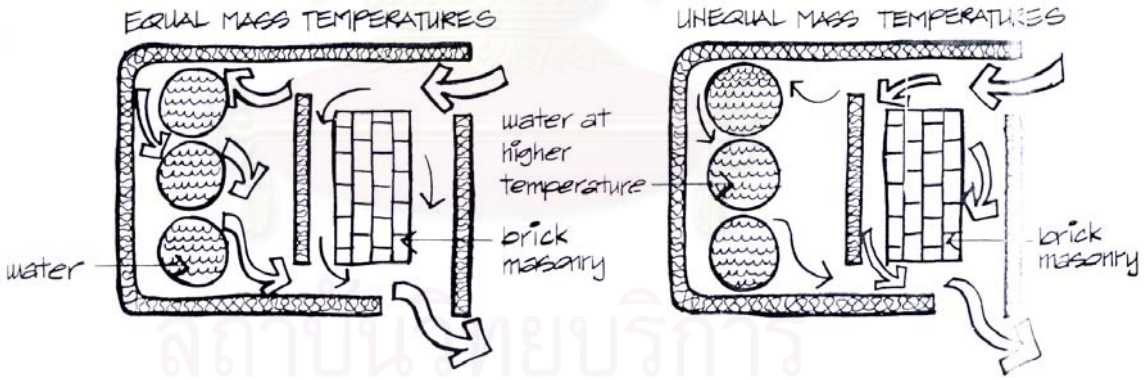
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.3 INDUCED EVAPORATION



รูปที่ 2.11 แสดงพฤติกรรของ INDUCED EVAPORATION ในรูปแบบอาคารตามแนวคิด ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น. 208

2.6.4 DIRECTING CONVECTION



รูปที่ 2.12 แสดงพฤติกรรมของ DIRECTING CONVECTION ใน Temperature Mass ที่เหมือน และแตกต่างกัน ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น. 132

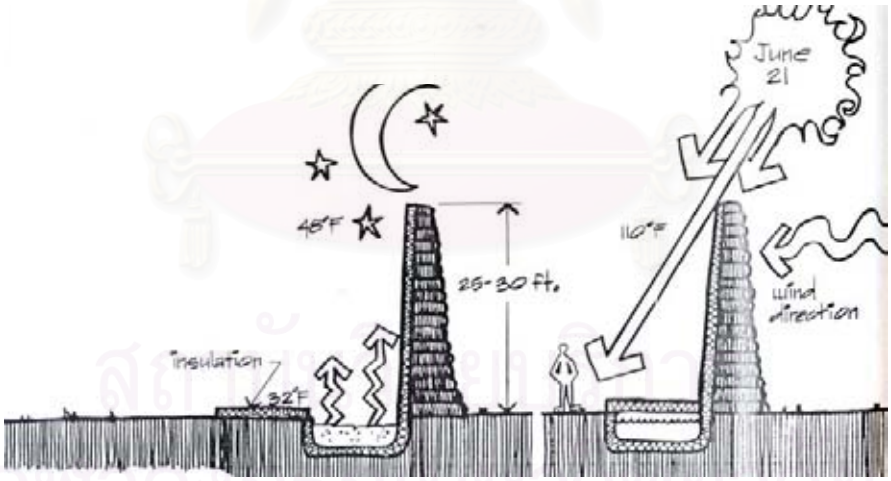
ทิศทางที่ความร้อนเคลื่อนผ่าน สามารถควบคุมให้ผ่านระบบโครงสร้างได้โดยการควบคุมความชื้นและทิศทางการเคลื่อนที่ของลม ส่วนแนวคิดการควบคุมอื่นๆ จะขึ้น อยู่กับความแตก

ต่างของอุณหภูมิของวัสดุที่สะสมความร้อน (Heat – storage) แล้วพาเอาความร้อนพัดผ่านไปยังพื้นที่ต่างๆ

เมื่อมีการวางตำแหน่งของก้อนมวลที่มีลักษณะเป็น storage mass (เช่น water – filled หรือ Black –steel drum) ระหว่างก้อนมวลที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat) การนำความร้อน, การดูดซับความร้อน ที่สูงกว่า กับก้อนมวลที่มีค่ารวมอื่นๆ ของวัสดุที่ต่ำกว่า (เช่น อิฐก่อ) นั้น อากาศร้อนจะผ่านเข้ามายังมวลที่มีการดูดซับความร้อนที่ดีที่สุด เมื่อมีการพาความร้อนผ่านเข้ามาอย่างอิสระ เมื่อน้ำได้รับอุณหภูมิความร้อนที่มากกว่า อิฐก่อ ความร้อนก็จะเคลื่อนผ่านมายังมวลที่มี อุณหภูมิที่ต่ำกว่า

การใช้งานที่เหมาะสม และการวางตำแหน่งของ Phase – change materials ที่ดี การเป็นตัวนำความร้อนที่พิเศษ หรือเป็นท่อนำความร้อน (heat pipes) จะมีผลกระทบอย่างรวดเร็วต่อ การพาความร้อนในทางตรง และการ กระจายความร้อนของวัสดุที่สะสมความร้อน (Heat – storage)

2.6.5 <u>ICE WALLS</u>

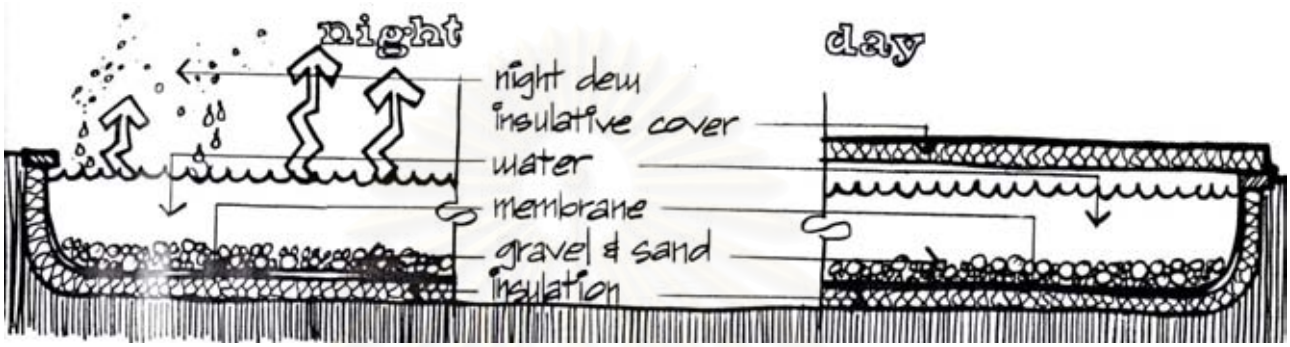


รูปที่ 2.13 แสดงพฤติกรรของ ICE WALLS ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น. 212

Ice Wall จัดเป็นกรรมวิธีการทำความเย็น ระบบ Passive cooling ชนิดหนึ่งที่ใช้กันในตะวันออกกลาง ซึ่งแนวคิดที่จะทำอากาศแบบก่อนช่วงจุดเยือกแข็งนี้ มีมาตั้งแต่ช่วงต้น

ศตวรรษนี้เอง แนวดินที่ทำสูงเป็นแนวกำแพงทางด้านตะวันออก และตะวันตก นี้ถูกทำเพื่อป้องกันรังสีความร้อนทางตรงจากดวงอาทิตย์ ในเวลากลางวัน ส่วนกลางคืน น้ำจะคายคลื่นรังสีความร้อนที่ยาวออกมายังพื้นที่ที่ต่ำกว่า

2.6.5 DEW POND



รูปที่ 2. 14 แสดงพฤติกรรของ DEW POND ในรูปแบบอาคารตามแนวคิด ที่มา Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed. ของ David Write. น. 213

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ได้ทำการทดลองที่กรุงเทพฯ ในส่วนแบบจำลอง และที่เชียงรายในส่วนของกรณีศึกษา ดังนั้นจึงกำหนดระยะเวลาทำการวิจัย คือ ช่วงระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2544 - เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ส่วนดังนี้ คือ

- ขั้นตอนเตรียมการวิจัย
- ขั้นตอนการวิจัย
- ขั้นตอนการเตรียม และติดตั้งสายสัญญาณ

3.1.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมการวิจัย

1. การศึกษาตัวแปร

ในการวิจัยนี้ได้จำกัดขอบเขตการศึกษาตัวแปรไว้ 2 ตัวแปรหลักดังนี้

1.1 ตัวแปรที่ใช้เก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ ได้แก่

- อุณหภูมิภายใน ซึ่งประกอบด้วย
  - อุณหภูมิน้ำในบ่อ ที่ระดับ 0.00 ม. ถึง -2.00 ม. จากผิวน้ำ ลงไปก้นบ่อ
  - อุณหภูมิอากาศภายในบ่อเปล่า
  - อุณหภูมิที่ผิวผนัง ภายในอาคารด้านที่สัมผัสน้ำ (ในห้องโฟม) และอุณหภูมิที่ ผิวผนังภายนอกอาคารด้านที่รับน้ำ (ในบ่อน้ำ)
  - อุณหภูมิกลางห้องที่ระดับ 1.50 ม.
- อุณหภูมิภายนอกอาคาร
  - อุณหภูมิอากาศ

1.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ

- เมื่อศึกษาปริมาตร และความลึกของน้ำ ที่มีผลต่อการทำความเย็นแก่ห้อง จะใช้บ่อทดลอง 3 ขนาด คือ 0.8 X 0.6 X 2 ม., 0.8 X 0.9 X 2 ม. และ 0.8 X 1.2 X 2 เมตร
- เมื่อศึกษาการระเหยของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำที่จะนำมาใช้ จะใช้การ

- เปิดบ่อ คือ บ่อที่ปราศจากร่มเงาจากสิ่งแวดล้อมปกคลุม ให้มีการระเหยได้เต็มที่

- ปิดบ่อ คือ บ่อปิดทึบกันการระเหย

- บังแดด บ่อคือ บ่อที่มีร่มเงาที่ผิวน้ำ จากสิ่งแวดล้อม และให้มีการระเหยได้บางส่วน

- การทดสอบกับอาคารจริง ในสภาพอากาศจริง

2. <u>การหาสถานที่ทดลอง และจัดสร้างบ่อทดลอง</u>

- ทำบ่อทดลอง และเก็บข้อมูลที่กรุงเทพฯ และวัดอุณหภูมิจากกรณีศึกษา ที่เชียงราย

3.1.2 <u>ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย</u>

<u>ขั้นตอนที่1</u> การกำหนดรูปแบบการทดลอง

จากการกำหนดตัวแปรต่างๆ ข้างต้น ผู้วิจัยได้กำหนดชุดการทดลอง เป็น 4 ชุด คือ

- ชุดที่ 1 การศึกษาอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ
- ชุดที่ 2 การศึกษาปริมาตร และความลึกของน้ำ ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำที่จะนำมาใช้ทำความเย็นแก่ห้อง
- ชุดที่ 3 การศึกษาการระเหยของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำที่จะนำมาใช้ทำความเย็นแก่ห้อง
- ชุดที่ 4 การทดสอบทั้ง 3 ระบบ กับห้องทดลอง
- ชุดที่ 5 การทดสอบกับอาคารจริง

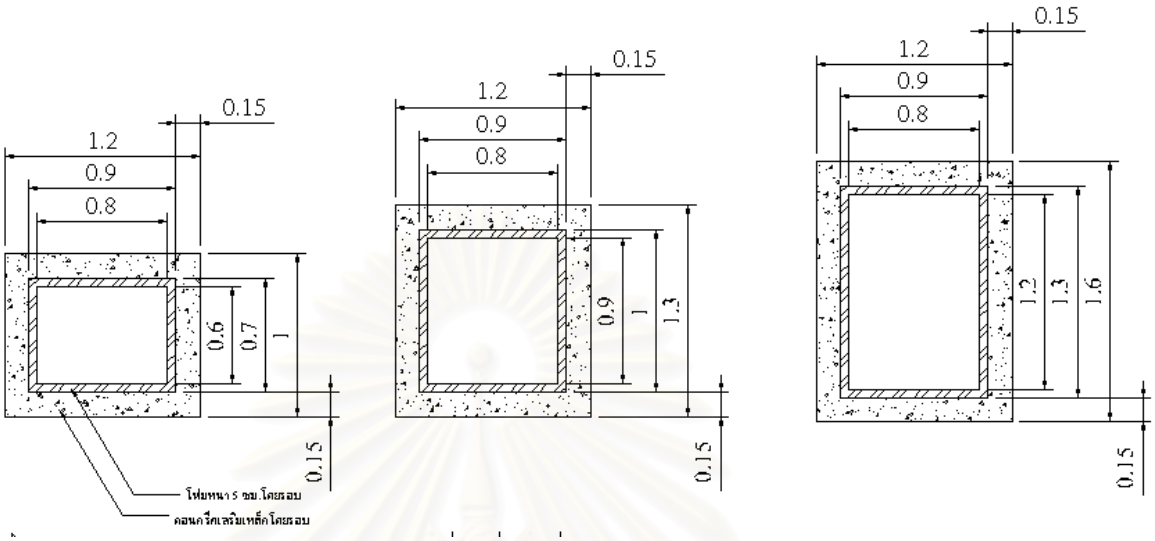
<u>ขั้นตอนที่2</u> การออกแบบการทดลอง และการติดตั้งจุดทดสอบ

1. จัดสร้างแบบจำลองบ่อน้ำสำหรับการทดลองทุกชุด เป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก เพราะสามารถรับแรงดันน้ำได้ดี และตรงกับสภาพวัสดุของอาคารจริง โดยจัดสร้างทั้งหมด 3 บ่อ 3 ขนาด คือ

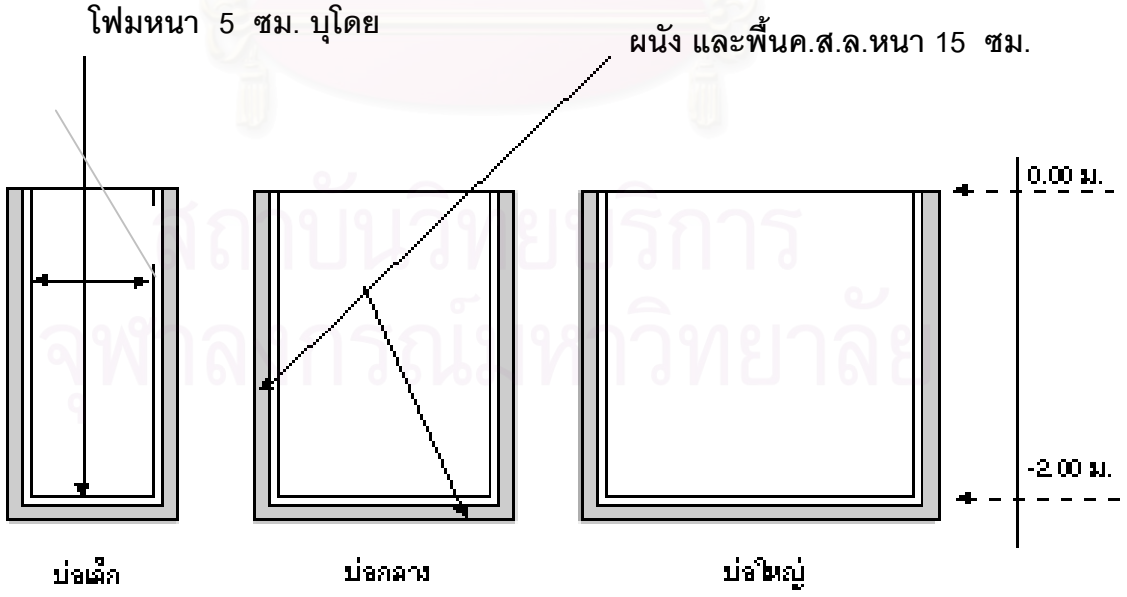
- ขนาด 0.8 X 0.6 X 2 เมตร
- ขนาด 0.8 X 0.9 X 2 เมตร
- ขนาด 0.8 X 1.2 X 2 เมตร

ขนาดบ่อกำหนดเป็นอัตราส่วนกัน คือ 1 : 1.5 : 2

ผนัง และพื้นในบ่อทั้ง 3 ชุด บุโฟมเพื่อตัดปัจจัยภายนอกจากสภาพแวดล้อม ที่ผ่านเข้ามาผนังทั้ง 4 ด้าน และพื้นของบ่อทดลอง ดังรายละเอียดการก่อสร้างดังนี้



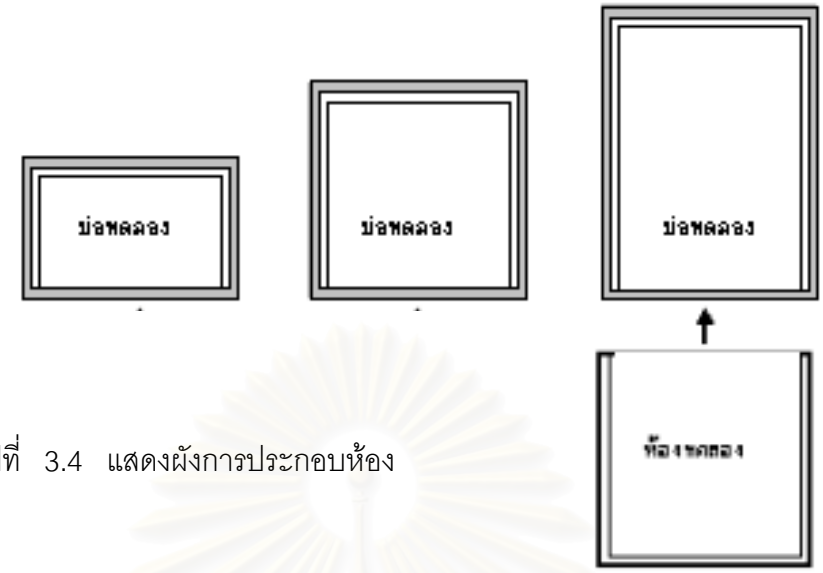
รูปที่ 3.1 แสดงผังบ่อทดลอง ชุดที่ 1 - 2



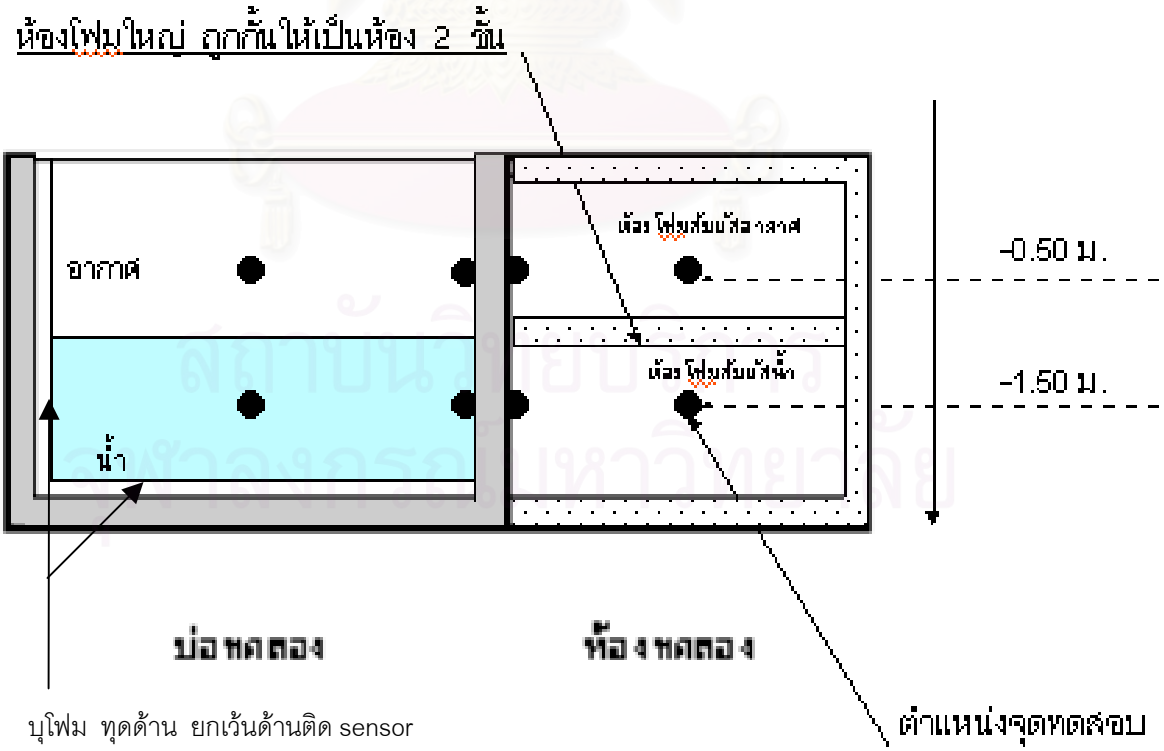
รูปที่ 3.2 แสดงรูปตัดบ่อทดลอง

รูปที่ 3.3 แสดงการก่อสร้างบ่อทดลอง และห้องโฟม

2. จัดสร้าง ห้องโฟมเพื่อใช้เป็นแบบจำลองสภาพห้องผนังสัมผัสน้ำ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบผนังสัมผัสน้ำ โดยสร้างห้องขนาด 1x1x2 ม. ทำจากโฟม เพื่อตัดปัจจัยภายนอก แล้วติดตั้งที่แบบจำลองชุดที่ 1 บ่อใหญ่ โดยในชุดที่ 1 นี้ ห้องโฟมจะถูกแบ่งย่อยให้เป็น 2 ชั้น แทนห้อง 2ห้อง (การทดลองชุดอื่นๆ ก็จะใช้เป็นห้องใหญ่ห้องเดียว) เพื่อศึกษาอุณหภูมิน้ำว่ามีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ ตามที่คิดไว้หรือไม่



รูปที่ 3.4 แสดงผังการประกอบห้อง



รูปที่ 3.5 แสดงรูปตัดการประกอบห้องทดลองกับบ่อคอนกรีตทดลอง ชุดที่ 1 และตำแหน่งจุดทดสอบ

สาเหตุที่ออกแบบการทดลอง และติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิ ของการทดลองชุดที่ 1 เช่นนี้เพราะ

- เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องจำนวนบ่อการทดลอง ที่มีปริมาตรละ 1 บ่อ เท่านั้น ทำให้ต้องเลือกบ่อ 1 บ่อ ใน 3 บ่อมาทำการแบ่งส่วนทดลองวัดอุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศ ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5 และในการทดลองชุดนี้ ต้องวัดอุณหภูมิผนังด้วย จะเอาแผ่นโฟมด้านใช้วัดอุณหภูมินั้นออก

- ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศ ที่กำหนดเช่นนี้เพราะ

1. จุดกลางบ่อส่วนน้ำ และอากาศ ใช้แทน อุณหภูมิที่กลางมวล
2. จุดกลางห้องโฟม ทั้ง 2 ส่วน ใช้แทน อุณหภูมิที่กลางห้อง
3. จุดที่ผนังทั้ง 2 ด้าน ใช้แทน อุณหภูมิที่ผนังด้านสัมผัสน้ำ และอากาศ ส่วนด้านห้องโฟม ใช้แทน อุณหภูมิที่ผนังด้านที่รับผลจากผนังอีกด้านที่สัมผัสน้ำ และอากาศแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกัน

เมื่อเตรียมการทุกอย่างแล้วเสร็จ ก็ทำการติดตั้งเครื่องมือและวัดอุณหภูมิน้ำและผนังที่รับน้ำ เก็บข้อมูล 24 ชั่วโมง โดยบันทึกผลทุก 1/2 ชั่วโมง (เป็นความถี่ที่ละเอียดที่สุดที่เครื่องมือจะสามารถเก็บข้อมูลได้) เป็นเวลา 1 วัน แล้วสรุปผล

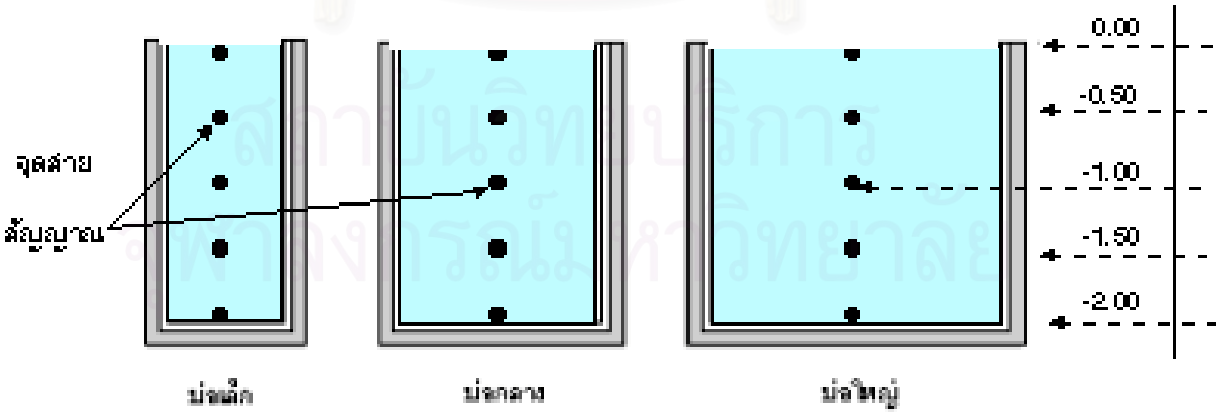
รูปที่ 3.6 แสดงรูปการทดลอง ชุดที่ 1 และตำแหน่งจุดทดสอบ

3. ทำการทดลองชุดที่ 2 ศึกษาปริมาตร และความลึกของน้ำ ว่ามีผลต่ออุณหภูมิน้ำหรือไม่ และน้ำระดับใดบ้างที่นำมาใช้งานได้ โดยใช้บ่อจำลอง ทั้ง 3 ขนาด ใส่น้ำเต็ม สูง 2

ม. ติดโฟมทุกด้าน และติดตั้งสายสัญญาณในระดับต่างๆ (ดังรูปที่ 3.6) ออกแบบให้ระบบเปิด เป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูล (เพราะการทดลองชุดนี้ยังไม่สนใจระบบ)

4. ทำการทดลองชุดที่ 3 ศึกษาการระเหยของน้ำ ว่ามีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ ที่จะนำมาใช้ปรับอุณหภูมิแก่ห้องตามแต่ลักษณะการออกแบบหรือไม่ อย่างไร โดยทดลองจาก บ่อใหญ่ ระบบเปิด - ปิด –บังแดด ใช้เป็นตัวทดสอบการควบคุมการระเหย โดยเก็บข้อมูล 24 ชั่วโมง โดยบันทึกผลทุก 1/2 ชั่วโมง ระบบละ1 วัน (โดยวัดผลเพิ่มจากที่วัดบ่อเปิดไว้แล้ว อีก 2 กรณี คือ บ่อปิด และบ่อบังแดด) รวมเป็นเวลา 3 วัน บันทึกผลอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ทั้ง 3 ระบบ ว่าจะเป็นตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับการทดลองช่วงแรก

รูปที่ 3.7 แสดงสภาพบ่อทดลอง และการติดตั้งสายสัญญาณ สำหรับชุดที่ 2 - 3



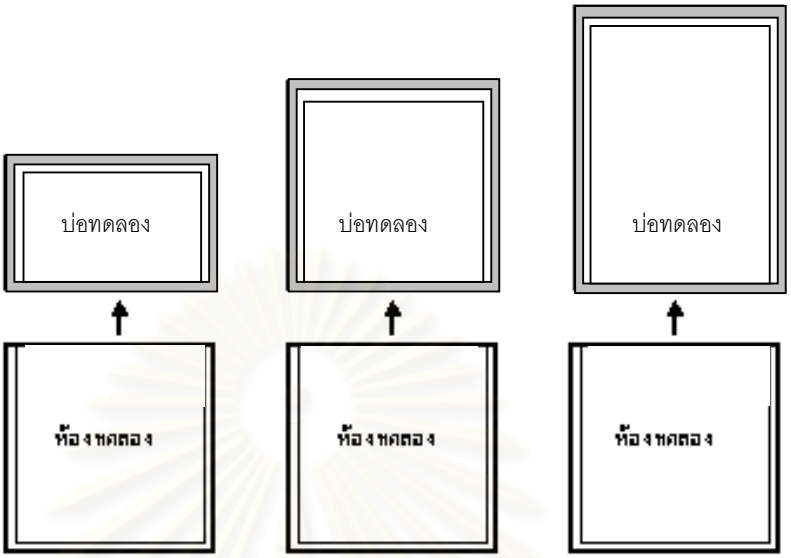
รูปที่ 3.8 แสดงจุดติดตั้งสายสัญญาณบ่อทดลอง ชุดที่ 2 - 3

รูปที่ 3.9 แสดงระบบชุดทดลองทั้ง 3 ของบ่อทดลอง ชุดที่ 2 - 3

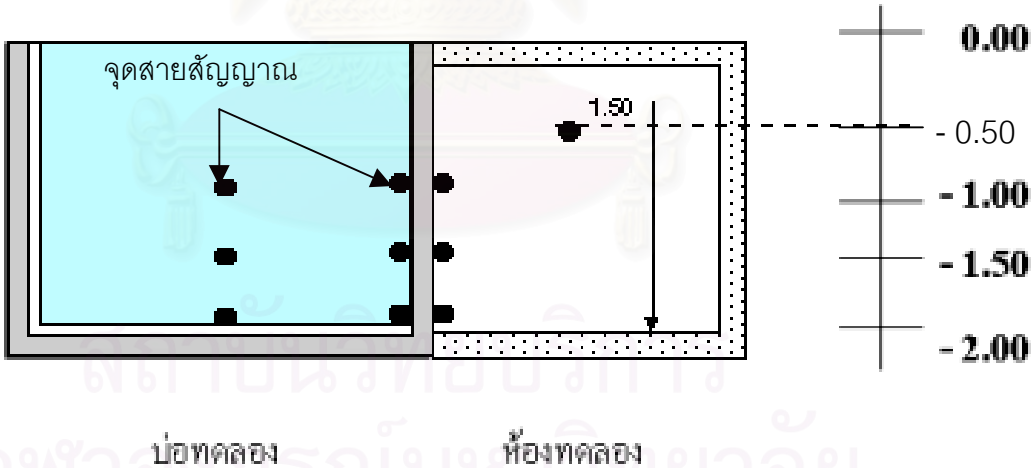
สาเหตุที่ออกแบบการทดลอง และติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิ ของการทดลองชุดที่ 2 และ 3 เช่นนี้เพราะ

1. ตัวบ่อน้ำ จัดทำเป็นบ่อ 3 ขนาด คือใหญ่ – กลาง – เล็ก ลึกเท่ากัน 2.00 ม. เป็นตัวแทน บ่อน้ำประดิษฐ์ จะใช้ทดสอบ ชุดที่ 2 เรื่อง ปริมาตร ความลึก ส่วนชุดที่ 3 จะใช้บ่อใหญ่บ่อเดียวในการทดสอบ เรื่องการระเหย ต่ออุณหภูมิน้ำ เพราะบ่อใหญ่มีพื้นมี่หน้าตัดผิวน้ำมากที่สุด เหมาะแก่การทดสอบการระเหย และใช้แผ่นโฟมหนา 1.5 นิ้ว เป็นแผ่นวัตถุปิดควบคุมการระเหย (ดังรูปที่ 3.9)
2. การติดตั้งจุดวัดในกลางบ่อน้ำ เพื่อเช็คอุณหภูมิน้ำในทุกๆระดับ 0.50 ม. (- 2.00 ม.– 0.00 ม.) โดยอิงตามสมมติฐาน เรื่องระดับน้ำที่มีผลทางอุณหภูมิ

5. ทำการทดลองชุดที่ 4 โดยใช้ทั้ง 3 ระบบ เช่นเดิม แต่มีการประกบห้องโฟม เพื่อใช้เป็นตัวแทนของห้อง

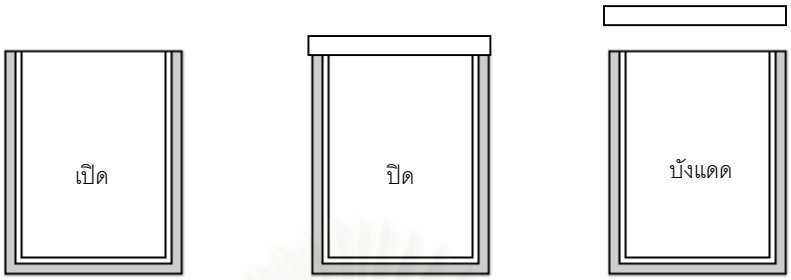


รูปที่ 3.10 แสดงผังการประกบห้องโฟมเข้ากับบ่อทดลอง ชุดที่ 4



รูปที่ 3.11 รูปตัดแสดงจุดติดตั้งสายสัญญาณในบ่อทดลอง และห้องทดลอง ชุดที่ 4

ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดในการวิจัย แต่ละบ่อจะทำการวัดอุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศ บ่อละ 3 ระบบ ตามลำดับคือ ระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ



รูปที่ 3.12 รูปตัดแสดงรูปแบบระบบบ่อ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4

จากนั้น ติดตั้งเครื่องมือและวัดอุณหภูมิน้ำและผนังที่รับน้ำ เก็บข้อมูล 24 ชั่วโมง โดยบันทึกผลทุก 1/2 ชั่วโมง บ่อละ 3 วัน วันละ 1 ระบบ คือ เปิด ปิด และบังแดด ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ผ่านมา (เลือกเก็บเป็นช่วงวัน เพื่อแบ่งชุดทดลอง ทุกการทดลอง)

สาเหตุที่ออกแบบการทดลอง และติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิ ของการทดลองชุดที่ 4 เช่นนี้เพราะ

1. ตัวบ่อน้ำและห้องโฟม ใช้แทน ห้องที่มีผนังสัมผัสน้ำ ในแต่ละปริมาตร และแต่ละระบบ การนำห้องโฟมมาประกบกับบ่อ เพื่อ วัดอุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิห้องพร้อมกันได้

2. ในการทดลองชุดที่ต้องวัดอุณหภูมิผนังด้วย จะเอาแผ่นโฟมผนังด้านนั้นออก

3. จุดวัดอุณหภูมิ ในบ่อ ที่ผนังทั้ง 2 ด้าน กำหนดให้ตรงกัน เพื่อนำมาใช้อ้างอิงกันได้ โดย แต่ละระดับความสูงจะอิงตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ณ.ระดับเหล่านี้ เป็นระดับที่อุณหภูมิน้ำมีผลมาก ส่วนห้องโฟม ใช้ที่ ระดับ 1.50 ม. เพื่อใช้แทน ระดับคนยืน

4. การทดลองจะกระทำทุกปริมาตร และทุกระบบ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ และสรุปผลจะเลือกใช้เฉพาะ บ่อ และระบบที่น่าสนใจ โดยอิงตามผลสรุปมาจากการทดลองชุดที่ 3

รูปที่ 3.13 แสดงระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4 - บ่อเล็ก

รูปที่ 3.14 แสดงระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4 - บ่อกลาง

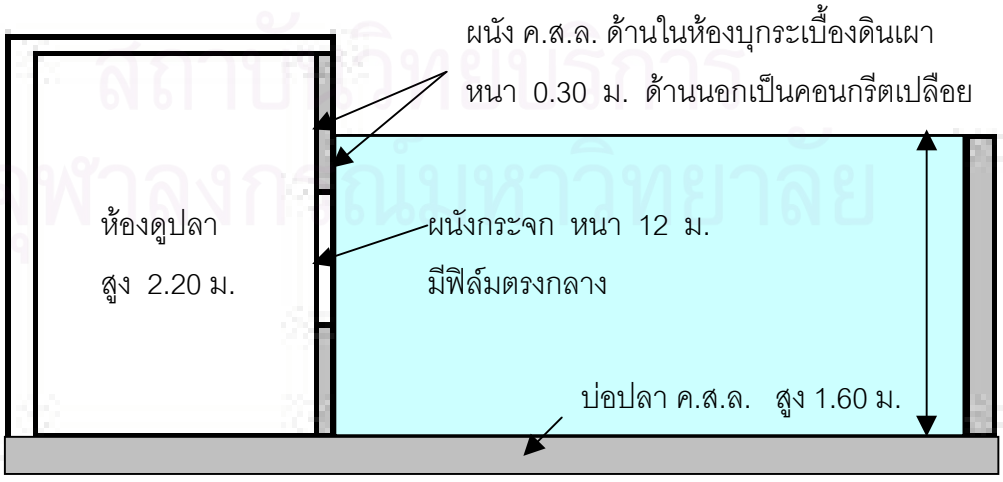
รูปที่ 3.15 แสดงระบบ เปิด - ปิด – บังแดดบ่อน้ำ ชุดที่ 4 - บ่อใหญ่

รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณในห้องโฟม และบ่อทดลอง

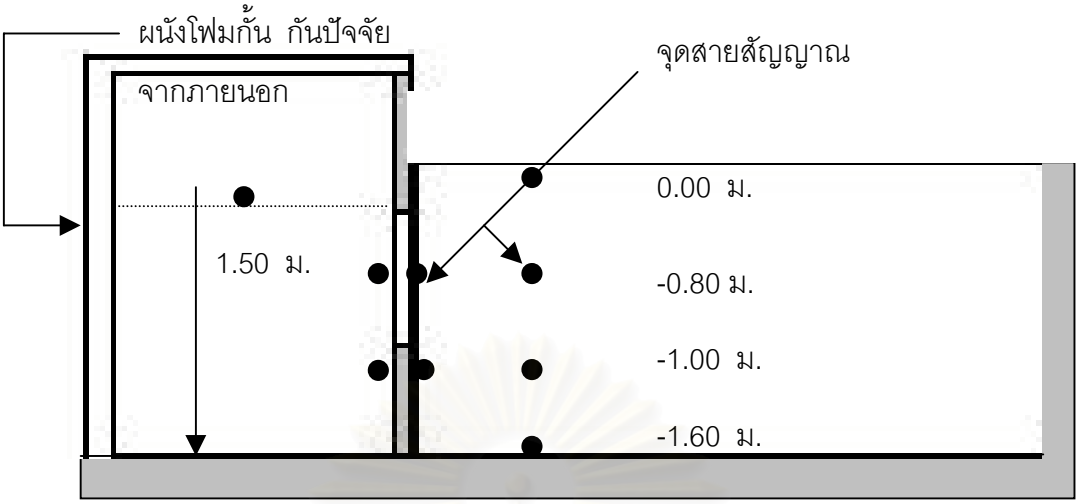
6. นำอาคารผนังสัมผัสน้ำ ที่อยู่ในจังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นบ่อเปิด เป็นกรณีศึกษา เพิ่มเติม โดยแบ่งการวัดเป็น 2 วัน คือ

- วันที่ 1 ทดสอบสภาพอุณหภูมิห้องดูปลา กับบ่อปลาเปล่า
- วันที่ 2 ทดสอบสภาพอุณหภูมิห้องดูปลา กับบ่อปลาใส่น้ำ

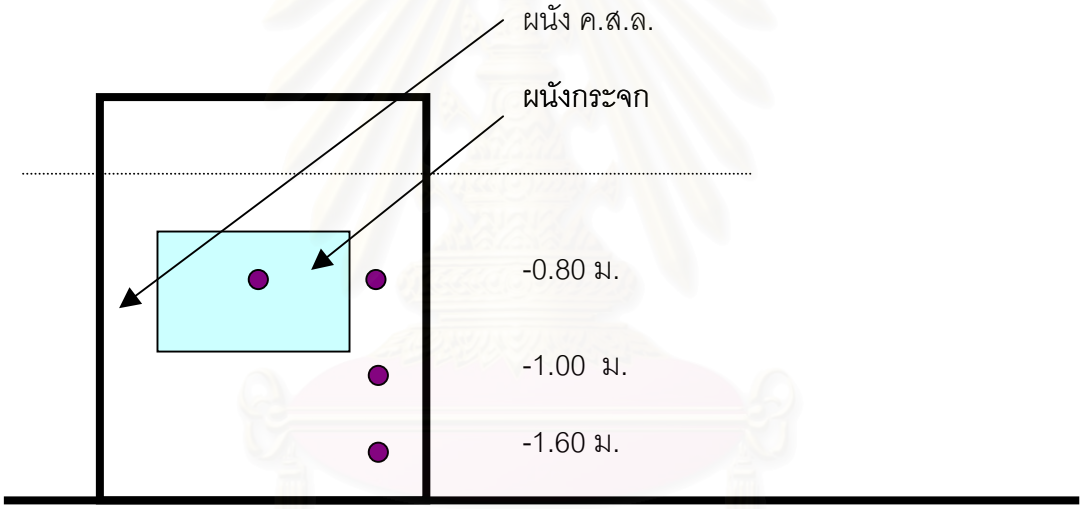
รูปที่ 3.17 แสดงบรรยากาศกรณีศึกษา และการติดตั้งสายสัญญาณ



รูปที่ 3.18 รูปจำลองรูปตัดห้องดูปลา กับบ่อปลาใส่น้ำ



รูปที่ 3.19 รูปจำลองรูปตัดด้านข้าง ห้องดูปลา กับบ่อปลา แสดงตำแหน่งการติดสายสัญญาณ



รูปที่ 3.20 รูปจำลองรูปด้านหน้าผนังห้องดูปลา แสดงตำแหน่งการติดสายสัญญาณ

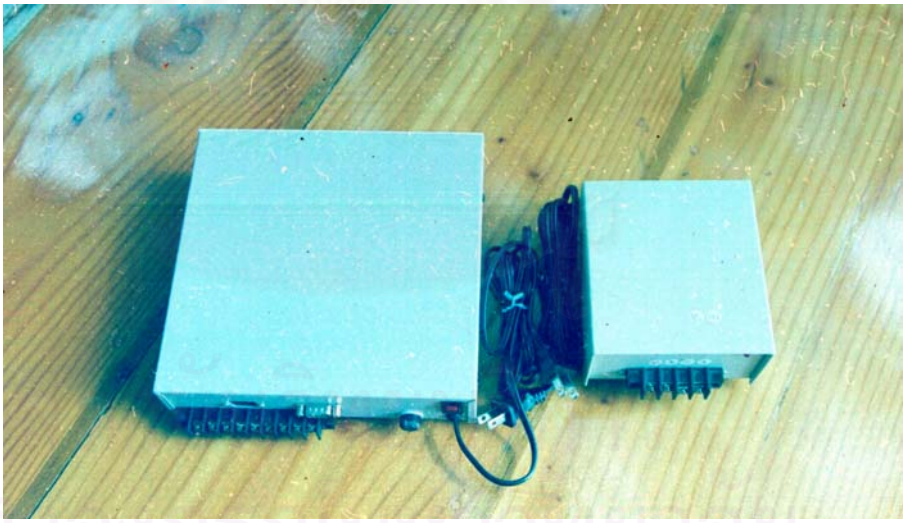
สาเหตุที่ออกแบบการทดลอง และติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิ ของการทดลองชุดที่ 5 เช่นนี้เพราะ

1. กั้นโฟมเพราะ ตัวห้องมีบางส่วนรับอิทธิพลจากภายนอกมามาก จึงกั้นส่วนที่ใช้ได้
2. ผนังห้องทุกด้าน ยกเว้นด้านที่ติด สายสัญญาณ บุโฟมตัดปัจจัยภายนอกเข้าห้อง
3. ระดับจุดวัด เกิดจาก การเลือกวัดอุณหภูมิผนังคอนกรีต และผนังกระจก ซึ่งสัมผัสน้ำ โดยผนังกระจกเลือกวัดกึ่งกลางแผ่น ในตำแหน่งที่ สูงเท่าระดับน้ำ ส่วนผนังคอนกรีต วัด 3 จุด ในตำแหน่งที่ สูงเท่าระดับน้ำ แล้วเฉลี่ยเป็น 3 จุด เพื่อดูผลอุณหภูมิ ณ. ระดับพื้น และ 1.00 ม. ตามระดับน้ำ

3.2 **การกำหนดจุดติดตั้งสายสัญญาณ**

3.2.1 <u>เครื่องมือในการเก็บข้อมูล</u>

- เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิน้ำ (Data logger) 2 เครื่อง พร้อม Power Supply 2 ชุด
- สายสัญญาณ (Thermocouple) 16 ช่องสัญญาณ (เครื่องละ 8 ช่องสัญญาณ) สำหรับใช้ต่อจากเครื่องมือวัดอุณหภูมิไปยังจุดทดสอบต่างๆในแบบทดลอง
- เครื่องกันไฟกระชาก
- Volt meter ใช้อ่านค่าอุณหภูมิได้ทันที
- เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้จัดทำวิทยานิพนธ์ และใช้เก็บภาพถ่าย, บันทึกผล และรับข้อมูลจากเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint



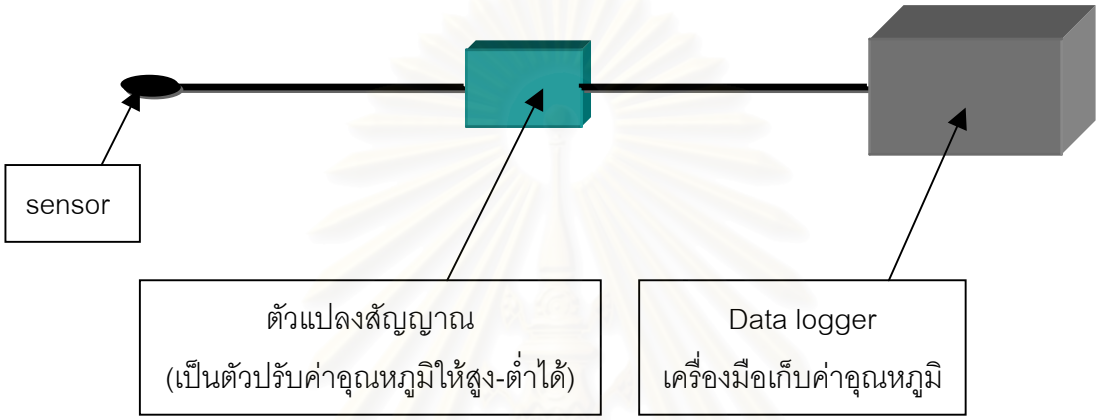
รูปที่ 3.21 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิน้ำ (Data logger) และ Power Supply

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือและ แบบจำลอง ก่อนการทดลอง

ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือ

เนื่องจากชุดสายสัญญาณทั้งหมดที่มี ทางบริษัทได้ทำการปรับค่าให้ได้มาตราฐานอยู่แล้ว 1 ชุด ดังนั้นจึงนำชุดสายสัญญาณที่ได้มาตราฐานนั้นมาเป็นตัวตั้งค่า เพื่อปรับชุดชุดสายสัญญาณที่เหลือให้วัดได้ตามมาตราฐาน การปรับจะปรับที่ตัวแปลงสัญญาณ

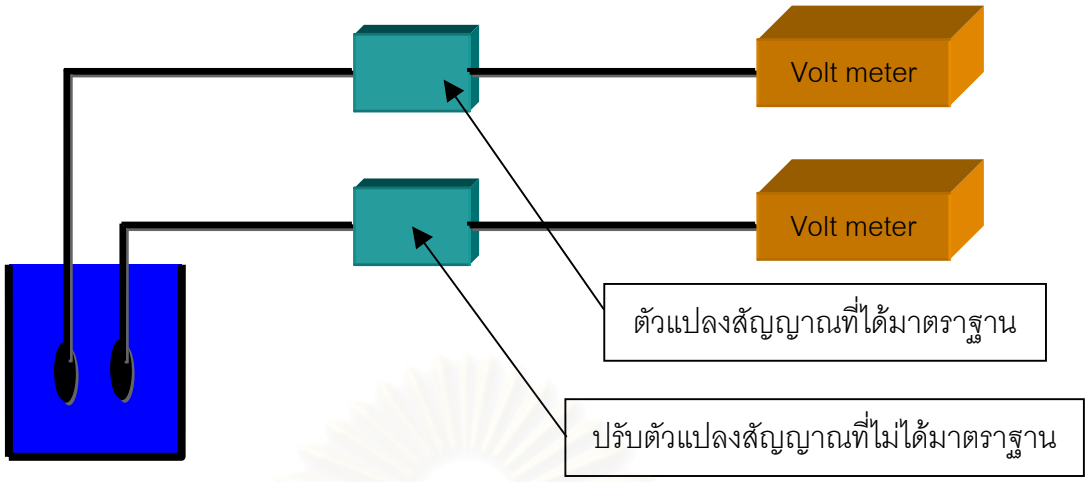
ลักษณะการต่อเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นดังนี้



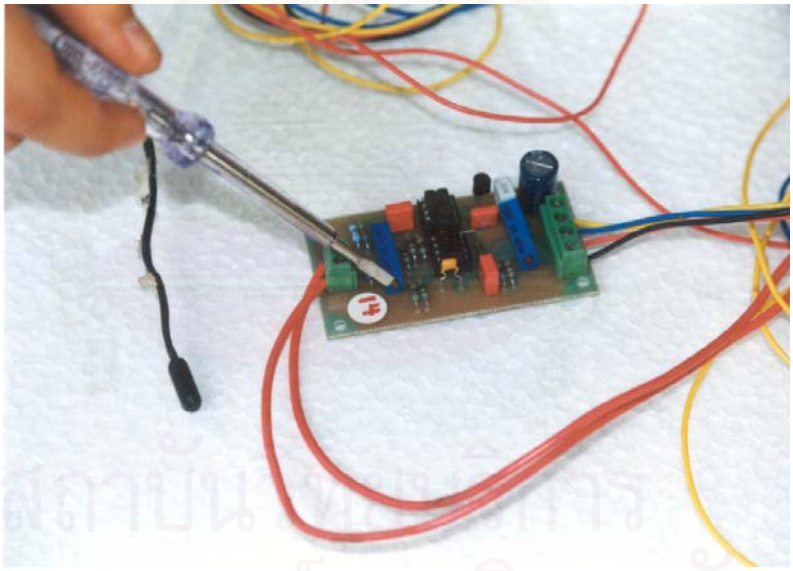
รูปที่ 3.22 แสดงการต่อเครื่องมือในการวัด

ขั้นตอนการปรับตัวแปลงสัญญาณเป็นดังนี้

1. นำชุดสายสัญญาณที่ได้ตามมาตราฐาน และ ชุดสายสัญญาณที่ต้องการนำมาปรับเทียบ ต่อเข้ากับ Volt meter ใช้อ่านค่าอุณหภูมิได้ทันที
2. นำ sensor ทั้ง 2 ชุดลงจุ่มในน้ำ เพื่อให้อ่านค่าอุณหภูมิเดียวกัน
3. ปรับค่าอุณหภูมิที่ตัวแปลงสัญญาณที่ไม่ได้มาตราฐาน ให้อ่านค่าได้เท่าตัวที่ได้มาตราฐาน โดยอ่านค่าที่แสดงผลที่ Volt meter
4. เปลี่ยนน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันไป และทำการปรับค่าอุณหภูมิที่ตัวแปลงสัญญาณที่ไม่ได้มาตราฐาน เช่นเดิม เพื่อ ความถูกต้องทุกระดับอุณหภูมิ
5. ทำเช่นนี้กับชุดสายสัญญาณที่เหลือทุกชุด



รูปที่ 3.23 แสดงการต่อเครื่องมือใน ปรับ สายสัญญาณ



รูปที่ 3.24 แสดงการปรับค่าตัวแปลงสัญญาณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย และวิเคราะห์ผล

<u>การเก็บข้อมูลผลการศึกษา</u>

การเก็บข้อมูลผลการศึกษา จะเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2545 สิ้นสุดวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 โดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 5 ชุด ดังนี้

1. การศึกษาอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ
   วันที่ 22 - 23 มกราคม พ.ศ. 2545 ตั้งแต่เวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป
2. การศึกษาปริมาตร และความลึกของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ
   วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ตั้งแต่เวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป
3. การศึกษาการระเหยของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ
   วันที่ 24 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ตั้งแต่เวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป
4. การทดสอบทั้ง 3 ระบบ กับห้องโฟมทดลอง
   วันที่ 27 มกราคม - 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 ตั้งแต่เวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป
5. การทดสอบกับอาคารจริง
   วันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 กรณีบ่อเปล่า ตั้งแต่เวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป
   วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 กรณีบ่อใส่น้ำ ตั้งแต่เวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป

ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลในการศึกษาทั้ง 5 ชุดนี้ จะบันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ ทุก ½ ชั่วโมง ต่อเนื่องกันเป็นเวลากรณีละ 24 ชั่วโมง (1 วัน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

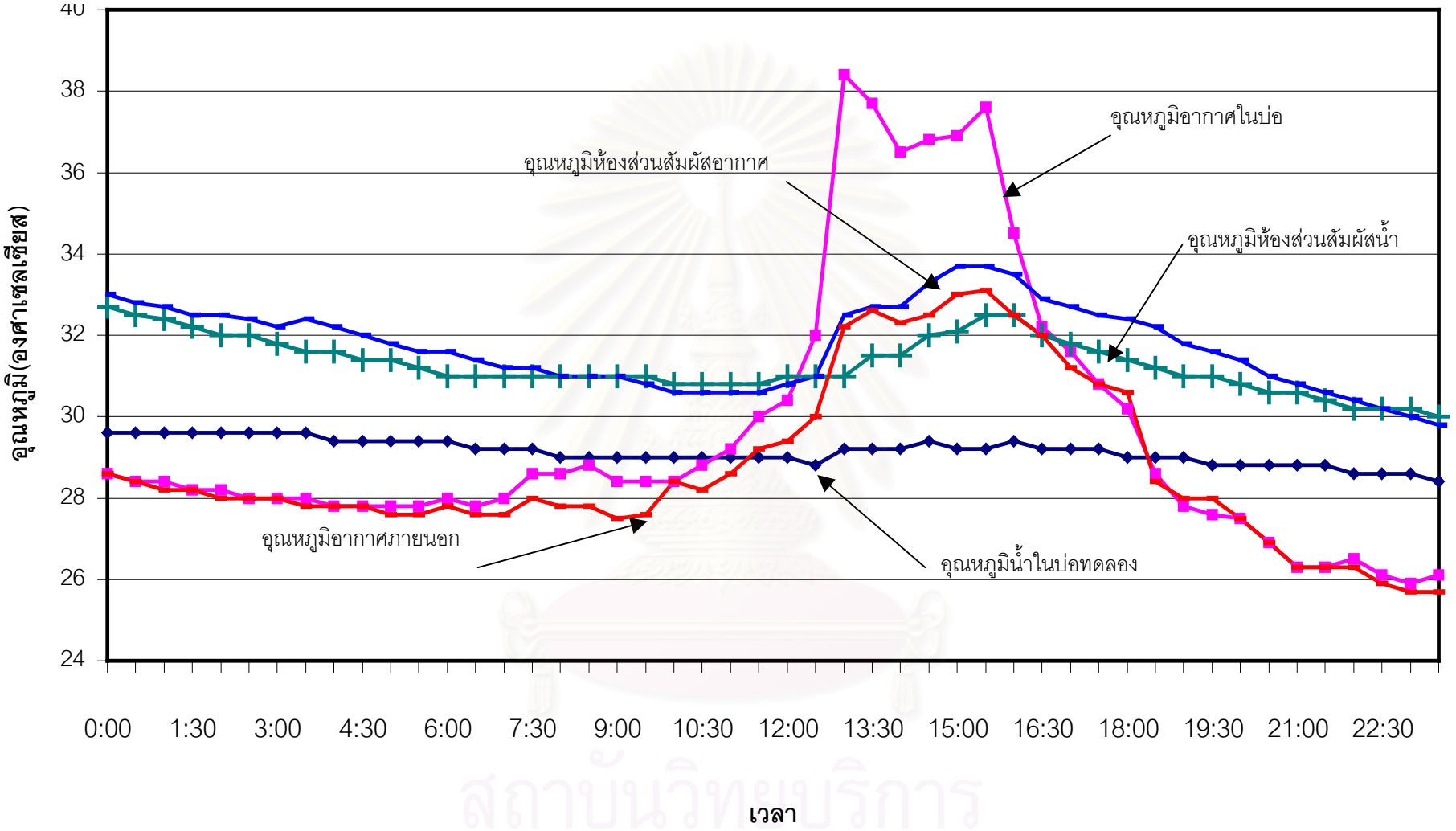
4.1 การทดลองชุดที่ 1 **การศึกษาอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิอากาศ** (วันที่ 22 - 23 มกราคม พ.ศ. 2545)

ในการเก็บข้อมูลการทดลองชุดนี้ จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบว่าอุณหภูมิน้ำ จะมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิอากาศ ที่คอนกรีตทำการสะสมความร้อนไว้หรือไม่ เนื่องจากข้อจำกัดในการวิจัย จึงทำการทดลองโดย แบ่งบ่อเป็น 2 ส่วน ใส่น้ำครึ่งหนึ่ง อากาศครึ่งหนึ่ง ประกบห้องโฟมที่แบ่งครึ่งเช่นกัน (ดังรูปที่ 3.5) แล้วทำการวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบกัน

ในการวัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ ทุก ½ ชั่วโมง ต่อเนื่องกันเป็นเวลากรณีละ 24 ชั่วโมง (1 วัน) โดยเริ่มจากเวลา 24.00น. ถึงเวลา 23.30น. ของวันถัดไป

4.1.1 ผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 4.1.1 แสดงผลการวัดอุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศ ในบ่อทดลอง เทียบกับอุณหภูมิห้องส่วนประกบน้ำ และอากาศ วันที่ 22 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : อิทธิพลของน้ำ หรืออากาศ ที่มีผลต่ออุณหภูมิห้องที่ลดลง

4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากแผนภาพที่ 4.1.1 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ในช่วงกลางคืน

- อุณหภูมิอากาศห้องโฟมด้านสัมผัสอากาศในบ่อ มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศห้องโฟมด้านสัมผัสน้ำมากที่สุด โดยอุณหภูมิด้านสัมผัสอากาศภายในบ่อ จะสูงเหลื่อมขึ้นมาเล็กน้อย โดยอุณหภูมิของทั้งสองจุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากแม้ว่า ไม่มีความร้อนจากแสงอาทิตย์แล้ว แต่ก็ได้ไอร้อนจากการคายความร้อนของบ่อคอนกรีตที่สะสมตอนกลางวัน ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองส่วนสัมผัสอากาศมีอุณหภูมิสูง และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศส่วนประกบน้ำซึ่งแม้จะ ได้ไอร้อนจากการคายความร้อนของบ่อคอนกรีต แต่น้ำก็รับความร้อนเข้าไว้ส่วนหนึ่ง โดยที่
- อุณหภูมิน้ำภายในบ่อจะค่อนข้างคงที่ ที่ 29 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองส่วนสัมผัสน้ำ และอุณหภูมิอากาศภายในบ่อ จะค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงมาเรื่อยๆ (โดยส่วนสัมผัสน้ำจะลดต่ำกว่าเล็กน้อย) จนคงที่ จนถึงเวลา 12.00 น.

ในช่วงกลางวัน

- ตั้งแต่ช่วงเวลา 11.00 น. ถึงเวลา 16.30 น. โดยเฉพาะช่วง 12.00 น. ขึ้นไป อุณหภูมิอากาศภายในบ่อ จะสูงมากจนถึง 39 องศาเซลเซียส เนื่องจากได้คอนกรีตรับความร้อนไว้ ก็ต้องมีการคายความร้อน จึงเกิดไอร้อนจากการคายความร้อนของบ่อคอนกรีตสู่อุณหภูมิอากาศ โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก แต่ในขณะที่
- อุณหภูมิน้ำภายในบ่อก็ยังค่อนข้างคงที่ ที่ 29 องศาเซลเซียส (ผลต่างอุณหภูมิ = 10 องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองส่วนสัมผัสน้ำ ตั้งแต่เวลา 12.00 น. ขึ้นไปอุณหภูมิห้องจะสูงขึ้นถึง 32 องศาเซลเซียส แต่ก็ยังต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองส่วนสัมผัสอากาศ ถึงประมาณ 1.8 องศาเซลเซียส

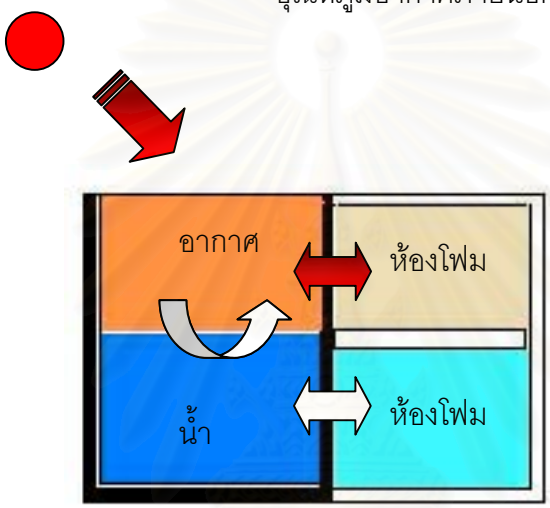
ซึ่งในการทดลองนี้ ปริมาณน้ำที่ใช้สูงเพียง 1.00 ม. ทำให้อุณหภูมิน้ำที่ได้ สูงกว่าปกติ 1 องศาเซลเซียส (จากผลการทดลองในชุดถัดมา) ฉะนั้นจึงคาดได้ว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นกว่านี้ ก็จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองส่วนสัมผัสน้ำจะลดต่ำลงได้มากกว่านี้

ในช่วงกลางคืน (สิ้นสุดการทดลอง)

- อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิน้ำภายในบ่อ จะลดต่ำลงจนเข้าใกล้กันเวลาประมาณ 21.00 น. อุณหภูมิทั้งสองจะเท่ากับ 30.8 องศาเซลเซียส และก็เริ่มต่ำลง ด้วยผลจากอุณหภูมิอากาศภาย

นอกที่ต่ำกว่าวันที่เริ่มวัดอุณหภูมิ ทำให้อุณหภูมิอากาศในบ่อต่ำลงเกือบเท่า อุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนน้ำ เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติของอุณหภูมิที่คงที่ และเป็น Heat sink อุณหภูมิน้ำภายในบ่อจึงอยู่ที่ 29 องศาเซลเซียส และค่อยๆลดต่ำลงมาตั้งแต่ เวลา 18.00 น. จนเหลือ 28 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ลดลง 1 องศาเซลเซียส)

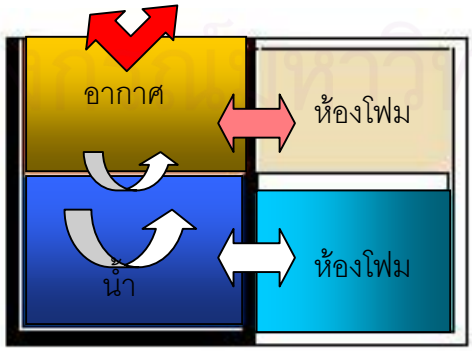
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่า



ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟม
(สัมผัสน้ำ - สัมผัสอากาศ)
เวลา 12.30 น.
= 1.8 ° C

ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยห้องโฟม
เวลากลางวัน
= 0.63 ° C

อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่า



ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยห้องโฟม
(สัมผัสน้ำ - สัมผัสอากาศ)
เวลากลางคืน
= 0.30 ° C

4.2 การทดลองชุดที่ 2 **การศึกษาปริมาตร และความลึกของน้ำ ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ (วันที่ 23 - 26 มกราคม พ.ศ. 2545)**

การทดลองชุดนี้ จะเป็นการทดสอบว่า ปริมาตร และความลึก จะมีผลต่ออุณหภูมิน้ำในบ่อหรือไม่ โดยทำการทดสอบทั้ง 3 กรณี คือ

ระบบเปิด - วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545

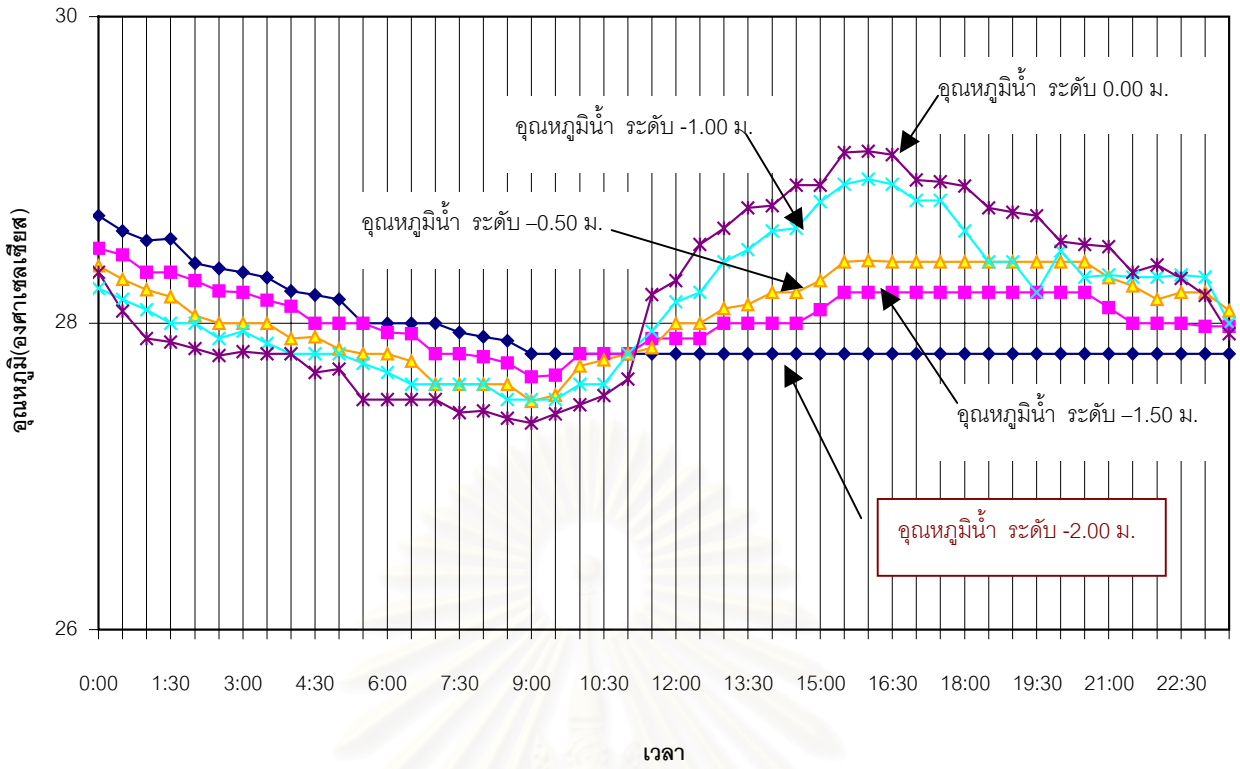
ระบบปิด - วันที่ 24 - 25 มกราคม พ.ศ. 2545

ระบบบังแดดบ่อ - วันที่ 25 - 26 มกราคม พ.ศ. 2545

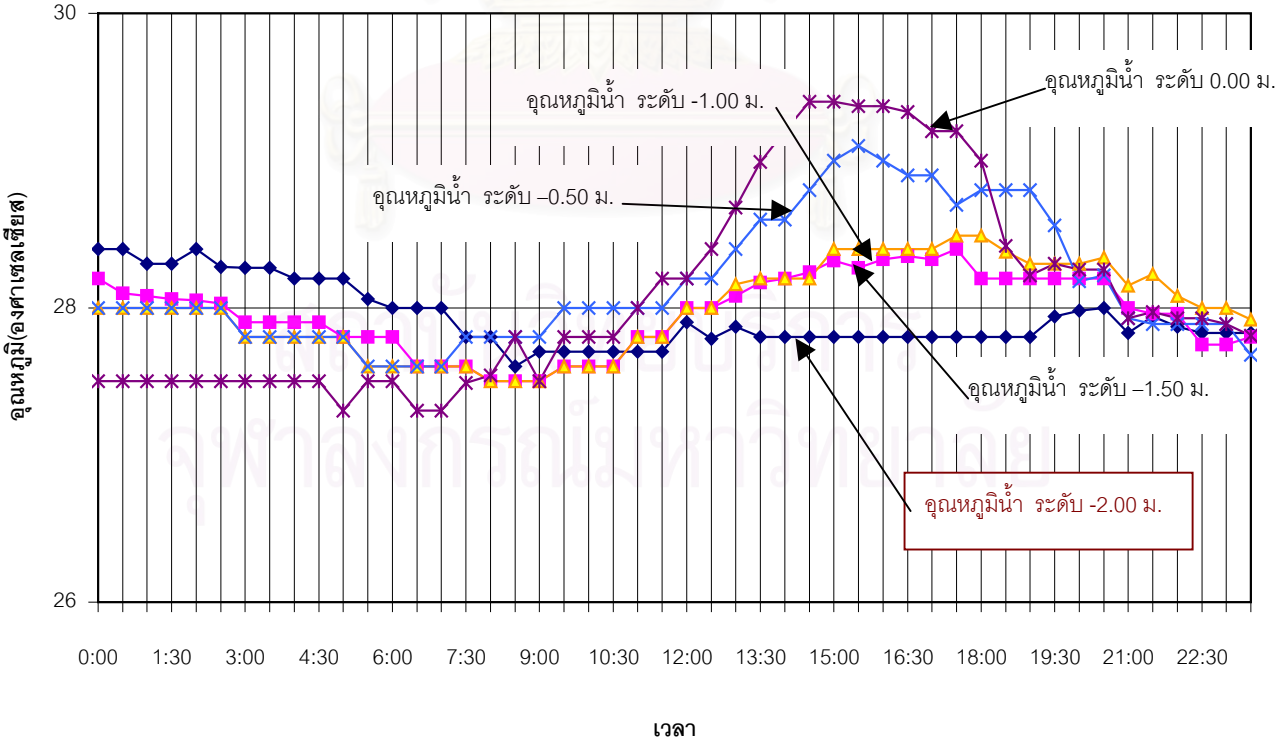
และการทดสอบทั้ง 3 กรณีนี้จะเป็นการทดสอบว่าเมื่อต่างระบบแล้ว ผลจะเป็นเช่นไร

4.2.1 ผลการทดลอง

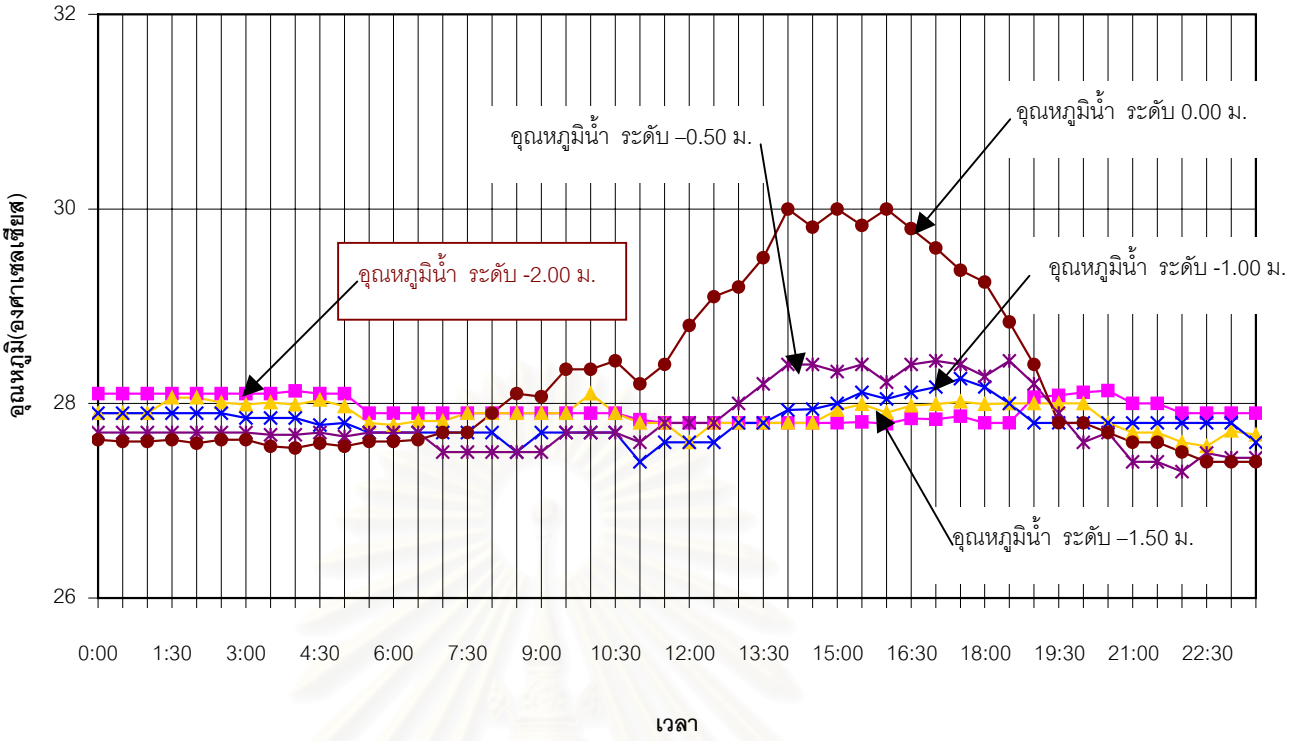
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



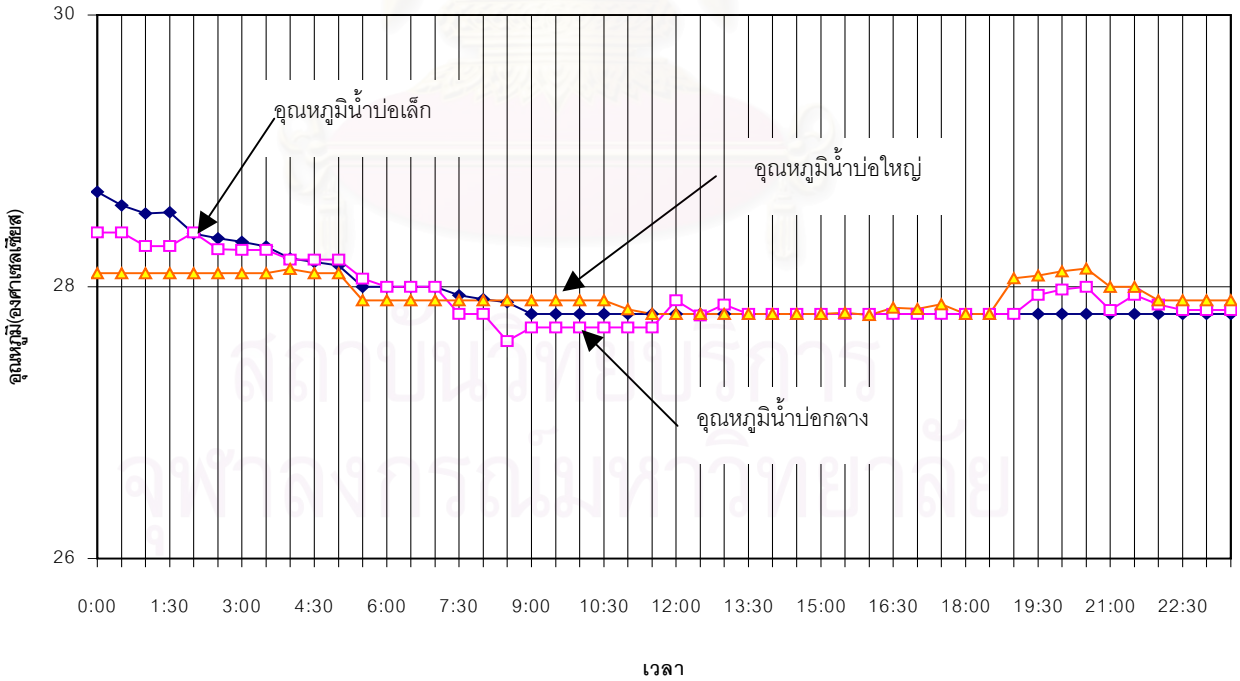
แผนภาพที่ 4.2.1 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง - บ่อเล็ก ในระดับ -2.00ม. – 0.00 ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : ความลึก มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ



แผนภาพที่ 4.2.2 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง – บ่อกลาง ในระดับ –2.00 – 0.00 ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : ความลึก มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ



แผนภาพที่ 4.2.3 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง – บ่อใหญ่ ในระดับ –2.00 – 0.00 ม. วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : ความลึก มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ



แผนภาพที่ 4.2.4 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง – บ่อเล็ก-กลาง-ใหญ่ ในระดับ-2.00 ม. ศึกษากรณี : ปริมาตร ต่อผลของอุณหภูมิน้ำ

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากแผนภาพที่ 4.2.1 - 4.2.3 เรื่องความลึก สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

- เมื่อเรา ดูค่าอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก ตั้งแต่ - 2.00 ม. ถึง 0.00 ม. จะพบว่า ที่ระดับ – 2.00 ม. จะมีการแกว่งตัวของอุณหภูมิ (Amplitude Swing) น้อยที่สุด รองลงมาคือ ระดับ –1.50 ม. และ -1.00 ม. โดยช่วงอุณหภูมิ ทั้ง 3 ระดับนี้จะค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน ส่วนที่ระดับ -0.50 ม. ถึง 0.00 ม. มีการแกว่งตัวสูงมากเกิน โดยเฉพาะระดับ 0.00 ม. จะฉีกตัวออกห่างระดับอื่นอย่างชัดเจน

จากแผนภาพที่ 4.2.4 **เรื่องปริมาตร** สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

- จากผลของการวิเคราะห์ เรื่องความลึก เมื่อเราทราบว่าที่ระดับ -2.00 ม. เป็นระดับที่น้ำสามารถนำมาใช้ได้ดีที่สุดแล้ว เราจึงนำน้ำที่ระดับนี้ ในแต่ละปริมาตรมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้คือ ในแต่ละบ่อทดลอง ค่าอุณหภูมิน้ำจะใกล้เคียงกันมาก จนถือได้ว่าเท่ากัน

ดังนั้น จากผลข้างต้นทั้งหมดสรุปได้ว่า

1. เราสามารถนำน้ำในระดับ – 2.00 ม. ซึ่งมีการแกว่งตัวน้อยที่สุดมาใช้ได้ตลอดวัน รองลงมาคือ ที่ระดับ –1.50 ม. และ -1.00 ม. ส่วนระดับ -0.50 ม. ถึง 0.00 ม. ไม่เหมาะแก่การใช้งาน
2. ความเล็ก – ใหญ่ของบ่อ ไม่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำในบ่อทดลอง ในระดับความลึกเดียวกัน

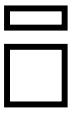
* <u>หมายเหตุ</u> บ่อทดลองที่ใช้ศึกษา มีปริมาตรที่ไม่แตกต่างกันชัดเจน ดังนั้นข้อสรุปเรื่องปริมาตรในข้อ 2 นี้ จะเป็นเพียงผลจากการทดลองในชุดการทดลองนี้เท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3. การทดลองชุดที่ 3 **การศึกษาการระเหยของน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ**

(วันที่ 23 - 26 ม.ค. 2545)

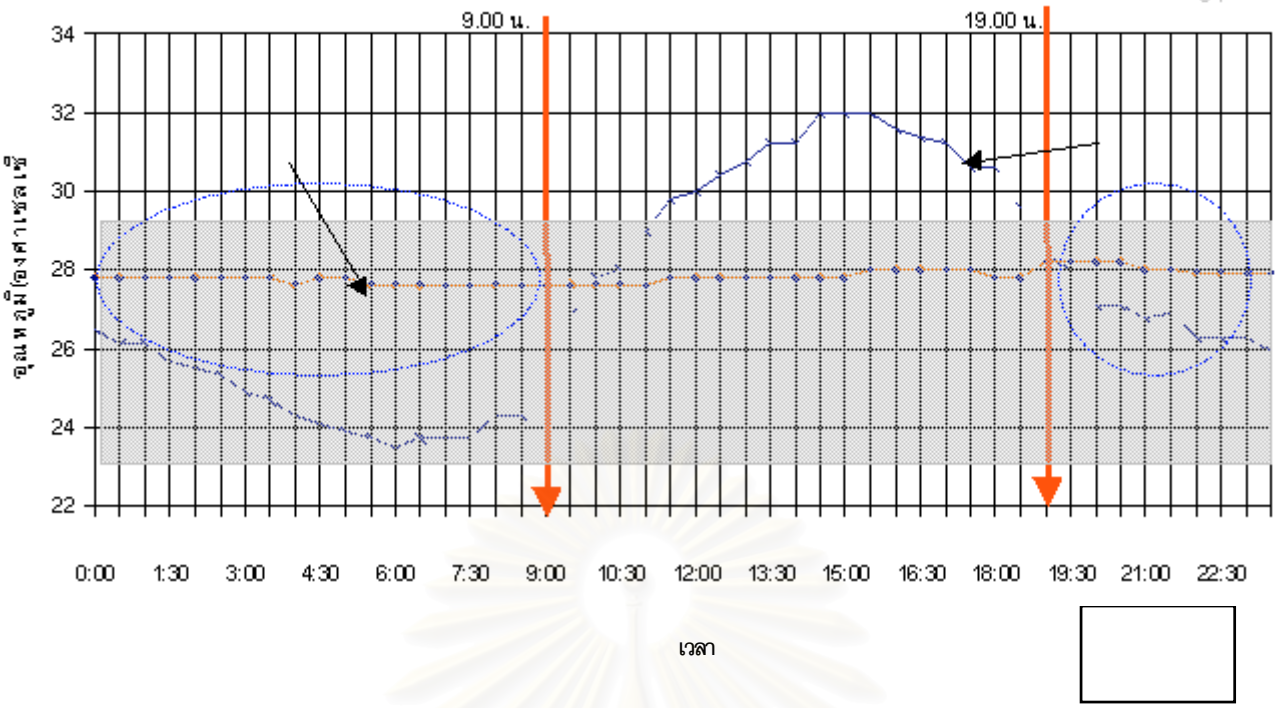
การทดลองชุดนี้จะเป็นการนำผลการทดลองชุดที่ 2 ทั้ง 3 ระบบ คือระบบเปิด – ปิด และบังแดด มาวิเคราะห์ในลักษณะเชิงข้อสังเกต โดยหาค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ ต่ออุณหภูมิอากาศดูว่าทั้ง 3 ระบบ ระบบใดให้ค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำได้สูงสุด – กรณีลดอุณหภูมิตอนกลางวัน - และกรณีเพิ่มอุณหภูมิตอนกลางคืน และดูว่า ระบบใดให้ค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำได้ต่ำที่สุด - กรณีเพิ่มอุณหภูมิตอนกลางวัน และกรณีลดอุณหภูมิตอนกลางคืน และการเทียบค่าพิสัย (ค่าmax – ค่าmin) ระหว่างอุณหภูมิน้ำ กับอุณหภูมิอากาศ เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการขึ้นลงของอุณหภูมิน้ำกันอย่างคร่าวๆ กรณีที่เราต้องการใช้งานตลอดวัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุดในการนำน้ำมาใช้งานกับอาคาร เมื่อเราคำนึงถึงการระเหย โดยสมมติให้

- ระบบเปิด แทน การให้มีการระเหยได้เต็มที่
- ระบบปิด แทน การให้มีการกันการระเหย
- ระบบบังแดด แทน การให้มีการระเหยได้ บางส่วน 

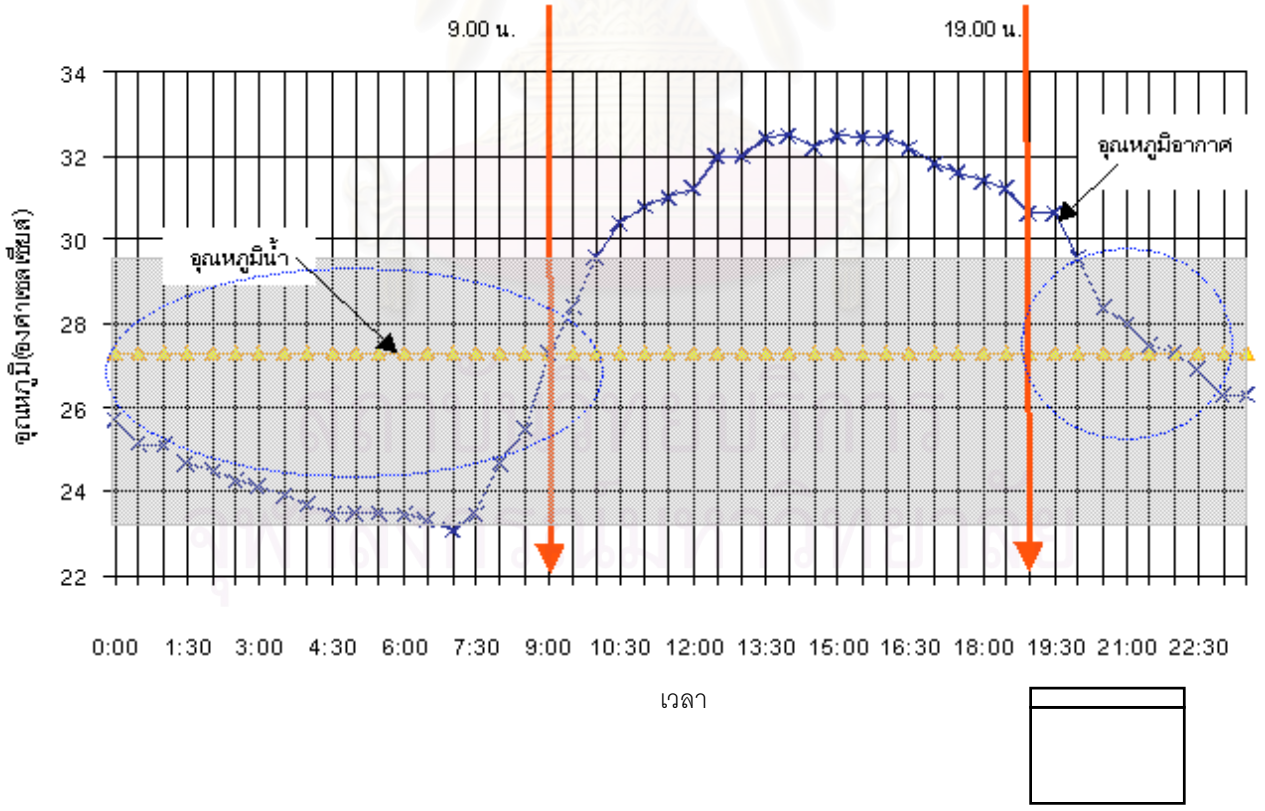
โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ช่วงเวลา คือ กลางวัน (9.00 น. – 19.00 น.) , กลางคืน (19.30 น. – 8.30 น.) และตลอดวัน (24 ชั่วโมง)

<u>หมายเหตุ</u> : ในการศึกษานี้ จะใช้ข้อมูลของน้ำ ที่ระดับ - 2.00 ม. ซึ่งเป็นระดับที่อุณหภูมิน้ำให้ประสิทธิภาพดี จากผลสรุปการทดลองชุดที่ 2 และให้บ่อใหญ่เป็นตัวแทนการทดสอบ เนื่องจากผิวหน้ามีพื้นที่หน้าตัดน้ำ มากที่สุด

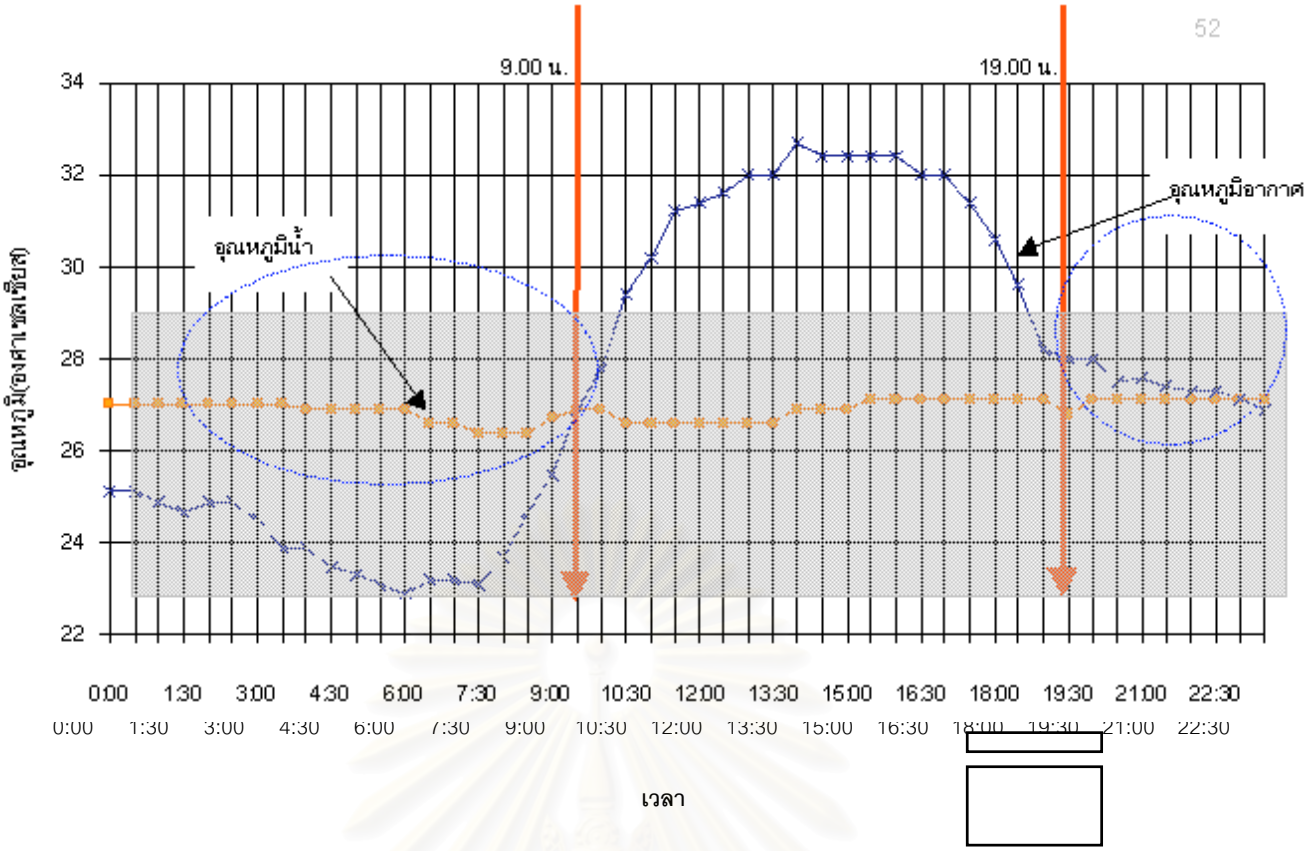
4.3.1 ผลการทดลอง



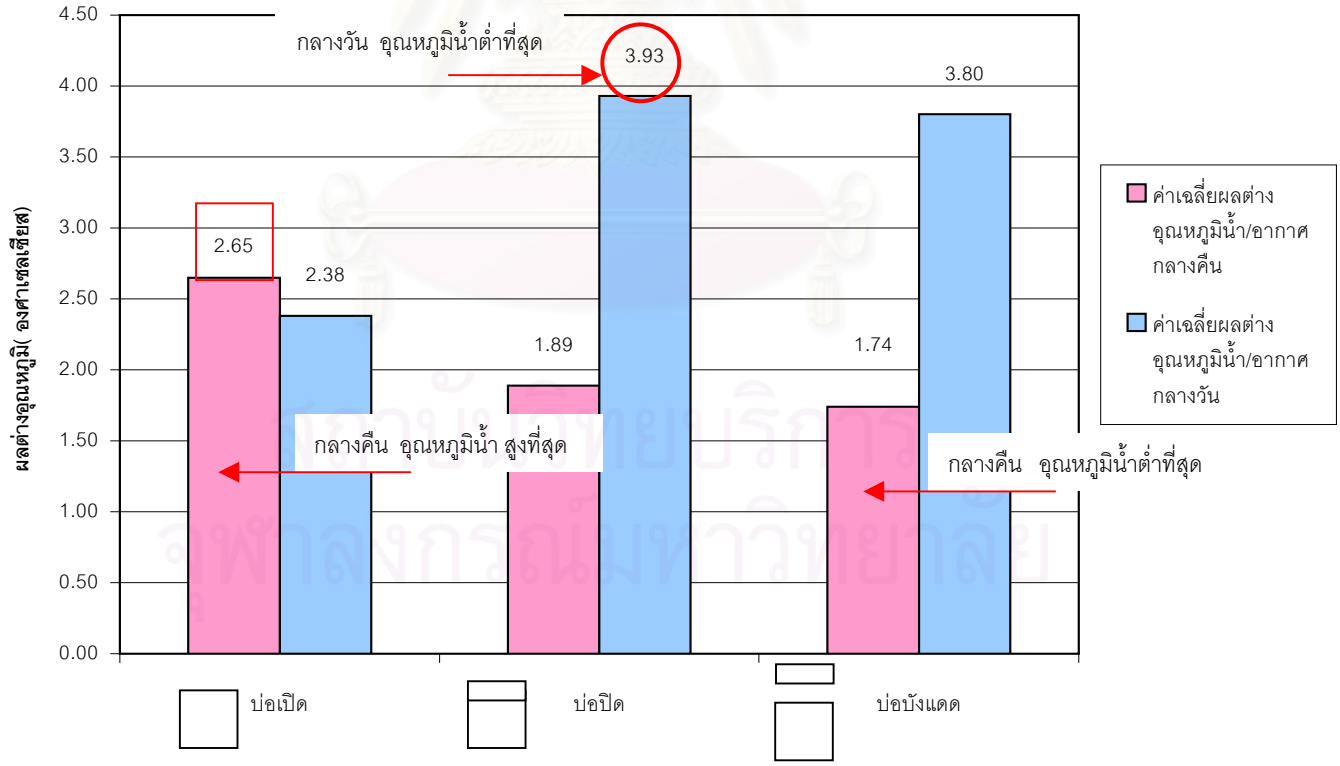
แผนภาพที่ 4.3.1 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อเปิดกลางแจ้ง - บ่อใหญ่ ในระดับ-0.50ม.
วันที่ 23 – 24 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ



แผนภาพที่ 4.3.2 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อปิด- บ่อใหญ่ ในระดับ- 2.00ม.
วันที่ 24 – 25 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ



แผนภาพที่ 4.3.3 แสดงผลของอุณหภูมิบ่อบังแดด – บ่อใหญ่ ในระดับ – 2.00 ม.
วันที่ 25 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ

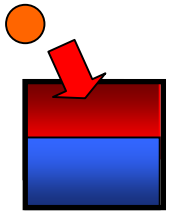


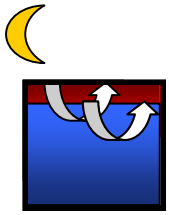
แผนภาพที่ 4.3. 4 แสดงค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม.
ระบบเปิด – ปิด –บังแดด กลางคืน (19.30 น.- 8.30 น.) / กลางวัน (9.00 น. – 19.00 น.)
วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ

4.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

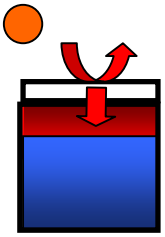
จากแผนภาพที่ 4.3.1 – 4.3.4 สามารถวิเคราะห์ และสรุปได้ดังนี้

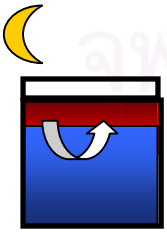
เมื่อเราแปลง แผนภาพที่ 4.3.1 – 4.3.3 ให้กลายเป็น แผนภาพที่ 4.3.4 ซึ่งจากแผนภาพ เราจะเห็นว่า การระเหยของน้ำในแต่ละระบบ มีผลต่ออุณหภูมิน้ำจริง ซึ่งผลที่ออกมาเป็นดังนี้





- ระบบเปิด จะมีค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ คือ กลางคืน เท่ากับ 2.65 กลางวัน เท่ากับ 2.38 โดยระบบเปิด จะมีค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับ -2.00 ม. กลางคืนห่างจากอุณหภูมิอากาศมากที่สุด และกลางวันใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด ซึ่งหมายถึง การที่เราให้บ่อน้ำเปิดรับผลของอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมอย่างเต็มที่ในตอนกลางวัน ไม่มีการกั้นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ แล้วปล่อยให้คายความร้อนเองเมื่อสภาพอากาศเย็นลง จะพบว่า อุณหภูมิน้ำในระบบนี้จะยังสูงกว่าทุกระบบ ตลอดวัน ซึ่งความร้อนที่สะสมไว้มาก (จากค่า Specific heat ที่สูง – รับง่าย แต่คายช้า) ดังนั้นในกรณีต้องการความอุ่นในตอนกลางคืน น้ำระบบนี้จะดีต่อการปรับสภาพห้องให้อุ่นขึ้น (ดูได้จากวงกลมสีน้ำเงิน ในแผนภาพที่ 4.3.1)

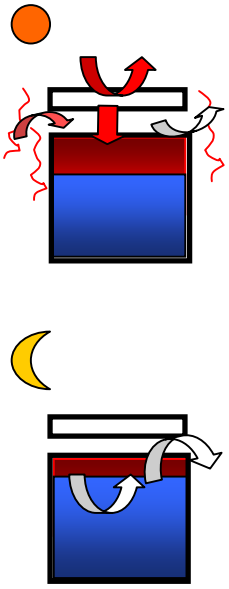




- ระบบปิด จะมีค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ ในช่วงกลางวัน มากที่สุดในทุกระบบ คือ เท่ากับ 3.93 โดยระบบปิด กลางวัน จะมีค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับ -2.00 ม. ห่างจากอุณหภูมิอากาศมากที่สุด ซึ่งจากกราฟที่ 4.3.2 เราจะพบว่าอุณหภูมิน้ำจะอยู่ในช่วง Comfort zone ตลอด แม้ว่าอุณหภูมิอากาศกลางวันจะสูงถึง 32 องศาเซลเซียส ผลเป็นเช่นนี้เพราะ เมื่อเรามีการควบคุมการระเหยของน้ำ โดยการกันการระเหยตลอดเวลา นั่นหมายถึงเราก็กั้นการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไปด้วย สังเกตได้ว่าอุณหภูมิน้ำบ่อปิดแม้ว่าจะค่อนข้างสูง แต่จะมีลักษณะที่คงที่ตลอด จึงเป็นผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิมีผลเช่นนี้

ส่วนกลางคืน ค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ ก็มีผลค่อนข้างดีสำหรับการทำความเย็น คือ เท่ากับ 1.89 พ้น เหตุที่กันรังสีความร้อนแล้ว แต่น้ำยัง

อุ่นอยู่เพราะ น้ำสะสมความร้อนไว้อยู่แต่ไม่สามารถคายความร้อนได้รวดเร็วทำให้ ยังมีความร้อนสะสมเหลืออยู่ สิ้นสุดที่ 27.3 องศาเซลเซียส (ดูได้จากวงกลมสีน้ำเงิน ในแผนภาพที่ 4.3.2)



- ระบบบังแดด จะมีค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ ในช่วงกลางคืน เท่ากับ 1.73 โดยระบบบังแดด กลางคืน จะมีค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับ -2.00 ม. ห่างจากอุณหภูมิอากาศมากที่สุด ซึ่งหมายถึง ในกรณีต้องการความเย็นในตอนกลางคืน สำหรับภาคกลาง น้ำระบบนี้จะดีที่สุดต่อการปรับสภาพห้องให้เย็น ในขณะที่กลางวัน ก็มีค่า เท่ากับ 3.80 จัดว่ามีค่าเฉลี่ยเป็นอันดับ 2 รองจากระบบปิด และจัดว่าค่อนข้างดีมากทีเดียว สามารถนำน้ำไปใช้ได้ ซึ่งจากกราฟที่ 4.3.3 เราจะเห็นว่าแม้ว่าอุณหภูมิน้ำกลางคืนเริ่มต้นจะสูง แต่เนื่องจากกลางวันไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง นอกจากไอร้อนจากสภาพแวดล้อม และน้ำยังมีการถ่ายเทความร้อนตลอดเวลา อุณหภูมิน้ำกลางวันจึงไม่สูงเท่า ซึ่งเมื่อเทียบกับบ่อเปิด แต่นิ่งอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส และยังอยู่ใน Comfort zone จนถึงกลางคืนอีกครั้งก็สิ้นสุดที่ 26.9 องศาเซลเซียส (ดูได้จากวงกลมสีน้ำเงิน ในแผนภาพที่ 4.3.3)

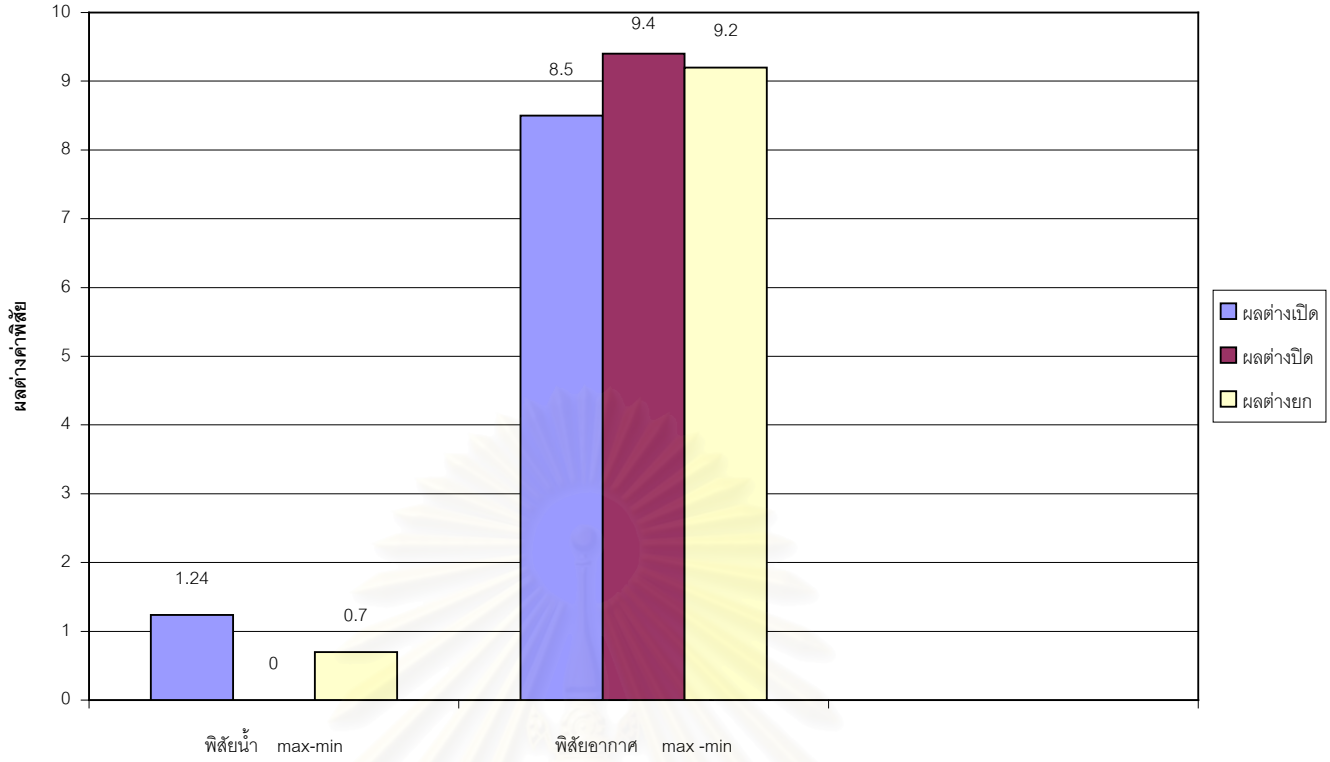
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- <u>สรุปผลการทดลองในบ่อทดลอง กรณีแยกช่วงเวลา</u>

	ค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิน้ำ/อากาศกลางคืน	ค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิน้ำ/อากาศกลางวัน	หมายเหตุ
บ่อเปิด	2.65	2.38	ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางคืน * อุณหภูมิแกว่งตัวมากที่สุดในทุกระบบ โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อปิด	1.89	3.93	ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางวัน ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางคืน * อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อบังแดด	1.73	3.80	ช่วงต่างอุณหภูมิน้อย - ตอนกลางคืน ช่วงต่างอุณหภูมิปานกลาง - ตอนกลางวัน * อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยเฉพาะกลางคืน

ตารางที่ 4.3.1 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารแยกช่วงเวลา กลางวัน – กลางคืน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

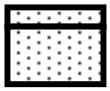
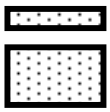


แผนภาพที่ 4.3.5 แสดงค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำ : ค่าพิสัยอุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด ในเวลาตลอดวัน (0.00 น. – 23.30 น. วันถัดไป)
วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ

max	min	พิสัยน้ำ max-min		พิสัยอากาศ max -min		max	min
28.44	27.2	ผลต่างน้ำเปิด	1.24	8.5	ผลต่างอากาศเปิด	32	23.5
27.3	27.3	ผลต่างน้ำปิด	0	9.4	ผลต่างอากาศปิด	32.5	23.1
27.3	26.4	ผลต่างน้ำบัง	0.7	9.2	ผลต่างอากาศบัง	32.4	23.2

ตารางที่ 4.3.2 แสดงค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำ : ค่าพิสัยอุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด ในเวลาตลอดวัน (0.00 น. – 23.30 น. วันถัดไป)
วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ

จากตารางที่ 4.3.1 เราจะพบว่า เมื่อเทียบค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิน้ำด้วยกันกับอุณหภูมิอากาศด้วยกันเอง ค่าที่ได้แทบไม่มีความแตกต่างกันเลย ระบบไหนก็น่าจะใช้ได้ แต่เมื่อเราทำการเทียบค่าระหว่างพิสัยของน้ำกับค่าพิสัยของอุณหภูมิอากาศ จากแผนภาพที่ 4.3.4 แล้วเราจะพบว่า

-
ระบบบ่อเปิด : ในขณะที่ค่าพิสัยของอุณหภูมิอากาศบ่อเปิดต่ำสุด แต่ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำบ่อเปิดกลับสูงสุด แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิน้ำในระบบเปิดนี้มีการแกว่งตัวสูงมากที่สุด ซึ่งถ้าค่าพิสัยของอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นอีก ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำก็จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นระบบเปิดนี้จึงไม่ควรนำมาน้ำไปใช้ลด หรือเพิ่มอุณหภูมิให้แก่อาคารที่ใช้งานตลอดวัน เพราะเมื่ออุณหภูมิมีค่าการแกว่งตัวสูงๆ จะมีปัญหามากในการปรับสมดุลในอาคาร โดยเฉพาะกรณีการนำไปใช้กับอาคารปรับอากาศ
- 
ระบบบ่อปิด : ในขณะที่ค่าพิสัยของอุณหภูมิอากาศบ่อปิดสูงสุด แต่ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำบ่อปิดกลับต่ำสุด แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า ทั้งที่อุณหภูมิอากาศแกว่งตัวสูงมากแต่อุณหภูมิน้ำในระบบเปิดนี้ก็มีการแกว่งตัวน้อยที่สุด ดังนั้นระบบปิดนี้สามารถนำน้ำไปใช้ลด หรือเพิ่มอุณหภูมิให้แก่อาคารได้ดีแก่อาคารที่ใช้งานตลอดวันโดยเฉพาะกลางวัน (จากข้อสรุปแรก)
- 
ระบบบ่อบังแดด : ในขณะที่ค่าพิสัยของอุณหภูมิอากาศบ่อปิดสูงเป็นอันดับ 2 แต่ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำบ่อบังแดดกลับต่ำกว่า ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำในระบบบังแดดโดยมีค่าเป็นอันดับ 2 รองจากระบบปิดเช่นกัน แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า ถ้าค่าพิสัยของอุณหภูมิอากาศ ณ. วันนั้นๆ ลดลง ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำนี้ก็น่าจะลดลงได้อีกเช่นกัน ดังนั้น น้ำระบบบ่อบังแดดนี้ สามารถนำน้ำไปใช้ลด อุณหภูมิให้แก่อาคารได้ดีแก่อาคารที่ใช้งานตลอดวัน โดยเฉพาะกลางคืน (จากข้อสรุปแรก)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการทดลองในบ่อทดลอง กรณีใช้งานตลอดวัน

ระบบ	max	min	พิสัยน้ำ max-min		พิสัยอากาศ max -min		max	min	หมายเหตุ
บ่อเปิด	28.44	27.2	ผลต่างน้ำเปิด	1.24	8.5	ผลต่างอากาศเปิด	32	23.5	* อุณหภูมิแกว่งตัวมากเกิน
บ่อปิด	27.3	27.3	ผลต่างน้ำปิด	0	9.4	ผลต่างอากาศปิด	32.5	23.1	* อุณหภูมิแกว่งตัวน้อยโดยเฉพาะกลางวัน
บ่อบังแดด	28.57	27.55	ผลต่างน้ำบัง	0.7	9.2	ผลต่างอากาศบังแดด	32.4	23.2	* อุณหภูมิแกว่งตัวน้อยโดยเฉพาะกลางคืน

ตารางที่ 4.3.3 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารตลอดวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่ 4 การทดสอบทั้ง 3 ระบบ กับห้องโฟมทดลอง

(วันที่ 27 มกราคม - 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545)

1. **บ่อใหญ่เปิดกลางแจ้ง - ปิดกันการระเหย และมีการบังแดดประกบห้องโฟม**
   วันที่ 27 – 29 ม.ค. 2545
2. **บ่อกลางเปิดกลางแจ้ง - ปิดกันการระเหย และมีการบังแดดประกบห้องโฟม**
   วันที่ 31ม.ค. - 2 ก.พ. 2545
3. **บ่อเล็กเปิดกลางแจ้ง - ปิดกันการระเหย และมีการบังแดดประกบห้องโฟม**
   วันที่ 4 - 6 ก.พ. 2545

ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง การทดลองชุดนี้ จะทำการวิเคราะห์ดังนี้ คือ

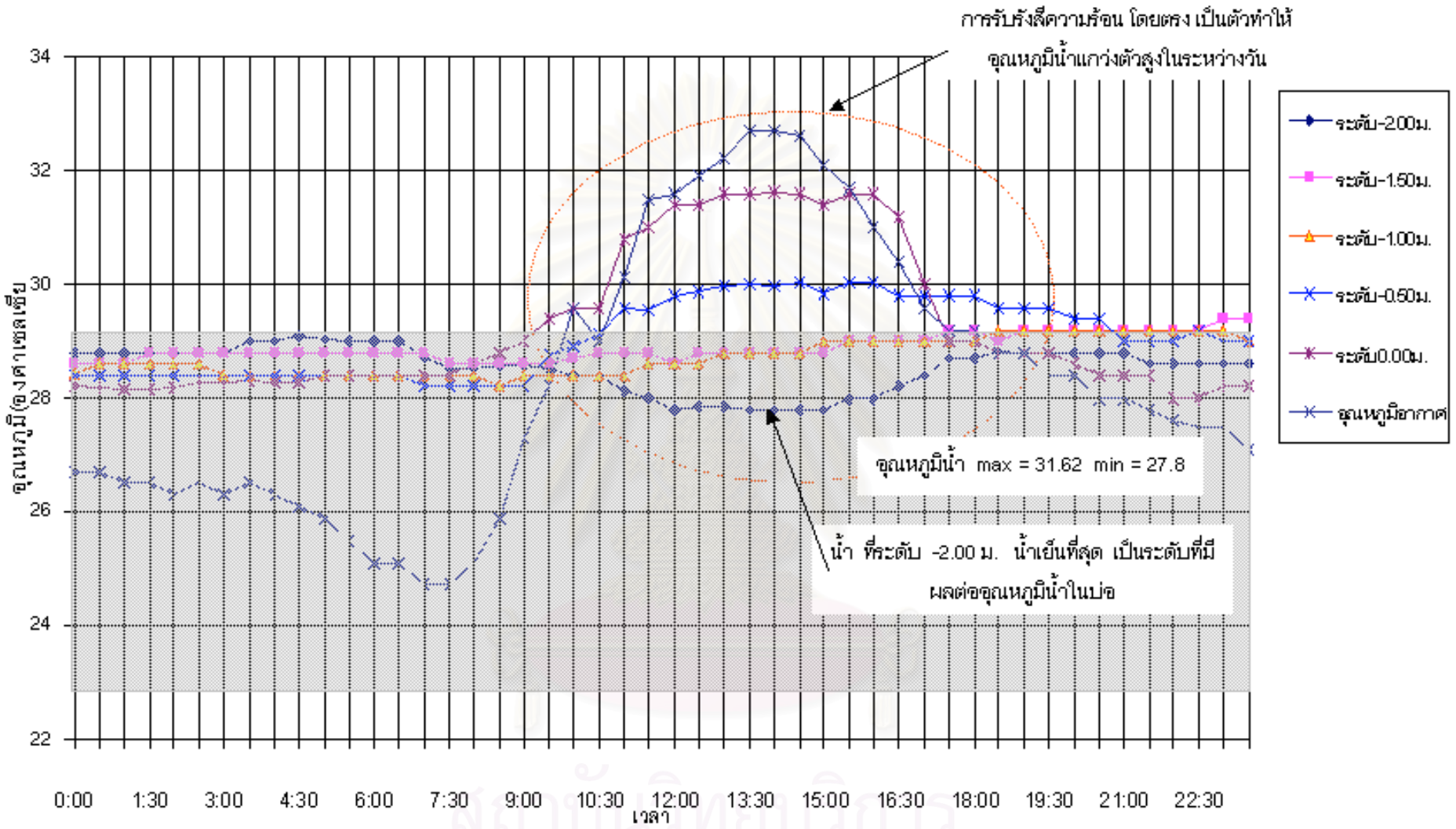
การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4.4 : การศึกษาระบบบ่อทั้ง 3 จะมีผลอย่างไรต่ออุณหภูมิภายในห้อง

ปริมาตรคงที่ ⟶ ระบบเปลี่ยน

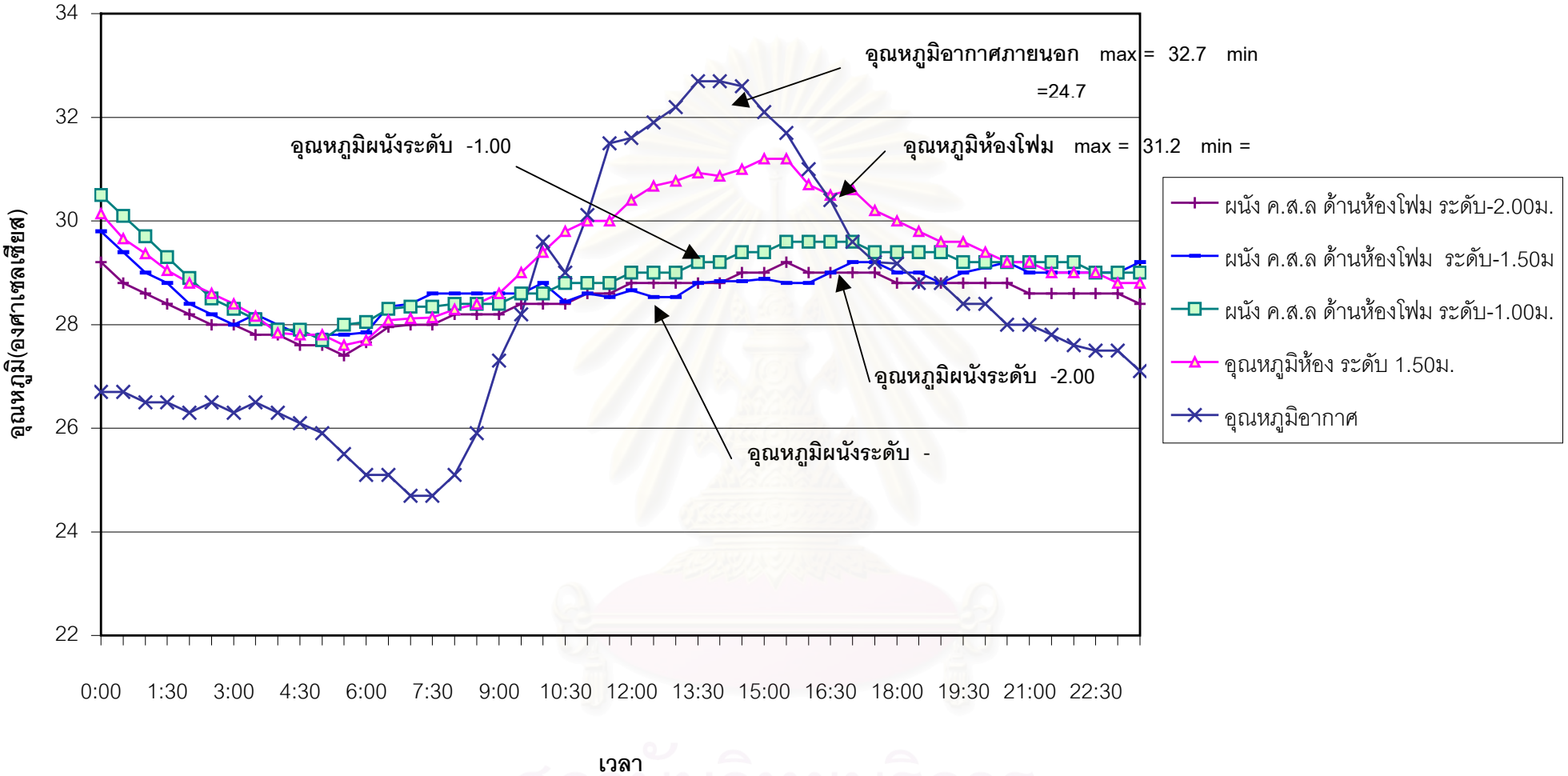
ในการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4.4 นี้ จะเป็นการเช็คกลับว่า ระบบบ่อทั้ง 3 จะมีผลอย่างไรต่ออุณหภูมิภายในห้องบ้าง แต่ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการใช้มวลน้ำทั้งก้อนในบ่อมาทำการทดสอบ เพราะทุกระดับของผนังมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกัน โดยการวิเคราะห์ชุดนี้ จะใช้บ่อใหญ่เป็นตัวทดสอบ ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ชุดที่ 3 คือบ่อใหญ่มีปริมาณน้ำมากที่สุด ซึ่งรายละเอียดการติดตั้งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลการทดลอง

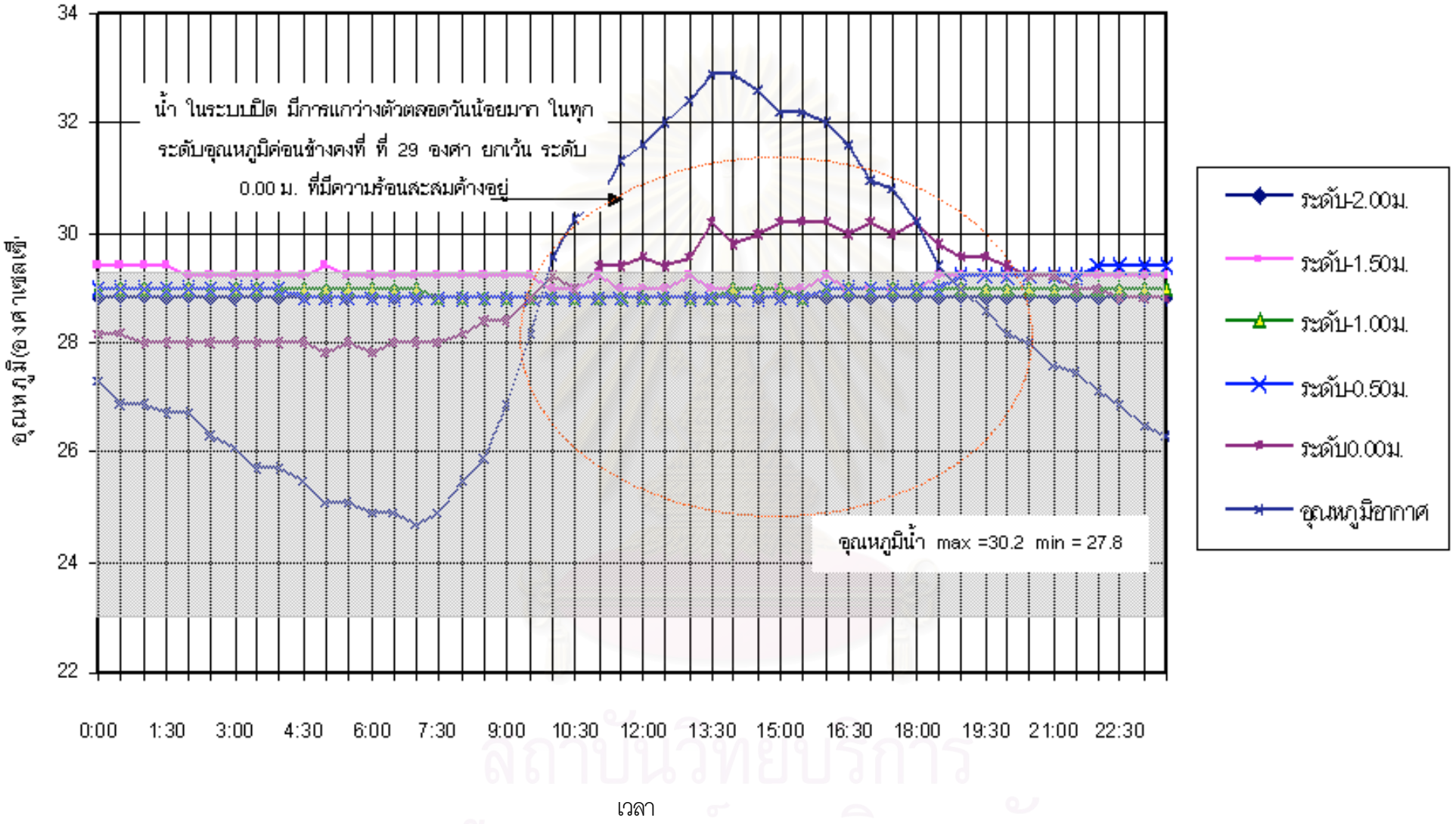


แผนภาพที่ 4.4.1 แสดงผลของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก เทียบกับอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่เปิดกลางแจ้งประกบด้วยห้องโฟม
วันที่ 27 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่

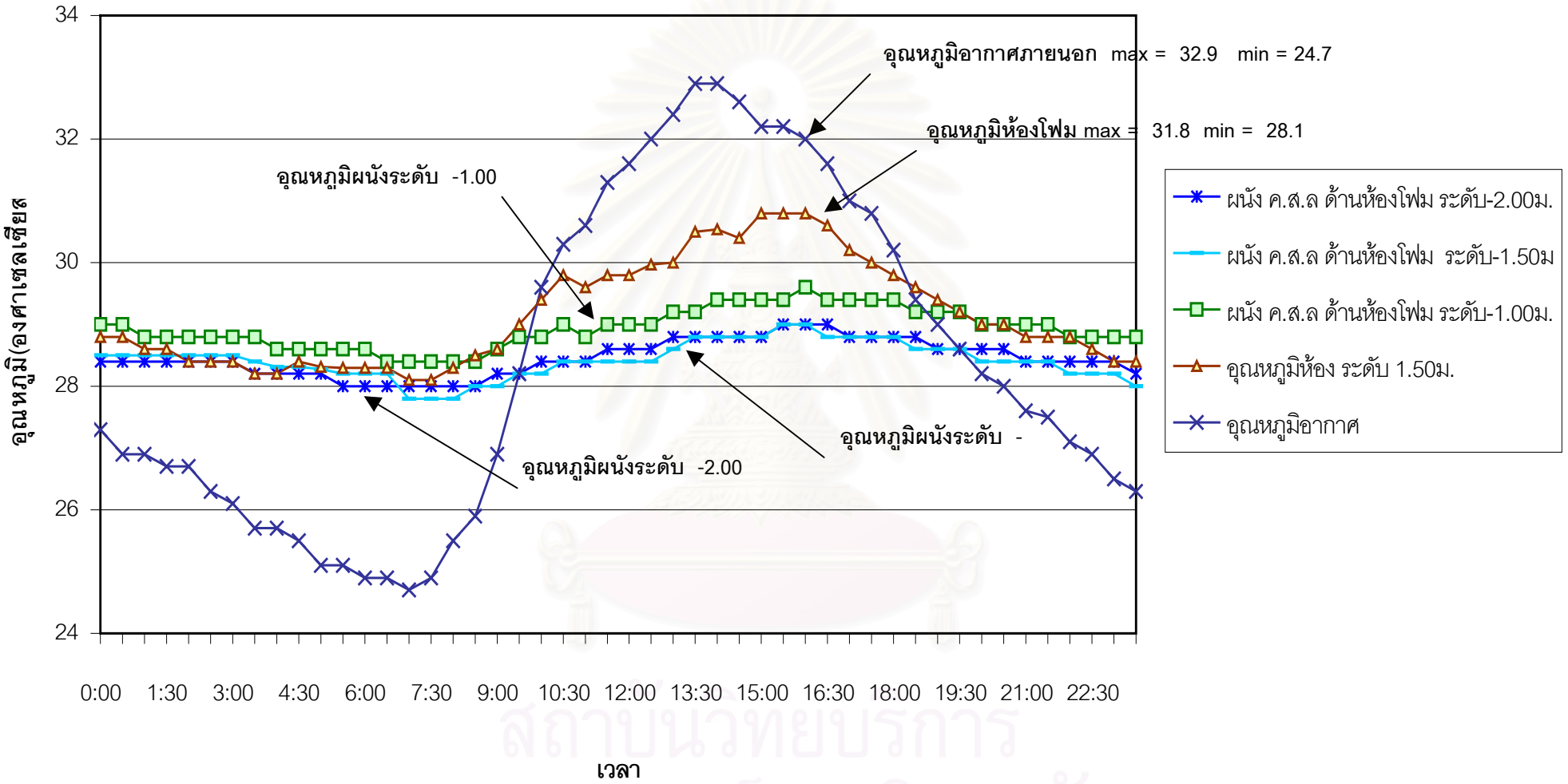


แผนภาพที่ 4.4.2 แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม เทียบกับอุณหภูมิห้องโฟม และอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่เปิดกลางแจ้ง ประกบห้องโฟม วันที่ 27 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

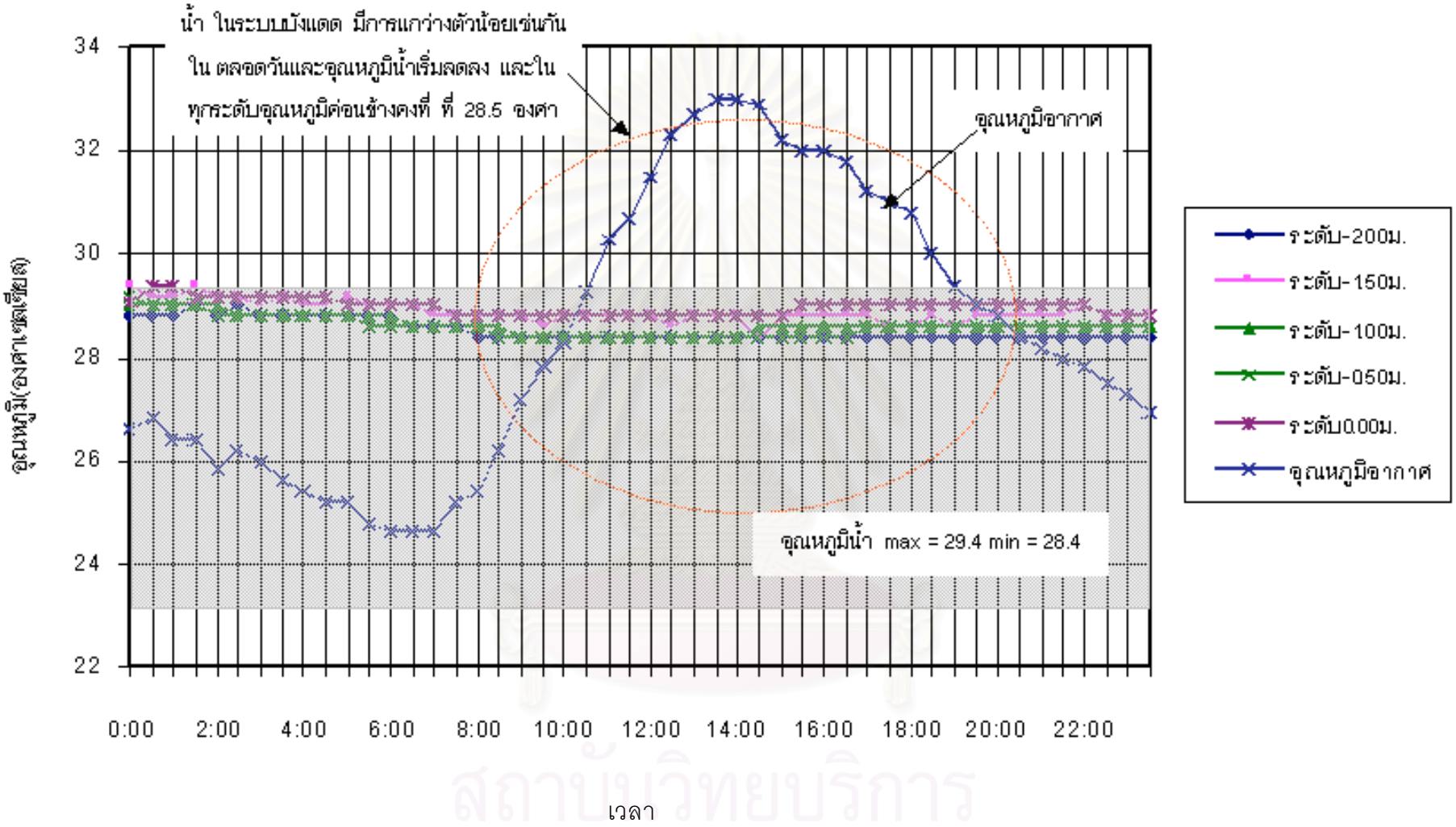


แผนภาพที่ 4.4.3 แสดงผลของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก เทียบกับอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ปิดกันการระเหย ประกบด้วยห้องโฟม วันที่ 28 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่

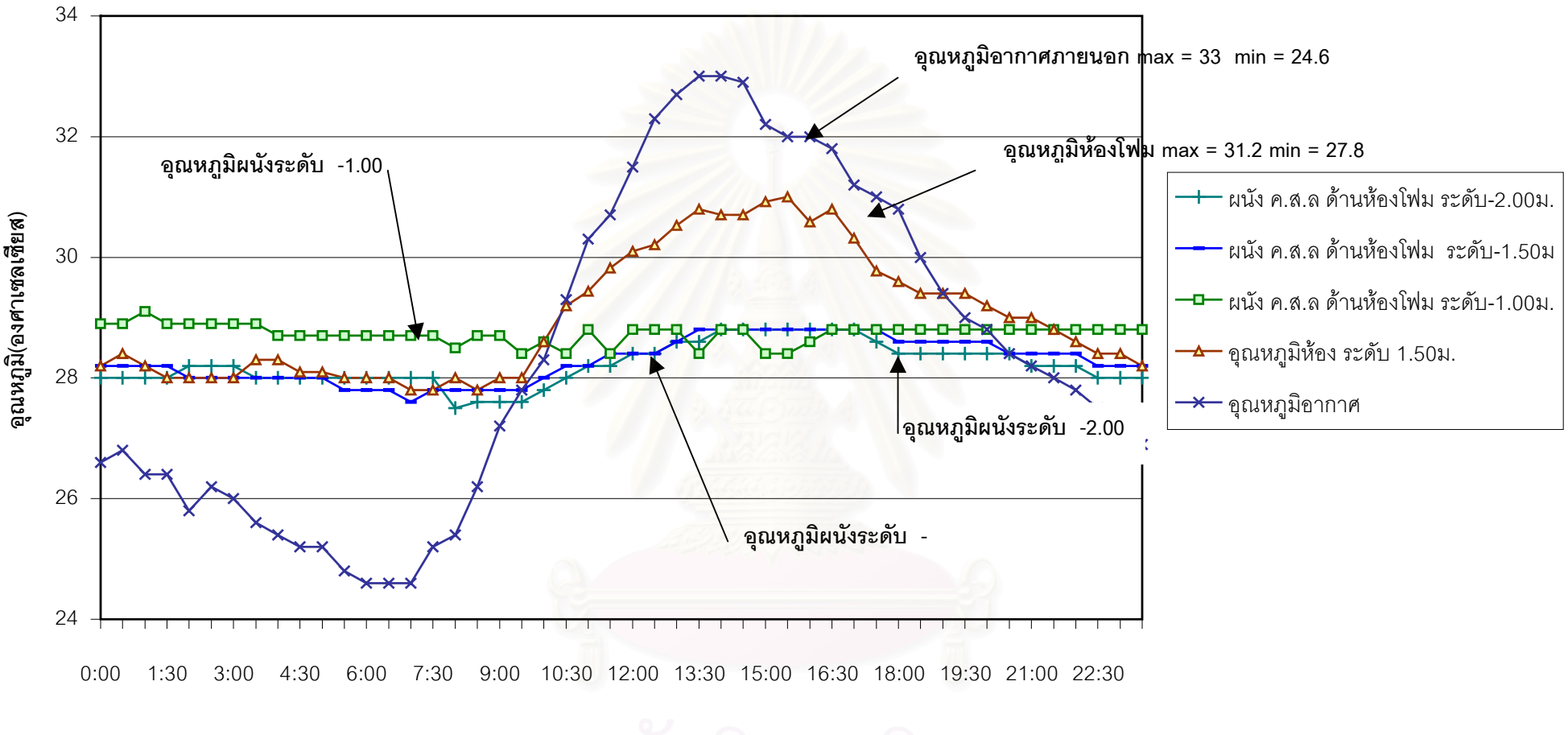


แผนภาพที่ 4.4.4 แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม เมื่อมีการสัมผัสน้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้องโฟม และอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ปิดกันการระเหยประกบห้องโฟม วันที่ 28 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

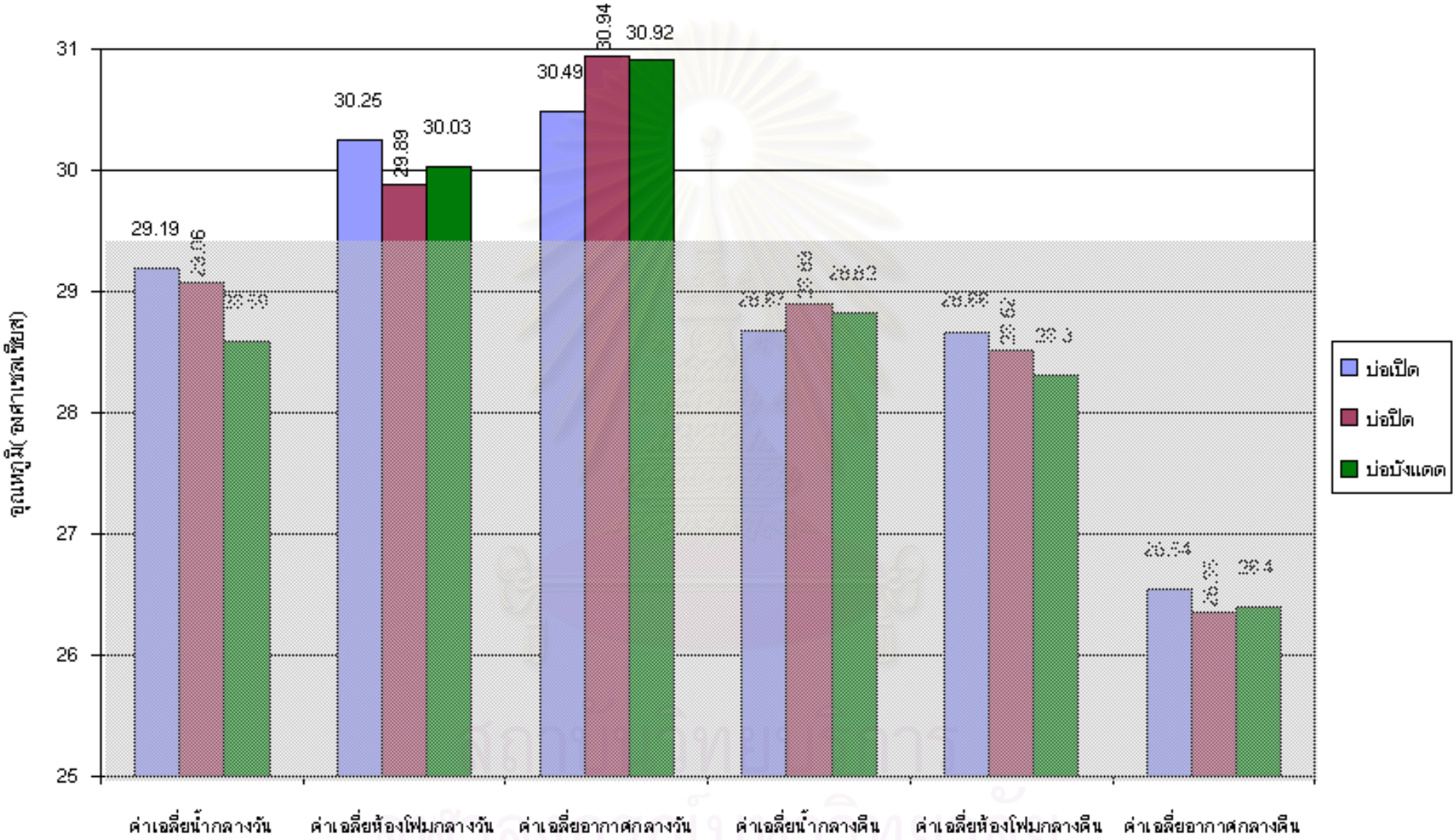


แผนภาพที่ 4.4.5 แสดงผลของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก เทียบกับอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่มีการบังแดดประกบด้วยห้องโฟม วันที่ 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่



แผนภาพที่ 4.4.6 แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟมเทียบกับอุณหภูมิห้องโฟม และอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่มีการบังแดด ประกบห้องโฟม วันที่ 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่

- การแปรผลจากแผนภาพข้างต้นให้กลายมาเป็นแผนภูมิแท่ง



แผนภาพที่ 4.4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำ : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ระบบเปิด –ปิด -บังแดด ประกบห้องโฟม แยกช่วงกลางวัน กับกลางคืน วันที่ 27 - 29 ม.ค. 2545 ศึกษากรณี : ระบบบ่อมีผลต่ออุณหภูมิห้องหรือไม่

จากแผนภาพที่ 4.4.7 ในกรณีที่เป็น อาคารที่แยกใช้งานกลางวัน กับกลางคืน เมื่อเราดูค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ เทียบกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ ใน 3 วัน และ 3 ระบบ เราสามารถสรุปผล วิเคราะห์ และได้ข้อสังเกตดังนี้

- การใช้งานแยกช่วงเวลา

บ่อระบบเปิด - ในขณะที่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อเปิดต่ำสุด แต่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำกลับมีค่าสูงสุด เพราะ บ่อเปิดได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมอย่างเต็มที่ โดยเฉพาะ รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนกันกับห้อง จึงไม่ช่วยทำให้ห้องเย็นพอ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องตอนกลางวันจึงไม่เย็นเท่าระบบอื่น แต่กลางคืน เนื่องจากบ่อสามารถคายความร้อนสู่ท้องฟ้า ได้เร็วที่สุด จึงทำให้ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยกลางคืน เย็นลง แต่ยังไม่น่าพอใจ

บ่อระบบปิด - เป็นบ่อที่มีระบบที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิห้องได้ดีที่สุด เพราะ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อปิดสูงสุด และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำเย็น เป็นอันดับ 2 รองจากบ่อบังแดด แต่เนื่องจาก อุณหภูมิน้ำบ่อปิดในทุกระดับจะมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่มาก ไม่ต่ำแต่ก็ไม่สูง เพราะถูกควบคุมการระเหย ดังนั้น เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนกันกับห้อง จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องตอนกลางวันจึงเย็นกว่าทุกระบบ ส่วนกลางคืน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อปิดก็สูงสุดเช่นกัน ดังนั้นระบบนี้ จะเหมาะแก่การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ห้องในตอนกลางคืน

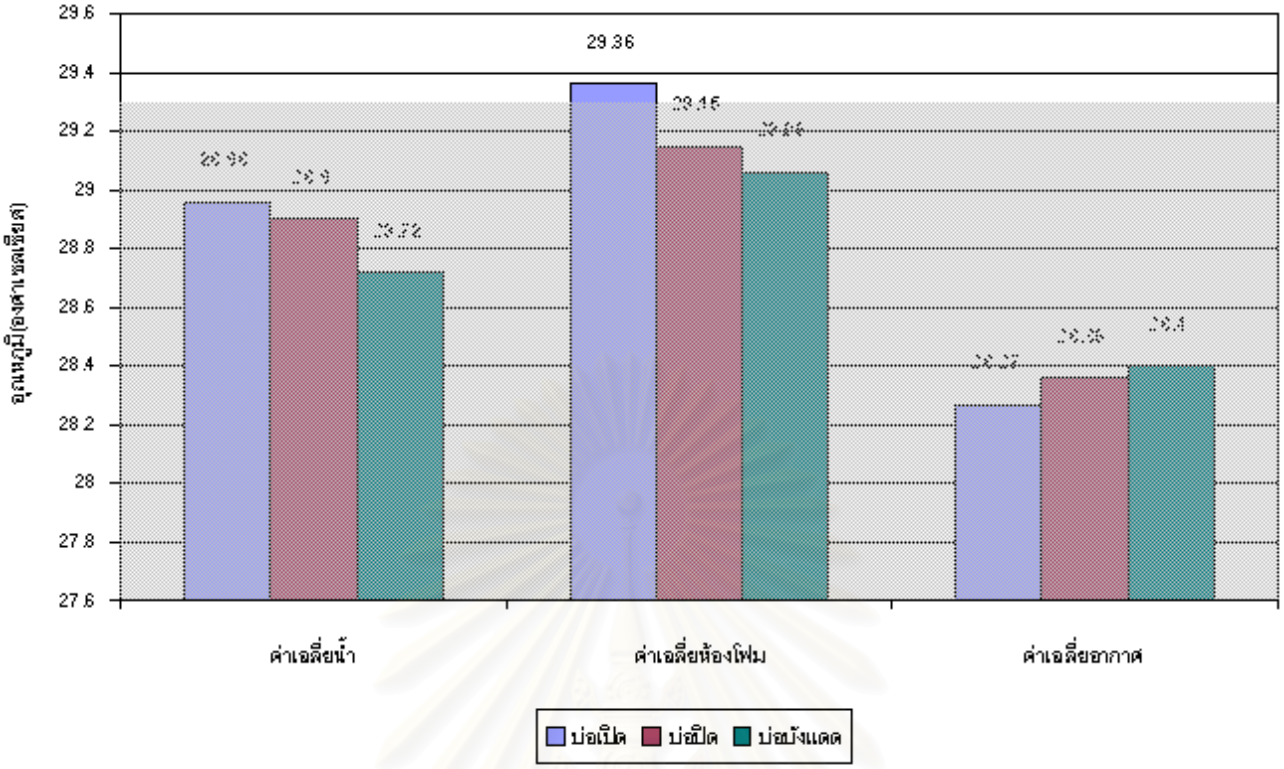
บ่อระบบบังแดด - ในขณะที่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อบังแดด สูงเป็นอันดับ 2 รองจากบ่อปิด แต่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำกลับมีค่าเย็น เป็นอันดับ 2 รองจากบ่อปิด เพราะ น้ำ ไม่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง และยังมีการระเหยได้อีกแม้ว่าสภาพแวดล้อมจะร้อน ทำให้อุณหภูมิน้ำที่ก้นบ่อซึ่งเย็นอยู่แล้ว รวมกับน้ำด้านบน ซึ่งคายความร้อนได้ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำจึงทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องลดลง ส่วนกลางคืน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อปิดจะต่ำสุด ดังนั้นระบบนี้ จะเหมาะแก่การลดอุณหภูมิให้แก่ห้องในตอนกลางคืน

สรุปผลการทดลอง หน่วยทดลองที่มีการสัมผัสบ่อน้ำ กรณีแยกช่วงเวลา

	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟมกลางคืน	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟมกลางวัน	หมายเหตุ
บ่อเปิด	-2.12	0.27	ช่วงต่างอุณหภูมิน้อย - ตอนกลางคืน * อุณหภูมิแกว่งตัวมากที่สุดในทุกระบบ โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อปิด	-2.17	1.05	ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางวัน ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางคืน
บ่อบังแดด	1.9	0.89	ช่วงต่างอุณหภูมิน้อย - ตอนกลางคืน ช่วงต่างอุณหภูมิค่อนข้างน้อย - ตอนกลางวัน

ตารางที่ 4.4.1 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานอาคาร แยกช่วงเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 4.4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำ : ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม: ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ - บ่อใหญ่ระบบเปิด –ปิด -บังแดด ประกบห้องโฟม <u>รวมตลอดวัน</u>
วันที่ 27 - 29 ม.ค. 2545

จากแผนภาพที่ 4.4.8 ในกรณีที่เป็น <u>อาคารที่ต้องใช้งานตลอดวัน</u> เมื่อเราดูค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ เทียบกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ ในเวลา 3 วัน และ 3 ระบบ เราสามารถสรุปผล วิเคราะห์ และได้ข้อสังเกตดังนี้

4. สรุปผลการทดลอง หน่วยทดลองที่มีการสัมผัสบ่อน้ำ กรณี.ใช้งานตลอดเวลา

	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำตลอดวัน	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม ตลอดวัน	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศตลอดวัน	ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องโฟม ตลอดวัน	หมายเหตุ
บ่อเปิด	28.9	29.36	28.27	1.09	* อุณหภูมิแกว่งตัวมากกว่าทุกระบบ
บ่อปิด	28.96	29.15	28.36	0.79	อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยจะมีช่วงต่างอุณหภูมิมากในช่วงกลางวัน
บ่อบังแดด	28.72	29.06	28.4	0.66	อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยจะมีช่วงต่างอุณหภูมิน้อยในช่วงกลางคืน

ตารางที่ 4.4.2 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานตลอดเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- <u>การใช้งานตลอดเวลา</u>

จากผลของผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยหน่วยทดลอง กรณีการใช้งานห้องตลอดวัน ผลสรุปเราจะพบว่า การใช้งานมีแนวโน้ม ที่จะใช้ระบบบ่อบังแดดสัมผัสห้องโฟมมากที่สุด เพราะเนื่องจากการแบ่งช่วงเวลา กลางคืน (19.30 - 0.00 น. และ 0.00 น. – 8.30 น.) มากกว่ากลางวัน (9.00 น. – 19.00 น.) ดังนั้น ในการลดอุณหภูมิห้อง ครั้งนี้ ควรใช้ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ย ที่ต่ำที่สุด เพื่อแสดงถึงการมีประสิทธิภาพที่ดี ในการลดอุณหภูมิห้องตลอดวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่ 5 การทดสอบกับอาคารจริง ห้องดูปลาประกบบ่อปลา
วันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 กรณีบ่อเปล่า
วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 กรณีบ่อใส่น้ำ

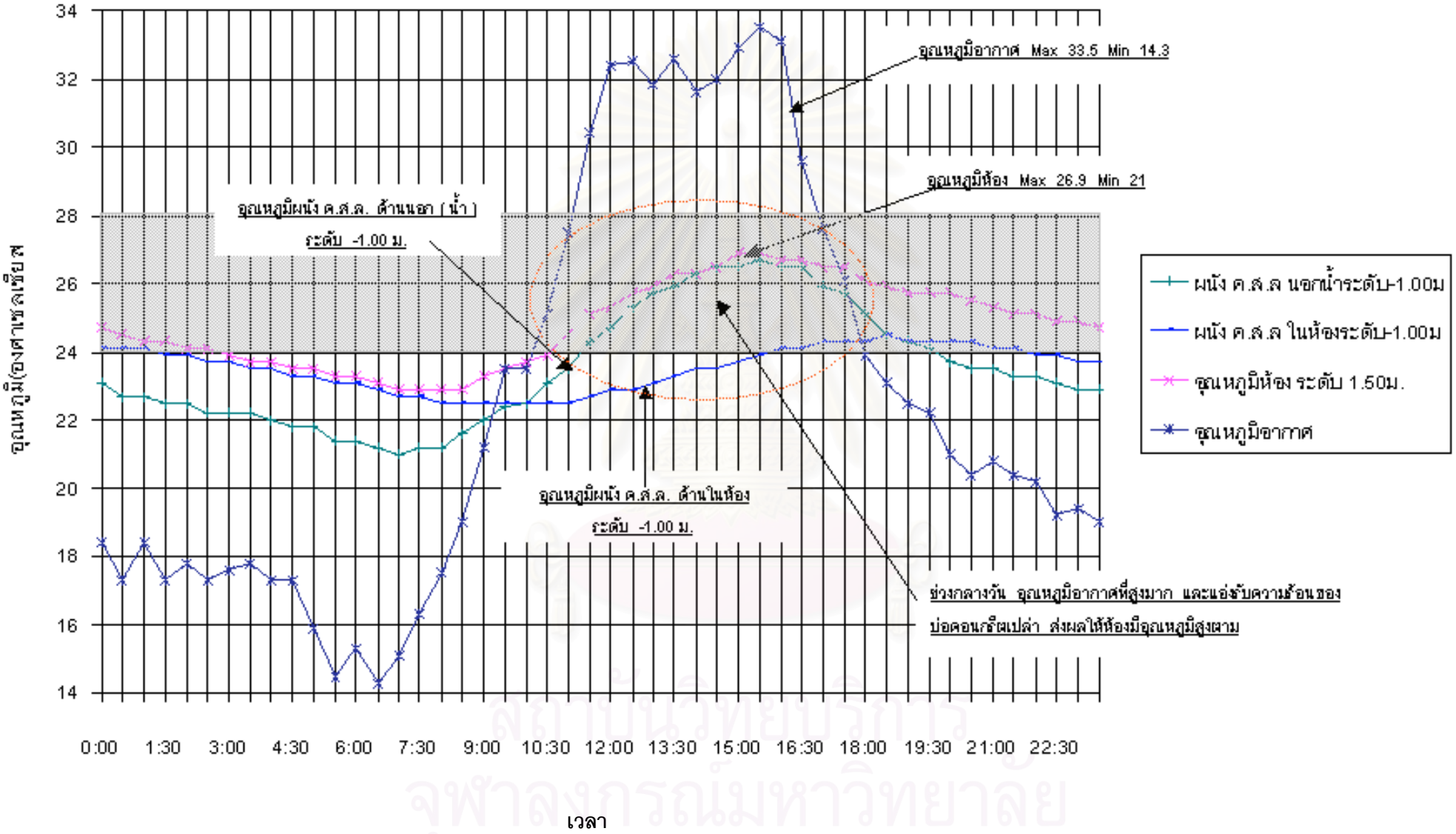
การทดลองชุดนี้ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพน้ำ จากการทดลองในชุดที่ผ่านมา โดยเป็นการนำผล พฤติกรรม และข้อสังเกตที่น่าสนใจจากการทดลองต่างๆ มาทดสอบกับอาคารที่มีผนังสัมผัสบ่อน้ำจริง เพื่อดูผลประสิทธิภาพการทำความเย็น – อุ่นของน้ำเท่านั้น ไม่สามารถนำไปสรุปรวมกับการทดลองชุดก่อนๆได้ทุกกรณี เพราะเป็นการทดลองต่างสภาพอากาศกัน โดยการทดลองชุดกรณีศึกษานี้ จะแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การทดสอบห้องกับบ่อปลาเปล่า เพื่อแทน การทดสอบกับอากาศ
2. การทดสอบกับบ่อปลาใส่น้ำ เพื่อแทน การทดสอบอาคารกับผนังสัมผัสน้ำ

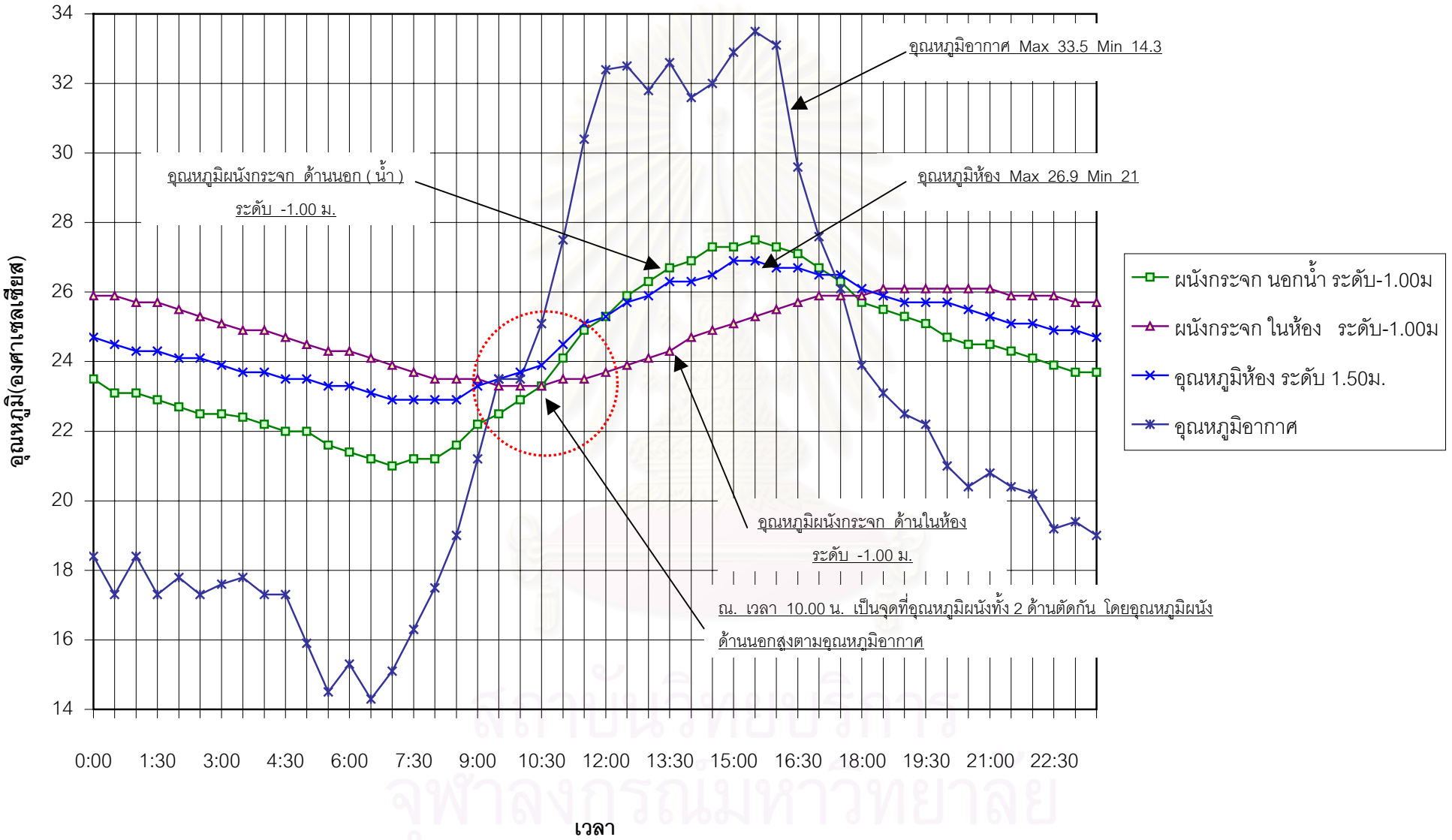
โดยข้อจำกัดของการทดลองนี้ คือ

1. บ่อที่ใช้เป็นบ่อเปิด - น้ำนิ่ง
2. การทดลอง เป็นการทดสอบกันคนละวัน ผลการทดลองไม่สามารถสรุปได้ทันที ต้องนำมาวิเคราะห์ แล้วหาค่าเฉลี่ย และผลต่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเสียก่อน
3. สภาพอากาศเชียงราย เป็นอากาศของจังหวัดในภาคเหนือ ซึ่งอยู่ในเขตหนาว มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่ากรุงเทพฯ ซึ่งเป็นภาคกลาง

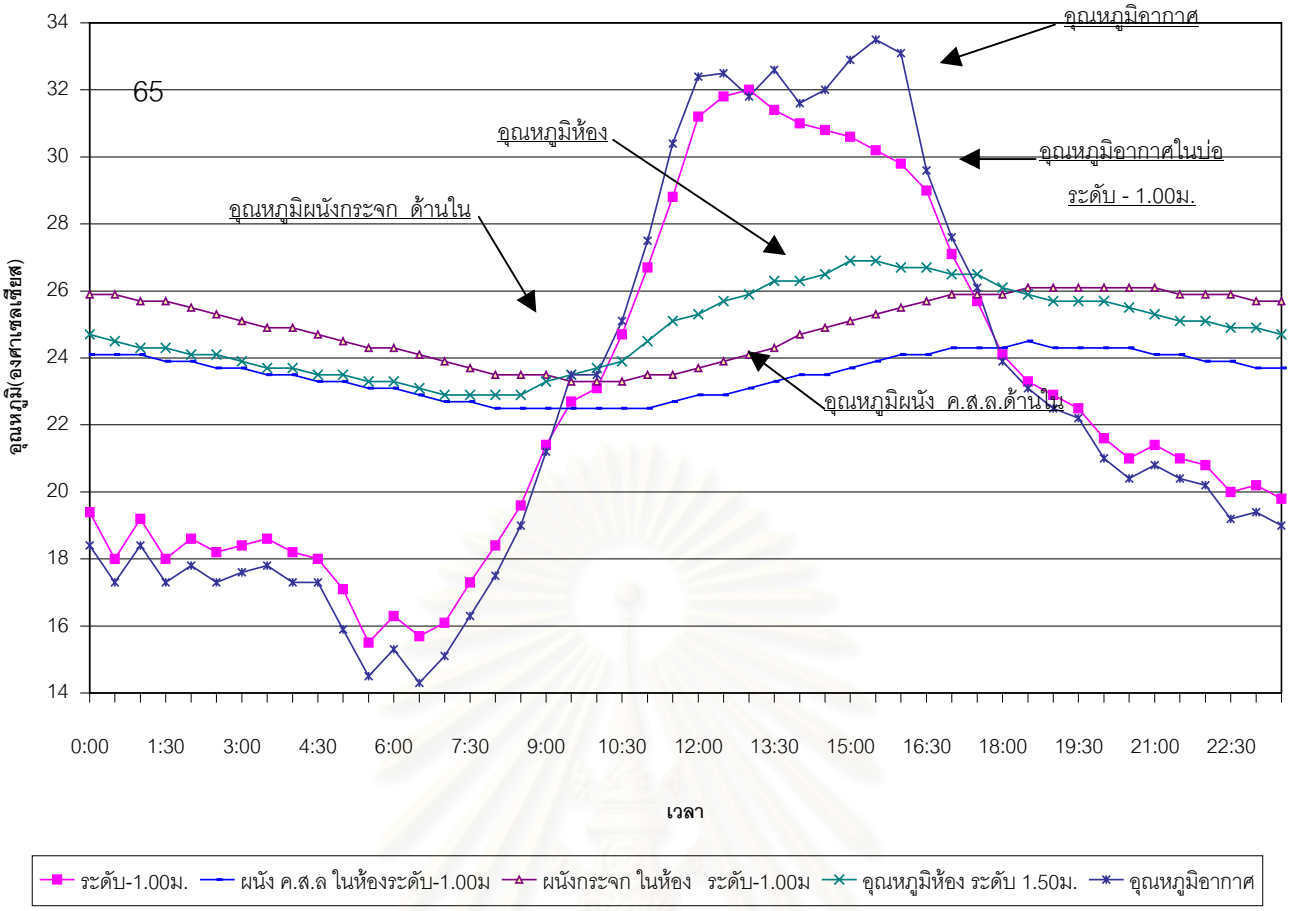
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



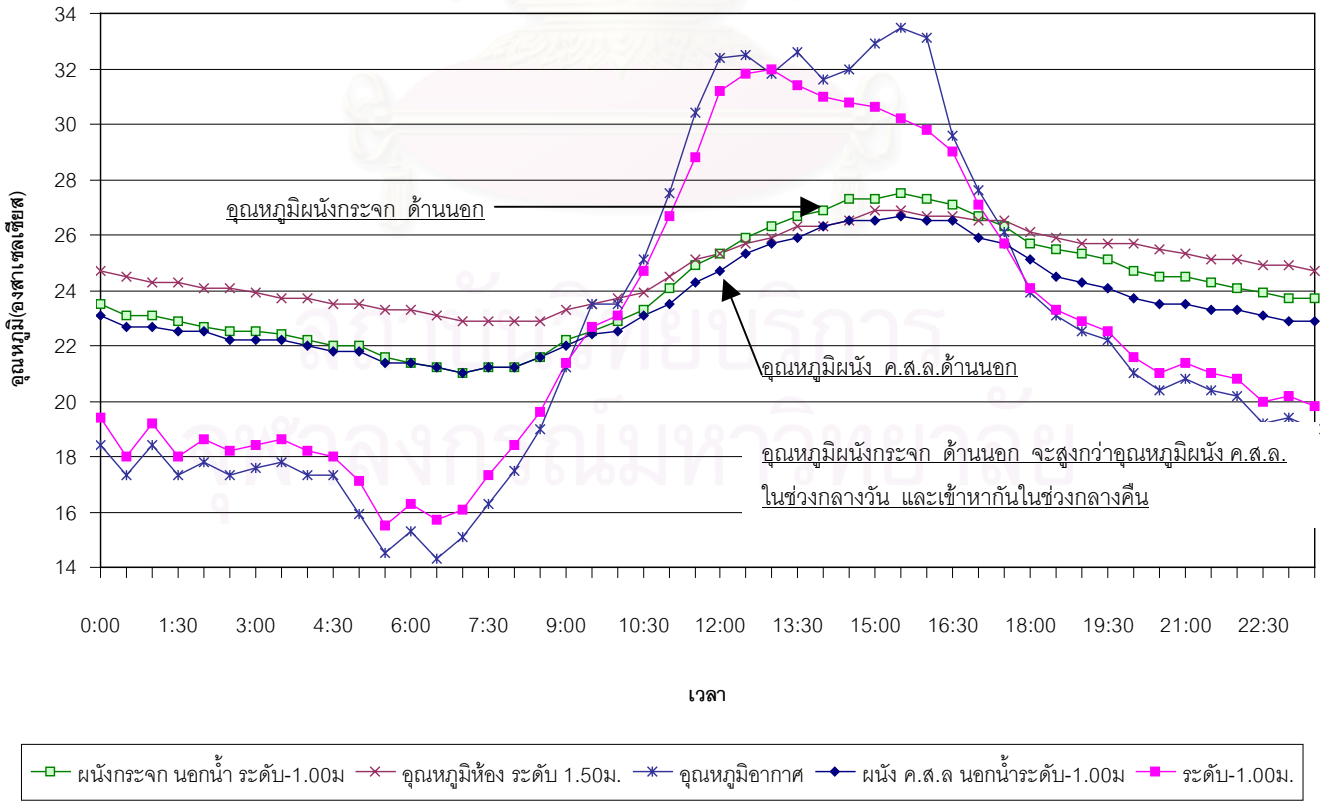
แผนภาพที่ 4.5.1 ผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศวันที่ 11 ก.พ. 2545



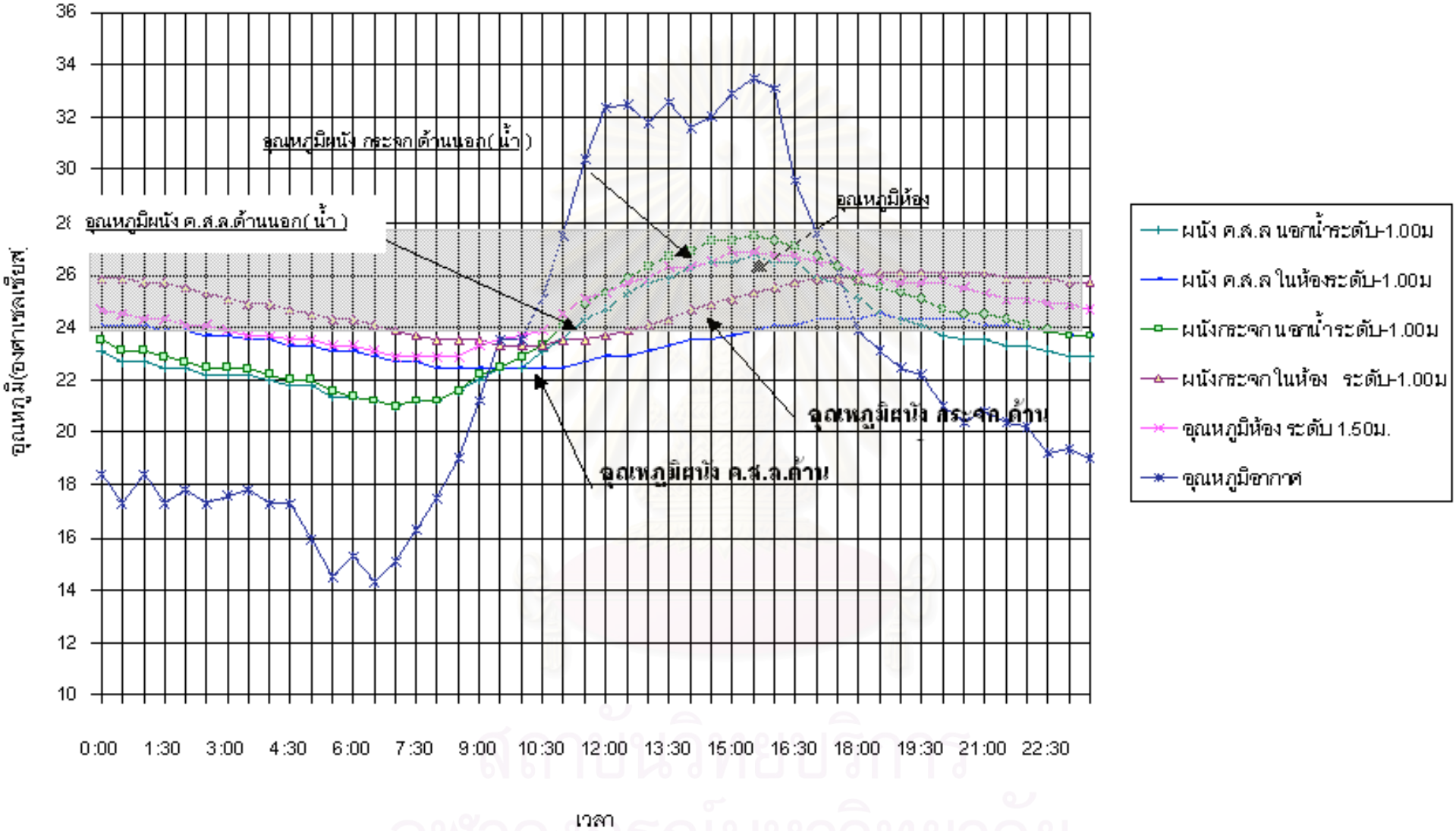
แผนภาพที่ 4.5.2 ผลของอุณหภูมิผนัง กระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศวันที่ 11 ก.พ. 2545



แผนภาพที่ 4.5.3 แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านใน ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545



แผนภาพที่ 4.5.4 ผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านนอก ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิอากาศในบ่อ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545



แผนภาพที่ 4.5.5 ผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อเปล่า เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 11 ก.พ. 2545

- วันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 กรณีบ่อเปล่า

จากแผนภาพที่ 4.5.1 – 4.5.2 สามารถวิเคราะห์ และสรุปได้ดังนี้

ในเวลากลางคืน

- อุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านนอก (ด้านบ่อ) ระดับ -1.00 ม. ต่ำกว่าอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. ด้านในห้อง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งต่ำ และไม่มีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ผิวผนังด้านนอกจึงเย็นกว่าผิวผนังภายในห้อง ที่สะสมความร้อนไว้ในระหว่างวัน (Time Lag)
- อุณหภูมิผนังกระจกด้านนอก (ด้านบ่อ) ระดับ -1.00 ม. ต่ำกว่าอุณหภูมิผนังกระจกด้านใน (ในห้อง) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศภายนอกเช่นกัน
- ช่วงกลางคืน อุณหภูมิอากาศที่ต่ำมากถึง 14.3 องศาเซลเซียส ได้ดึงความร้อนภายในห้องที่สะสมจากตอนกลางวันออกไป จนอุณหภูมิห้องต่ำมาก ถึง 21 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิผนังต่างๆภายในห้องเฉลี่ยแล้ว ก็จะอยู่ต่ำกว่าเขตสบาย (Comfort zone)

ในเวลากลางวัน

- อุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านนอก จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ช่วงเช้า เนื่องจากรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ แต่อุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. ด้านในจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย โดยช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะค่อนไปเป็นช่วงบ่าย ดังนั้นจึงมีความต่างระหว่างกันของอุณหภูมิมาก และอุณหภูมิก็จะค่อยๆสวนทางกลับกันอีกเมื่อถึงกลางคืน
- อุณหภูมิผนังกระจกด้านนอก ก็มีพฤติกรรมเช่นเดียวกัน แต่ผลต่างในระหว่างวันจะน้อยกว่า
- ช่วงกลางวัน อุณหภูมิอากาศที่สูงมาก ถึง 33.5 องศาเซลเซียส และการเป็นแอ่งรับความร้อนของบ่อคอนกรีตเปล่า ส่งผลให้ห้องมีอุณหภูมิสูงตาม แต่อย่างไรก็ตามก็ยังอยู่ในเขตสบาย (Comfort zone)

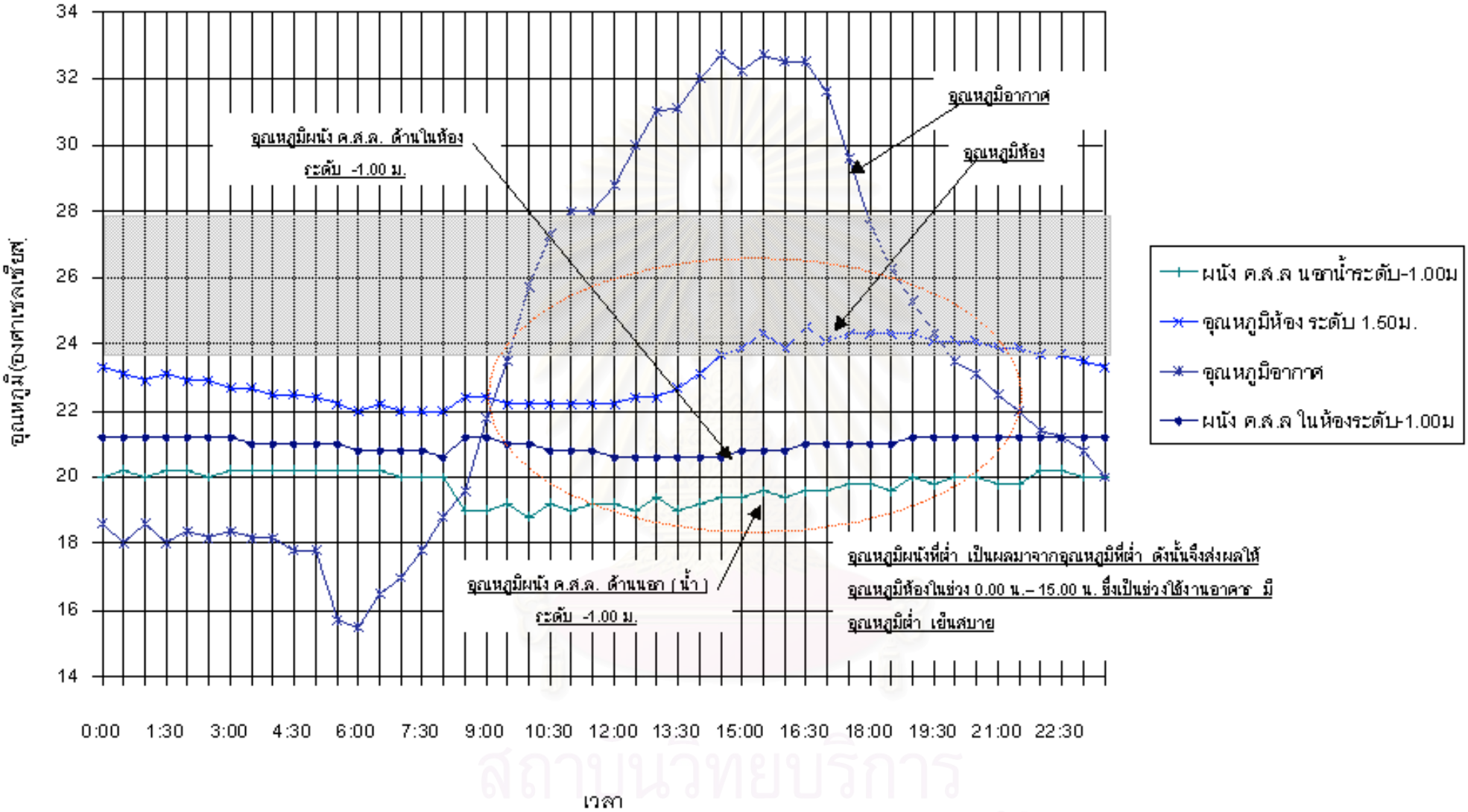
จากแผนภาพที่ 4.5.3 – 4.5.5 สามารถวิเคราะห์ และสรุปได้ดังนี้

- อุณหภูมิผนังกระจกด้านนอก จะสูงกว่าอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านนอก เล็กน้อย ซึ่งอุณหภูมิผนังกระจกด้านใน จะสูงกว่าอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านในเช่นกัน โดยสูงกว่าตลอดเวลา ที่เป็นเช่นนี้เพราะ ผนังกระจกนี้ เป็นกระจกใส หนา 12 ม.ม. มีฟิล์มตรงกลาง และมีความหนาแน่นของมวล ที่มากกว่าคอนกรีต และมีความร้อนสะสมภายในห้องด้วย
- ในช่วงกลางคืน ผนังด้านในของทั้ง 2 ชนิด ก็มีอุณหภูมิสูงกว่า ผนังด้านนอก แต่ก็จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในช่วงกลางวัน ตั้งแต่ 9.00 น. เป็นต้นไป ซึ่งผลอุณหภูมิที่เกิดนี้ จะมีผลจาก

อุณหภูมิอากาศที่ต่ำมาก ในตอนกลางคืน เมื่อผนังมีการถ่ายเทความร้อนออกไป จนเย็นได้ที่ในช่วงใกล้รุ่ง จน 8.30 น. จึงเริ่มมีอุณหภูมิสูง

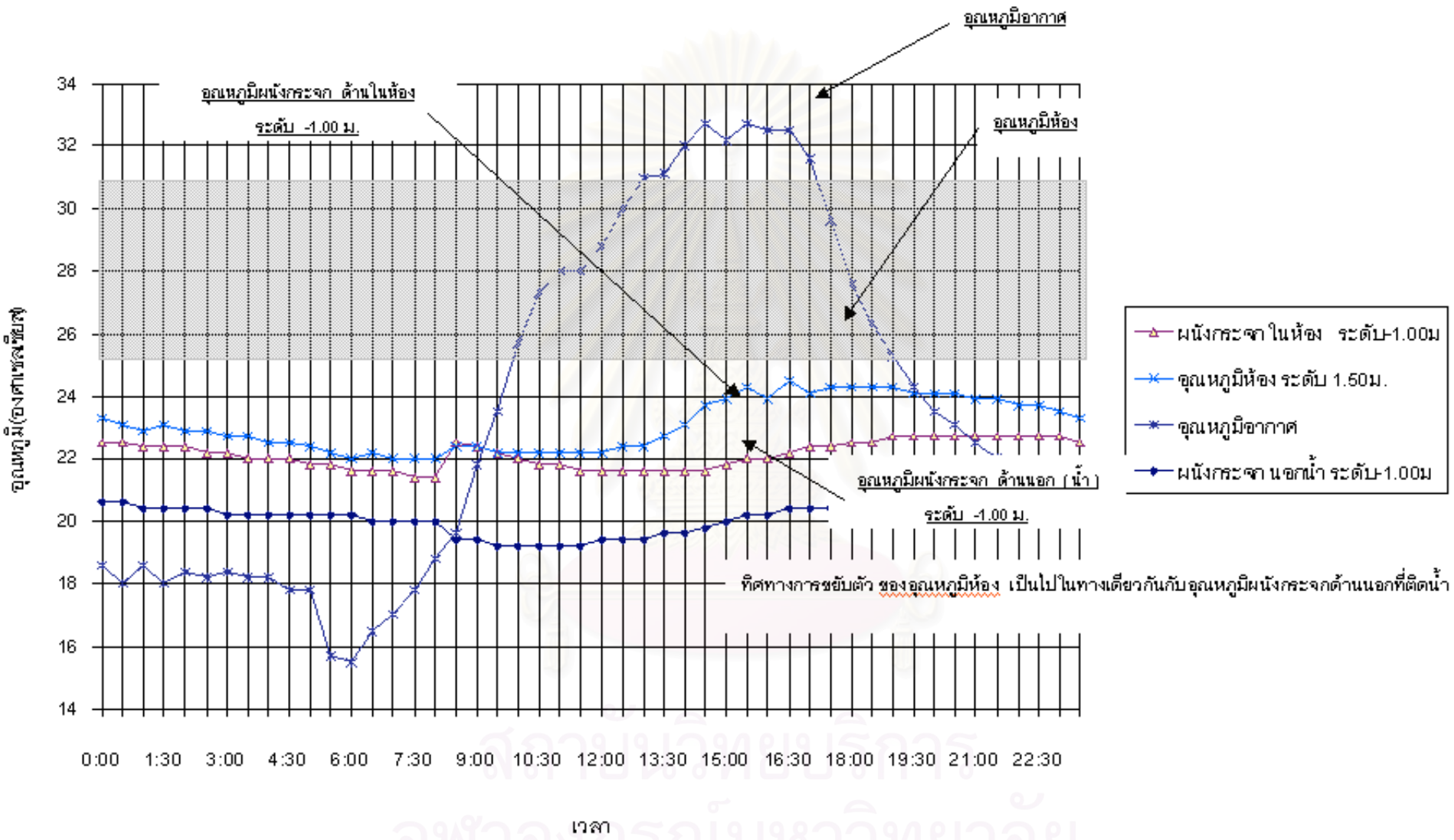
- อุณหภูมิห้อง ใกล้กับอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านในมาก ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศต่ำมาก และเริ่มสูงขึ้นเมื่อ อุณหภูมิอากาศเริ่มสูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

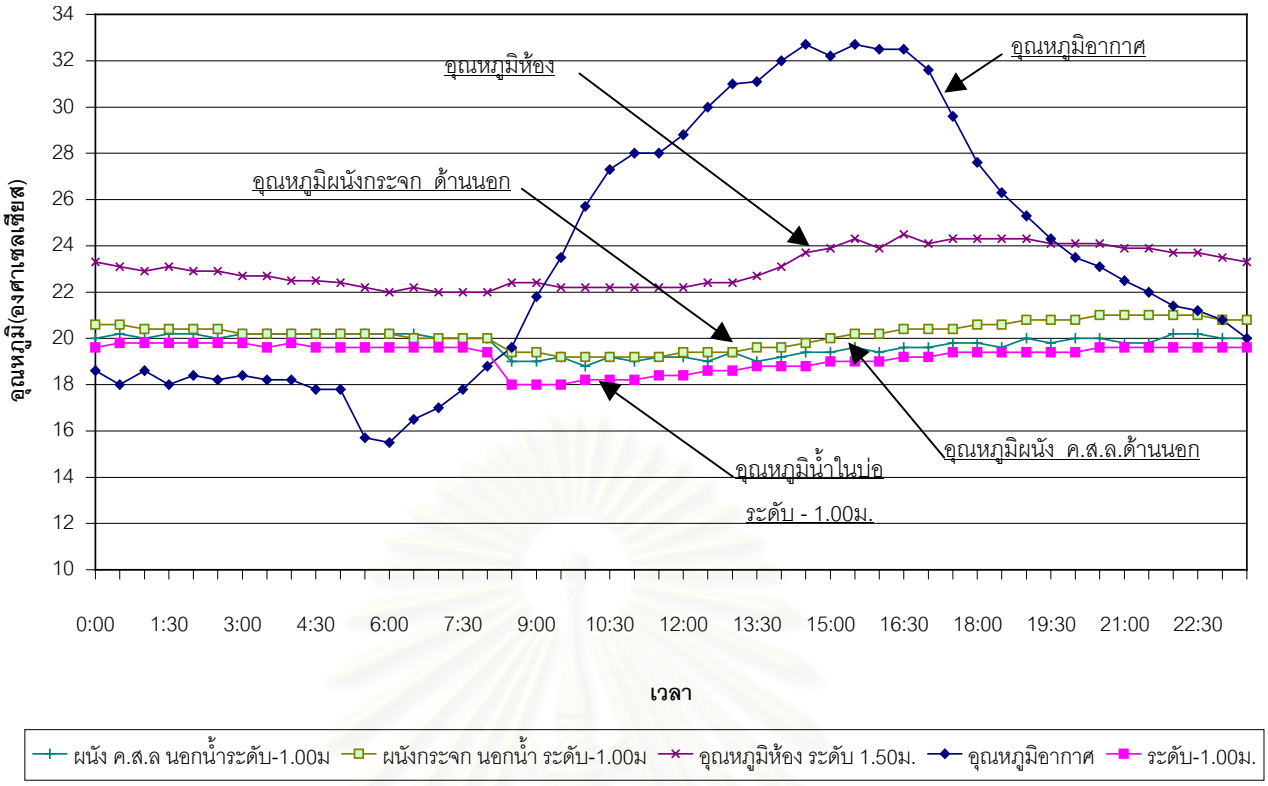


แผนภาพที่ 4.5.6 แสดงผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ ที่ระดับเท่ากัน วันที่ 12 ก.พ. 2545

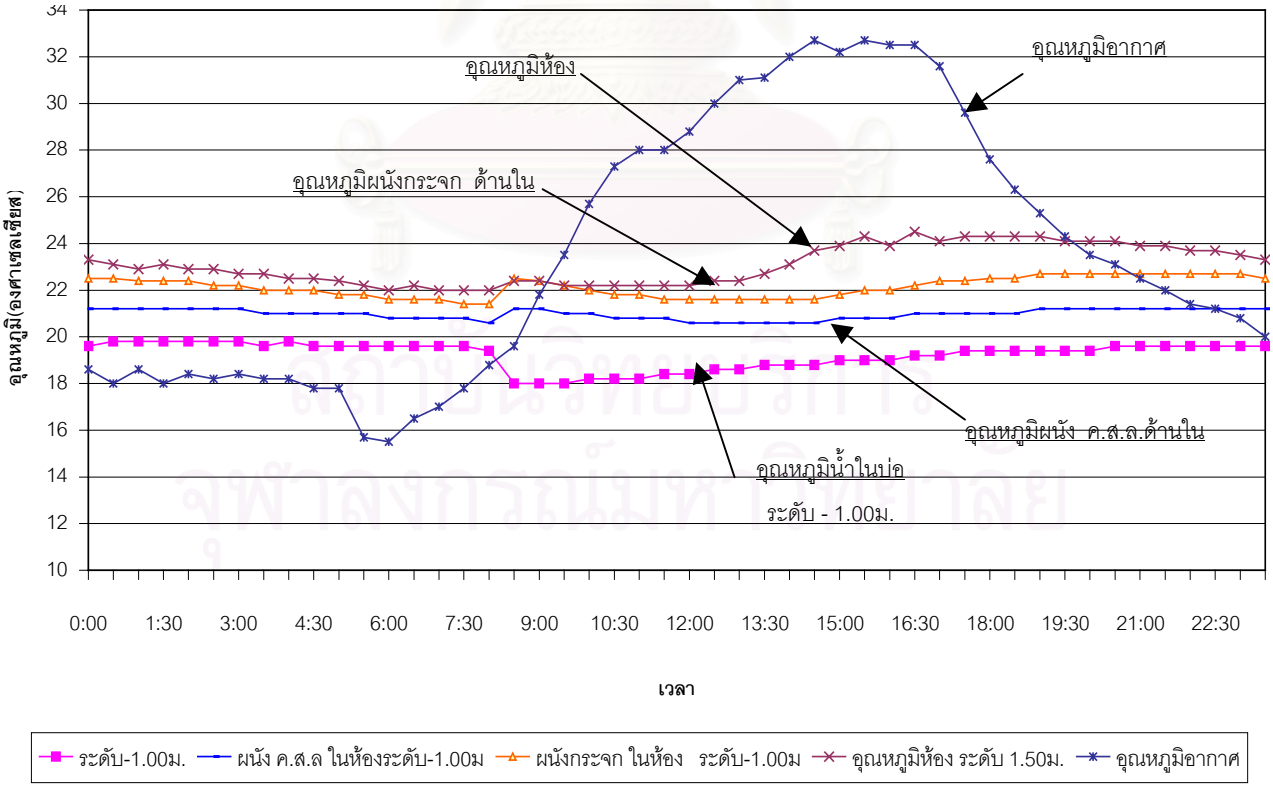
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



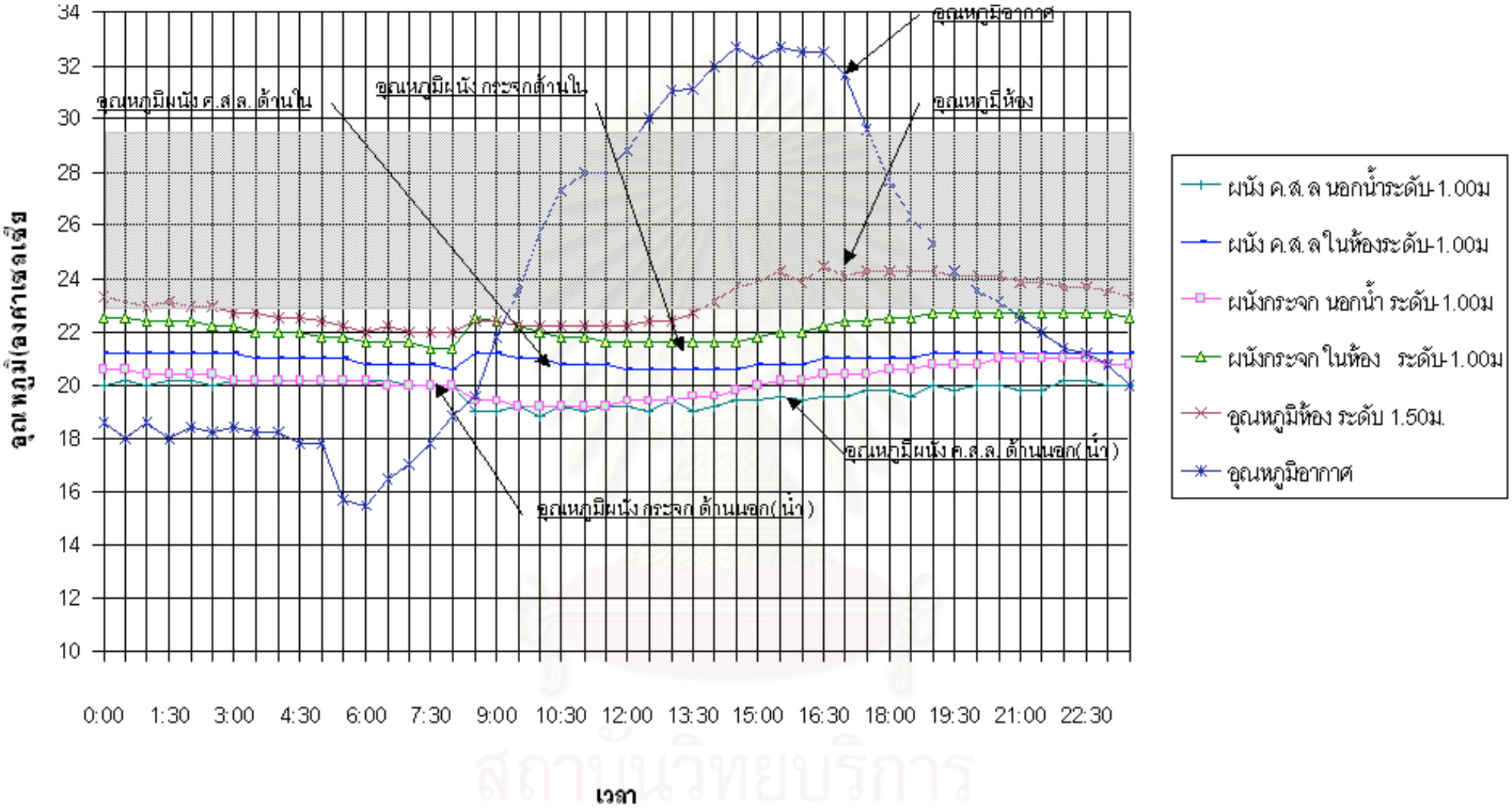
แผนภาพที่ 4.5.7 ผลของอุณหภูมิผนังกระจกทั้ง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ ที่ระดับเท่ากัน วันที่ 12 ก.พ. 2545



แผนภาพที่ 4.5.8 ผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านนอก ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 12 ก.พ. 2545



แผนภาพที่ 4.5.9 ผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกด้านใน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่น้ำ เทียบกับอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ วันที่ 12 ก.พ. 2545



แผนภาพที 4.5.10 ผลของอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และผนังกระจกทัง 2 ด้าน ของห้องดูปลาประกบบ่อใส่นำ เทียบกับอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิอากาศ
วันที่ 12 ก.พ. 2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 กรณีบ่อใส่น้ำ

จากแผนภาพที่ 4.5.6 – 4.5.7 สามารถสรุปได้ดังนี้

ในเวลากลางคืน

- อุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. ด้านนอก (ด้านบ่อ) ระดับ –1.00 ม. ต่ำกว่าอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. ด้านใน (ในห้อง) เนื่องจากได้รับอิทธิพลทั้งจากอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งต่ำ อุณหภูมิน้ำในบ่อ และไม่มีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ผิวผนังจึงเย็นกว่าผิวผนังภายในห้อง ที่สะสมความร้อนไว้ในระหว่างวัน (Time Lag)
- อุณหภูมิผนังกระจก ด้านนอก (ด้านบ่อ) ระดับ –1.00 ม. ต่ำกว่าอุณหภูมิผนังกระจกด้านใน (ในห้อง) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิน้ำในบ่อ เช่นกัน
- แม้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แต่อุณหภูมิผนังทั้ง 2 และอุณหภูมิห้องก็ยังอยู่ต่ำกว่าเขตสบาย (Comfort zone) และยังทำให้ห้องยังอยู่ในเขตสบาย

ในเวลากลางวัน

- ตั้งแต่เวลา 8.00 น. เป็นต้นไป อุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และอุณหภูมิผนังกระจก ด้านนอก เริ่มลดต่ำลง เป็นผลจากกลางคืน น้ำ มีการคายความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า จนเหลืออุณหภูมิน้ำที่เย็น จึงส่งผลให้อุณหภูมิผิวผนัง ค.ส.ล. ด้านนอก ลดต่ำลงด้วย ในขณะที่อุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และอุณหภูมิผนังกระจก ด้านใน กลับสูงขึ้นเล็กน้อย เพราะ ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวัน ซึ่งสูงกว่ามาก แต่เนื่องจากอุณหภูมิน้ำที่ต่ำลง ทำให้ช่วยดึงให้อุณหภูมิผนังด้านในสูงขึ้นเล็กน้อย และส่งให้อุณหภูมิห้องเย็นสบายในช่วงกลางวัน แม้ว่าอุณหภูมิอากาศจะสูง แต่ยังทำให้ห้องยังอยู่ในเขตสบาย (Comfort zone)

จากแผนภาพที่ 4.5.8 – 4.5.10 สามารถสรุปได้ดังนี้

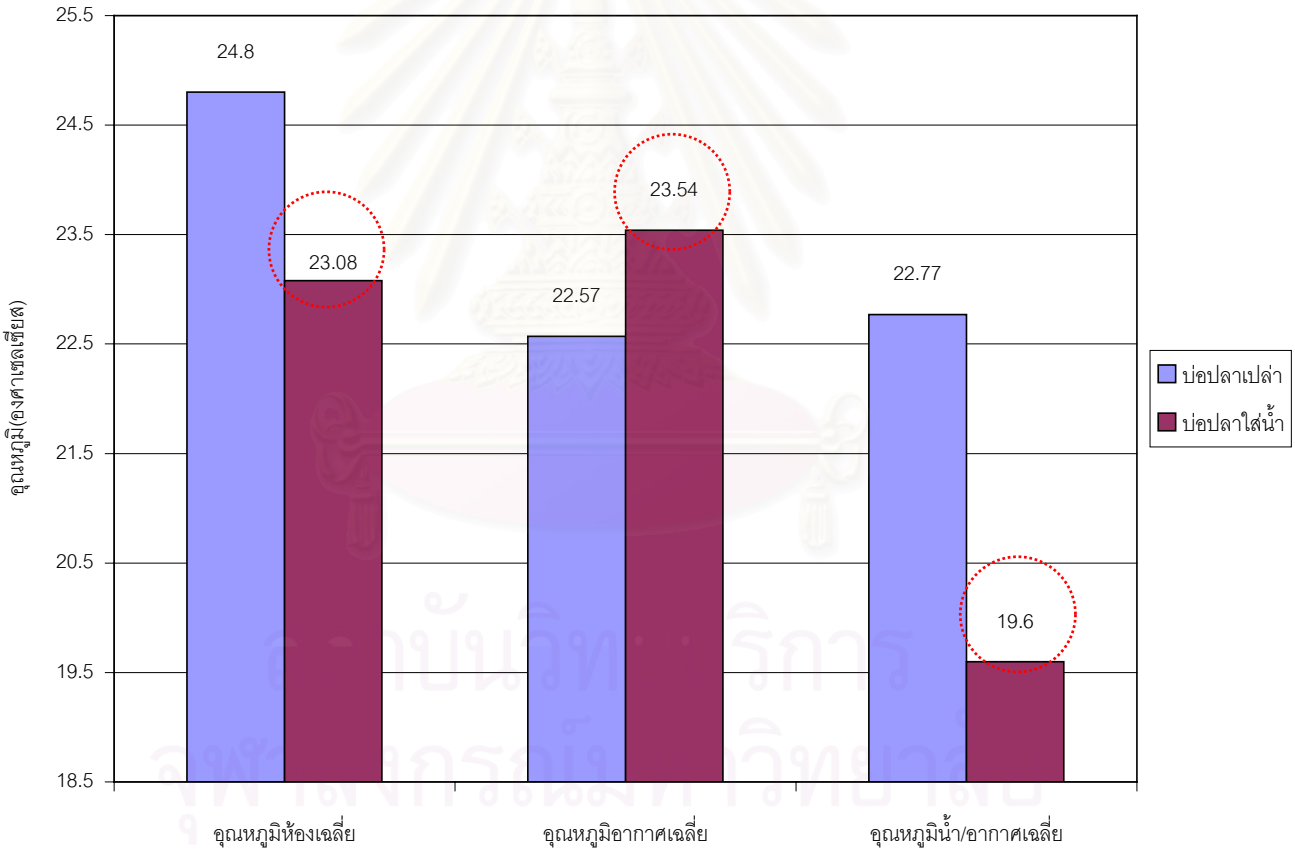
- อุณหภูมิผนังกระจกด้านนอก จะสูงกว่าอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านนอก น้อยมากจนใกล้เข้าก็มีอุณหภูมิเท่ากัน และอุณหภูมิใกล้อุณหภูมิน้ำที่ระดับเดียวกันมาก และในช่วงตั้งแต่ เวลา 8.00 น. เป็นต้นไป พฤติกรรมของอุณหภูมิผนังต่างพากันลดลงตามอุณหภูมิน้ำ และสูงขึ้นในช่วงบ่ายตามอุณหภูมิน้ำเช่นกัน
- อุณหภูมิผนังกระจกด้านใน จะสูงกว่าอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล.ด้านในเช่นกัน แต่มีความต่างของอุณหภูมิประมาณ 1.3 องศาเซลเซียส เนื่องจากผนัง กระจก (กระจกใส หนา 12 ม.ม. มีฟิล์มตรงกลาง) มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (U) ที่สูงกว่าคอนกรีต และมีความร้อนสะสมภายในห้องด้วย

- ในช่วงกลางคืน ผนังด้านในของทั้ง 2 ชนิด ก็มีอุณหภูมิสูงกว่า ผนังด้านนอก เนื่องจากอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิน้ำที่อุ่นกว่า แต่ก็จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในช่วงกลางวัน ตั้งแต่ 8.00 น. เป็นต้นไป เพราะมีผลจากอุณหภูมิอากาศที่ต่ำมาก และอุณหภูมิน้ำก็คายความร้อนไปตลอดดังที่กล่าวไว้ข้างต้นในตอนกลางคืน เมื่อผนังมีการถ่ายเทความร้อนออกไป จนเย็นได้ที่ในช่วงใกล้รุ่ง จน 8.30 น. จึงเริ่มมีอุณหภูมิสูง
- อุณหภูมิห้อง ใกล้กับอุณหภูมิผนัง ค.ส.ล. และอุณหภูมิผนังกระจกด้านในมาก ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศต่ำมาก และเริ่มสูงขึ้นเมื่อ อุณหภูมิอากาศเริ่มสูงขึ้น แต่ก็ต่ำกว่าเขตสบายไปจนถึงประมาณ 15.30 น. จึงเขตสบาย

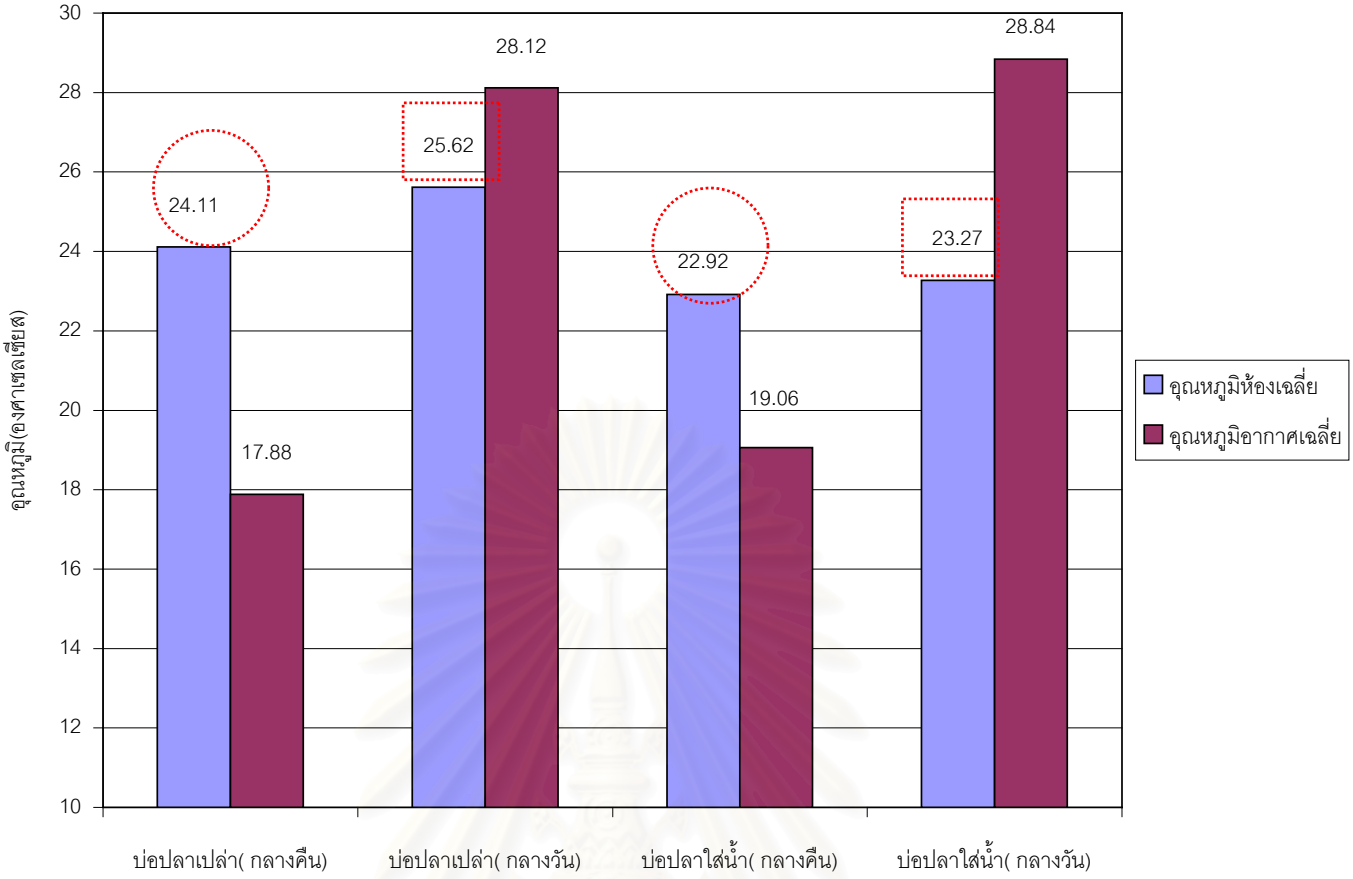
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ในแต่ละกรณีของกรณีศึกษา ขั้นต่อมาเราจะนำผลแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบกัน เพื่อยืนยันผลประสิทธิภาพน้ำ กับอากาศ โดยทำการวิเคราะห์ 3 ระดับ คือ

1. หาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแต่ละวัน และอุณหภูมิน้ำ ตลอดวัน แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน
2. หาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแต่ละวัน และอุณหภูมิน้ำ แยกกลางวัน - กลางคืน แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน
3. หาผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิห้องตลอดวัน กับอุณหภูมิอากาศตลอดวัน เทียบระหว่างบ่อปลาเปล่า กับบ่อปลาใส่น้ำ แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน



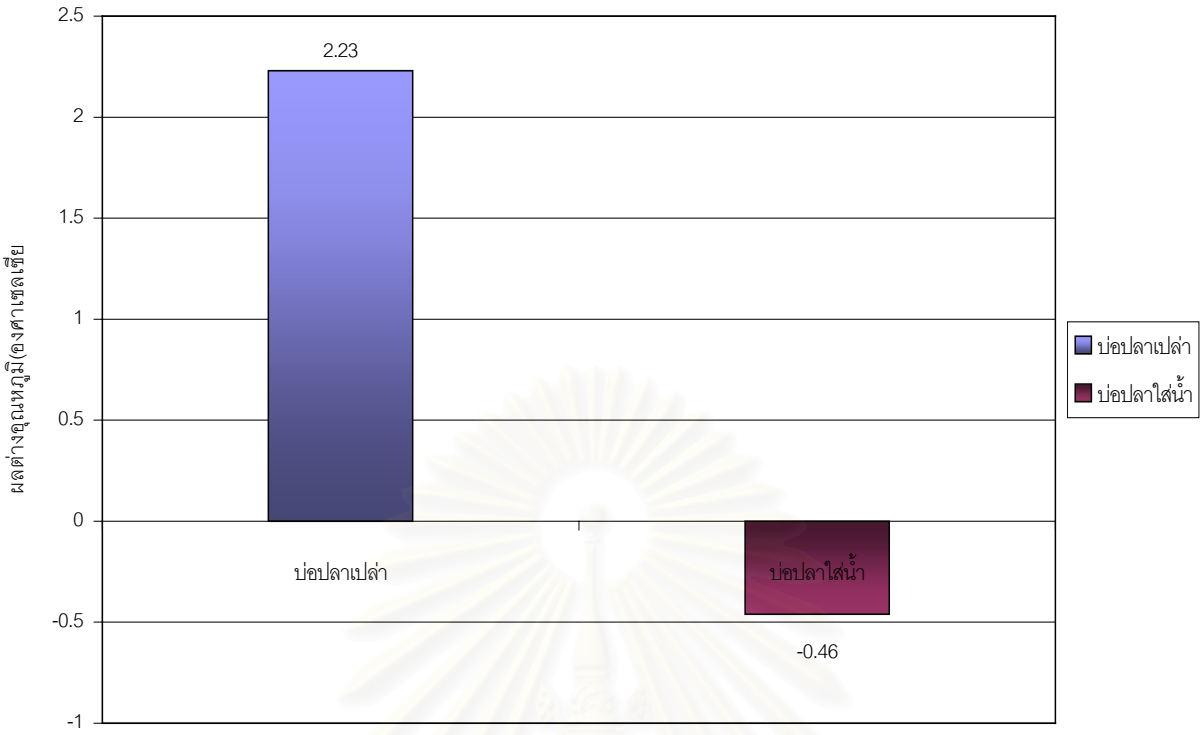
แผนภาพที่ 4.5.11 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแต่ละวัน และอุณหภูมิน้ำตลอดวัน วันที่ 11 –12 ก.พ. 2545 : กรณี ศึกษา - บ่อปลาเปล่า และบ่อปลาใส่น้ำ ประกบห้องดูปลา



แผนภาพที่ 4.5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแต่ละวัน และอุณหภูมิน้ำแยกกลางวัน – กลางคืน วันที่ 11 –12 ก.พ. 2545 : กรณี ศึกษา - บ่อปลาเปล่า และบ่อปลาใส่น้ำ ประกบห้องดูปลา

จากกราฟที่ 4.5.11 เราจะเห็นว่า ในขณะที่อุณหภูมิอากาศวันใส่น้ำ มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศวันบ่อเปล่า แต่อุณหภูมิน้ำที่เย็นกว่าอุณหภูมิอากาศมาก สามารถช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวัน ของห้องได้

จากกราฟที่ 4.5.12 เมื่อเรานำผลมาแยกเป็นช่วงเวลากลางวัน - กลางคืน (กรอบวงกลม กับกรอบสี่เหลี่ยม) เราจะเห็นว่า ณ. วันบ่อใส่น้ำ แม้ว่าอุณหภูมิอากาศวันใส่น้ำ มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศวันบ่อเปล่า แต่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องบ่อใส่น้ำ ทั้ง 2 ช่วงเวลา โดยเฉพาะช่วงกลางวัน ซึ่งเป็นช่วงใช้งานมากกว่าช่วงอื่น มวลน้ำในบ่อสามารถดึงความร้อนภายในห้องที่สะสมไว้ ได้มากกว่าบ่อสัมผัสอากาศ โดยดึงให้อยู่ต่ำกว่า เขตสบาย (Comfort zone) ที่ 23.27 องศาเซลเซียส



แผนภาพที่ 4.5.13 แสดงผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิห้องตลอดวัน กับอุณหภูมิอากาศตลอดวัน เทียบระหว่างบ่อปลาเปล่า กับบ่อปลาใส่น้ำ วันที่ 11 –12 ก.พ. 2545 : กรณีศึกษา - บ่อปลาเปล่า และบ่อปลาใส่น้ำ ประกบห้องดูปลา

จากแผนภาพที่ 4.5.3 เมื่อเราเปรียบเทียบผลต่างระหว่างอุณหภูมิห้อง กับอุณหภูมิอากาศ เราจะเห็นว่า บ่อปลาใส่น้ำ มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องตลอดวัน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศตลอดวัน เท่ากับ – 0.46 และที่มีค่าติดลบ เพราะอุณหภูมิห้องก็มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศด้วย จึงสรุปได้ว่า น้ำในบ่อมีแนวโน้ม ช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องได้มากกว่าอากาศในบ่อ

ดังนั้น จากผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลจากกรณีศึกษา ทั้ง 2 กรณี คือ บ่อปลาเปล่าประกบห้องโฟม และบ่อปลาใส่น้ำประกบห้องโฟม ทำให้เราได้ข้อสังเกต ดังนี้

1. อุณหภูมิห้องสูงขึ้น เป็นผลมาจากมวลอากาศ หรือก็คืออุณหภูมิอากาศ รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมในตอนกลางวัน เช่น รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ มามากในตอนกลางวัน เพราะเมื่อตกกลางคืน อุณหภูมิห้องกลับลดลง โดยในเขตหนาวนี้ อุณหภูมิห้องอยู่ต่ำกว่า เขตสบายด้วย ดังนั้น กลางวัน ถ้าเราสามารถทำให้มวลวัตถุที่สัมผัสห้องเย็นกว่าเดิมได้ ก็จะทำให้อุณหภูมิห้องลดต่ำลงได้ และกลางคืน ถ้าเราสามารถทำให้มวลวัตถุที่สัมผัสห้องอุ่นกว่าเดิมได้ ก็จะทำให้อุณหภูมิห้อง เข้าใกล้เขตสบายได้

2. จากผลการทดลองในช่วงกลางคืน เราจะพบว่า อุณหภูมิห้อง มีค่าต่ำกว่าช่วงกลางวันมาก ซึ่งกลางวันเอง ในเขตหนาวนี้ ห้องก็มีค่าอุณหภูมิอยู่ในเขตสบายอยู่แล้ว และอุณหภูมิน้ำที่เย็นมากช่วยดึงความร้อนออกไป ให้ห้องเย็นใกล้กับกลางคืนได้มาก แต่กลางคืน อุณหภูมิน้ำที่เย็นลงกว่าเดิม ก็ทำให้อุณหภูมิห้องต่ำลงไปอีก จนบางช่วงพ้นกรอบเขตสบาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากวัตถุประสงค์การศึกษา และสมมติฐานเรื่อง การนำผนังบ่อน้ำมาใช้เป็นผนังห้องเพื่อใช้ลดอุณหภูมิภายในให้แก่อาคาร สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

1. <u>การศึกษาอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ</u>

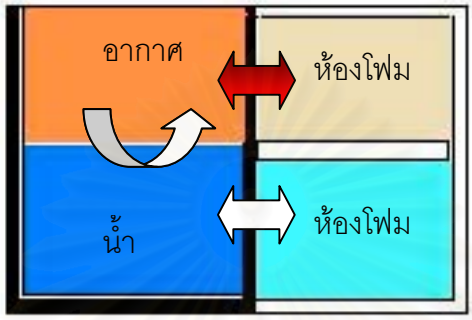
จากการทดลอง และผลการทดลองในชุดที่ 1 และการทดสอบกับกรณีศึกษา ชุดที่ 5 สามารถสรุปได้ว่า

อุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ เพราะเมื่อเราดูผลการทดลองจะพบว่า อุณหภูมิน้ำที่เย็นค่อนข้างคงที่ตลอดวัน ช่วยลดอุณหภูมิห้องโฟมได้มากกว่าการอยู่ท่ามกลางมวลอากาศที่ร้อน ดังผลสรุปข้างล่าง

กรณี	ค่าเฉลี่ยห้องกลางคืน	ค่าเฉลี่ยห้องกลางวัน	ผลต่างค่าเฉลี่ยห้องกลางคืน	ผลต่างค่าเฉลี่ยห้องกลางวัน
บ่ออากาศ	31.53	32.01	0.30	0.63
บ่อน้ำ	31.22	31.38		

ตารางที่ 5.1 แสดงผลสรุปรวมพฤติกรรมน้ำ และอากาศ และผลต่างค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงว่าอุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้อง มากกว่าอุณหภูมิจากอากาศ

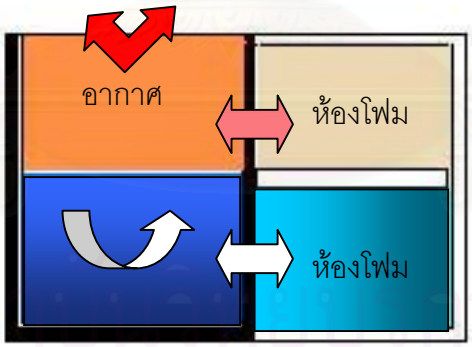
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่า



ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟม
สัมผัสน้ำ - สัมผัสอากาศ)
เวลา 12.30 น.

ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยห้องโฟม
เวลากลางวัน
= 0.63 ° C

อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่า



ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยห้องโฟม
เวลากลางคืน
= 0.30 ° C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และด้วยการเกิด การหน่วงเวลาการคายความร้อน (Time Lag) ของคอนกรีตที่มีระยะนานกว่าน้ำ ทำให้กลางคืน ผนังธรรมดาจึงยังอุ่นอยู่ (ดังตารางข้างต้น) ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารก็ร้อนเช่นกัน ดังนั้นการที่อุณหภูมิผนังสามารถถูกทำให้เย็นลงได้โดยวิธีธรรมชาติจากน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ ย่อมช่วยให้อุณหภูมิเย็นกว่าปกติได้

2. <u>การศึกษาพฤติกรรมของอุณหภูมิน้ำ ในปริมาตร และระดับความลึกต่างๆ</u>

การศึกษาในส่วนนี้ เป็นการศึกษาเพื่อ เมื่อมีการออกแบบอาคารที่ต้องมีการนำน้ำมาใช้ ลดอุณหภูมิให้แก่อาคาร ระดับน้ำ ที่ควรนำมาใช้ หรือขนาดของแหล่งเก็บน้ำ จะมีผลหรือไม่เมื่อเราจะใช้น้ำเฉพาะในระดับนั้นๆ โดย วิเคราะห์จากช่วงความต่างของอุณหภูมิสูงสุดกับต่ำสุดในช่วงวัน (Amplitude swing)

ซึ่งจากการทดลอง และผลการทดลอง สามารถสรุป และได้ข้อสังเกตดังนี้

1. เราสามารถนำน้ำในระดับ

ระดับ – 2.00 ม. ซึ่งมีการแกว่งตัวน้อยที่สุดมาใช้ได้ตลอดวัน

รองลงมาคือ ที่ระดับ –1.50 ม. และ -1.00 ม.

ส่วนระดับ -0.50 ม. ถึง 0.00 ม. ไม่เหมาะแก่การใช้งาน

2. ความเล็ก – ใหญ่ ของบ่อ ไม่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ ในระดับความลึกเดียวกัน

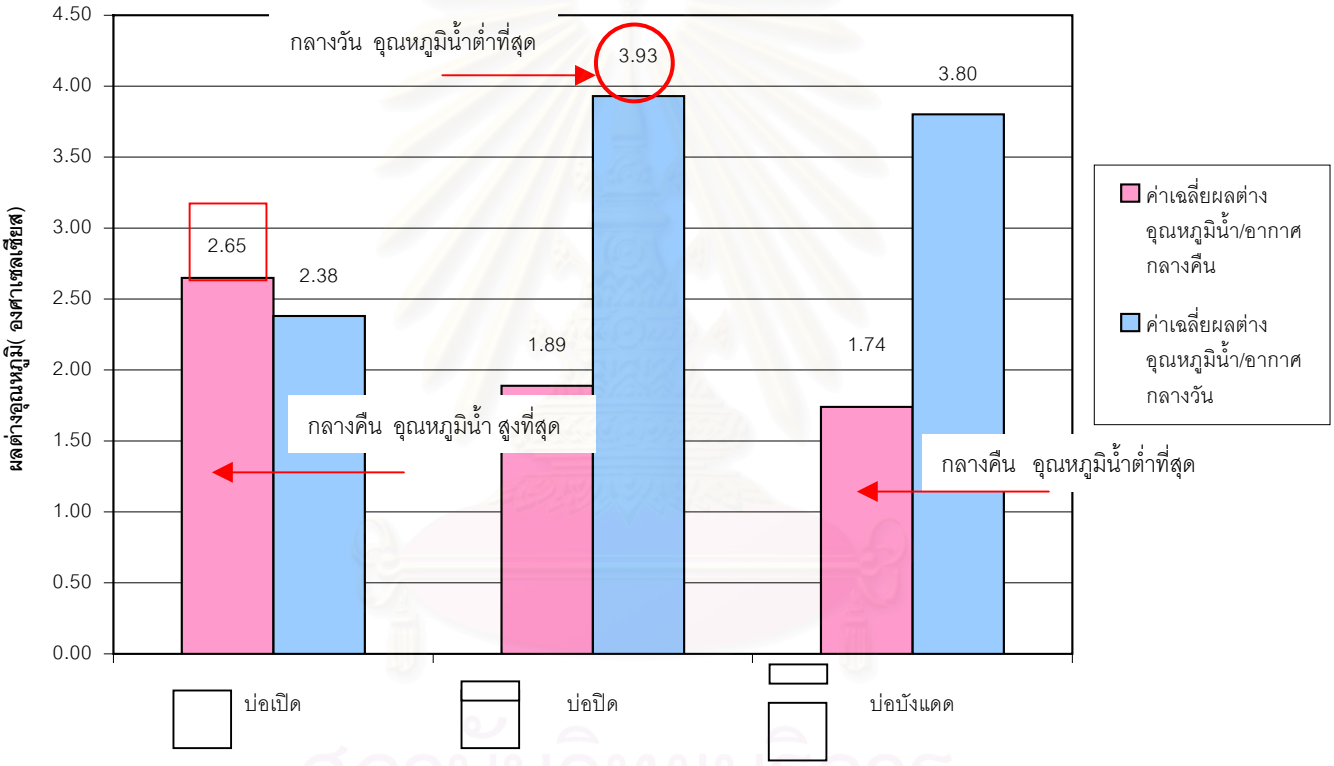
* <u>หมายเหตุ</u> บ่อทดลองที่ใช้ศึกษา มีปริมาตรที่ไม่แตกต่างกันชัดเจน ดังนั้นข้อสรุปเรื่องปริมาตรในข้อ 2 นี้ จะเป็นเพียงผลจากการทดลองในชุดการทดลองนี้เท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. <u>การระเหยของน้ำ นั้นต่างมีผลกับอุณหภูมิน้ำหรือไม่</u>

จากการทดลอง และผลการทดลองในชุดที่ 3 จากการควบคุมการระเหยของบ่อแต่ละระบบ โดยสรุปแยกตามช่วงเวลา กลางวัน – กลางคืน สำหรับกรณีที่เราใช้งานอาคารตามช่วงเวลา และสรุปตลอดเวลา กรณีที่เราต้องการใช้งานอาคารตลอดวัน เราสามารถสรุป และได้ข้อสังเกตดังนี้

- <u>กรณีแยกตามช่วงเวลา</u>



แผนภาพที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิน้ำ : อุณหภูมิอากาศ –บ่อใหญ่ ระดับ - 0.50 ม. ระบบเปิด – ปิด –บังแดด กลางคืน (19.30 น.- 8.30 น.) / กลางวัน (9.00 น. – 19.00 น.) วันที่ 23 – 26 มกราคม พ.ศ. 2545 ศึกษากรณี : การระเหย มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ

- **สรุปผลการทดลอง กรณีแยกช่วงเวลา**

	ค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิน้ำ/อากาศกลางคืน	ค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิน้ำ/อากาศกลางวัน	หมายเหตุ
บ่อเปิด	2.65	2.38	ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางคืน * อุณหภูมิแกว่งตัวมากที่สุดในทุกระบบ โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อปิด	1.89	3.93	ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางวัน ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางคืน * อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อบังแดด	1.73	3.80	ช่วงต่างอุณหภูมิน้อย - ตอนกลางคืน ช่วงต่างอุณหภูมิปานกลาง - ตอนกลางวัน * อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยเฉพาะกลางคืน

ตารางที่ 5.2 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารแยกช่วงเวลา กลางวัน – กลางคืน

ดังนั้น จากข้างต้น เราสามารถสรุป และได้ข้อสังเกตว่า

ในกรณีที่เราออกแบบอาคาร ให้มีการใช้น้ำในการปรับอุณหภูมิอาคาร ให้เข้าใกล้เขตสบายได้ ระบบน้ำที่น่าจะนำมาใช้ได้ดีเป็นพิเศษ คือ ระบบบ่อบังแดด และ ระบบบ่อปิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- <u>สรุปผลการทดลอง กรณีใช้งานตลอดวัน</u>

ระบบ	max	min	พิสัยน้ำ max-min		พิสัยอากาศ max -min		max	min	หมายเหตุ
บ่อเปิด	28.44	27.2	ผลต่างน้ำเปิด	1.24	8.5	ผลต่างอากาศเปิด	32	23.5	* อุณหภูมิแกว่งตัวมากเกิน
บ่อปิด	27.3	27.3	ผลต่างน้ำปิด	0	9.4	ผลต่างอากาศปิด	32.5	23.1	* อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อบังแดด	28.57	27.55	ผลต่างน้ำบัง	0.7	9.2	ผลต่างอากาศบังแดด	32.4	23.2	* อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย <u>โดยเฉพาะกลางคืน</u>

ตารางที่ 5. 3 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำ ที่คำนึงถึงการระเหย กรณีการใช้งานอาคารตลอดวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การทดสอบทั้ง 3 ระบบ กับห้องโฟมทดลอง

การสรุปผลการทดลองที่ 4.4.1 : การศึกษาระบบบ่อทั้ง 3 จะมีผลอย่างไรต่ออุณหภูมิภายในห้อง

ปริมาตรคงที่ ⟶ ระบบเปลี่ยน

จากการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์ผล ระบบต่างๆต่อบ่อที่มีปริมาตรคงที่ โดยแยกการวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอนตามการใช้งาน คือ การใช้งานแยกช่วงเวลา และการใช้งานตลอดเวลา เราสามารถสรุปผล และได้ข้อสังเกต จากผลสรุปการทดลองในชุดที่ 4.4.1 ดังนี้

- การใช้งานแยกช่วงเวลา

บ่อเปิด - ในขณะที่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อเปิดต่ำสุด แต่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำกลับมีค่าสูงสุด เพราะ บ่อเปิดได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมอย่างเต็มที่โดยเฉพาะ รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนกันกับห้องจึงไม่ช่วยทำให้ห้องเย็นพอ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องตอนกลางวันจึงไม่เย็นเท่าระบบอื่น

บ่อปิด - ในขณะที่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบ่อปิดสูงสุด แต่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำกลับเย็น เป็นอันดับ 2 รองจากบ่อบังแดด จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องเย็น เป็นอันดับ 2 รองจากบ่อบังแดดด้วย และเนื่องจาก อุณหภูมิน้ำบ่อปิดในทุกระดับจะมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่มาก ไม่ต่ำแต่ก็ไม่สูง เพราะถูกควบคุมการระเหย ดังนั้น เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนกันกับห้อง จึงยังช่วยทำให้ห้องเย็น ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องตอนกลางวันจึงเย็นกว่าบ่อเปิด

บ่อบังแดด - เป็นบ่อที่มีระบบที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิห้องได้ดีที่สุด เพราะ น้ำ ไม่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง และยังมีการระเหยได้อีกแม้ว่าสภาพแวดล้อมจะร้อน ทำให้อุณหภูมิน้ำที่ก้นบ่อซึ่งเย็นอยู่แล้ว รวมกับน้ำด้านบน ซึ่งคายความร้อนได้ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำจึงทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องเย็นกว่าทุกระบบ

- <u>สรุปผลการทดลอง ของหน่วยทดลอง ที่มีการสัมผัสบ่อน้ำ กรณีแยกช่วงเวลา</u>

	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟมกลางคืน	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟมกลางวัน	หมายเหตุ
บ่อเปิด	-2.12	0.27	ช่วงต่างอุณหภูมิน้อย - ตอนกลางคืน * อุณหภูมิแกว่งตัวมากที่สุดในทุกระบบ โดยเฉพาะกลางวัน
บ่อปิด	-2.17	1.05	ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางวัน ช่วงต่างอุณหภูมิมาก - ตอนกลางคืน
บ่อบังแดด	1.9	0.89	ช่วงต่างอุณหภูมิน้อย - ตอนกลางคืน ช่วงต่างอุณหภูมิค่อนข้างน้อย - ตอนกลางวัน

ตารางที่ 5.4 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานกรณีการใช้งานอาคาร แยกช่วงเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- <u>สรุปผลการทดลอง ของหน่วยทดลอง ที่มีการสัมผัสบ่อน้ำ กรณีใช้งานตลอดเวลา</u>

	ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิน้ำ ตลอดวัน	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟม ตลอดวัน	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิอากาศ ตลอดวัน	ค่าเฉลี่ย ผลต่างอุณหภูมิห้องโฟม ตลอดวัน	หมายเหตุ
บ่อเปิด	28.9	29.36	28.27	1.09	* อุณหภูมิแกว่งตัวมากกว่าทุกระบบ
บ่อปิด	28.96	29.15	28.36	0.79	อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยจะมีช่วงต่างอุณหภูมิมากในช่วงกลางวัน
บ่อบังแดด	28.72	29.06	28.4	0.66	อุณหภูมิแกว่งตัวน้อย โดยจะมีช่วงต่างอุณหภูมิน้อยในช่วงกลางคืน

ตารางที่ 5.5 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ของหน่วยทดลองที่มีการประกบบ่อน้ำ กรณีการใช้งานตลอดเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

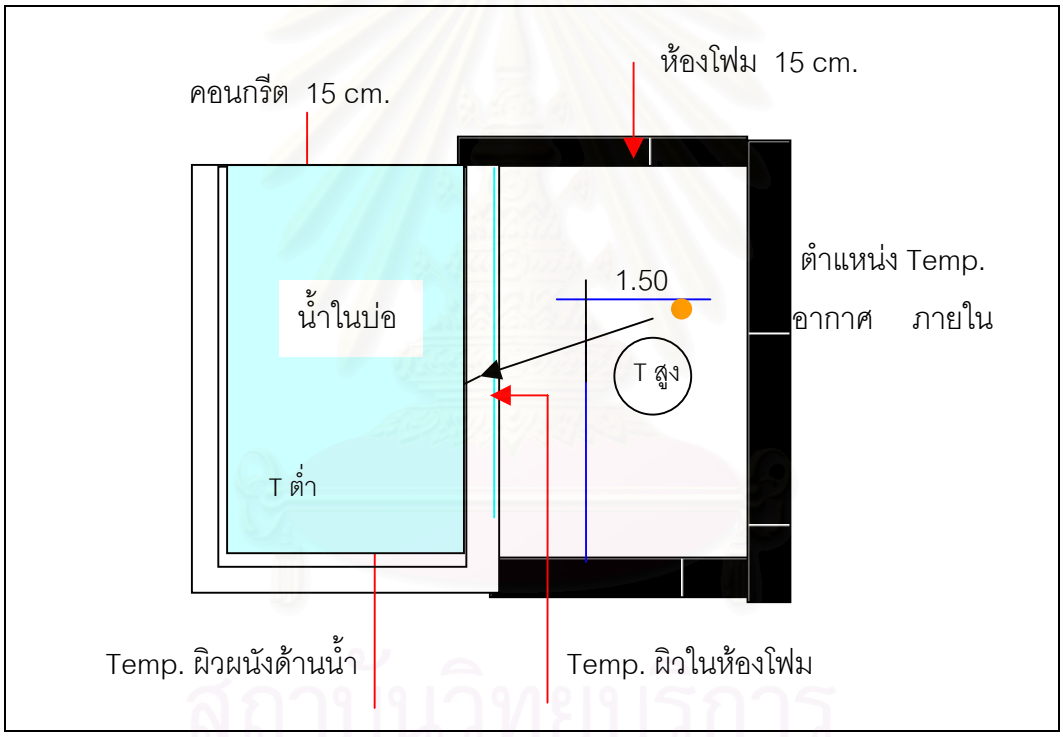
5. <u>การทดสอบกับอาคารจริง : กรณีบ่อเปล่า , กรณีบ่อใส่น้ำ</u>

จากการทดลอง และผลการทดลองในชุดที่ 5 สามารถสรุป และได้ข้อสังเกต ดังนี้

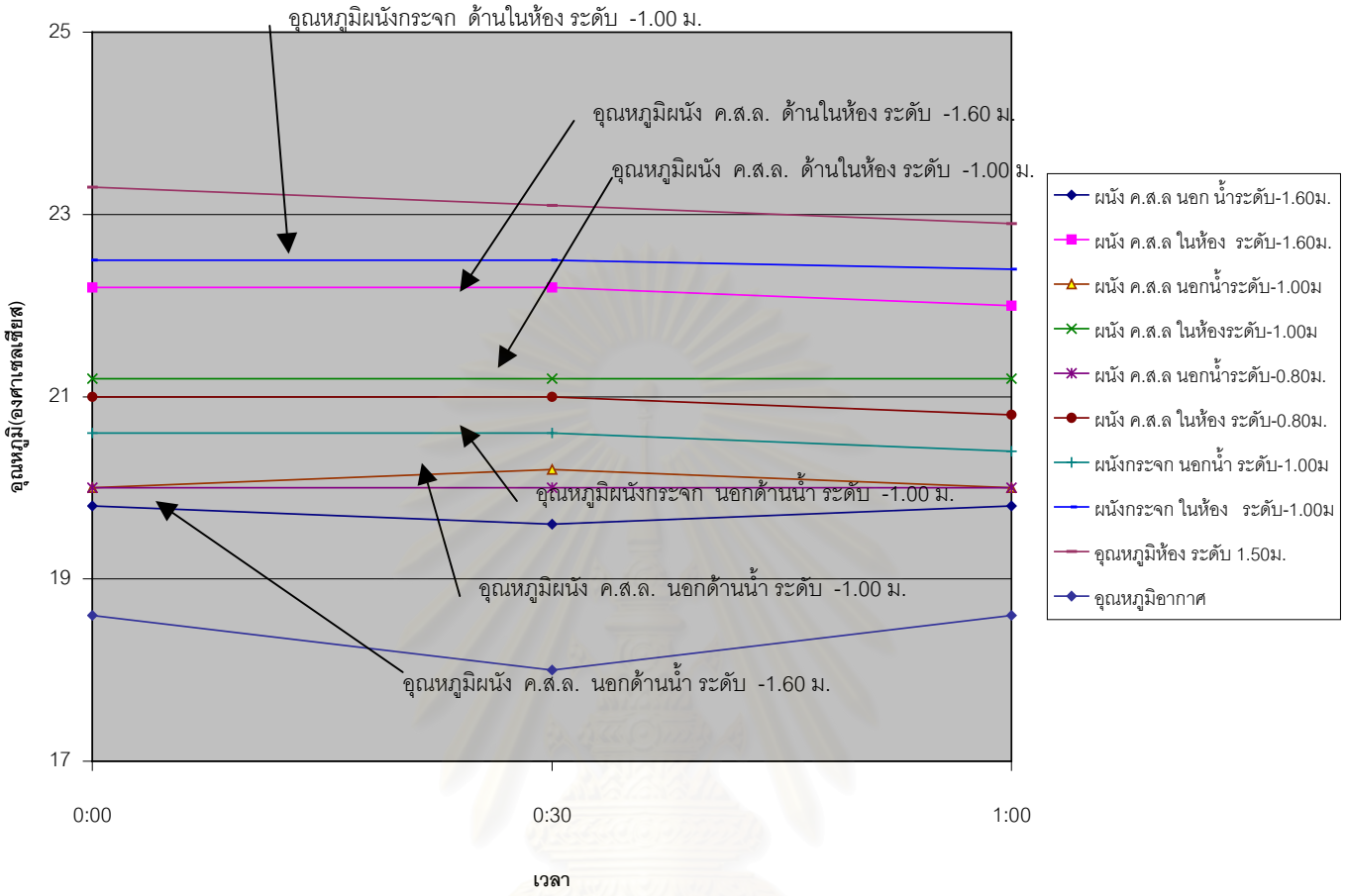
- เมื่อเราทดสอบผลจากการทดลองชุดที่ 1 กับอาคารจริง ในการทดลองชุดที่ 5.1 เทียบกับ 5.2 ก็ได้ผลคือ

<u>อุณหภูมิน้ำ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิห้องมากกว่า อุณหภูมิจากอากาศซึ่งส่งผลจาก คอนกรีต</u> เช่นกัน

- ทิศทางพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อน เป็นดังรูป



รูปที่ 5.2 รูปจำลองแสดงทิศทางพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน จากห้องถ่ายเทสู่บ่อน้ำ



แผนภาพที่ 5.2 แสดงตัวอย่างลำดับพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของ ผนังห้องกรณีศึกษา ณ.ช่วงเวลาหนึ่ง คือ 0.00 น. – 1.00 น. - วันที่เป็นบ่อปลาใส่น้ำ

- จากผลของอุณหภูมิผนังทั้ง 2 ชนิด คือ กระจก และคอนกรีต ทำให้เราทราบว่า ผนังคอนกรีต มีประสิทธิภาพต่อระบบผนังน้ำ (Water wall) มากกว่าผนังกระจก เนื่องจาก กระจกเป็นวัสดุที่ทำจากทราย ซึ่งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat) มากกว่าคอนกรีต คือ เท่ากับ 0.19 : 0.16 BTU/lb. $^{\circ}$F

ดังนั้น จากผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลจากกรณีศึกษา ทั้ง 2 กรณี คือ บ่อปลาเปล่าประกบห้องดูปลา และบ่อปลาใส่น้ำประกบห้องดูปลา ทำให้เราได้ข้อสังเกต ดังนี้

- ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ได้ เราจะพบว่า ในช่วงกลางคืน ในภาคเหนือต้องการความอบอุ่นภายในห้องมาก กลางคืนอุณหภูมิน้ำที่เย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากทำให้อุณหภูมิห้องกลับเย็นลงไปกว่าเดิมสามารถ แสดงให้เห็นว่าระบบผนังสัมผัสน้ำ จะให้ประสิทธิภาพแก่การใช้งานในระดับหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น การใช้งานจำเป็นต้องศึกษา ระบบควบคุมการระเหย ต่อสภาพอากาศ ณ. ที่ตั้งนั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผล และข้อสังเกตที่ได้จากการทดลองทั้งหมด

1. ควรใช้สำหรับกรณีการออกแบบปรับอุณหภูมิในระบบธรรมชาติ (Passive Cooling Design)
2. ระบบการระเหยที่ควรใช้คือ ระบบบ่อที่มีการบังแดด และระดับน้ำที่ใช้ได้ดีที่สุด คือ -2.00 ม. เพราะมีค่า Amplitude swing น้อยที่สุด และสามารถใช้ระบบปิดได้ เป็นอันดับรองลงมา เพราะบ่อปิด มีอุณหภูมิน้ำเย็นรองจาก บ่อที่มีการบังแดด และมีค่าอุณหภูมิที่ไม่แกว่งตัวมาก
3. ผลสรุปการทดลอง ในหน่วยทดลอง

<u>หากต้องการลดอุณหภูมิใน หน่วยทดลอง</u>

กรณีกลางคืน - ควรใช้บ่อน้ำที่ควบคุมการระเหย ระบบ บังแดด
กรณีกลางวัน - ควรใช้บ่อน้ำที่ควบคุมการระเหย ระบบ ปิด
กรณีใช้งานตลอดเวลา - ควรใช้บ่อน้ำที่ควบคุมการระเหย ระบบ บังแดด

<u>หาก ต้องการเพิ่มอุณหภูมิใน หน่วยทดลอง</u>

กรณีกลางคืน - ควรใช้บ่อน้ำที่ควบคุมการระเหย ระบบ ปิด
กรณีกลางวัน - ควรใช้บ่อน้ำที่ควบคุมการระเหย ระบบเปิด

4. กรณีศึกษา มีแนวโน้มว่า อุณหภูมิน้ำมีผลต่ออุณหภูมิภายในห้องมากกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เพราะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดวันของห้องลดลง โดยเฉพาะ กลางคืน ซึ่งผลในช่วงเวลานี้ไม่เหมาะกับ ฤดูหนาวที่เชียงรายนัก

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

ผู้ที่จะนำระบบนี้ไปใช้งาน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ในตัวแปรอื่นๆ และปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อระบบผนังสัมผัสน้ำ ดังต่อไปนี้

- ควรจะทำการทดลองตลอดทั้งปี
- ควรจะมีการศึกษากับบ่อในสภาพธรรมชาติด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ควรจะมีการทดลองกับบ่อที่มีปริมาตรที่แตกต่างกันชัดเจน
- ควรจะมีการศึกษาวัสดุทำบ่อ ชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะเรื่องของ คุณสมบัติการส่งผ่านความร้อน, การเกิด condensationที่ผนัง
- การทำการทดลองในสภาพต่างพื้นที่ และสภาพอากาศ เปรียบ เทียบพร้อมกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เควิน ดับเบิลยู กรีน. Passive Cooling. เรียบเรียงโดย สมสิทธิ นิตยะ. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501494 Energy Arch Design. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนิต จินดาวณิค. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501494 Energy Arch Design. ตอนที่ 1 – 5. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย อิทธิวิศวกุล. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

สุกัญญา นุตาลัย. เทคนิคการนำ Indirect Evaporative Cooling System มาใช้ในการปรับอุณหภูมิอาคาร. สาระศาสตร์สถาปัตย์ วารสารวิชาการภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ฉบับที่ 3. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

อเนก ธีระวิวัฒน์ชัย. การทำความเย็นอาคารโดยการใช้ผิวสัมผัสพื้นดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ภาษาอังกฤษ

Baruch Givoni. Passive And Low Energy Cooling Of Buildings. New York : An International Thomson Publishing Company, 1994.

David Write. Natural Solar Architecture : The Passive Solar Primer. 3 RD Ed., New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1941.

McGuinness, M.J., Benjamin, S., Reynolds, J.S., Mechanical And Electrical Equipment for Building. 8 th Ed., New York : John Wiley & Son, Inc., 1989,

M.S. Sodha, Usha Mahajan, R.L. Sawhney. Thermal Performance of Roof Evaporative Cooling And Floor Coupled Evaporative Cooled Underground Water storage Tank Systems. School of Energy Studies and Center of Eergy Studies and Research, Devi Ahilya University., New York : John Wiley & Son, Inc., 1993.

Olgyay, V. Design with climate : Bioclimatic approach to architectural regionalism., New Jersey : Princeton University Press, 1962.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

22 –23 ม.ค. 2545 บ่อใหญ่วัดน้ำ เทียบอากาศ กรณี อิทธิพลอุณหภูมิน้ำ กับอุณหภูมิอากาศ ต่ออุณหภูมิห้อง										
บ่อเปิดใส่น้ำ และไม่ใส่น้ำอย่างละครึ่ง ประกบห้องโฟม										
รายละเอียดช่องสัญญาณ										
Date	Time	อุณหภูมิน้ำในบ่อทดลอง	อุณหภูมิอากาศในบ่อทดลอง	ผนัง ค.ส.ล ในบ่อทดลองส่วนในน้ำ	ผนัง ค.ส.ล นอกบ่อทดลองส่วนในน้ำ	ผนัง ค.ส.ล ในบ่อทดลองส่วนอากาศ	ผนัง ค.ส.ล นอกบ่อทดลองส่วนอากาศ	อุณหภูมิห้อง ส่วนประกบน้ำ	อุณหภูมิห้อง ส่วนประกบอากาศ.	อุณหภูมิอากาศ
22/1/45	0:00:00	29.6	28.6	31.4	31.9	33.5	32.4	32.7	33	28.6
22/1/45	0:30:00	29.6	28.4	31.2	31.7	33.3	32.2	32.5	32.8	28.4
22/1/45	1:00:00	29.6	28.4	31.2	31.5	33.1	32	32.4	32.7	28.2
22/1/45	1:30:00	29.6	28.2	31	31.4	32.9	31.8	32.2	32.5	28.2
22/1/45	2:00:00	29.6	28.2	31	31.2	32.7	31.6	32	32.5	28
22/1/45	2:30:00	29.6	28	31	31	32.5	31.4	32	32.4	28
22/1/45	3:00:00	29.6	28	31	31	32.2	31.2	31.8	32.2	28
22/1/45	3:30:00	29.6	28	30.8	30.8	32	31.2	31.6	32.4	27.8
22/1/45	4:00:00	29.4	27.8	30.8	30.8	32	31	31.6	32.2	27.8
22/1/45	4:30:00	29.4	27.8	30.6	30.8	31.6	31	31.4	32	27.8
22/1/45	5:00:00	29.4	27.8	30.6	30.6	31.6	30.8	31.4	31.8	27.6
22/1/45	5:30:00	29.4	27.8	30.4	30.6	31.4	30.6	31.2	31.6	27.6
22/1/45	6:00:00	29.4	28	30.4	30.6	31.2	30.6	31	31.6	27.8
22/1/45	6:30:00	29.2	27.8	30.2	30.4	31	30.6	31	31.4	27.6
22/1/45	7:00:00	29.2	28	30.2	30.4	31	30.6	31	31.2	27.6
22/1/45	7:30:00	29.2	28.6	30.2	30.4	31	30.4	31	31.2	28
22/1/45	8:00:00	29	28.6	30.2	30.2	31	30.4	31	31	27.8
22/1/45	8:30:00	29	28.8	30	30.2	31	30.4	31	31	27.8
22/1/45	9:00:00	29	28.4	30	30.2	30.6	30.4	31	31	27.5
22/1/45	9:30:00	29	28.4	30	30.2	30.6	30.4	31	30.8	27.6
22/1/45	10:00:00	29	28.4	30	30.2	30.6	30.2	30.8	30.6	28.4
22/1/45	10:30:00	29	28.8	30	30.2	30.6	30.4	30.8	30.6	28.2
22/1/45	11:00:00	29	29.2	29.8	30.2	30.6	30.6	30.8	30.6	28.6
22/1/45	11:30:00	29	30	29.8	30	30.8	30.8	30.8	30.6	29.2
22/1/45	12:00:00	29	30.4	29.8	30	31	31	31	30.8	29.4
22/1/45	12:30:00	28.8	32	29.8	30	32	31	31	31	30

22/1/45	13:00:00	29.2	38.4	30	30.2	32.9	31.5	31	32.5	32.2
22/1/45	13:30:00	29.2	37.7	30.2	30.2	33.3	32	31.5	32.7	32.6
22/1/45	14:00:00	29.2	36.5	30.2	30.2	33.3	32	31.5	32.7	32.3
22/1/45	14:30:00	29.4	36.8	30.2	30.2	33.3	32.4	32	33.3	32.5
22/1/45	15:00:00	29.2	36.9	30.2	30.2	33.5	32.4	32.1	33.7	33
22/1/45	15:30:00	29.2	37.6	30.4	30.2	33.9	32.7	32.5	33.7	33.1
22/1/45	16:00:00	29.4	34.5	30.4	30.2	33.5	32.7	32.5	33.5	32.5
22/1/45	16:30:00	29.2	32.2	30.4	30.2	32.7	32.4	32	32.9	32
22/1/45	17:00:00	29.2	31.6	30.2	30.2	32.7	31.8	31.8	32.7	31.2
22/1/45	17:30:00	29.2	30.8	30.2	30.2	32.4	31.2	31.6	32.5	30.8
22/1/45	18:00:00	29	30.2	30.2	30.2	32	31	31.4	32.4	30.6
22/1/45	18:30:00	29	28.6	30.2	30.2	31.4	31	31.2	32.2	28.4
22/1/45	19:00:00	29	27.8	30	30.2	31	30.6	31	31.8	28
22/1/45	19:30:00	28.8	27.6	30	30.2	31	30.6	31	31.6	28
22/1/45	20:00:00	28.8	27.5	29.8	30	30.6	30.4	30.8	31.4	27.5
22/1/45	20:30:00	28.8	26.9	29.8	30	30.4	30.4	30.6	31	26.9
22/1/45	21:00:00	28.8	26.3	29.6	30	30	30.2	30.6	30.8	26.3
22/1/45	21:30:00	28.8	26.3	29.6	29.8	29.8	30	30.4	30.6	26.3
22/1/45	22:00:00	28.6	26.5	29.6	29.8	29.8	29.8	30.2	30.4	26.3
22/1/45	22:30:00	28.6	26.1	29.6	29.8	29.4	29.8	30.2	30.2	25.9
22/1/45	23:00:00	28.6	25.9	29.4	29.8	29.2	29.8	30.2	30	25.7
22/1/45	23:30:00	28.4	26.1	29.4	29.6	29.2	29.6	30	29.8	25.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23 - 24 ม.ค. 2545 ทดลองบ่อเล็ก - กลาง - ใหญ่ กรณีปริมาตร - ความลึก																	
		บ่อขนาด 0.60*1.0ม.					บ่อขนาด0.90*1.0ม.					บ่อขนาด1.2*1.0ม.					
		รายละเอียดช่องสัญญาณ															
Date	Time	บ่อเล็ก ระดับ-2.00ม.	บ่อเล็ก ระดับ-1.50ม.	บ่อเล็ก ระดับ-1.00ม.	บ่อเล็ก ระดับ-0.50ม.	บ่อเล็ก ระดับ0.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-2.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-1.50ม.	บ่อกลาง ระดับ-1.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-0.50ม.	บ่อกลาง ระดับ0.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-2.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-1.50ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-1.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-0.50ม.	บ่อใหญ่ ระดับ0.00ม.	อุณหภูมิ อากาศ
23/1/45	0:00:00	28.7	28.5	28.4	28.2	28.3	28.4	28.2	28	28	27.5	28.1	27.9	27.9	27.7	27.63	26.5
23/1/45	0:30:00	28.6	28.4	28.3	28.2	28.1	28.4	28.1	28	28	27.5	28.1	27.9	27.9	27.7	27.61	26.1
23/1/45	1:00:00	28.5	28.3	28.2	28.1	27.9	28.3	28.08	28	28	27.5	28.1	27.9	27.9	27.7	27.61	26.1
23/1/45	1:30:00	28.5	28.3	28.2	28	27.9	28.3	28.06	28	28	27.5	28.1	28.06	27.9	27.7	27.63	25.7
23/1/45	2:00:00	28.4	28.3	28.1	28	27.8	28.4	28.05	28	28	27.5	28.1	28.06	27.9	27.7	27.59	25.5
23/1/45	2:30:00	28.4	28.2	28	27.9	27.8	28.278	28.03	28	28	27.5	28.1	28.01	27.9	27.7	27.63	25.3
23/1/45	3:00:00	28.3	28.2	28	27.9	27.8	28.272	27.9	27.8	27.8	27.5	28.1	27.99	27.85	27.7	27.63	24.9
23/1/45	3:30:00	28.3	28.2	28	27.9	27.8	28.272	27.9	27.8	27.8	27.5	28.1	28.01	27.85	27.68	27.56	24.7
23/1/45	4:00:00	28.2	28.1	27.9	27.8	27.8	28.2	27.9	27.8	27.8	27.5	28.13	27.99	27.85	27.68	27.54	24.3
23/1/45	4:30:00	28.2	28	27.9	27.8	27.7	28.2	27.9	27.8	27.8	27.5	28.1	28.04	27.78	27.7	27.59	24.1
23/1/45	5:00:00	28.2	28	27.8	27.8	27.7	28.2	27.8	27.8	27.8	27.3	28.1	27.97	27.8	27.66	27.56	23.9
23/1/45	5:30:00	28	28	27.8	27.7	27.5	28.06	27.8	27.6	27.6	27.5	27.9	27.8	27.7	27.7	27.61	23.7
23/1/45	6:00:00	28	27.9	27.8	27.7	27.5	28	27.8	27.6	27.6	27.5	27.9	27.78	27.7	27.7	27.61	23.5
23/1/45	6:30:00	28	27.9	27.8	27.6	27.5	28	27.6	27.6	27.6	27.3	27.9	27.82	27.7	27.7	27.63	23.7
23/1/45	7:00:00	28	27.8	27.6	27.6	27.5	28	27.6	27.6	27.6	27.3	27.9	27.82	27.7	27.5	27.7	23.7
23/1/45	7:30:00	27.9	27.8	27.6	27.6	27.4	27.8	27.6	27.6	27.8	27.49	27.9	27.9	27.7	27.5	27.7	23.7
23/1/45	8:00:00	27.9	27.8	27.6	27.6	27.4	27.8	27.5	27.5	27.8	27.54	27.9	27.9	27.7	27.5	27.9	24.3
23/1/45	8:30:00	27.9	27.7	27.6	27.5	27.4	27.6	27.5	27.5	27.8	27.8	27.9	27.9	27.5	27.5	28.1	24.3
23/1/45	9:00:00	27.8	27.7	27.5	27.5	27.3	27.7	27.5	27.5	27.8	27.5	27.9	27.9	27.7	27.5	28.07	25.7
23/1/45	9:30:00	27.8	27.7	27.5	27.5	27.4	27.7	27.6	27.6	28	27.8	27.9	27.9	27.7	27.7	28.35	26.9
23/1/45	10:00:00	27.8	27.8	27.7	27.6	27.5	27.7	27.6	27.6	28	27.8	27.9	28.1	27.7	27.7	28.35	27.8
23/1/45	10:30:00	27.8	27.8	27.8	27.6	27.5	27.7	27.6	27.6	28	27.8	27.9	27.9	27.7	27.7	28.44	28
23/1/45	11:00:00	27.8	27.8	27.8	27.8	27.6	27.7	27.8	27.8	28	28	27.835	27.8	27.4	27.6	28.2	29
23/1/45	11:30:00	27.8	27.9	27.8	27.9	28.2	27.7	27.8	27.8	28	28.2	27.8	27.8	27.6	27.8	28.4	29.8
23/1/45	12:00:00	27.8	27.9	28	28.1	28.3	27.9	28	28	28.2	28.2	27.8	27.6	27.6	27.8	28.8	30
23/1/45	12:30:00	27.8	27.9	28	28.2	28.5	27.79	28	28	28.2	28.4	27.8	27.8	27.6	27.8	29.1	30.7

23/1/45	13:00:00	27.8	28	28.1	28.4	28.6	27.87	28.08	28.16	28.4	28.68	27.8	27.8	27.8	28	29.2	30.8
23/1/45	13:30:00	27.8	28	28.1	28.5	28.8	27.8	28.17	28.2	28.6	28.99	27.8	27.8	27.8	28.2	29.5	31.2
23/1/45	14:00:00	27.8	28	28.2	28.6	28.8	27.8	28.2	28.2	28.6	29.2	27.8	27.8	27.933	28.4	30	31.2
23/1/45	14:30:00	27.8	28	28.2	28.6	28.9	27.8	28.24	28.2	28.8	29.4	27.8	27.8	27.941	28.4	29.81	32
23/1/45	15:00:00	27.8	28.1	28.3	28.8	28.9	27.8	28.32	28.4	29	29.4	27.8	27.933	28	28.33	30	32
23/1/45	15:30:00	27.8	28.2	28.4	28.9	29.1	27.8	28.27	28.4	29.1	29.37	27.81	27.994	28.117	28.4	29.83	32
23/1/45	16:00:00	27.8	28.2	28.4	28.9	29.1	27.8	28.33	28.4	29	29.37	27.792	27.906	28.047	28.22	30	31.6
23/1/45	16:30:00	27.8	28.2	28.4	28.9	29.1	27.8	28.35	28.4	28.9	29.33	27.845	27.977	28.117	28.4	29.8	31.4
23/1/45	17:00:00	27.8	28.2	28.4	28.8	28.9	27.8	28.33	28.4	28.9	29.2	27.836	27.994	28.17	28.44	29.6	31.2
23/1/45	17:30:00	27.8	28.2	28.4	28.8	28.9	27.8	28.4	28.49	28.7	29.2	27.871	28.02	28.258	28.4	29.37	30.6
23/1/45	18:00:00	27.8	28.2	28.4	28.6	28.9	27.8	28.2	28.49	28.8	29	27.8	27.994	28.17	28.28	29.25	30.6
23/1/45	18:30:00	27.8	28.2	28.4	28.4	28.8	27.8	28.2	28.38	28.8	28.42	27.8	28	28	28.44	28.84	29.6
23/1/45	19:00:00	27.8	28.2	28.4	28.4	28.7	27.8	28.2	28.3	28.8	28.22	28.063	28	27.8	28.2	28.4	28.4
23/1/45	19:30:00	27.8	28.2	28.4	28.2	28.7	27.94	28.2	28.3	28.56	28.3	28.082	28	27.8	27.9	27.8	28
23/1/45	20:00:00	27.8	28.2	28.4	28.5	28.5	27.98	28.2	28.3	28.18	28.26	28.114	28	27.8	27.6	27.8	27.11
23/1/45	20:30:00	27.8	28.2	28.4	28.3	28.5	28	28.2	28.34	28.22	28.26	28.133	27.8	27.8	27.7	27.7	27.08
23/1/45	21:00:00	27.8	28.1	28.3	28.3	28.5	27.83	28	28.15	27.93	27.93	28	27.7	27.8	27.4	27.6	26.8
23/1/45	21:30:00	27.8	28	28.2	28.3	28.3	27.94	27.96	28.23	27.89	27.97	28	27.7	27.8	27.4	27.6	26.9
23/1/45	22:00:00	27.8	28	28.2	28.3	28.4	27.87	27.96	28.08	27.89	27.93	27.9	27.6	27.8	27.3	27.5	26.3
23/1/45	22:30:00	27.8	28	28.2	28.3	28.3	27.83	27.75	28	27.89	27.93	27.9	27.56	27.8	27.49	27.4	26.3
23/1/45	23:00:00	27.8	27.98	28.2	28.3	28.2	27.83	27.75	28	27.89	27.89	27.9	27.72	27.8	27.44	27.4	26.3
23/1/45	23:30:00	27.8	27.98	28.1	28.0	27.9	27.83	27.8	27.92	27.68	27.81	27.9	27.68	27.6	27.44	27.4	25.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

24 - 25 ม.ค. 2545 ทดลองบ่อเล็ก - กลาง - ใหญ่ กรณีดูการระเหยแต่ละรูปแบบ																		
		บ่อขนาด 0.60*1.0ม.					บ่อขนาด0.90*1.0ม.					บ่อขนาด1.2*1.0ม.					
รายละเอียดช่องสัญญาณ																	
Date	Time	บ่อเล็ก ระดับ-2.00ม.	บ่อเล็ก ระดับ-1.50ม.	บ่อเล็ก ระดับ-1.00ม.	บ่อเล็ก ระดับ-0.50ม.	บ่อเล็ก ระดับ0.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-2.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-1.50ม.	บ่อกลาง ระดับ-1.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-0.50ม.	บ่อกลาง ระดับ0.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-2.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-1.50ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-1.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-0.50ม.	บ่อใหญ่ ระดับ0.00ม.	อุณหภูมิอากาศ
24/1/45	0:00:00	28	28	28	28.6	29	27.8	27.8	28.2	28.4	28.57	27.3	27.7	27.7	28.1	28.5	25.7
24/1/45	0:30:00	28	28	28.2	28.6	29	27.8	27.8	28.2	28.4	28.96	27.3	27.7	27.7	28.1	28.5	25.1
24/1/45	1:00:00	27.8	28	28.2	28.6	28.8	27.6	27.8	28.2	28.4	29	27.3	27.7	27.7	28.1	28.5	25.1
24/1/45	1:30:00	27.8	28	28.2	28.6	28.85	27.5	27.8	28.2	28.4	28.8	27.3	27.7	27.7	28.1	28.5	24.7
24/1/45	2:00:00	27.8	28	28.2	28.6	28.68	27.6	27.8	28.2	28.4	29	27.3	27.5	27.7	28.1	28.5	24.5
24/1/45	2:30:00	27.8	28	28.2	28.6	28.6	27.6	27.8	28.2	28.4	28.8	27.3	27.5	27.7	28.1	28.5	24.3
24/1/45	3:00:00	27.8	28	28.2	28.6	28.6	27.6	27.8	28.2	28.4	28.6	27.3	27.5	27.7	28.1	28.5	24.1
24/1/45	3:30:00	27.7	28	28.2	28.6	28.6	27.6	27.8	28.2	28.4	28.6	27.3	27.5	27.7	28.1	28.5	23.9
24/1/45	4:00:00	27.7	28	28.2	28.6	28.8	27.5	27.8	28.2	28.2	28.6	27.3	27.5	27.7	28.7	28.5	23.7
24/1/45	4:30:00	27.7	28	28	28.6	28.8	27.5	27.8	28.2	28.2	28.5	27.3	27.5	27.7	28.5	28.3	23.5
24/1/45	5:00:00	27.5	28	28	28.6	28.8	27.5	27.8	28.2	28.2	28.5	27.3	27.5	27.7	28.5	28.3	23.5
24/1/45	5:30:00	27.5	28	28	28.6	29	27.5	27.8	28.2	28.2	28.3	27.3	27.5	27.7	28.5	28.3	23.5
24/1/45	6:00:00	27.5	28	28	28.6	29	27.5	27.8	28.2	28.2	28.52	27.3	27.5	27.7	28.5	28.3	23.5
24/1/45	6:30:00	27.3	28	28	28.4	28.8	27.5	27.8	28.2	28.2	28.5	27.3	27.5	27.7	28.5	28.3	23.3
24/1/45	7:00:00	27.1	28	28	28.4	28.8	27.3	27.8	28	28.2	28.5	27.3	27.5	27.7	28.5	28.3	23.1
24/1/45	7:30:00	27.1	28.2	28	28.4	28.8	27.1	27.6	28	28.2	28.3	27.3	27.5	27.5	28.5	28.3	23.5
24/1/45	8:00:00	27.1	28.2	28	28.4	28.8	27.1	27.6	28	28.2	28.2	27.3	27.5	27.5	28.5	28.3	24.7
24/1/45	8:30:00	26.9	28	28	28.4	28.4	26.9	27.8	28	28	28.2	27.3	27.5	27.5	28.5	28.3	25.51
24/1/45	9:00:00	26.9	28	28	28.4	28.8	26.9	27.6	28	28	28.3	27.3	27.5	27.5	28.33	28.13	27.3
24/1/45	9:30:00	26.7	28	28	28.4	28.8	26.7	27.6	28	28	28.5	27.3	27.5	27.5	28.21	28.01	28.4
24/1/45	10:00:00	26.7	28	28	28.4	28.8	26.7	27.6	28	28	28.28	27.3	27.3	27.7	28.2	28	29.6
24/1/45	10:30:00	26.7	28	28	28.4	29	26.7	27.6	28	28	28.4	27.3	27.3	27.7	28.2	28	30.4
24/1/45	11:00:00	26.5	28	28	28.4	28.8	26.7	27.6	28	28	28.49	27.3	27.5	27.7	28.2	28	30.8
24/1/45	11:30:00	26.5	28	28	28.4	28.8	26.7	27.6	28	28	28.56	27.3	27.5	27.7	28.4	28.2	31
24/1/45	12:00:00	26.5	28	28	28.4	29.2	26.7	27.6	28	28	28.6	27.3	27.3	27.7	28.4	28.2	31.2
24/1/45	12:30:00	26.7	28	28	28.4	29.2	26.7	27.6	28	28	28.8	27.3	27.3	27.9	28.3	28.1	32

24/1/45	13:00:00	26.5	28	28	28.6	29.08	26.9	27.6	28	28	29.2	27.3	27.5	27.9	28.3	28.8	32
24/1/45	13:30:00	26.5	28	28	28.6	29.02	26.9	27.6	28	28	29.2	27.3	27.3	27.9	27.98	28.39	32.4
24/1/45	14:00:00	26.7	28	28	28.6	29.02	27.3	27.6	28	28	29.2	27.3	27.3	27.9	27.9	28.71	32.5
24/1/45	14:30:00	26.7	28	28	28.6	29	27.3	27.6	28	28	29	27.3	27.3	27.9	27.98	28.8	32.2
24/1/45	15:00:00	26.7	28	28	28.8	29.31	27.5	27.8	28	28.2	29.2	27.3	27.3	27.9	28.19	28.8	32.5
24/1/45	15:30:00	26.7	28	28	28.6	29	27.5	27.8	28	28.2	29.2	27.3	27.3	27.9	28.2	28.8	32.4
24/1/45	16:00:00	26.9	28	28	28.8	29.26	27.5	27.8	28	28.2	29	27.3	27.5	27.7	28.2	28.8	32.4
24/1/45	16:30:00	26.9	28	28	28.8	29.14	27.5	27.8	28	28.2	28.8	27.3	27.3	27.7	28.2	28.6	32.2
24/1/45	17:00:00	26.9	28	28	28.8	29.08	27.5	27.8	28.2	28.4	29	27.3	27.3	27.7	28.2	28.6	31.8
24/1/45	17:30:00	26.9	28	28.2	28.8	28.8	27.5	28.2	28	28.4	29	27.3	27.3	27.7	28	28.6	31.6
24/1/45	18:00:00	27.1	28.2	28.2	29	28.8	27.5	28.2	28	28.4	29	27.3	27.3	27.7	28	28.6	31.4
24/1/45	18:30:00	27.1	28	28.2	29	28.85	27.7	28.2	28	28.4	29	27.3	27.5	27.7	28	28.6	31.2
24/1/45	19:00:00	27.1	28.2	28.2	29	28.68	27.7	28.4	28	28.4	28.8	27.3	27.5	27.7	28	28.5	30.6
24/1/45	19:30:00	27.1	28.2	28.2	29	28.8	27.55	28.4	28	28.6	28.6	27.3	27.5	27.7	28.4	28.5	30.6
24/1/45	20:00:00	27.1	28.2	28.2	29	28.8	27.55	28.4	28	28.6	28.4	27.3	27.5	27.7	28.2	28.5	29.6
24/1/45	20:30:00	27.1	28.2	28.2	29	28.8	27.3	28.4	28	28.6	28.6	27.3	27.5	27.7	28	28.2	28.4
24/1/45	21:00:00	27.1	28.2	28.2	29	28.8	26.91	28.6	28.2	28.6	28.6	27.3	27.5	27.7	28	28.2	28
24/1/45	21:30:00	27.1	28.2	28.2	28.8	28.8	26.91	28.6	28.2	28.6	28.4	27.3	27.5	27.7	27.9	28.2	27.5
24/1/45	22:00:00	27.1	28.2	28.2	28.8	28.6	26.91	28.6	28.2	28.44	28.4	27.3	27.5	27.7	27.9	28.2	27.3
24/1/45	22:30:00	27.1	28.2	28.2	28.8	28.6	26.91	28.6	28.2	28.05	28.4	27.3	27.5	27.7	27.9	28.2	26.9
24/1/45	23:00:00	27.1	28.2	28.2	28.8	28.6	26.91	28.6	28.2	28.05	28.2	27.3	27.5	27.7	27.9	28.2	26.3
24/1/45	23:30:00	27.1	28.2	28.2	28.55	28.6	26.91	28.6	28.2	28.05	28.2	27.3	27.5	27.7	27.9	28.2	26.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

25 - 26 ม.ค. 2545 ทดลองบ่อเล็ก - กลาง - ใหญ่ กรณีดูการระเหยแต่ละรูปแบบ																	
		บ่อขนาด 0.60*1.0ม.					บ่อขนาด0.90*1.0ม.					บ่อขนาด1.2*1.0ม.					
		รายละเอียดช่องสัญญาณ										ยก					
Date	Time	บ่อเล็ก ระดับ-2.00ม.	บ่อเล็ก ระดับ-1.50ม.	บ่อเล็ก ระดับ-1.00ม.	บ่อเล็ก ระดับ-0.50ม.	บ่อเล็ก ระดับ0.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-2.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-1.50ม.	บ่อกลาง ระดับ-1.00ม.	บ่อกลาง ระดับ-0.50ม.	บ่อกลาง ระดับ0.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-2.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-1.50ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-1.00ม.	บ่อใหญ่ ระดับ-0.50ม.	บ่อใหญ่ ระดับ0.00ม.	อุณหภูมิ อากาศ
25/1/45	0:00:00	27.9	28.6	28.7	29.2	27.6	27.8	28.2	28.4	28.7	27.2	27	28.2	28.2	28.57	26.7	25.1
25/1/45	0:30:00	27.9	28.6	28.7	29	27.8	27.8	28.2	28.4	28.7	27.2	27	28.2	28.2	28.56	26.7	25.1
25/1/45	1:00:00	27.9	28.6	28.7	29	27.6	27.8	28	28.4	28.7	27.1	27	28.2	28.2	28.5	26.7	24.9
25/1/45	1:30:00	27.9	28.8	28.7	29	27.5	27.6	28.2	28.2	28.7	27.1	27	28.2	28.2	28.5	26.7	24.7
25/1/45	2:00:00	27.9	28.6	28.7	28.8	27.2	27.6	28.4	28.2	28.5	26.9	27	28.2	28.2	28.47	26.7	24.9
25/1/45	2:30:00	27.9	28.6	28.5	28.8	27.4	27.6	28.2	28.2	28.5	26.9	27	28.2	28.2	28.5	26.7	24.9
25/1/45	3:00:00	27.9	28.4	28.5	28.8	27.4	27.6	28	28.2	28.5	27.02	27	28.2	28	28.5	26.7	24.5
25/1/45	3:30:00	27.9	28.6	28.5	28.8	27.1	27.6	28.2	28	28.5	26.86	27	28.2	28	28.3	26.7	23.9
25/1/45	4:00:00	27.9	28.4	28.5	28.8	27	27.5	28.2	28	28.5	26.94	26.9	28	28	28.3	26.7	23.9
25/1/45	4:30:00	27.9	28.4	28.5	28.8	27.2	27.5	28.2	28	28.3	26.9	26.9	28	28	28.1	26.69	23.5
25/1/45	5:00:00	27.9	28.6	28.5	28.8	27.1	27.5	28	28	28.3	26.9	26.9	28	28	28.1	26.55	23.3
25/1/45	5:30:00	27.9	28.4	28.5	28.6	27.14	27.5	28	28	28.3	26.9	26.9	27.8	27.8	28.1	26.72	23.1
25/1/45	6:00:00	27.9	28.4	28.5	28.6	27.1	27.5	28	28	28.2	26.94	26.9	27.8	27.8	28.1	26.72	22.9
25/1/45	6:30:00	27.8	28.4	28.3	28.6	26.8	27.3	27.8	28	28.2	26.61	26.6	27.8	27.8	28.1	26.33	23.2
25/1/45	7:00:00	27.8	28.2	28.3	28.6	26.8	27.3	28	28	28.2	26.61	26.6	27.6	27.8	27.93	26.38	23.2
25/1/45	7:30:00	27.8	28.2	28.3	28.6	26.7	27.3	28	27.8	28.2	26.4	26.4	27.6	27.8	28.06	26.38	23.1
25/1/45	8:00:00	27.6	28.2	28.3	28.6	26.7	27.1	27.8	27.8	28.2	26.4	26.4	27.5	27.6	28.06	26	23.7
25/1/45	8:30:00	27.6	28.2	28.3	28.8	27.2	27.1	27.8	27.8	28.5	26.8	26.4	27.5	27.6	28.1	26	24.7
25/1/45	9:00:00	27.6	28.2	28.1	28.8	27.7	27.1	27.6	27.8	28.5	27.1	26.7	27.5	27.6	28.2	26.8	25.47
25/1/45	9:30:00	27.6	28	28.1	28.8	27.6	27.1	27.8	27.8	28.5	27.31	26.9	27.5	27.6	28.35	27.14	26.9
25/1/45	10:00:00	27.6	28.2	28.1	28.8	28.3	26.9	27.4	27.8	28.5	28	26.9	27.5	27.6	28.35	27.68	27.76
25/1/45	10:30:00	27.4	28.2	28.1	28.8	28.8	26.9	28	27.8	28.5	28	26.6	27.6	27.4	28.3	27.9	29.4
25/1/45	11:00:00	27.4	28.2	28.1	28.8	29	26.9	28.04	27.8	28.5	28.5	26.6	27.7	27.4	28.3	27.9	30.2
25/1/45	11:30:00	27.4	28.2	28.1	28.8	29	26.9	27.8	27.8	28.5	28.8	26.6	27.7	27.4	28.1	28.1	31.2
25/1/45	12:00:00	27.4	28.2	28.1	28.8	29	26.9	28	27.8	28.5	28.8	26.6	27.81	27.4	28.1	28.1	31.4
25/1/45	12:30:00	27.4	28	28.1	28.8	29.4	26.9	28.15	27.8	28.5	29	26.6	27.85	27.4	28.1	28.3	31.6

25/1/45	13:00:00	27.4	28.2	28.1	28.8	29.6	26.9	28.27	27.8	28.5	29.3	26.6	27.97	27.4	28.1	28.3	32
25/1/45	13:30:00	27.4	28.2	28.1	28.8	30	26.9	28.31	27.8	28.5	29.2	26.6	27.97	27.4	28.1	28.3	32
25/1/45	14:00:00	27.4	28.2	28.1	28.8	30	26.9	28.12	27.8	28.5	29.2	26.9	27.81	27.4	28.1	28.7	32.7
25/1/45	14:30:00	27.4	27.8	28.3	28.8	30	26.9	28	27.8	28.5	29.26	26.9	27.7	27.4	28.1	28.7	32.4
25/1/45	15:00:00	27.4	28.2	28.3	28.8	30	26.9	28.12	27.8	28.5	29.25	26.9	27.7	27.4	28.1	28.7	32.4
25/1/45	15:30:00	27.4	28.2	28.3	28.8	30.1	26.9	28.04	27.8	28.5	29.23	27.1	27.9	27.4	28.1	28.9	32.4
25/1/45	16:00:00	27.4	28.2	28.3	28.8	30.1	26.9	28	27.8	28.5	29.23	27.1	27.9	27.4	28.1	28.9	32.4
25/1/45	16:30:00	27.4	28.2	28.3	28.8	30.1	27.1	28	27.8	28.5	29.23	27.1	27.9	27.4	28.1	28.7	32
25/1/45	17:00:00	27.4	28.2	28.3	28.6	29.8	27.1	28	27.8	28.5	29.19	27.1	27.9	27.7	28.1	28.7	32
25/1/45	17:30:00	27.6	28	28.3	28.6	29.7	27.1	27.8	27.8	28.54	29.19	27.1	28.1	27.7	28.1	28.7	31.4
25/1/45	18:00:00	27.6	28	28.3	28.6	29.6	27.1	27.72	27.8	28.5	28.96	27.1	27.27	27.6	28	28.55	30.6
25/1/45	18:30:00	27.6	28.2	28.3	28.6	29.5	27.1	28	27.8	28.5	28.97	27.1	27.68	27.6	28	28.5	29.6
25/1/45	19:00:00	27.8	28	28.3	28.6	28.92	27.1	27.76	27.8	28.5	28.8	27.1	27.47	27.8	28	28.59	28.2
25/1/45	19:30:00	27.8	28.2	28.3	28.6	29	27.3	27.8	27.8	28.5	28.6	26.8	27.6	27.8	28	28.3	28.02
25/1/45	20:00:00	27.8	28.2	28.3	28.6	28.9	27.3	27.8	27.8	28.17	28.58	27.1	27.6	27.8	28.1	28.3	28
25/1/45	20:30:00	27.8	28.2	28.3	28.6	28.7	27.3	27.8	27.8	28.1	28.38	27.1	27.6	27.8	28.4	28.3	27.5
25/1/45	21:00:00	27.8	28.2	28.3	28.6	28.6	27.3	27.8	27.8	28.15	28.4	27.1	27.6	28	28	27.94	27.6
25/1/45	21:30:00	27.8	28.2	28.3	28.6	28.4	27.3	27.8	27.6	28.02	28.16	27.1	27.6	28	27.83	28	27.39
25/1/45	22:00:00	27.8	28.4	28.3	28.6	28.4	27.3	27.8	27.6	27.95	28.19	27.1	27.6	28	27.91	28	27.3
25/1/45	22:30:00	27.8	28.2	28.3	28.6	28.1	27.3	27.8	27.6	27.82	27.91	27.1	27.6	28	27.64	27.72	27.3
25/1/45	23:00:00	27.8	28.2	28.3	28.6	28	27.3	27.8	27.6	27.77	27.8	27.1	27.6	28	27.55	27.6	27.1
25/1/45	23:30:00	27.8	28.2	28.3	28.6	27.8	27.3	27.8	27.6	27.62	27.69	27.1	27.6	28	27.58	27.52	26.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

27 ม.ค. 2545 บ่อใหญ่ ระบบเปิดบ่อ กรณี ผลอุณหภูมิห้อง เมื่อปริมาตรคงที่ ระบบการระเหยเปลี่ยน														
บ่อขนาด1.2*1.0ม. : บ่อเปิดประกบห้องโฟม														
รายละเอียดช่องสัญญาณ														
Date	Time	ระดับ-2.00ม.	ระดับ-1.50ม.	ระดับ-1.00ม.	ระดับ-0.50ม.	ระดับ0.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-2.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-2.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-1.50ม	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-1.50ม	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-1.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-1.00ม.	อุณหภูมิห้อง ระดับ1.50ม.	อุณหภูมิอากาศ
27/1/45	0:00:00	28.8	28.6	28.43	28.4	28.2	27.75	29.2	28.4	29.8	28.8	30.5	30.14	26.7
27/1/45	0:30:00	28.8	28.6	28.6	28.4	28.17	27.69	28.8	28.2	29.4	28.6	30.1	29.66	26.7
27/1/45	1:00:00	28.8	28.6	28.6	28.4	28.14	27.63	28.6	28.2	29	28.4	29.7	29.37	26.5
27/1/45	1:30:00	28.8	28.8	28.6	28.4	28.14	27.48	28.4	28	28.8	28.2	29.3	29.05	26.5
27/1/45	2:00:00	28.8	28.8	28.6	28.4	28.17	27.54	28.2	27.8	28.4	28.4	28.9	28.8	26.3
27/1/45	2:30:00	28.8	28.8	28.6	28.4	28.26	27.48	28	27.8	28.2	28	28.5	28.6	26.5
27/1/45	3:00:00	28.8	28.8	28.4	28.4	28.26	27.4	28	27.8	28	28	28.3	28.4	26.3
27/1/45	3:30:00	29	28.8	28.4	28.4	28.29	27.25	27.8	27.6	28.2	27.8	28.1	28.16	26.5
27/1/45	4:00:00	29	28.8	28.4	28.4	28.26	27.16	27.8	27.48	28	27.8	27.9	27.84	26.3
27/1/45	4:30:00	29.09	28.8	28.4	28.4	28.26	27.07	27.6	27.4	27.8	27.6	27.9	27.8	26.1
27/1/45	5:00:00	29.03	28.8	28.4	28.4	28.4	27.08	27.6	27.4	27.8	27.4	27.7	27.8	25.9
27/1/45	5:30:00	29	28.8	28.4	28.4	28.4	27	27.4	27.2	27.8	27.2	28	27.6	25.5
27/1/45	6:00:00	29	28.8	28.4	28.4	28.4	27.25	27.65	27.45	27.85	27.45	28.05	27.7	25.1
27/1/45	6:30:00	29	28.8	28.4	28.4	28.4	27.35	27.95	27.75	28.35	27.55	28.3	28.08	25.1
27/1/45	7:00:00	28.74	28.8	28.4	28.2	28.4	27.6	28	28	28.4	27.8	28.35	28.12	24.7
27/1/45	7:30:00	28.5	28.6	28.4	28.2	28.4	27.6	28	27.8	28.6	27.8	28.35	28.14	24.7
27/1/45	8:00:00	28.5	28.6	28.4	28.2	28.6	27.8	28.2	28	28.6	27.8	28.4	28.29	25.1
27/1/45	8:30:00	28.56	28.6	28.2	28.2	28.8	27.8	28.2	28	28.6	27.8	28.4	28.4	25.9
27/1/45	9:00:00	28.56	28.6	28.4	28.2	29	27.8	28.2	28	28.6	28	28.4	28.6	27.3
27/1/45	9:30:00	28.5	28.6	28.4	28.75	29.4	27.8	28.4	28	28.6	28	28.6	29	28.2
27/1/45	10:00:00	28.4	28.7	28.4	28.9	29.6	27.8	28.4	28	28.8	28	28.6	29.4	29.6
27/1/45	10:30:00	28.4	28.8	28.4	29.13	29.6	27.8	28.4	28	28.44	28.2	28.8	29.8	29
27/1/45	11:00:00	28.12	28.8	28.4	29.6	30.8	27.8	28.6	28	28.6	28.4	28.8	30	30.11
27/1/45	11:30:00	28	28.8	28.6	29.57	31	28	28.6	28.2	28.53	28.4	28.8	30	31.5

27/1/45	12:00:00	27.8	28.6	28.6	29.8	31.4	28	28.8	28.2	28.66	28.4	29	30.4	31.6
27/1/45	12:30:00	27.86	28.8	28.6	29.86	31.4	28	28.8	28.2	28.53	28.4	29	30.67	31.9
27/1/45	13:00:00	27.86	28.8	28.8	29.97	31.6	28	28.8	28.2	28.53	28.6	29	30.77	32.2
27/1/45	13:30:00	27.8	28.8	28.8	30	31.6	28	28.8	28.4	28.8	28.6	29.2	30.93	32.7
27/1/45	14:00:00	27.8	28.8	28.8	29.97	31.62	28	28.8	28.4	28.84	28.8	29.2	30.87	32.7
27/1/45	14:30:00	27.8	28.8	28.8	30.03	31.6	28	29	28.4	28.84	28.8	29.4	31	32.6
27/1/45	15:00:00	27.8	28.8	29	29.83	31.4	28	29	28.4	28.88	28.8	29.4	31.2	32.1
27/1/45	15:30:00	28	29	29	30.03	31.6	28	29.2	28.44	28.8	29	29.6	31.2	31.7
27/1/45	16:00:00	28	29	29	30.03	31.6	28.2	29	28.6	28.8	29	29.6	30.7	31
27/1/45	16:30:00	28.2	29	29	29.8	31.2	28.2	29	28.6	29	29	29.6	30.5	30.4
27/1/45	17:00:00	28.4	29	29	29.8	30	28.2	29	28.6	29.2	28.8	29.6	30.6	29.6
27/1/45	17:30:00	28.7	29.2	29	29.8	29	28.2	29	28.8	29.2	28.8	29.4	30.2	29.2
27/1/45	18:00:00	28.7	29.2	29	29.8	29	28.2	28.8	28.8	29	28.8	29.4	30	29.18
27/1/45	18:30:00	28.83	29	29.2	29.6	28.8	28.2	28.8	28.8	29	28.6	29.4	29.8	28.8
27/1/45	19:00:00	28.8	29.2	29.2	29.6	28.8	28.2	28.8	28.8	28.8	28.6	29.4	29.6	28.8
27/1/45	19:30:00	28.8	29.2	29.2	29.6	28.8	28.2	28.8	28.8	29	28.6	29.2	29.6	28.4
27/1/45	20:00:00	28.8	29.2	29.2	29.4	28.6	28.2	28.8	28.84	29.1	28.4	29.2	29.4	28.4
27/1/45	20:30:00	28.8	29.2	29.2	29.4	28.4	28.2	28.8	28.8	29.2	28.4	29.2	29.2	28
27/1/45	21:00:00	28.8	29.2	29.2	29	28.4	28.2	28.6	28.8	29	28.4	29.2	29.2	28
27/1/45	21:30:00	28.6	29.2	29.2	29	28.4	28.2	28.6	28.8	29	28.4	29.2	29	27.8
27/1/45	22:00:00	28.6	29.2	29.2	29	28	28.2	28.6	28.8	29	28.4	29.2	29	27.6
27/1/45	22:30:00	28.6	29.2	29.2	29.2	28	28.2	28.6	28.8	29	28.4	29	29	27.5
27/1/45	23:00:00	28.6	29.4	29.2	29	28.2	28.2	28.6	28.8	29	28.4	29	28.8	27.5
27/1/45	23:30:00	28.6	29.4	29	29	28.2	28.2	28.4	28.8	29.2	28.2	29	28.8	27.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

28 ม.ค. 2545 บ่อใหญ่ ระบบปิดบ่อ กรณี ผลอุณหภูมิห้อง เมื่อปริมาตรคงที่ ระบบการระเหยเปลี่ยน														
บ่อขนาด1.2*1.0ม. : บ่อปิดประกบห้องโฟม														
		รายละเอียดช่องสัญญาณ												
Date	Time	ระดับ-2.00ม.	ระดับ-1.50ม.	ระดับ-1.00ม.	ระดับ-0.50ม.	ระดับ0.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-2.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-2.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-1.50ม	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-1.50ม	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-1.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-1.00ม.	อุณหภูมิห้อง ระดับ 1.50ม.	อุณหภูมิอากาศ
28/1/45	0:00:00	28.8	29.4	29	29	28.2	28.2	28.4	28.6	28.5	29	29	28.8	27.3
28/1/45	0:30:00	28.8	29.4	29	29	28.2	28.2	28.4	28.6	28.5	29	29	28.8	26.9
28/1/45	1:00:00	28.8	29.4	29	29	28	28.2	28.4	28.6	28.5	29	28.8	28.6	26.9
28/1/45	1:30:00	28.8	29.4	29	29	28	28.2	28.4	28.6	28.5	29	28.8	28.6	26.7
28/1/45	2:00:00	28.8	29.2	29	29	28	28.2	28.4	28.6	28.5	29.2	28.8	28.4	26.7
28/1/45	2:30:00	28.8	29.2	29	29	28	28.2	28.4	28.6	28.5	29.2	28.8	28.4	26.3
28/1/45	3:00:00	28.8	29.2	29	29	28	28.2	28.4	28.6	28.5	29	28.8	28.4	26.1
28/1/45	3:30:00	28.8	29.2	29	29	28	28.2	28.2	28.6	28.4	29	28.8	28.2	25.7
28/1/45	4:00:00	28.8	29.2	29	29	28	28.2	28.2	28.4	28.31	29.2	28.6	28.2	25.7
28/1/45	4:30:00	28.8	29.2	29	28.8	28	28	28.2	28.4	28.31	29.2	28.6	28.4	25.5
28/1/45	5:00:00	28.8	29.4	29	28.8	27.8	28	28.2	28.4	28.27	29	28.6	28.31	25.1
28/1/45	5:30:00	28.8	29.2	29	28.8	28	28	28	28.4	28.2	29.2	28.6	28.3	25.1
28/1/45	6:00:00	28.8	29.2	29	28.8	27.8	28	28	28.4	28.2	29	28.6	28.3	24.9
28/1/45	6:30:00	28.8	29.2	29	28.8	28	28	28	28.4	28.2	29	28.4	28.3	24.9
28/1/45	7:00:00	28.8	29.2	29	28.8	28	28	28	28.4	27.8	29	28.4	28.1	24.7
28/1/45	7:30:00	28.8	29.2	28.8	28.8	28	28	28	28.4	27.8	29	28.4	28.1	24.9
28/1/45	8:00:00	28.8	29.2	28.8	28.8	28.2	28	28	28.4	27.8	28.8	28.4	28.3	25.5
28/1/45	8:30:00	28.8	29.2	28.8	28.8	28.4	28	28	28.4	28	28.8	28.4	28.5	25.9
28/1/45	9:00:00	28.8	29.2	28.8	28.8	28.4	28	28.2	28.4	28	29	28.6	28.6	26.9
28/1/45	9:30:00	28.8	29.2	28.8	28.8	28.8	28	28.2	28.4	28.2	29	28.8	29	28.2
28/1/45	10:00:00	28.8	29	28.8	28.8	29.2	28	28.4	28.4	28.2	28.8	28.8	29.4	29.6
28/1/45	10:30:00	28.8	29	28.8	28.8	29	28	28.4	28.4	28.4	28.8	29	29.8	30.3
28/1/45	11:00:00	28.8	29.2	28.8	28.8	29.4	28	28.4	28.4	28.4	29	28.8	29.6	30.6
28/1/45	11:30:00	28.8	29	28.8	28.8	29.4	28	28.6	28.4	28.4	29	29	29.8	31.3
28/1/45	12:00:00	28.8	29	28.8	28.8	29.6	28	28.6	28.4	28.4	29	29	29.8	31.6

28/1/45	12:30:00	28.8	29	28.8	28.8	29.4	28	28.6	28.4	28.4	28.8	29	29.97	32
28/1/45	13:00:00	28.8	29.2	28.8	28.8	29.6	28	28.8	28.4	28.6	29	29.2	30	32.4
28/1/45	13:30:00	28.8	29	28.8	28.8	30.2	28	28.8	28.4	28.8	29.2	29.2	30.5	32.9
28/1/45	14:00:00	28.8	29	29	28.8	29.8	28	28.8	28.4	28.8	29	29.4	30.54	32.9
28/1/45	14:30:00	28.8	29	29	28.8	30	28	28.8	28.4	28.8	29	29.4	30.4	32.6
28/1/45	15:00:00	28.8	29	29	28.8	30.2	28	28.8	28.4	28.8	28.8	29.4	30.8	32.2
28/1/45	15:30:00	28.8	29	28.8	28.8	30.2	28	29	28.4	29	29.2	29.4	30.8	32.2
28/1/45	16:00:00	28.8	29.2	29	29	30.2	28	29	28.6	29	28.8	29.6	30.8	32
28/1/45	16:30:00	28.8	29	29	29	30	28	29	28.6	28.8	29	29.4	30.6	31.6
28/1/45	17:00:00	28.8	29	29	29	30.2	28	28.8	28.6	28.8	29.2	29.4	30.2	31
28/1/45	17:30:00	28.8	29	29	29	30	28	28.8	28.6	28.8	29	29.4	30	30.8
28/1/45	18:00:00	28.8	29	29	29	30.2	28	28.8	28.6	28.8	29	29.4	29.8	30.2
28/1/45	18:30:00	28.8	29.2	29	29	29.8	28	28.8	28.6	28.6	29	29.2	29.6	29.4
28/1/45	19:00:00	28.8	29.2	29	29.2	29.6	28	28.6	28.6	28.6	29	29.2	29.4	29
28/1/45	19:30:00	28.8	29.2	29	29.2	29.6	28	28.6	28.6	28.6	29.2	29.2	29.2	28.6
28/1/45	20:00:00	28.8	29.2	29	29.2	29.4	28	28.6	28.6	28.4	29.2	29	29	28.2
28/1/45	20:30:00	28.8	29.2	29	29.2	29.2	28	28.6	28.6	28.4	29.2	29	29	28
28/1/45	21:00:00	28.8	29.2	29	29.2	29.2	28	28.4	28.6	28.4	29	29	28.8	27.6
28/1/45	21:30:00	28.8	29.2	29	29.2	29	28	28.4	28.6	28.4	29	29	28.8	27.5
28/1/45	22:00:00	28.8	29.2	29	29.4	29	28	28.4	28.6	28.2	29	28.8	28.8	27.1
28/1/45	22:30:00	28.8	29.2	29	29.4	28.8	28	28.4	28.6	28.2	29	28.8	28.6	26.9
28/1/45	23:00:00	28.8	29.2	29	29.4	28.8	28	28.4	28.6	28.2	29	28.8	28.4	26.5
28/1/45	23:30:00	28.8	29.2	29	29.4	28.8	28	28.2	28.6	28	29	28.8	28.4	26.3
	sum	1382.4	1399.8	1389.2	1390.2	1389.6							1399.42	1361.2

6951.2	28.96	เฉลี่ยน้ำ

เฉลี่ยห้อง	เฉลี่ยอากาศ
29.15	28.36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

29 ม.ค. 2545 บ่อใหญ่ ระบบบังแดดบ่อ กรณี ผลอุณหภูมิห้อง เมื่อปริมาตรคงที่ ระบบการระเหยเปลี่ยน														
บ่อขนาด1.2*1.0ม. : บ่อบังเงาประกบห้องโฟม														
รายละเอียดช่องสัญญาณ														
Date	Time	ระดับ-2.00ม.	ระดับ-1.50ม.	ระดับ-1.00ม.	ระดับ-0.50ม.	ระดับ0.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-2.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-2.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-1.50ม	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-1.50ม	ผนัง ค.ส.ล ด้านน้ำ ระดับ-1.00ม.	ผนัง ค.ส.ล ด้านห้องโฟม ระดับ-1.00ม.	อุณหภูมิห้อง ระดับ 1.50ม.	อุณหภูมิอากาศ
29/1/45	0:00:00	28.8	29.4	29	29.2	29.1	28	28	28.2	28.2	28.8	28.9	28.2	26.6
29/1/45	0:30:00	28.8	29.2	29	29	29.4	28	28	28.2	28.2	28.8	28.9	28.4	26.8
29/1/45	1:00:00	28.8	29.2	29	29	29.4	28	28	28.2	28.2	28.8	29.1	28.2	26.4
29/1/45	1:30:00	29	29.4	29	29	29.2	28	28	28.2	28.2	28.6	28.9	28	26.4
29/1/45	2:00:00	28.8	29.2	29	28.8	29.2	28	28.2	28	28	28.6	28.9	28	25.8
29/1/45	2:30:00	29	29.2	28.8	28.8	29.2	28	28.2	28	28	28.6	28.9	28	26.2
29/1/45	3:00:00	28.8	29	28.8	28.8	29.2	28	28.2	28	28	28.6	28.9	28	26
29/1/45	3:30:00	28.8	29.2	28.8	28.8	29.2	27.8	28	28	28	28.4	28.9	28.3	25.6
29/1/45	4:00:00	28.8	29	28.8	28.8	29.2	27.8	28	28	28	28.4	28.7	28.3	25.4
29/1/45	4:30:00	28.8	29	28.8	28.8	29.2	27.8	28	28	28	28.4	28.7	28.1	25.2
29/1/45	5:00:00	28.8	29.2	28.8	28.8	29	27.6	28	28	28	28.4	28.7	28.1	25.2
29/1/45	5:30:00	28.8	29	28.8	28.6	29	27.6	28	27.8	27.8	28.2	28.7	28	24.8
29/1/45	6:00:00	28.8	29	28.8	28.6	29	27.6	28	27.8	27.8	28.2	28.7	28	24.6
29/1/45	6:30:00	28.6	29	28.6	28.6	29	27.5	28	27.8	27.8	28.2	28.7	28	24.6
29/1/45	7:00:00	28.6	28.8	28.6	28.6	29	27.5	28	27.6	27.6	28	28.7	27.8	24.6
29/1/45	7:30:00	28.6	28.8	28.6	28.6	28.8	27.5	28	27.8	27.8	28	28.7	27.8	25.2
29/1/45	8:00:00	28.4	28.8	28.6	28.6	28.8	27.8	27.5	27.8	27.8	28	28.5	28	25.4
29/1/45	8:30:00	28.4	28.8	28.6	28.4	28.8	27.8	27.6	27.8	27.8	28.2	28.7	27.8	26.2
29/1/45	9:00:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	27.6	27.8	27.8	28.2	28.7	28	27.2
29/1/45	9:30:00	28.4	28.6	28.4	28.4	28.8	27.8	27.6	27.8	27.8	28.2	28.4	28	27.8
29/1/45	10:00:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	27.8	28	28	28.4	28.6	28.6	28.3
29/1/45	10:30:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28	28.2	28.2	28.4	28.4	29.2	29.3
29/1/45	11:00:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28.2	28.2	28.2	28.6	28.8	29.8	30.3
29/1/45	11:30:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28.2	28.4	28.4	28.8	28.4	30.14	30.7
29/1/45	12:00:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28.4	28.4	28.4	28.8	28.8	30	31.5

29/1/45	12:30:00	28.4	28.6	28.4	28.4	28.8	27.8	28.4	28.4	28.4	28.8	28.8	30.37	32.3
29/1/45	13:00:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28.6	28.6	28.6	29	28.8	30.53	32.7
29/1/45	13:30:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28.6	28.8	28.8	29	28.4	30.71	33
29/1/45	14:00:00	28.4	28.8	28.4	28.4	28.8	27.8	28.8	28.8	28.8	29.2	28.8	31	33
29/1/45	14:30:00	28.4	28.4	28.6	28.4	28.8	27.8	28.8	28.8	28.8	29.4	28.8	31.2	32.9
29/1/45	15:00:00	28.4	28.8	28.6	28.4	28.8	27.8	28.8	28.8	28.8	29.4	28.4	31.2	32.2
29/1/45	15:30:00	28.4	28.8	28.6	28.4	29	27.8	28.8	28.8	28.8	29.4	28.4	31	32
29/1/45	16:00:00	28.4	28.8	28.6	28.4	29	27.8	28.8	28.8	28.8	29.4	28.6	30.8	32
29/1/45	16:30:00	28.4	28.8	28.6	28.4	29	28	28.8	28.8	28.8	29.4	28.8	31	31.8
29/1/45	17:00:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	27.8	28.8	28.8	28.8	29.4	28.8	30.6	31.2
29/1/45	17:30:00	28.4	28.6	28.6	28.6	29	28	28.6	28.8	28.8	29.2	28.8	30	31
29/1/45	18:00:00	28.4	28.6	28.6	28.6	29	28	28.4	28.6	28.6	29	28.8	29.6	30.8
29/1/45	18:30:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	28	28.4	28.6	28.6	29	28.8	29.4	30
29/1/45	19:00:00	28.4	28.6	28.6	28.6	29	28	28.4	28.6	28.6	29	28.8	29.4	29.4
29/1/45	19:30:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	28	28.4	28.6	28.6	29	28.8	29.4	29
29/1/45	20:00:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	28	28.4	28.6	28.6	28.8	28.8	29.2	28.8
29/1/45	20:30:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	28	28.4	28.4	28.4	28.8	28.8	29	28.4
29/1/45	21:00:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	28	28.2	28.4	28.4	28.8	28.8	29	28.2
29/1/45	21:30:00	28.4	28.8	28.6	28.6	29	27.8	28.2	28.4	28.4	28.8	28.8	28.8	28
29/1/45	22:00:00	28.4	29	28.6	28.6	29	28	28.2	28.4	28.4	28.8	28.8	28.6	27.8
29/1/45	22:30:00	28.4	28.8	28.6	28.6	28.8	27.8	28	28.2	28.2	28.8	28.8	28.4	27.5
29/1/45	23:00:00	28.4	28.8	28.6	28.6	28.8	27.8	28	28.2	28.2	28.6	28.8	28.4	27.3
29/1/45	23:30:00	28.4	28.8	28.6	28.6	28.8	27.8	28	28.2	28.2	28.6	28.8	28.2	26.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11 ก.พ. 2545 ห้องดูปลาสัมผัสบ่อปลาเปล่า กรณี ทดสอบอาคารจริง															
ห้องดูปลาประกบบ่อเปล่ากลางแจ้ง															
		อุณหภูมิอากาศ ในแต่ละระดับ				อุณหภูมิที่ผนัง ในแต่ละระดับ									
Date	Time	ระดับ-1.60ม.	ระดับ-1.00ม.	ระดับ-0.80ม.	ระดับ 0.00ม.	ผนัง ค.ส.ล นอก น้ำระดับ-1.60ม.	ผนัง ค.ส.ล ในห้อง ระดับ-1.60ม.	ผนัง ค.ส.ล นอกน้ำระดับ-1.00ม	ผนัง ค.ส.ล ในห้องระดับ-1.00ม	ผนัง ค.ส.ล นอกน้ำระดับ-0.80ม.	ผนัง ค.ส.ล ในห้อง ระดับ-0.80ม.	ผนังกระจก นอกน้ำ ระดับ-1.00ม	ผนังกระจก ในห้อง ระดับ-1.00ม	อุณหภูมิห้อง ระดับ 1.50ม.	อุณหภูมิอากาศ
11/2/45	0:00:00	19.8	19.4	19	18.4	22.2	23.5	23.1	24.1	20.6	22.2	23.5	25.9	24.7	18.4
11/2/45	0:30:00	18.6	18	17.8	17.3	22	23.5	22.7	24.1	20.2	22	23.1	25.9	24.5	17.3
11/2/45	1:00:00	19.8	19.2	19	18.4	22	23.5	22.7	24.1	20.2	22	23.1	25.7	24.3	18.4
11/2/45	1:30:00	18.8	18	17.8	17.3	21.8	23.5	22.5	23.9	20	21.8	22.9	25.7	24.3	17.3
11/2/45	2:00:00	19.2	18.6	18.4	17.8	21.8	23.5	22.5	23.9	20	21.6	22.7	25.5	24.1	17.8
11/2/45	2:30:00	19	18.2	18	17.3	21.6	23.5	22.2	23.7	19.6	21.4	22.5	25.3	24.1	17.3
11/2/45	3:00:00	19.2	18.4	18.2	17.6	21.6	23.5	22.2	23.7	19.6	21.2	22.5	25.1	23.9	17.6
11/2/45	3:30:00	19.4	18.6	18.4	17.8	21.6	23.5	22.2	23.5	19.6	21.2	22.4	24.9	23.7	17.8
11/2/45	4:00:00	19	18.2	18	17.3	21.4	23.3	22	23.5	19.4	21.2	22.2	24.9	23.7	17.3
11/2/45	4:30:00	18.8	18	17.8	17.3	21.4	23.3	21.8	23.3	19.4	21	22	24.7	23.5	17.3
11/2/45	5:00:00	18	17.1	16.5	15.9	21.2	23.3	21.8	23.3	19	20.8	22	24.5	23.5	15.9
11/2/45	5:30:00	17	15.5	15.1	14.5	20.8	23.3	21.4	23.1	18.8	20.6	21.6	24.3	23.3	14.5
11/2/45	6:00:00	17.8	16.3	16.1	15.3	20.8	23.3	21.4	23.1	18.6	20.4	21.4	24.3	23.3	15.3
11/2/45	6:30:00	17.6	15.7	15.1	14.3	20.6	23.1	21.2	22.9	18.2	20.2	21.2	24.1	23.1	14.3
11/2/45	7:00:00	17.6	16.1	15.7	15.1	20.6	23.1	21	22.7	18	20	21	23.9	22.9	15.1
11/2/45	7:30:00	18.9	17.3	16.9	16.3	20.6	23.1	21.2	22.7	18.2	20	21.2	23.7	22.9	16.3
11/2/45	8:00:00	20.5	18.4	18	17.5	21	23.1	21.2	22.5	18.8	20.2	21.2	23.5	22.9	17.5
11/2/45	8:30:00	21.8	19.6	19.4	19	21.2	23.1	21.6	22.5	19.4	20.6	21.6	23.5	22.9	19
11/2/45	9:00:00	23	21.4	21.6	21.2	21.6	23.1	22	22.5	20.4	21.4	22.2	23.5	23.3	21.2
11/2/45	9:30:00	24.3	22.7	22.9	23.5	22	23.1	22.4	22.5	21.6	22.2	22.5	23.3	23.5	23.5
11/2/45	10:00:00	25.6	23.1	23.5	23.5	22.2	23.1	22.5	22.5	22.4	22.7	22.9	23.3	23.7	23.5
11/2/45	10:30:00	27	24.7	25.1	25.1	22.5	23.1	23.1	22.5	23.3	23.5	23.3	23.3	23.9	25.1
11/2/45	11:00:00	28.6	26.7	27.5	27.5	22.9	23.1	23.5	22.5	24.3	24.5	24.1	23.5	24.5	27.5
11/2/45	11:30:00	29.7	28.8	30	30.4	23.5	23.3	24.3	22.7	25.9	25.7	24.9	23.5	25.1	30.4

11/2/45	12:00:00	34	31.2	32	32.4	23.7	23.3	24.7	22.9	27.1	26.7	25.3	23.7	25.3	32.4
11/2/45	12:30:00	33.7	31.8	32.2	32.5	24.1	23.3	25.3	22.9	28	27.6	25.9	23.9	25.7	32.5
11/2/45	13:00:00	33.4	32	31.6	31.8	24.5	23.5	25.7	23.1	28.8	28.4	26.3	24.1	25.9	31.8
11/2/45	13:30:00	32.7	31.4	32.5	32.7	24.7	23.5	25.9	23.3	29.6	29	26.7	24.3	26.3	32.6
11/2/45	14:00:00	32.8	31	31.6	31.6	24.9	23.5	26.3	23.5	29.8	29.4	26.9	24.7	26.3	31.6
11/2/45	14:30:00	32.2	30.8	31.6	32	25.1	23.5	26.5	23.5	30	29.6	27.3	24.9	26.5	32
11/2/45	15:00:00	31.4	30.6	31.6	32.9	25.1	23.5	26.5	23.7	30.2	29.8	27.3	25.1	26.9	32.9
11/2/45	15:30:00	31.3	30.2	30.8	33.5	25.1	23.7	26.7	23.9	30.2	29.8	27.5	25.3	26.9	33.5
11/2/45	16:00:00	30.2	29.8	30	33.1	25.1	23.7	26.5	24.1	29.6	29.4	27.3	25.5	26.7	33.1
11/2/45	16:30:00	28.6	29	29.2	29.6	25.1	23.7	26.5	24.1	29.4	29	27.1	25.7	26.7	29.6
11/2/45	17:00:00	26	27.1	27.6	27.6	23.3	23.7	25.9	24.3	28	28.2	26.7	25.9	26.5	27.6
11/2/45	17:30:00	23.5	25.7	26.1	26.1	22.5	23.7	25.7	24.3	26.9	27.5	26.3	25.9	26.5	26.1
11/2/45	18:00:00	22.2	24.1	24.3	23.9	22.2	23.9	25.1	24.3	25.7	26.5	25.7	25.9	26.1	23.9
11/2/45	18:30:00	21.6	23.3	23.5	23.1	22	23.9	24.5	24.5	24.7	25.5	25.5	26.1	25.9	23.1
11/2/45	19:00:00	21.1	22.9	23.1	22.5	22	23.9	24.3	24.3	23.9	24.9	25.3	26.1	25.7	22.5
11/2/45	19:30:00	20	22.5	22.7	22.2	22	23.9	24.1	24.3	23.5	24.7	25.1	26.1	25.7	22.2
11/2/45	20:00:00	19.4	21.6	21.6	21	22	23.9	23.7	24.3	23.1	24.3	24.7	26.1	25.7	21
11/2/45	20:30:00	19.5	21	21	20.4	21.8	23.7	23.5	24.3	22.5	23.9	24.5	26.1	25.5	20.4
11/2/45	21:00:00	19.8	21.4	21.2	20.8	21.8	23.7	23.5	24.1	22.5	23.5	24.5	26.1	25.3	20.8
11/2/45	21:30:00	19.8	21	21	20.4	21.6	23.7	23.3	24.1	22.2	23.5	24.3	25.9	25.1	20.4
11/2/45	22:00:00	19.4	20.8	20.8	20.2	21.6	23.7	23.3	23.9	22	23.3	24.1	25.9	25.1	20.2
11/2/45	22:30:00	19.2	20	19.8	19.2	21.4	23.7	23.1	23.9	21.6	22.9	23.9	25.9	24.9	19.2
11/2/45	23:00:00	19.6	20.2	20	19.4	21.4	23.7	22.9	23.7	21.4	22.7	23.7	25.7	24.9	19.4
11/2/45	23:30:00	19.4	19.8	19.6	19	21.4	23.7	22.9	23.7	21.2	22.5	23.7	25.7	24.7	19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12 ก.พ. 2545 ห้องดูปลาสัมผัสบ่อปลาใส่น้ำ กรณี ทดสอบอาคารจริง															
ห้องดูปลาประกบบ่อปลากลางแจ้ง															
		อุณหภูมิน้ำ ในแต่ละระดับ				อุณหภูมิที่ผนัง ในแต่ละระดับ									
Date	Time	ระดับ-1.60ม.	ระดับ-1.00ม.	ระดับ-0.80ม.	ระดับ 0.00ม.	ผนัง ค.ส.ล นอก น้ำระดับ-1.60ม.	ผนัง ค.ส.ล ในห้อง ระดับ-1.60ม.	ผนัง ค.ส.ล นอกน้ำระดับ-1.00ม	ผนัง ค.ส.ล ในห้องระดับ-1.00ม	ผนัง ค.ส.ล นอกน้ำระดับ-0.80ม.	ผนัง ค.ส.ล ในห้อง ระดับ-0.80ม.	ผนังกระจก นอกน้ำ ระดับ-1.00ม	ผนังกระจก ในห้อง ระดับ-1.00ม	อุณหภูมิห้อง ระดับ 1.50ม.	อุณหภูมิอากาศ
12/2/45	0:00:00	19.4	19.6	20	19.2	19.8	22.2	20	21.2	20	21	20.6	22.5	23.3	18.6
12/2/45	0:30:00	19.6	19.8	19.6	19	19.6	22.2	20.2	21.2	20	21	20.6	22.5	23.1	18
12/2/45	1:00:00	19.6	19.8	19.8	19	19.8	22	20	21.2	20	20.8	20.4	22.4	22.9	18.6
12/2/45	1:30:00	19.6	19.8	19.8	19	19.8	22.2	20.2	21.2	19.8	20.8	20.4	22.4	23.1	18
12/2/45	2:00:00	19.8	19.8	19.6	19	19.8	22.2	20.2	21.2	19.8	20.8	20.4	22.4	22.9	18.4
12/2/45	2:30:00	20	19.8	19.6	19	19.8	22.2	20	21.2	19.8	20.8	20.4	22.2	22.9	18.2
12/2/45	3:00:00	20	19.8	19.6	18.8	19.8	22	20.2	21.2	19.8	20.6	20.2	22.2	22.7	18.4
12/2/45	3:30:00	20	19.6	19.6	18.8	19.8	22	20.2	21	19.8	20.6	20.2	22	22.7	18.2
12/2/45	4:00:00	20.2	19.8	19.8	18.8	19.8	22	20.2	21	19.6	20.4	20.2	22	22.5	18.2
12/2/45	4:30:00	20.2	19.6	19.4	18.8	19.8	22	20.2	21	19.6	20.4	20.2	22	22.5	17.8
12/2/45	5:00:00	20	19.6	19.4	18.8	19.8	22	20.2	21	19.6	20.4	20.2	21.8	22.4	17.8
12/2/45	5:30:00	20	19.6	19.8	18.8	19.6	22	20.2	21	19.6	20.2	20.2	21.8	22.2	15.7
12/2/45	6:00:00	20	19.6	19.6	18.8	19.8	22	20.2	20.8	19.4	20.2	20.2	21.6	22	15.5
12/2/45	6:30:00	20	19.6	19.8	18.6	19.6	22	20.2	20.8	19.4	20.2	20	21.6	22.2	16.5
12/2/45	7:00:00	20	19.6	19.8	18.4	19.6	21.8	20	20.8	19.4	20.2	20	21.6	22	17
12/2/45	7:30:00	20	19.6	19.4	18	19.6	22	20	20.8	19.4	20.2	20	21.4	22	17.8
12/2/45	8:00:00	19.8	19.4	19.2	17.8	19.6	21.8	20	20.6	19.4	20	20	21.4	22	18.8
12/2/45	8:30:00	17.2	18	18	17.6	18.8	22.5	19	21.2	18.2	20.45	19.4	22.5	22.4	19.6
12/2/45	9:00:00	17.4	18	18.4	17.8	18.8	22.5	19	21.2	18.2	20.4	19.4	22.4	22.4	21.8
12/2/45	9:30:00	17.4	18	18	18.2	18.8	22.4	19.2	21	18.4	20.4	19.2	22.2	22.2	23.5
12/2/45	10:00:00	17.6	18.2	18.4	18.2	18.8	22.4	18.8	21	18.4	20.4	19.2	22	22.2	25.7
12/2/45	10:30:00	17.6	18.2	18.6	19	18.8	22.4	19.2	20.8	18.6	20.18	19.2	21.8	22.2	27.3
12/2/45	11:00:00	17.8	18.2	18.8	20.4	18.8	22.4	19	20.8	18.8	20.27	19.2	21.8	22.2	28
12/2/45	11:30:00	17.8	18.4	18.8	21.2	18.8	22.4	19.2	20.8	18.8	20	19.2	21.6	22.2	28
12/2/45	12:00:00	18.2	18.4	19.2	22	18.8	22.2	19.2	20.6	18.8	20	19.4	21.6	22.2	28.8

12/2/45	12:30:00	18.4	18.6	19.4	22.7	18.8	22.2	19	20.6	19	20.2	19.4	21.6	22.4	30
12/2/45	13:00:00	18.4	18.6	19.4	23.5	18.8	22.2	19.4	20.6	19.2	20.2	19.4	21.6	22.4	31
12/2/45	13:30:00	18.6	18.8	19.4	23.3	19	22.2	19	20.6	19.4	20.4	19.6	21.6	22.7	31.1
12/2/45	14:00:00	18.6	18.8	19.8	23.5	19	22.2	19.2	20.6	19.4	20.4	19.6	21.6	23.1	32
12/2/45	14:30:00	18.6	18.8	19.8	23.9	19	22.2	19.4	20.6	19.6	21	19.8	21.6	23.7	32.7
12/2/45	15:00:00	18.8	19	20	23.7	19	22.2	19.4	20.8	20	21.2	20	21.8	23.9	32.2
12/2/45	15:30:00	18.8	19	20.2	23.7	19.2	22.2	19.6	20.8	20.2	21.4	20.2	22	24.3	32.7
12/2/45	16:00:00	18.8	19	19.8	23.7	19.4	22.2	19.4	20.8	20.2	21.4	20.2	22	23.9	32.5
12/2/45	16:30:00	19	19.2	20.2	23.5	19.4	22.2	19.6	21	20.4	21.6	20.4	22.2	24.5	32.5
12/2/45	17:00:00	19	19.2	20	23.3	19.4	22.2	19.6	21	20.2	21.6	20.4	22.4	24.1	31.6
12/2/45	17:30:00	19.2	19.4	20	23.3	19.4	22.2	19.8	21	20.4	21.6	20.4	22.4	24.3	29.6
12/2/45	18:00:00	19.2	19.4	20.2	22.5	19.4	22.2	19.8	21	20.4	21.6	20.6	22.5	24.3	27.6
12/2/45	18:30:00	19.2	19.4	20.6	22.2	19.4	22.2	19.6	21	20.4	21.6	20.6	22.5	24.3	26.3
12/2/45	19:00:00	19.2	19.4	20.6	21.8	19.4	22.2	20	21.2	20.4	21.6	20.8	22.7	24.3	25.3
12/2/45	19:30:00	19.2	19.4	20.2	21.4	19.4	22.2	19.8	21.2	20.4	21.6	20.8	22.7	24.1	24.3
12/2/45	20:00:00	19.2	19.4	20.2	21	19.6	22.2	20	21.2	20.4	21.6	20.8	22.7	24.1	23.5
12/2/45	20:30:00	19.4	19.6	20.4	20.6	19.6	22.2	20	21.2	20.6	21.6	21	22.7	24.1	23.1
12/2/45	21:00:00	19.4	19.6	20.6	20.4	19.6	22.2	19.8	21.2	20.6	21.6	21	22.7	23.9	22.5
12/2/45	21:30:00	19.4	19.6	20.6	20	19.6	22.2	19.8	21.2	20.6	21.6	21	22.7	23.9	22
12/2/45	22:00:00	19.4	19.6	20.6	20	19.6	22.2	20.2	21.2	20.6	21.6	21	22.7	23.7	21.4
12/2/45	22:30:00	19.2	19.6	20.4	19.8	19.6	22.2	20.2	21.2	20.4	21.6	21	22.7	23.7	21.2
12/2/45	23:00:00	19.2	19.6	20.2	19.6	19.6	22.2	20	21.2	20.4	21.4	20.8	22.7	23.5	20.8
12/2/45	23:30:00	19.2	19.6	20.4	19.4	19.6	22.2	20	21.2	20.2	21.2	20.8	22.5	23.3	20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิตราวดี รุ่งอินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย