

แนวทางการปรับปรุงอาคารเรือนกระจก เพื่อปรับอุณหภูมิภายใน โดยไม่ใช้ระบบปรับอากาศ
กรณีศึกษา : อาคารเรือนกระจกที่อยู่ในจังหวัดเชียงราย



นายสรชาญ กันกา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0775-4

ลิขสิทธิ์ของสาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

128243303

3 0 734 546

AN APPROACH FOR IMPROVING INSIDE TEMPERATURE IN A GLASSHOUSE
WITHOUT AIR-CONDITIONING SYSTEM
CASE STUDY : GLASSHOUSE IN CHIANGRAI PROVINCE

Mr. Soracharn Kankar

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 974-17-0775-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวทางการปรับปรุงอาคารเรือนกระจกเพื่อปรับ
อุณหภูมิภายใน โดยไม่ใช้ระบบปรับอากาศ
กรณีศึกษา : อาคารเรือนกระจกที่อยู่ในจังหวัดเชียงราย

โดย

นายสรชาญ กันกา

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

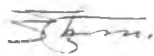
รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิศ

อาจารย์ คมกฤษ ชูเกียรติมัน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาโทบริหาร



.....คณะบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สักกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



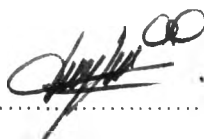
.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ แดงเที่ยง)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิศ)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ คมกฤษ ชูเกียรติมัน)



.....กรรมการ
(อาจารย์ พิรัช พัทธเศวต)

สรชาญ กัณฑา : แนวทางการปรับปรุงอาคารเรือนกระจก เพื่อปรับอุณหภูมิภายใน โดยไม่ใช้ระบบปรับอากาศ
กรณีศึกษา : อาคารเรือนกระจกที่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ (AN APPROACH FOR IMPROVING INSIDE
TEMPERATURE IN A GLASSHOUSE WITHOUT AIR-CONDITIONING SYSTEM. CASE STUDY :
GLASSHOUSE IN CHIANGRAI PROVINCE.) อาจารย์ที่ปรึกษา : ร.ศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, อาจารย์ที่ปรึกษา
ร่วม : ผ.ศ. ธนิต จินดาวนิจ, อาจารย์ คมกฤษ ชูเกียรติมัน, 140 หน้า. ISBN 974-17-0775-4

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาในอาคารเรือนกระจก จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงกว่า
อุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งเหมาะสมสำหรับอาคารที่อยู่ในเขตหนาว แต่หากนำมาใช้ในภูมิอากาศเขตร้อน จะทำให้
อุณหภูมิอากาศภายในเรือนกระจกสูงจนเกินอุณหภูมิเขตสบายมาก การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางใน
การแก้ปัญหาดังกล่าว โดยอาศัยองค์ประกอบภายในอาคารเพื่อบังรังสีดวงอาทิตย์ไม่ให้ส่องผ่านเข้ามาโดยตรง ได้แก่
ผ้าม่านภายใน และวิธีการระบายความร้อนออกทางหลังคา โดยใช้ฉนวนลอยโหลเป็นแผ่นจากยอดจั่วหลังคาลงมา

การศึกษาใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบจำลองเรือนกระจก 4 ตัวที่เหมือนกัน เป็นทรงลูกบาศก์ ขนาด
1.20x1.20x1.20 เมตร ผนังด้านทิศตะวันออก-ตก กับหลังคาทรง gable ทำมุม 45° เป็นกระจกใสชั้นเดียว หนา 5
มิลลิเมตร ผนังกระจกเปิด-ปิดได้โดยการเลื่อนออก 2 ข้าง ผนังด้านที่เหลือและพื้นได้ตัดอิทธิพลภายนอกออก แบบ
จำลอง 3 ตัวแรก ทดลองโดยมีการติดตั้งระบบต่างๆคือ 1.ระบบผ้าม่านภายใน โดยการใช้งานเปิด-ปิดควบคุมการ
ทำงานด้วยมือ 2.ระบบน้ำ มีการควบคุมการไหลของน้ำให้คงที่ 3.ทั้งระบบผ้าม่านและน้ำ โดยที่แบบจำลองตัวสุดท้าย
เป็นตัวเทียบกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบใดๆ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกจะเป็นรูปแบบปิดผนังกระจก ชุดที่ 2
เป็นรูปแบบเปิดช่องผนังกระจก 50% สุดท้ายนำผลสรุปที่ได้จากการทดลองมาใช้กับกรณีศึกษา การทดลองทั้งหมดเก็บ
ผลตลอด 24 ชั่วโมง ทุก 30 นาที ด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาพบว่า ชุดการทดลองรูปแบบปิดอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในช่วงกลางวันของแบบจำลองที่ใช้รูป
แบบปิดมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็น ระบบผ้าม่าน ระบบน้ำ และ ระบบผสมผ้าม่านและน้ำ ตามลำดับ ช่วงกลางคืน ค่า
สูงต่ำอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในของระบบจะตรงข้ามกับกลางวัน ชุดการทดลองรูปแบบเปิดอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายใน
ในช่วงกลางวันของแบบจำลองที่ใช้รูปแบบเปิด มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็น ระบบผ้าม่าน ระบบผสมผ้าม่านและน้ำ และ
ระบบน้ำ ตามลำดับ ช่วงกลางคืนอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในของระบบผสมผ้าม่านและน้ำมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็น
ระบบผ้าม่าน และ ระบบน้ำ กับรูปแบบเปิด (ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายในใกล้เคียงกัน) ตามลำดับ ส่วนกรณีศึกษา พบ
ว่า ช่วงเช้า อุณหภูมิอากาศภายในจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ช่วงบ่าย และ ช่วงกลางคืน อุณหภูมิอากาศภายใน
จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

ผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าช่วงกลางวัน การใช้ระบบผ้าม่าน และ น้ำ ร่วมกับแบบจำลองรูปแบบปิด หรือ รูป
แบบเปิด ยังไม่สามารถปรับอุณหภูมิอากาศภายในให้เหมาะสมแก่การใช้งานได้ ช่วงกลางคืน การใช้ระบบผ้าม่าน และ
น้ำ จะเป็นระบบที่ดีที่สุด และสามารถใช้งานได้จริง เพราะสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองให้สูงกว่า
อุณหภูมิอากาศภายนอกที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเขตสบายได้ สุดท้ายผลการทดลองของกรณีศึกษาสรุปได้ว่า วิธีปรับ
ระบบกับรูปแบบปิด-เปิดของกรณีศึกษา สามารถนำไปใช้งานได้เฉพาะช่วงเช้า และกลางคืน

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

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

437 42020 25 MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORD : GLASSHOUSE

SORACHARN KUNKAR : AN APPROACH FOR IMPROVING INSIDE TEMPERATURE IN A GLASSHOUSE WITHOUT AIR-CONDITION. CASE STUDY : GLASSHOUSE IN CHIANGRAI PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMSIT NITTAYA. THESIS CO-ADVISOR : ASSIST.PROF. TANIT JINDAVANIC, KOMGRIT CHUGKIATMAN. 140 pp. ISBN 974-17-0775-4

As the sun shines through a glass house, the temperature inside the greenhouse is higher than that outside. This factor is ideal for buildings in a cold climate. On the contrary, this is less applicable with buildings in tropical areas since the temperature inside the greenhouse is higher than a comfortable limit. The purpose of this study is to find a solution to this problem by using the interior components of a building to prevent the sun from shining directly into the building. Such components include drapes and releasing heat through the roof by running water down the tip of the gable.

This study is an experimental research investigation with 4 model glass houses which are of the same kind. Each is of a cubic shape, 1.20 x 1.20 x 1.20 meters. Their east and west sides are 45° to its gable roof. It is made of 5-mm-thick, transparent glass. The glass walls slide open and close. The other walls and the floor are not affected by external influences. The first model is equipped with internal drapes operated manually, the second with a water system with a device controlling a constant flow of the water, the third with internal drapes and the water system, while the fourth with none. The experiment is divided into two sets: one is a closed glass house and the other is a glass house with walls open by 50%. The conclusions made from the two types are applied with the case study. The data are collected every 30 minutes by scientific tools.

It is found that, as for the first type, the average temperature inside the closed model during the day ranks highest, followed by that with drapes, that inside the model with a water system and with both systems. In contrast, the situations are the reverse during the night. In terms of the second type, during the day, the average temperature inside the second type ranks highest followed by that inside the model with drapes and water system, and that inside the model with a water system. During the night, the average temperature inside the model with drapes and a water system ranks highest, followed by that inside the model with drapes and that inside the model with a water system as well as that inside the glasshouse with walls open by 50% (whose temperature is similar to that inside the model with water system) respectively. As regards this case study, it is found that in the morning the temperature inside is lower than that outside but in the afternoon and at night the temperature inside is higher than that outside.

It can be concluded that the use of drapes and a water system in the closed model and in the model with the walls open by 50% cannot adjust the inside temperature to produce a comfortable temperature. At night, drapes and a water system are the best options and this can be applied to a real situation because they can increase the temperature inside the model more than the outside temperature which is lower than the comfortable limit. As for the case study, the adjustment systems can be efficient only in the morning and at night.

Department/Program.....Architecture.....
Field of study..... Architecture
Academic year2544.....

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิศ จินดาวณิช, อาจารย์ คมกฤษ ชูเกียรติมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ อาจารย์พิริศ พัชรเศวต ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด และในการวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณอรสา รุ่งอินทร์ ที่เป็นทั้งกำลังใจ และเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง
 ขอขอบคุณ คุณจิตราวดี รุ่งอินทร์ ที่เป็นกำลังใจ, กำลังงานและเป็นที่ปรึกษา
 ขอขอบคุณ คุณธัชจุฑา สุธิประภา ที่ให้คำปรึกษาเรื่องคอมพิวเตอร์
 ขอขอบคุณ คุณชาญนริศ จากสำนักข่าวสถานทูตอเมริกา ที่ให้คำปรึกษาด้านภาษาอังกฤษ
 ขอขอบคุณ คุณโรจน์ และคนงานของคุ้มเค้าแมวทุกคนที่เป็นกำลังงานให้
 ขอขอบคุณ พี่นุช ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการติดต่อประสานงาน
 และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา ของข้าพเจ้า คือ นพ.ประสิทธิ์ กัณกา และ
 ร.ศ.เพ็ญศรี กัณกา ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านต่างๆจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภาพ.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.4 สมมุติฐานการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย.....	3
1.7 ระเบียบวิธีวิจัย.....	3
2. การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การถ่ายเทความร้อน.....	5
2.2 การแยกรังสีความร้อน.....	6
2.3 คุณสมบัติด้านการถ่ายเทความร้อนของกระจก.....	8
2.4 การวัดอัตราการไหลของน้ำ	9
3. วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การออกแบบแบบจำลอง.....	11
3.2 การติดตั้งระบบการทดลองของแบบจำลอง.....	13
3.3 การติดตั้งระบบการทดลองของกรณีศึกษา.....	16
3.4 เครื่องมือที่ใช้.....	19
3.5 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือ และ แบบจำลอง ก่อนการทดลอง.....	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. การรายงานผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 การทดลองขั้นตอนที่ 1 ทดสอบระบบที่จะนำมาใช้ปรับอุณหภูมิภายในแบบ จำลองเรือนกระจก.....	26
4.1.1 ผลการทดลอง.....	26
4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	29
4.2 การทดลองขั้นตอนที่ 2 ทดสอบเปรียบเทียบการผสมผสานของระบบที่จะนำมา ใช้ในการปรับอุณหภูมิภายในแบบจำลองเรือนกระจกผนังกระจกปิด.....	31
4.2.1 ผลการทดลอง.....	31
4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	36
4.3 การทดลองขั้นตอนที่ 3 ทดสอบเปรียบเทียบการผสมผสานของระบบที่จะนำมา ใช้ในการปรับอุณหภูมิภายในแบบจำลองเรือนกระจกผนังกระจกเปิด.....	53
4.3.1 ผลการทดลอง.....	53
4.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	58
4.4 การทดลองในขั้นตอนที่ 4 การวัดแบบปรับระบบเทียบกับรูปแบบปิด.....	77
4.4.1 วิเคราะห์หาแนวทางในการปรับระบบ ทั้งรูปแบบปิด และ แบบเปิด ตลอด 24 ชั่วโมง.....	77
4.4.2 ผลการทดลอง.....	84
4.4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	87
4.5 การทดลองในขั้นตอนที่ 5 นำการวัดแบบปรับระบบมาใช้กับกรณีศึกษา.....	91
4.5.1 ผลการทดลอง.....	91
4.5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	94
5. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุป.....	98
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	109
รายการอ้างอิง.....	111
ภาคผนวก.....	113
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	140

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงพฤติกรรมของวัสดุโปร่งใสต่อรังสีดวงอาทิตย์.....	7
รูปที่ 2.2 แสดงการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก.....	7
รูปที่ 2.3 การส่งผ่านความร้อนในลักษณะต่างๆ ของวัสดุกระจก.....	9
รูปที่ 3.1 แสดงแบบ แบบจำลอง ที่ใช้ในการทดลอง.....	11
รูปที่ 3.2 แสดงรูปตัด แบบจำลอง แสดงระยะการติดตั้ง ม่าน และ คอนกรีตบล็อก ภายใน model.....	13
รูปที่ 3.3 แบบขยายจุดปล่อยน้ำของแบบจำลอง.....	14
รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งต่างๆที่จะใช้ในการวัดอุณหภูมิของแบบจำลอง.....	15
รูปที่ 3.5 แสดงแปลนอาคารกรณีศึกษา และ บริเวณที่ทำการทดลอง.....	16
รูปที่ 3.6 แสดงรูปตัดตามยาวอาคารกรณีศึกษา และ บริเวณที่ทำการทดลอง.....	17
รูปที่ 3.7 แสดงระยะ fin กันแดด.....	17
รูปที่ 3.8 แสดงรูปตัดกรณีศึกษา และ วัสดุที่ใช้ของกรณีศึกษา.....	18
รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิของอาคารเรือนกระจก.....	18
รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องมือเก็บค่าอุณหภูมิ (data logger) และ เครื่องแปลงไฟ (power supply).....	19
รูปที่ 3.11 แสดงการต่อเครื่องมือในการวัด.....	20
รูปที่ 3.12 แสดงการต่อเครื่องมือใน ปรับ สายสัญญาณ.....	21
รูปที่ 3.13 แสดงการปรับค่าตัวแปลงสัญญาณ.....	21
รูปที่ 3.14 แสดงการทดสอบแบบจำลองก่อนการทดลอง.....	22

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ของแบบจำลองทั้ง 4.....	23
ตารางที่ 4.1	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ รูปแบบปิด+น้ำไหลบนหลังคา, รูปแบบปิด+ม่านภายใน, รูปแบบปิด วันที่ 18 ก.พ. 2545.....	28
ตารางที่ 4.2	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา +รูปแบบปิด, ม่านภายใน+ระบบน้ำไหลบนหลังคา+รูปแบบปิด, ม่านภายใน+รูปแบบปิด, รูปแบบปิด กลางวัน (9:00 – 19:00 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	34
ตารางที่ 4.3	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา +รูปแบบปิด, ม่านภายใน+ระบบน้ำไหลบนหลังคา+รูปแบบปิด, ม่านภายใน+รูปแบบปิด, รูปแบบปิด กลางคืน (19:30 – 8:30 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	35
ตารางที่ 4.4	แสดงการสรุปข้อเสนอการให้วิธีปรับระบบในแต่ละช่วงเวลาของรูปแบบปิด.....	52
ตารางที่ 4.5	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา +รูปแบบเปิด, ม่านภายใน+ระบบน้ำไหลบนหลังคา+รูปแบบเปิด, ม่านภายใน+รูปแบบเปิด, รูปแบบเปิด กลางวัน (9:00 – 19:00 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	56
ตารางที่ 4.6	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา +รูปแบบเปิด, ม่านภายใน+ระบบน้ำไหลบนหลังคา+รูปแบบเปิด, ม่านภายใน+รูปแบบเปิด, รูปแบบเปิด กลางคืน (19:30 – 8:30 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	57
ตารางที่ 4.7	แสดงการสรุปข้อเสนอการให้วิธีปรับระบบในแต่ละช่วงเวลาของรูปแบบเปิด.....	76
ตารางที่ 4.8	แสดงการสรุปข้อเสนอการให้วิธีปรับระบบในแต่ละช่วงเวลาของรูปแบบเปิด และรูปแบบปิด ตลอด 24 ชั่วโมง.....	83
ตารางที่ 4.9	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิอากาศของ รูปแบบปิด กับ การปรับระบบ วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	87
ตารางที่ 4.10	แสดงความสูงต่ำของอุณหภูมิพื้นของ รูปแบบปิด กับ การปรับระบบ วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	88
ตารางที่ 5.1	สรุปอุณหภูมิอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย ของระบบที่ใช้ กับ รูปแบบปิดของ อาคารเรือนกระจก 9:00 – 19:00 น.....	99
ตารางที่ 5.2	สรุปอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในที่สามารถลดได้จากรูปแบบปิดของแบบจำลอง เรือนกระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ (9:00 – 19:00 น.).....	99

สารบัญแผนภาพ

	หน้า
แผนภาพที่ 1.1	แสดงขั้นตอนของระเบียบวิธีวิจัย..... 4
แผนภาพที่ 3.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ของแบบจำลองทั้ง 4..... 24
แผนภาพที่ 4.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ รูปแบบปิด + น้ำไหลบนหลังคา, รูปแบบปิด+ม่านภายใน, รูปแบบปิด วันที่ 18 ก.พ. 2545..... 27
แผนภาพที่ 4.2	แสดงการเปรียบเทียบ อุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลอง ของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-รูปแบบปิด, รูปแบบปิด วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 32
แผนภาพที่ 4.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-รูปแบบปิด, รูปแบบปิด วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 33
แผนภาพที่ 4.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศรูปแบบปิด, อุณหภูมิต้นน้ำ และ อุณหภูมิอากาศทั่วไปวันที่ 20 ก.พ. 2545..... 38
แผนภาพที่ 4.5	แสดงการเปรียบเทียบการลด และ เพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-รูปแบบปิด เทียบกับ รูปแบบปิด วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 41
แผนภาพที่ 4.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองรูปแบบปิด แต่ละระบบ ช่วงเวลากลางวัน (9:00 – 19:00 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 42
แผนภาพที่ 4.7	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองแต่ละระบบ ช่วงเวลากลางคืน (19:30 – 8:30 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 43
แผนภาพที่ 4.8	ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่เข้าร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 0:00 – 8:30 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 44
แผนภาพที่ 4.9	ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่เข้าร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 0:00 – 8:30 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 45
แผนภาพที่ 4.10	ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่เข้าร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 9:00 – 9:30 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 46
แผนภาพที่ 4.11	ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่เข้าร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 9:00 – 9:30 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545..... 46

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

		หน้า
แผนภาพที่ 4.12	ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 10:00 – 18:00 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	47
แผนภาพที่ 4.13	ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับระบบรูปแบบปิด ช่วงเวลา 10:00 – 18:00 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	48
แผนภาพที่ 4.14	ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 18:30 – 20:00 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	49
แผนภาพที่ 4.15	ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 18:30 – 20:00 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	49
แผนภาพที่ 4.16	ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 20:30 – 23:30 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	50
แผนภาพที่ 4.17	ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 20:30 – 23:30 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	51
แผนภาพที่ 4.18	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลอง ของ ระบบน้ำไหลบน หลังคา-ระบบเปิด, ม่านภายใน-ระบบน้ำไหลบนหลังคา-ระบบเปิด, ม่านภายใน- ระบบเปิด, ระบบเปิด วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	54
แผนภาพที่ 4.19	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา- รูปแบบเปิด, ม่านภายใน-ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบเปิด, ม่านภายใน-รูปแบบ เปิด, รูปแบบเปิด วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	55
แผนภาพที่ 4.20	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศรูปแบบเปิด, อุณหภูมิต้นน้ำ และ อุณหภูมิ อากาศทั่วไป วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	60
แผนภาพที่ 4.21	แสดงการเปรียบเทียบการลด และ เพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองของ ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบปิด, ม่านภายใน-ระบบน้ำไหลบนหลังคา-รูปแบบ ปิด, ม่านภายใน-รูปแบบปิด เทียบกับ รูปแบบปิด วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	63
แผนภาพที่ 4.22	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองระบบเปิด แต่ละระบบ ช่วงเวลากลางวัน (9:00 – 19:00 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	65
แผนภาพที่ 4.23	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองรูปแบบเปิด แต่ละระบบ ช่วงเวลากลางวัน (19:00 – 8:30 น.) วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	66

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

	หน้า
แผนภาพที่ 4.24 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 0:00 – 8:30 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	67
แผนภาพที่ 4.25 ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 0:00 – 8:30 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	67
แผนภาพที่ 4.26 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 9:00 – 9:30 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	68
แผนภาพที่ 4.27 ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 9:00 – 9:30 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	69
แผนภาพที่ 4.28 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 10:00 – 17:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545	70
แผนภาพที่ 4.29 ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 10:00 – 17:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	70
แผนภาพที่ 4.30 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 17:30 – 18:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	71
แผนภาพที่ 4.31 ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 17:30 – 18:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	72
แผนภาพที่ 4.32 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 18:30 – 20:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	73
แผนภาพที่ 4.33 ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 18:30 – 20:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	73
แผนภาพที่ 4.34 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 20:30 – 23:30 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	74
แผนภาพที่ 4.35 ขยายกราฟอุณหภูมิพื้น ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 20:30 – 23:30 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	75
แผนภาพที่ 4.36 แสดงค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิอากาศภายใน รูปแบบปิด+ม่าน+น้ำ กับ อุณหภูมิอากาศทั่วไป เทียบกับ ค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิอากาศภายใน รูปแบบเปิด กับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลากลางวัน (9:00 – 19:00 น.)	77

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

	หน้า
แผนภาพที่ 4.37 แสดงผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายใน รูปแบบปิดทุกระบบ กับ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วเทียบกับ ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายใน รูปแบบเปิดทุกระบบ กับ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลากลางคืน (19:30 – 8:30 น.).....	79
แผนภาพที่ 4.38 แสดงผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายใน รูปแบบปิด+ม่าน+น้ำ กับ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วเทียบกับ ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายใน รูปแบบเปิด+ม่าน+น้ำ กับ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลากลางคืน (20:30 – 8:30 น.).....	80
แผนภาพที่ 4.39 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบเปิด ช่วงเวลา 18:30 – 20:00 น. วันที่ 22 ก.พ. 2545.....	81
แผนภาพที่ 4.40 ขยายกราฟอุณหภูมิอากาศ ระบบต่างที่ใช้ร่วมกับรูปแบบปิด ช่วงเวลา 18:30 – 20:00 น. วันที่ 20 ก.พ. 2545.....	81
แผนภาพที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ แบบจำลอง ปรับระบบ กับ อุณหภูมิ แบบจำลอง รูปแบบปิด วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	85
แผนภาพที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้น แบบจำลอง ปรับระบบ กับ อุณหภูมิ แบบจำลอง รูปแบบปิด วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	86
แผนภาพที่ 4.43 แสดงการลดอุณหภูมิพื้น และ อุณหภูมิอากาศช่วงที่ร้อนสูงสุดของ รูปแบบปิด โดยการปรับระบบ วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	88
แผนภาพที่ 4.44 แสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิอากาศของ รูปแบบปิด ได้มากที่สุดโดยการปรับระบบ วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	89
แผนภาพที่ 4.45 แสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิพื้นของ ระบบปิด ได้มากที่สุดโดยการปรับระบบ วันที่ 24 ก.พ. 2545.....	89
แผนภาพที่ 4.46 แสดงผลการวัดอุณหภูมิอากาศภายใน และ อุณหภูมิพื้น กรณีศึกษาที่ใช้รูปแบบปิด วันที่ 26 ก.พ. 2545.....	92
แผนภาพที่ 4.47 แสดงผลการวัดอุณหภูมิอากาศภายใน และ อุณหภูมิพื้น กรณีศึกษาที่ใช้วิธีปรับระบบ วันที่ 27 ก.พ. 2545.....	93

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

	หน้า
แผนภาพที่ 4.48 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไป ของ รูปแบบปิด (26 ก.พ. 45) เทียบกับ ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไปวิธีปรับระบบ (27 ก.พ. 45) เวลากลางวัน.....	94
แผนภาพที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นที่ทั่วไป ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ของ รูปแบบปิด (26 ก.พ. 45) เทียบกับ ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นที่ ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ไปวิธีปรับระบบ (27 ก.พ. 45) เวลากลางวัน.....	95
แผนภาพที่ 4.50 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ของ รูปแบบปิด ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไป (26 ก.พ. 45) เทียบกับ ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไป ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ไปวิธีปรับระบบ (27 ก.พ. 45) เวลากลางวัน.....	96
แผนภาพที่ 4.51 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นที่กรณีศึกษา ของ รูปแบบปิด ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นที่ทั่วไป (26 ก.พ. 45) เทียบกับ ผลต่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศทั่วไป ลบ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศกรณีศึกษา ไปวิธีปรับระบบ (27 ก.พ. 45) เวลากลางวัน.....	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตารางที่ 5.3	สรุปอุณหภูมิอากาศภายในที่สามารถลดได้มากที่สุดจากรูปแบบปิดของอาคารเรือน กระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ 9:00 – 19:00 น.....	100
ตารางที่ 5.4	สรุปอุณหภูมิอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย ของระบบที่ใช้ กับ รูปแบบปิดของ อาคารเรือนกระจก 19:30 – 8:30 น.....	100
ตารางที่ 5.5	สรุปอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในที่สามารถเพิ่มได้จากรูปแบบปิดของแบบจำลอง เรือนกระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ (19:30 – 8:30 น.).....	101
ตารางที่ 5.6	สรุปอุณหภูมิอากาศภายในที่สามารถเพิ่มได้มากที่สุดจากรูปแบบปิดของอาคารเรือน กระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ 19:30 – 8:30 น.....	101
ตารางที่ 5.7	สรุปแนวทางการปรับระบบร่วมกับ รูปแบบปิดของอาคารเรือนกระจก ตลอด 24 ชั่วโมง.....	102
ตารางที่ 5.8	สรุปอุณหภูมิอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย และ อุณหภูมิผิวพื้นเฉลี่ย ของระบบที่ใช้ กับ รูปแบบเปิดของอาคารเรือนกระจก 9:00 – 19:00 น.....	103
ตารางที่ 5.9	สรุปอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในที่สามารถลดได้จากรูปแบบเปิดของแบบจำลอง เรือนกระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ (9:00 – 19:00 น.).....	103
ตารางที่ 5.10	สรุปอุณหภูมิอากาศภายในที่สามารถลดได้มากที่สุดจากรูปแบบเปิดของอาคารเรือน กระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ 9:00 – 19:00 น.....	104
ตารางที่ 5.11	สรุปอุณหภูมิอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย ของระบบที่ใช้ กับ รูปแบบเปิดของ อาคารเรือนกระจก 19:30 – 8:30 น.....	105
ตารางที่ 5.12	สรุปอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในที่สามารถเพิ่มได้จากรูปแบบเปิดของแบบจำลอง เรือนกระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ (19:30 – 8:30 น.).....	105
ตารางที่ 5.13	สรุปอุณหภูมิอากาศภายในที่สามารถเพิ่มได้มากที่สุดจากรูปแบบเปิดของอาคารเรือน กระจก เมื่อมีการผนวกเข้ากับระบบผ้าม่าน และน้ำ 19:30 – 8:30 น.....	106
ตารางที่ 5.14	สรุปแนวทางการปรับระบบร่วมกับ รูปแบบเปิดของอาคารเรือนกระจก ตลอด 24 ชั่วโมง.....	107
ตารางที่ 5.15	สรุปแนวทางการปรับระบบร่วมกับ รูปแบบปิด-เปิดของอาคารเรือนกระจก ตลอด 24 ชั่วโมง.....	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5.16 สรุปการเลือกใช้เพียงระบบเดียวของรูปแบบปิด และ เปิด แบ่งเป็น กลางวัน/กลางคืน.	108
ตารางที่ 5.17 สรุปแนวทางการปรับระบบตลอด 24 ชั่วโมง ของรูปแบบปิด, รูปแบบเปิด และ รูปแบบทั้งเปิด+เปิด.....	109