

แนวทางการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์เพื่อลดการสะสมความร้อนในสภาพแวดล้อมอาคาร



นายปิติ พรวิเศษภู์สกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN APPROACH TO MODIFICATION OF LANDSCAPE FOR REDUCING HEAT ACCUMULATION
IN BUILDING SURROUNDING

Mr. Piti Pornvisidsakoon

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

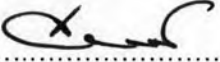
Academic year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491634


หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์เพื่อลดการสะสมความร้อนใน สภาพแวดล้อมอาคาร
โดย	นาย ปิติ พรวิศิษฎ์สกุล
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจันทร์ เศรษฐบุญตร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์


คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

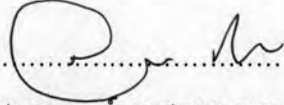

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทิพย์สุดา ปทุมมานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจันทร์ เศรษฐบุญตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)


..... กรรมการ
(นาย เกชา วีระโกเมน)

ปิติ พรวิศิษฐ์สกุล : แนวทางการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์เพื่อลดการสะสมความร้อนใน
สภาพแวดล้อมอาคาร (AN APPROACH TO MODIFICATION OF LANDSCAPE FOR
REDUCING HEAT ACCUMULATION IN BUILDING SURROUNDING)

อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุต, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.วรสันต์ บูรณากาญจน์
จำนวนหน้า 140

ในการออกแบบสภาพแวดล้อมอาคารลักษณะของสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิทัศน์มีผลอย่างมากต่อ
ปริมาณการสะสมความร้อน ซึ่งทำให้เป็นเรื่องยากต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้สภาพภูมิทัศน์ให้เหมาะสมต่อการใช้
งานอย่างมีประสิทธิภาพ ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ที่
ระดับความลึกต่าง ๆ กันนำมาวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของสภาพภูมิทัศน์ที่มีผลต่อการสะสมความร้อน
หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการสะสมความร้อนของสภาพภูมิทัศน์ เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุง
สภาพภูมิทัศน์อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีลำดับขั้นตอนแรกคือการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ (ดินกลางแจ้ง-
ดินใต้ร่มไม้ คอนกรีตกลางแจ้ง-คอนกรีตใต้ร่มไม้ หญ้ากลางแจ้ง-หญ้าใต้ร่มไม้ และ แหล่งน้ำกลางแจ้ง-แหล่งน้ำใต้ร่ม
ไม้) โดยทำการวัดอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ที่ระดับความลึก +0.00ม. -0.30ม. -0.60ม. และ -0.90ม. ขั้นตอนที่สอง
ทำการเปรียบเทียบค่าการสะสมความร้อนของสภาพภูมิทัศน์ ที่ได้จากการคำนวณหาปริมาณการสะสมความร้อน
จากข้อมูลจริงในการศึกษาและขั้นตอนที่สามทำการศึกษเปรียบเทียบค่าการสะสมความร้อนในสภาพแวดล้อม
อาคารโดยมีผังบริเวณของวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก เป็นกรณีศึกษา

จากผลการวิจัยพบว่า ดินกลางแจ้งมีค่าการสะสมความร้อนมากที่สุดตลอดทั้งวัน พื้นหญ้าใต้ร่มไม้มีค่า
การสะสมความร้อนน้อยที่สุด โดยที่ระดับ -0.30ม. ค่าการสะสมความร้อนของภูมิทัศน์มีค่าเปลี่ยนแปลงตามปริมาณ
รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ โดยค่าการสะสมความร้อนจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวัน ส่วนที่ระดับ -0.60 ม. และ -
0.90 ม.ค่าการสะสมความร้อนคงที่ตลอดเวลาทางด้านอุณหภูมิของภูมิทัศน์พบว่าที่ระดับลึกจากผิว อุณหภูมิก็จะ
ลดต่ำลงด้วย แนวทางในการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์เพื่อลดการสะสมความร้อน ควรใช้การผสมผสานของภูมิทัศน์
ประเภทหญ้าใต้ร่มไม้และแหล่งน้ำใต้ร่มไม้ในการปรับสภาพภูมิทัศน์ เนื่องจากหญ้าใต้ร่มไม้มีค่าการสะสมความร้อน
น้อยที่สุดตลอดทั้งวัน และแหล่งน้ำซึ่งมีค่าการสะสมความร้อนสูงแต่ยังมีอุณหภูมิต่ำ ที่เป็นผลทำให้ความร้อนที่สะสม
ในสภาพภูมิทัศน์ลดลง จากกรณีศึกษาผังบริเวณของวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหารพบว่าเมื่อทำการปรับปรุง
สภาพแวดล้อมภายในผังบริเวณจะสามารถลดความร้อนที่สะสมในสภาพแวดล้อมได้ประมาณร้อยละ 42 เมื่อ
อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมลดลงผลทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในอาคารและภายนอกอาคารลดลง
ตามไปด้วยซึ่งส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา2549.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4874147725 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD : HEAT CAPACITY / LANDSCAPE / TEMPERATURE

PITI PORNVISIDSAKOON : AN APPROACH TO MODIFICATION OF A LANDSCAPE FOR REDUCING HEAT ACCUMULATION IN BUILDING SURROUNDING

THESIS ADVISOR: ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D.

THESIS CO- ADVISOR: ASSOC.PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D.

140 pp.

In Landscape design, the environment plays an important role in heat accumulation around buildings, sometimes it is hard to design a suitable landscape for the highest effectiveness in lowering temperature. The purpose of this study was to investigate the variables of landscape temperature and to analyze and prioritize the importance of a landscape in relation to heat accumulation. Additionally, this study compared heat accumulation in different landscapes as well as proposing an approach to effective modification of the landscape.

This study was conducted in 3 steps. First, temperature data was collected from different landscapes (outdoor soil- shaded ground, outdoor concrete-shaded concrete-slab, outdoor grass-shaded grassed covered ground, and outdoor water- shaded water body). The temperature of the landscapes was measured in different depths of +0.00m, -0.30m, -0.60m, and -0.90m. Second, the heat accumulation values of the landscapes were compared from the collected data. Third, the heat accumulation values in the building surroundings were studied, using Wat Phra Sri Ratana Mahathat Phitsanulok as the case study.

The results of this study showed that, in a day, outdoor soil had the highest heat accumulation value and grass under tree shade had the lowest value. At the depth of -0.30m, heat accumulation values changed according to the amount of sunlight in the area; the values increased during daytime. At the depths of -0.60m and -0.90m, the heat accumulation values were fairly stable at all times. The findings revealed that the greater the depth, the lower the temperature. The proposed approach to modification of the landscape for reducing heat accumulation was by use of a combination of grass under tree shade and water because grass under tree shade had the lowest heat accumulation value throughout a day, and water had a high heat accumulation value but still had low temperature. According to the study of the landscape modification of Wat Phra Sri Ratana Mahathat, the heat accumulation value decreased by about 42% after the modification. The decrease of environmental temperature affected to decrease the different between inside and outside air temperature, which accounted for greater energy savings.

DepartmentArchitecture.....Student's signature.....
Field of studyArchitecture.....Advisor's signature.....
Academic year2006.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วย ความเมตตา กรุณา และความอนุเคราะห์จากบุคคลต่าง ๆ

อันดับแรก ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ เป็นอย่างยิ่งที่ให้ความกรุณาในการอบรม สั่งสอนให้ความรู้ในทุก ๆ เรื่อง รวมถึงให้คำปรึกษาในการทำงานอันเป็นประโยชน์ และมีคุณค่าอย่างยิ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้

อันดับที่สอง ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บุรณากาญจน์ ที่คอยให้คำปรึกษาในยามที่มีคำถาม และข้อสงสัยในการทำวิจัยในครั้งนี้

อันดับต่อมา ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนัย เศรษฐบุญตร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุก ๆ ท่าน ที่ช่วยประสานงานเอกสาร และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำหรับบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือต่าง ๆ ที่ดีตลอดเวลา

ขอขอบคุณพี่ ๆ ปริญาเอก สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุก ๆ ท่านที่ให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ น้อง ๆ สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม ที่ได้ร่วมทุกข์ร่วมสุข ตลอดระยะเวลาที่ได้ทำการศึกษาร่วม

ขอขอบคุณ บิดา มารดาที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
สารบัญตาราง	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 สภาวะนำสบาย.....	6
2.2 ทฤษฎีการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์	11
2.3 สภาพแวดล้อม.....	15
2.3.1 สภาพภูมิอากาศ.....	16
2.3.2 สภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศของประเทศไทย.....	17
2.4 การใช้สภาพภูมิทัศน์เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม.....	18
2.5 ต้นไม้พืชพรรณ.....	21
2.5.1 การควบคุมอุณหภูมิ.....	21
2.5.2 การควบคุมกระแสลม.....	24
2.5.3 การควบคุมน้ำและความชื้น.....	24
2.5.4 การควบคุมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์.....	25
2.6 อิทธิพลของมวลสารต่อการสะสมความร้อน.....	27
2.6.1 การหน่วงเหนี่ยวความร้อน.....	27

2.6.2 ความจุความร้อน.....	27
2.6.3 ค่าความสามารถในการกักเก็บความร้อน.....	27
2.6.4 ปริมาณพลังงานที่สะสมในวัสดุ.....	28
2.6.5 การหาค่าปริมาณพลังงานความร้อน.....	28
2.7 ดิน.....	29
2.7.1 กลุ่มขนาด.....	29
2.7.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิดิน.....	30
2.7.2.1 เขตภูมิอากาศ ฤดูกาล และระดับความสูง.....	30
2.7.2.2 ทิศทางของความลาดเอียงของพื้นที่.....	30
2.7.2.3 พืช.....	31
2.7.2.4 วัสดุคลุมดิน.....	31
2.7.2.5 ความร้อนจำเพาะของดิน.....	32
2.7.2.6 การนำความร้อน.....	32
2.7.3 ความแปรผันในรอบปี.....	32
2.7.4 คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อน.....	33
2.7.5 เนื้อดินของประเทศไทย.....	33
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
3.1 ประชากร.....	38
3.2 เครื่องมือใช้ในการวิจัย.....	39
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	40
3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง.....	42
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	44
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง.....	46
4.2 การวิเคราะห์ค่าความจุความร้อนของสภาพภูมิทัศน์.....	72
4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการสะสมความร้อนของสภาพภูมิทัศน์.....	97
4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าการสะสมความร้อนกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์.....	104
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	111

5.1 สรุปผลการวิจัย.....	111
5.1.1 ปริมาณค่าการสะสมความร้อน.....	112
5.1.2 อุณหภูมิสภาพภูมิทัศน์.....	113
5.2 แนวทางในการปรับสภาพภูมิทัศน์ภายนอกอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ.....	114
5.3 การประยุกต์ใช้ในการออกแบบ.....	115
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	119
รายการอ้างอิง.....	120
ภาคผนวก.....	122
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	140

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	แสดงปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์	6
2.2	แสดงการส่งผ่านความร้อน (Heat Exchange) มายังผิวโลกในเวลากลางวัน	11
2.3	แสดงการส่งผ่านความร้อนสู่ท้องฟ้าในเลากกลางคืน	12
2.4	แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อม	25
2.5	แสดงถึงตัวอย่างการใช้สภาพภูมิทัศน์อย่างมีประสิทธิภาพ	26
2.6	แสดงถึงตัวอย่างการใช้สภาพภูมิทัศน์ไม่มีประสิทธิภาพ	26
3.1	แสดงลักษณะกายภาพภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ใช้ ทำการศึกษา	38
3.2	แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ระดับความลึกต่าง ๆ	39
3.3	แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์	39
3.4	แสดงเครื่องมือในการบันทึกข้อมูลในรูปแบบโปรแกรม Microsoft excel.....	40
3.5	แสดงสภาพภูมิทัศน์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล....	41
3.6	แสดงตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองในระดับต่าง ๆ	42
3.7	แสดงตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองในพื้นที่ทดลองต่าง	43
5.1	แสดงผังบริเวณก่อนทำการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์.....	115
5.2	แสดงผังบริเวณก่อนหลังการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์.....	115
5.3	แสดงอุณหภูมิในระดับพื้นดินที่เกิดจากผังบริเวณก่อนการปรับปรุง สภาพภูมิทัศน์.....	117
5.4	แสดงอุณหภูมิในระดับพื้นดินที่เกิดจากผังบริเวณหลังการปรับปรุง สภาพภูมิทัศน์.....	117

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ		หน้า
2.1	การประสานเทคโนโลยีกับการออกแบบ (Technology and Design Integration).....	18
4.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นคอนกรีตกลางแจ้ง (โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ.....	46
4.2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นคอนกรีตใต้ร่มไม้ (ไม่โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ.....	48
4.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นดินกลางแจ้ง (โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ	50
4.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นดินใต้ร่มไม้ (ไม่โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ	52
4.5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิแหล่งน้ำกลางแจ้ง (โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ	54
4.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิแหล่งน้ำใต้ร่มไม้ (ไม่โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ	56
4.7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหญ้ากลางแจ้ง (โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ	58
4.8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหญ้าใต้ร่มไม้(ไม่โดนแดด) ในระดับความลึกต่าง ๆ	60
4.9	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับผิว +0.00 ม. (12-13 เมษายน 2550).....	62
4.10	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับผิว +0.00 ม. (21-22 เมษายน 2550).....	63
4.11	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับ ลึกจากผิว -0.30 ม. (12-13 เมษายน 2550).....	64
4.12	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับ ลึกจากผิว -0.30 ม. (21-22 เมษายน 2550).....	65
4.13	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับ ลึกจากผิว -0.60 ม. (12-13 เมษายน 2550).....	66

		๗
แผนภูมิ		หน้า
4.14	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับ ลึกจากผิว -0.60 ม. (21-22 เมษายน 2550).....	67
4.15	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับ ลึกจากผิว -0.90 ม. (12-13 เมษายน 2550).....	68
4.16	วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์ประเภทต่าง ๆ ที่ระดับ ลึกจากผิว -0.90 ม. (21-22 เมษายน 2550).....	69
4.17	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของคอนกรีตกลางแจ้งเป็นรายชั่วโมง..	73
4.18	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของคอนกรีตกลางแจ้ง เป็นรายชั่วโมง	74
4.19	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของคอนกรีตได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง ...	76
4.20	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของคอนกรีตได้ร่มไม้ เป็นรายชั่วโมง	77
4.21	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของดินกลางแจ้งเป็นรายชั่วโมง	79
4.22	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของดินกลางแจ้ง เป็นรายชั่วโมง	80
4.23	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของดินได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง.....	82
4.24	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของดินได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง	83
4.25	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของน้ำกลางแจ้งเป็นรายชั่วโมง	85
4.26	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของน้ำกลางแจ้งเป็นรายชั่วโมง....	86
4.27	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของน้ำได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง	88
4.28	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของน้ำได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง	89
4.29	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของหญ้ากลางแจ้งเป็นรายชั่วโมง	91
4.30	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของหญ้ากลางแจ้งเป็นรายชั่วโมง.	92
4.31	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนของหญ้าได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง.....	94
4.32	แสดงปริมาณการสะสมความร้อนรวมของหญ้าได้ร่มไม้เป็นรายชั่วโมง ..	95

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	แสดงค่าความรู้สึกเสมือนเย็นลงของมนุษย์ในระดับความเร็วลมต่าง ๆ	9
2.2	แสดงการแบ่งประเภทของดินตามขนาด	29
2.3	แสดงค่าความจุความร้อนเชิงปริมาตรขององค์ประกอบดิน	34
2.4	แสดงค่าความจุความร้อนจำเพาะของดิน	35