

การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน

นายไพบูลย์ ว่างรุ่งเรืองกิจ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0664-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I90170798

A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE

Mr. Paiboon Wangrungrangkit

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

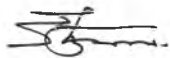
Academic Year 2001

ISBN 974-17-0664-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การปรุงแต่งสภาวะน้ำสabay โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสผิวดิน  
โดย    นายไพบุลย์ วัชรรุ่งเรืองกิจ  
สาขาวิชา                                      สถาปัตยกรรม  
อาจารย์ที่ปรึกษา                              ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บุรณากาญจน์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม                              ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

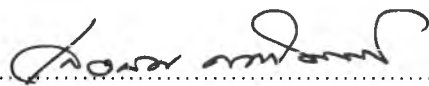
---

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต



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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



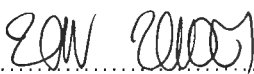
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)



..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บุรณากาญจน์)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)



..... กรรมการ  
(อาจารย์พิรัช พัทธเศวต)

นายไพบุลย์ วัชรุงเรืองกิจ : การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน . (A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE ) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 192 หน้า. ISBN 974-17-0664-2.

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายในอาคารที่มีผิวสัมผัสดิน หาแนวทางลดอุณหภูมิและเลือกวัสดุผิวอาคารสัมผัสดิน เสนอแนวทางประยุกต์ใช้อุณหภูมิดินเพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1) ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิดิน ซึ่งประกอบไปด้วย ชนิดของดิน ความชื้นในดิน สิ่งปกคลุมดิน และระดับความลึก โดยชนิดของดินที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ทราย ดินร่วน และดินเหนียว ทดสอบเปรียบเทียบกับสิ่งปกคลุม 3 ชนิด ได้แก่ พืชคลุมดิน หญ้า และไม่มีสิ่งปกคลุมดิน โดยทำการทดสอบในสภาวะดินเปียกและดินแห้ง ที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน ส่วนที่ 2) เลือกวัสดุผิวอาคารสัมผัสดินที่เหนียวนำอุณหภูมิดินเข้าสู่อาคารได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) และค่าการนำความร้อน (Conductance) ระหว่างผิวอาคารกับดิน ภายใต้สภาวะปกติและสภาวะที่มีการจำลองความร้อนภายใน โดยเลือกวัสดุในการทดสอบ ได้แก่ คอนกรีต อิฐ และเหล็ก ส่วนที่ 3) นำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้ในอาคารจำลอง ซึ่งมีผนังอิฐดินซีเมนต์เป็นโครงสร้าง

ผลการวิจัยพบว่า 1) ดินเปียกทุกชนิดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าดินแห้งเสมอที่ระดับความลึกเดียวกัน เนื่องจากอิทธิพลการระเหยของน้ำและการนำความร้อนในดิน ดินเหนียวมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศในรอบวันน้อยที่สุด ที่ระดับผิวดินถึงความลึก 0.30 ม. พบว่าทรายเปียกเมื่อปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันต่ำกว่าดินชนิดอื่น ในขณะที่ระดับความลึก 0.30 ม. ลงไป ดินเหนียวเปียกมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 2) ในส่วนวัสดุผิวอาคารสัมผัสดิน พบว่า ค่าความจุความร้อนและค่าการนำความร้อน มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิววัสดุน้อยมาก เนื่องจากเมื่อผิวอาคารสัมผัสดิน จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกันตลอดเวลา เป็นผลให้อุณหภูมิผิวของวัสดุเข้าสู่ใกล้อุณหภูมิดิน แต่ในสภาวะที่มีความร้อนภายใน พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังคอนกรีตต่ำกว่ากล่องก่ออิฐ ประมาณ 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากคอนกรีตสามารถถ่ายเทความร้อนภายในสู่อากาศได้เร็วกว่า 3) แนวทางการประยุกต์ใช้อุณหภูมิผิวสัมผัสดิน จากการทดสอบอาคารจำลอง ในสภาวะที่มีความร้อนภายในอาคาร ช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. พบว่า กรณีที่ผิวผนังสัมผัสดิน 0.30 ม. มีอุณหภูมิผิวโดยเฉลี่ยต่ำกว่า ผิวผนังไม่สัมผัสดิน 5.74 องศาเซลเซียส

การวิจัยนี้สรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์จากผิวสัมผัสดินเพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคาร มีแนวทางดังนี้ 1) เลือกใช้พืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนโดยตรงจากรังสีดวงอาทิตย์ รักษาระดับความชื้นในดินให้เปียกเสมอ ผสมผสานชนิดของดิน โดยที่ระดับผิวถึงความลึก 0.30 ม. ใช้ทรายเปียก ในขณะที่ความลึกตั้งแต่ 0.30 ม. ลงไป เลือกใช้ดินเหนียวเปียก 2) ในส่วนของวัสดุผิวอาคารสัมผัสดิน ควรพิจารณาจากความเหมาะสมในด้านการใช้งานและการบำรุงรักษามากกว่าคุณสมบัติเชิงอุณหภูมิ โดยผลสรุปจากการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคาร และเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดการใช้พลังงานได้ต่อไป

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม  
ปีการศึกษา 2544

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

# # 4374167825:MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: EARTH CONTACT SURFACE / PASSIVE COOLING / THERMAL COMFORT /

PAIBOON WANGRUNGRUANGKIT: A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE. THESIS ADVISOR: ASST DR. VORASUN BURANAKARN, THESIS CO-ADVISOR: PROF DR. SOONTORN BOONYATIKARN, 192 pp. ISBN 974-17-0664-2.

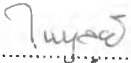

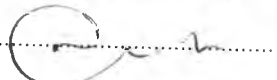
This thesis is a part of group research of " non-air conditioned elementary school design in the north eastern part of Thailand " as a main theme. In addition to examine the influence of soil factors that can effect to internal building temperature, study for soil temperature reduction and sufficient choices of soil contact surface material and recommended concepts that can provide benefits through earth contact to build up internal comfort zone.

This research was divided in 3 parts : 1) to Study the influence of different factors that affect soil temperature including type of soil, soil moisture, soil coverage and soil dept level. Types of soil are considered from particle sizing by comparing between sand, rich soil and clay. Soil moisture in different conditions are between irrigated and dry soil. Soil coverage by comparison are between bared soil and grass covered. And finding the minimize soil depth and volume of the building surface that provided appropriated temperature for comfort zone. 2) Examine the sufficient choices of soil contact surface material by considered the with heat capacity and heat conductance between soil and building surface in conventional condition and internal heat gain condition simulation the three types of material are concrete , brick and steel. 3) To develop experiment results with soil brick cement structure adaptive model.

The research results founded, 1) that all irrigated soil at similar depths have lower temperatures because of the evaporation influence of water and the delay of thermal of soil, clay has the thermal variation at the 0.30 m. depth level to the surface. bared sand has the highest diurnal variation . 2) In the part of the earth contact surface material, The influence of materials surface is nearly neglect because of when the building surface contact earth threr is the heat exchange causing the temperature the temperature approaching the earth temperature. But in the condition of inside building heat gain, the temperature in the concrete test cell in below the brick test cell about 1 degree celcius. And during 8:00 AM – 4:00 PM the earth contact surface at 0.30 depth level has a surface temperature lest than the bared wall 5.74 degree celcius in average.

In summary Comfort zone development from earth contact should accomplish this,1). Reduce soil temperature by selected the coverage material that can protect from direct radiation which affect to heat gain and to stored moisture. Mixture adaptation is separated with soil elevation by placing wet sand mass from top - 0.30 meters and wet clay mass at deeper level. 2). In the part of earth contact surface material, the consideration of utilization and maintainance shold consider more than thermal property. The results can be used as an information for internal comfort development to further energy conservation.

Department Architecture  
Field of study Architecture  
Academic year 2001

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

## กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคล และสถาบันดังต่อไปนี้

- ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ และ ผศ. ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์ ที่ให้แนวคิดในการวิจัย และคำปรึกษาอันเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่งในงานวิจัยชิ้นนี้
- พ่อแม่ พี่จุ่ม สำหรับสถานที่ทดลอง
- คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- เพื่อน ๆ เทคโนโลยีอาคารทุกคน ที่คอยช่วยเหลือกันตลอดระยะเวลาที่เรียนมา ขอขอบคุณพี่จ่อย พี่หนาว , พี่จุ่ม เก่ง น้องบีม น้องติง พี่นี่ พี่ทิพย์ ก้อง พี่ไอศ และแจน ที่ช่วยเหลือ เกื้อกูลกันโดยตลอดในช่วงทำวิจัย
- น้อง ที่ช่วยเสียสละเวลาอันมีค่ามาช่วยพิสูจน์อักษร และอื่น ๆ อีกมากมาย จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- และที่ขาดมิได้ ขอขอบคุณทุกคนในครอบครัว โดยเฉพาะ ป้ากับม้า ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฐ
การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	ต
บทที่	
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ.....	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 สภาวะน่าสบาย.....	7
2.2 การถ่ายเทความร้อน.....	13
2.3 อิทธิพลของมวลสารต่อการสะสมความร้อน.....	15
2.4 ลักษณะทางกายภาพของดิน.....	25
2.5 คุณณหภูมิดิน.....	32
2.6 แนวทางการใช้ประโยชน์จากคุณณหภูมิดินเพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคาร.....	46

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	55
3.1 ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย.....	55
3.2 ขั้นตอนการวิจัย.....	60
3.3 ภาพแสดงการทดลอง.....	80
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์.....	86
4.1 การหาแนวทางการปรุงแต่งอุณหภูมิดินที่สัมผัสผิวอาคาร.....	86
4.1.1 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินกับความชื้นในดิน.....	87
4.1.2 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินกับสิ่งปกคลุมดิน.....	107
4.1.3 การทดสอบแนวทางเลือกชนิดของดินให้เหมาะสมกับลำดับชั้นดิน.....	129
4.1.4 หาความลึกและปริมาตรของดินสัมผัสผิวอาคารที่เหมาะสม.....	136
4.2 แนวทางการเลือกวัสดุผิวอาคารส่วนสัมผัสดินที่เหมาะสม.....	147
4.1.1 การทดสอบวัสดุโดยพิจารณาจากค่าความจุความร้อน.....	147
4.1.2 การทดสอบคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัสดุผิวอาคารกับดิน.....	157
4.3 การนำไปประยุกต์ใช้กับอาคาร กรณีศึกษาอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	171
4.3.1 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารจำลอง.....	171
4.3.2 การคำนวณพลังงานความร้อนภายในอาคารโรงเรียนต้นแบบที่สูญเสียสู่มวลสารดิน.....	178
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	183
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	184
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	189
รายการอ้างอิง.....	190
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	192



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการสะท้อนของวัสดุ ..... 14

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบมวลสารประเภท Low , Medium และ High Mass ..... 17

ตารางที่ 2.3 แสดงการจำแนกกลุ่มขนาด (Soil Separates) ตามระบบสหรัฐอเมริกา (USDA) เปรียบเทียบกับระบบสากล (ISSS) ..... 30

ตารางที่ 2.4 แสดงความสามารถในการดูดความร้อนและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสิ่งปกคลุมดิน ..... 36

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบมวลสารประเภท Low , Medium และ High Mass ..... 13

ตารางที่ 2.4 แสดงความสามารถในการดูดกลืนความร้อนและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสิ่งปกคลุมดิน ..... 23

ตารางที่ 2.5 แสดงอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ได้สิ่งปกคลุมที่ต่างกัน ..... 37

ตารางที่ 2.6 แสดงความร้อนจำเพาะของส่วนประกอบต่าง ๆ ของดิน ..... 41

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) ของวัสดุที่เลือกมาทดสอบ ..... 70

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อน (Conductance) ของวัสดุที่นำมาทดสอบ ..... 72

ตารางที่ 3.3 สรุปสัดส่วนพื้นที่สัมผัสดินของอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบชั้น 1 ..... 78

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) ของวัสดุที่เลือกมาทดสอบ ... 147

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบค่าการนำความร้อน (Conductance) ของวัสดุที่ทดสอบในการทดลองที่ 4.2.2..... 157

ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณพลังงานความร้อนภายในอาคารที่สูญเสียสู่ดิน เมื่อใช้คอนกรีตเป็นวัสดุอาคารสัมผัสดิน ..... 180

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1	แสดงตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน้ำสบาย.....	8
ภาพที่ 2-2	แสดงส่วนประกอบของดินโดยปริมาตรที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก .....	26
ภาพที่ 2-3	อิทธิพลของขนาดอนุภาคต่อเนื้อที่ผิวในมวลสารดิน.....	28
ภาพที่ 2-4	อิทธิพลของขนาดอนุภาคต่อขนาดของช่องในมวลสารดิน.....	29
ภาพที่ 2-5	แสดงลักษณะการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สู่ชั้นบรรยากาศโลก .....	33
ภาพที่ 2-6	แสดงการใช้ประโยชน์จากวัสดุคลุมดินเพื่อลดอุณหภูมิบริเวณผิวดินและ ลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณผิวน้ำดิน.....	38
ภาพที่ 2-7	แสดงวัสดุคลุมดิน เพื่อลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณผิวน้ำดิน .....	39
ภาพที่ 2-8	แสดงการระเหยของน้ำบริเวณผิวดิน ในเวลากลางวันและกลางคืน.....	40
ภาพที่ 2-9	แสดงความแปรปรวนของอุณหภูมิดินสัมพันธ์กับระดับความลึก .....	47
ภาพที่ 2-10	แสดงแนวความคิดการขุดดินเพื่อให้อาคารอยู่ใต้ดิน (Subgrade) .....	49
ภาพที่ 2-11	แสดงการออกแบบอาคารที่สัมผัสดินโดยการถม (Berm) .....	50
ภาพที่ 2-12	แสดงการสัมผัสดินของพื้นผิวภายนอกอาคารในรูปแบบต่าง ๆ .....	51
ภาพที่ 2-13	แสดงการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศผ่านท่อใต้ดิน ในรูปแบบต่าง ๆ .....	53
ภาพที่ 2-14	แสดงแนวความคิดการบังคับทิศทางลมให้ผ่านถ้ำ เพื่อลดอุณหภูมิก่อนระบาย ออกที่หมู่บ้าน The Villa Acolta.....	54
ภาพที่ 3-1	แสดงพื้นที่ทดลอง ก่อนการทดลอง .....	56
ภาพที่ 3-2	แสดงเครื่องเก็บค่าอุณหภูมิ Fluke Hydra Logger .....	57
ภาพที่ 3-3	แสดงสาย Thermocouple Type T.....	57
ภาพที่ 3-4	แสดงการติดตั้ง Sensor วัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก โดยป้องกันอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์.....	58
ภาพที่ 3-5	แสดงการติดตั้ง Sensor เพื่อวัดอุณหภูมิผิววัสดุ .....	58
ภาพที่ 3-6	แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดอุณหภูมิ Fluke Hydra Logger กับเครื่องคอมพิวเตอร์.....	59
ภาพที่ 3-7	แสดงกล่องทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 1 .....	61

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-8	แสดงตัวอย่างชนิดดินที่ใช้ในการทดสอบ .....	62
ภาพที่ 3-9	แสดงรูปแบบการทดลองที่ 1.1 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน กับความชื้นในดิน .....	64
ภาพที่ 3-10	แสดงรูปแบบการทดลองที่ 1.2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดดินกับสิ่ง ปกคลุมดิน .....	65
ภาพที่ 3-11	แสดงรูปแบบการทดลองที่ 1.3 ทดสอบแนวทางการผสมผสานชนิด ดินให้เหมาะสมกับระดับความลึก .....	66
ภาพที่ 3-12	แสดงรูปแบบการทดลองและตำแหน่ง Sensor การทดลองที่ 1.4 .....	67
ภาพที่ 3-13	แสดงวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ 2.1 .....	69
ภาพที่ 3-14	แสดงรายละเอียดกล่องทดลองและตำแหน่ง Sensor ในการทดลองที่ 2.1 .....	71
ภาพที่ 3-15	แสดงรายละเอียดกล่องทดลองและตำแหน่ง Sensor ในการทดลองที่ 2.2 .....	74
ภาพที่ 3-16	แสดงผังพื้นของโรงเรียนต้นแบบ .....	75
ภาพที่ 3-17	แสดงรูปตัดของโรงเรียนต้นแบบ .....	76
ภาพที่ 3-18	แสดงรูปแบบการทดลองที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในอาคาร จำลองโรงเรียนต้นแบบ ชั้น 1 ในสภาวะที่ไม่มีดินสัมผัสผนังอาคาร .....	77
ภาพที่ 3-19	แสดงรูปแบบการทดลองที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในอาคาร จำลองโรงเรียนต้นแบบ ชั้น 1 ในสภาวะที่มีดินสัมผัสผนังอาคาร .....	78
ภาพที่ 3-20	แสดงรูปแบบกล่องทดลองในชั้นตอนที่ 1 .....	80
ภาพที่ 3-21	แสดงการทดลองที่ 1.1 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดดินกับ ความชื้นในดิน .....	80
ภาพที่ 3-22	แสดงการทดลองที่ 1.2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดดินกับ สิ่งปกคลุมดิน .....	80
ภาพที่ 3-23	แสดงการปรับระดับดินที่ใช้ในการทดลองที่ 1.4 .....	81
ภาพที่ 3-24	แสดงภาพการทดลองที่ 1.4 หลังจากปูหญ้า โดยทิ้งไว้ให้ยุบตัว ก่อนเริ่มทดลอง .....	81
ภาพที่ 3-25	แสดงการปรับปรุงสถานที่เพื่อเตรียมการทดลองที่ 2 .....	82
ภาพที่ 3-26	แสดงกล่องทดลองที่ 2.1 โดยใช้โฟม EPS หนา 4 นิ้ว เป็นฉนวนกันความร้อน .....	82

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-27	แสดงการติดตั้งวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ในการทดลองที่ 2.1 .....	82
ภาพที่ 3-28	แสดงกล่องทดลองที่ 2.1 ทดสอบวัสดุสัมผัสดิน .....	83
ภาพที่ 3-29	แสดงขั้นตอนการสร้างกล่องทดลอง สำหรับการทดลองที่ 2.2.....	83
ภาพที่ 3-30	แสดงการปรับระดับดินรอบกล่องทดลองที่ 2.2 .....	84
ภาพที่ 3-31	แสดงกล่องทดลองที่ 2.2 พร้อมบันทึกข้อมูล.....	84
ภาพที่ 3-32	แสดงการดัดแปลงผนังส่วนสัมผัสดิน ในการทดลองที่ 3.....	85
ภาพที่ 3-33	แสดงหุ่นจำลองอาคารโรงเรียนต้นแบบ ที่มีดินถมผนังอาคารทั้ง 2 ด้าน .....	85
ภาพที่ 5-1	แสดงประโยชน์จากการปรุงแต่งอุณหภูมิดินด้วยวัสดุปกคลุมดิน และการ ผสมผสานชนิดของดินให้เหมาะสมกับระดับความลึก ในช่วงเวลากลางวัน.....	185
ภาพที่ 5-2	แสดงประโยชน์จากการปรุงแต่งอุณหภูมิดินด้วยวัสดุปกคลุมดิน และการ ผสมผสานชนิดของดินให้เหมาะสมกับระดับความลึก ในช่วงเวลากลางคืน .....	186
ภาพที่ 5-3	แสดงระดับความลึกของดิน ซึ่งสามารถใช้ปรุงแต่งสภาวะนำสบายภาย ในอาคาร.....	186

## สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1-1	แสดงลำดับขั้นตอนการวิจัย .....	5
แผนภูมิที่ 2-1	แสดงค่าความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ของวัสดุก่อสร้างบางชนิด .....	19
แผนภูมิที่ 2-2	แสดงค่าความหนาแน่น (Density) ของวัสดุก่อสร้างบางชนิด .....	20
แผนภูมิที่ 2-3	แสดงค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) ของวัสดุก่อสร้างบางชนิด .....	21
แผนภูมิที่ 2-4	แสดงค่า Thermal Storage Capacity ของวัสดุก่อสร้างบางชนิด.....	22
แผนภูมิที่ 3-1	แสดง Diagram การทดลองที่ 2.2.....	73
แผนภูมิที่ 4-1	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก - แห้ง ที่ระดับความลึกต่าง ๆ .....	88
แผนภูมิที่ 4-2	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ของทรายเปียก - แห้ง ที่ระดับ ความลึกต่าง ๆ .....	90
แผนภูมิที่ 4-3	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินร่วนเปียก - แห้ง ที่ระดับความลึกต่าง ๆ.....	91
แผนภูมิที่ 4-4	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ของดินร่วนเปียก - แห้ง ที่ระดับ ความลึกต่าง ๆ.....	93
แผนภูมิที่ 4-5	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินเหนียวเปียก - แห้ง ที่ระดับความลึกต่าง ๆ.....	94
แผนภูมิที่ 4-6	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ของดินเหนียวเปียก - แห้ง ที่ระดับ ความลึกต่าง ๆ.....	96
แผนภูมิที่ 4-7	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินชนิดต่าง ๆ ในสภาวะเปียก - แห้ง ที่ระดับ ความลึก 0.10 ม.....	98
แผนภูมิที่ 4-8	เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเปียกแต่ละชนิด จำแนกตามช่วงเวลา ที่ระดับความลึก 0.10 ม.....	99
แผนภูมิที่ 4-9	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินชนิดต่าง ๆ ในสภาวะเปียก - แห้ง ที่ระดับ ความลึก 0.30 ม.....	100
แผนภูมิที่ 4-10	เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเปียกแต่ละชนิด จำแนกตามช่วงเวลา ที่ระดับความลึก 0.30 ม.....	102
แผนภูมิที่ 4-11	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินชนิดต่าง ๆ ในสภาวะเปียก - แห้ง ที่ระดับ ความลึก 0.60 ม.....	103

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4-12	เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเปียกแต่ละชนิด จำแนกตามช่วงเวลา ที่ระดับความลึก 0.60 ม.....	104
แผนภูมิที่ 4-13	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก ที่มีสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ระดับ ความลึก 0.10 ม.....	108
แผนภูมิที่ 4-14	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของทรายเปียก ที่มีสิ่งปกคลุม ดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0.10 ม.....	110
แผนภูมิที่ 4-15	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก ที่มีสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ระดับ ความลึก 0.30 ม.....	111
แผนภูมิที่ 4-16	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก ที่มีสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ระดับ ความลึก 0.60 ม.....	112
แผนภูมิที่ 4-17	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของทรายเปียก ที่มีสิ่งปกคลุม ดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0.30 ม.....	113
แผนภูมิที่ 4-18	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของทรายเปียก ที่มีสิ่งปกคลุม ดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0.60 ม.....	114
แผนภูมิที่ 4-19	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินเหนียวเปียก ที่มีสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ระดับ ความลึก 0.10 ม.....	115
แผนภูมิที่ 4-20	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของดินเหนียวเปียก ที่มีสิ่งปกคลุม ดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0.10 ม.....	117
แผนภูมิที่ 4-21	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินเหนียวเปียก ที่มีสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ระดับ ความลึก 0.30 ม.....	118
แผนภูมิที่ 4-22	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินเหนียวเปียก ที่มีสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ระดับ ความลึก 0.60 ม.....	119
แผนภูมิที่ 4-23	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของดินเหนียวเปียก ที่มีสิ่งปกคลุม ดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0.30 ม.....	120
แผนภูมิที่ 4-24	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของดินเหนียวเปียก ที่มีสิ่งปกคลุม ดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0.60 ม.....	121

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4-25	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก - ดินเหนียวเปียก ที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ที่ระดับความลึก 0.10 ม.....	122
แผนภูมิที่ 4-26	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก - ดินเหนียวเปียก ที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ที่ระดับความลึก 0.30 ม.....	124
แผนภูมิที่ 4-27	เปรียบเทียบอุณหภูมิทรายเปียก - ดินเหนียวเปียก ที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ที่ระดับความลึก 0.60 ม.....	126
แผนภูมิที่ 4-28	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนดินเหนียว ที่ระดับความลึกต่างๆ.....	130
แผนภูมิที่ 4-29	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนดินผสม ที่ระดับความลึกต่างๆ.....	131
แผนภูมิที่ 4-30	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนดินเหนียวกับก่อนดินผสม ที่ระดับความลึกต่าง ๆ.....	132
แผนภูมิที่ 4-31	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินระหว่างดินเหนียวกับดินผสม ที่ระดับ 0.10 ม. ....	133
แผนภูมิที่ 4-32	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินระหว่างดินเหนียวกับดินผสม ที่ระดับ 0.30 ม. ....	134
แผนภูมิที่ 4-33	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินระหว่างดินเหนียวกับดินผสม ที่ระดับ 0.60 ม.....	135
แผนภูมิที่ 4-34	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ .....	137
แผนภูมิที่ 4-35	แสดงค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด - ค่าเฉลี่ย ของอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ.....	138
แผนภูมิที่ 4-36	เปรียบเทียบอุณหภูมิมิวนั่งด้านในกล่องคอนกรีตที่ระดับต่าง ๆ.....	139
แผนภูมิที่ 4-37	แสดงค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด - ค่าเฉลี่ย ของมิวด้านในผนังคอนกรีตที่ระดับต่าง ๆ .....	141
แผนภูมิที่ 4-38	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนกล่องคอนกรีตที่ระดับ 1.80 ม. จากพื้น (ผนังไม่สัมผัสดิน) .....	142
แผนภูมิที่ 4-39	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนกล่องคอนกรีตที่ระดับ 1.50 ม. จากพื้น (ผนังสัมผัสดินลึก 0.10 ม.).....	143
แผนภูมิที่ 4-40	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนกล่องคอนกรีตที่ระดับ 1.20 ม. จากพื้น (ผนังสัมผัสดินลึก 0.30 ม.).....	144
แผนภูมิที่ 4-41	เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนกล่องคอนกรีตที่ระดับ 0.90 ม. จากพื้น (ผนังสัมผัสดินลึก 0.60 ม.).....	145

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4-42	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินเฉลี่ยกับอุณหภูมิผิวผนังคอนกรีตเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่าง ๆ .....	146
แผนภูมิที่ 4-43	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศในกล่องพื้นคอนกรีต .....	148
แผนภูมิที่ 4-44	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศในกล่องพื้นอิฐ .....	149
แผนภูมิที่ 4-45	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศในกล่องพื้นเหล็ก .....	150
แผนภูมิที่ 4-46	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของวัสดุแต่ละชนิดที่สัมผัสดิน .....	151
แผนภูมิที่ 4-47	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของผิววัสดุที่สัมผัสดิน .....	152
แผนภูมิที่ 4-48	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองวัสดุผิวสัมผัสดิน .....	154
แผนภูมิที่ 4-49	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ย ของอากาศในกล่องทดลอง .....	155
แผนภูมิที่ 4-50	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังคอนกรีตส่วนที่สัมผัสดินกับส่วนที่ไม่สัมผัสดิน ในสภาวะปกติ .....	158
แผนภูมิที่ 4-51	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังก่ออิฐฉาบปูนส่วนที่สัมผัสดินกับส่วนที่ไม่สัมผัสดิน ในสภาวะปกติ .....	159
แผนภูมิที่ 4-52	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังคอนกรีตกับผิวผนังก่ออิฐฉาบปูนส่วนที่สัมผัสดิน ในสภาวะปกติ .....	160
แผนภูมิที่ 4-53	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในกล่องผนังคอนกรีตกับผนังก่ออิฐฉาบปูนในสภาวะปกติ .....	161
แผนภูมิที่ 4-54	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังคอนกรีตส่วนที่สัมผัสดินกับส่วนที่ไม่สัมผัสดิน ในสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายใน .....	164
แผนภูมิที่ 4-55	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังก่ออิฐฉาบปูนส่วนที่สัมผัสดินกับส่วนที่ไม่สัมผัสดิน ในสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายใน .....	165
แผนภูมิที่ 4-56	เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังคอนกรีตกับผิวผนังก่ออิฐฉาบปูนส่วนที่สัมผัสดิน ในสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายใน .....	166
แผนภูมิที่ 4-57	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในกล่องผนังคอนกรีตกับผนังก่ออิฐฉาบปูนในสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายใน .....	167
แผนภูมิที่ 4-58	เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวผนังคอนกรีตกับผนังก่ออิฐฉาบปูนในสภาวะปกติกับสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายใน .....	169



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4-59	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในกล่องคอนกรีตกับกล่องก่ออิฐฉาบปูน ในสภาวะปกติกับสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายใน.....	170
แผนภูมิที่ 4-60	เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารจำลอง ในสภาวะที่ผนังอาคาร ไม่สัมผัสสิ่งแวดล้อมสารดิน .....	172
แผนภูมิที่ 4-61	แสดงผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายใน กับอุณหภูมิผิวผนัง ห้องเรียน ชั้น 1 โรงเรียนต้นแบบ ในสภาวะที่ผนังอาคารไม่สัมผัสดิน .....	174
แผนภูมิที่ 4-62	เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในอาคารจำลอง ในสภาวะที่ผนังอาคาร สัมผัสสิ่งแวดล้อมสารดิน .....	175
แผนภูมิที่ 4-63	แสดงผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายใน กับอุณหภูมิผิวผนัง ห้องเรียน ชั้น 1 โรงเรียนต้นแบบ ในสภาวะที่ผนังอาคารสัมผัสดิน .....	177

## การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อการนำประโยชน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิรักษ์ พรหมสิริแสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นดินเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารกรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน (ไพบุลย์ วัชรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็น เพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อรุพงษ์ศา, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนทวิทยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตา และเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

- การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (มนต์ชัย อัสซพันธ์, 2544)
- การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544)

เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

- การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร (สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, 2544)
- การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ (รุจิยา มุสิกะลักษณ์, 2544)
- ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและรีไซเคิล (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2544)
- แนวทางในการประเมินความเสี่ยงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา (จันสอน สุลิวง, 2544)

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธิไชย, 2544) เป็นการออกแบบโรงเรียน ที่นำเอาเทคนิคต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ มาวิเคราะห์ ผสมผสาน เป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

## RELATED RESEARCH OF NON-AIR CONDITIONED ELEMENTARY SCHOOL DESIGN IN NORTHEASTERN THAILAND

This thesis is a part of group research, consists of:

Concepts of building and building materials are to utilize and optimize the natural assets by considered :

- THE DEVELOPEMENT OF ROOF DESIGN AND AIR CIRCULATION SYSTEM TO REDUCE TEMPERATURE IN BUILDING (PROMSIRISANG, APITOUCH, 2001)
- A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS , CASE STUDY : NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION , THAILAND (THONGKAMSAMUT, CHOOPONG, 2001)
- A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE (WANGRUNGRUANGKIT, PAIBOON, 2001)

Concepts of lighting design and visual comfort are to integrated daylight and artificial light by considered:

- DAYLIGHT UTILIZATION FROM CLERESTORY IN RURAL CLASSROOM (URUPONGSA, AVIRUTH, 2001)
- THE PLANING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN FOR INCREASING ENERGY PERFORMANCE (SAKULYANONDVITTAYA, ARNIC. 2001)
- AN APPROACH TO IMPROVE VISUAL COMFORT IN CLASSROOM IN RURAL AREAS (TANGPOONSUPSIRI, TIPPAWAN, 2001)

Concept of modifying microclimate is to improve the comfort condition by natural assets considered:

- THE USE OF SITE TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURE CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION (AUTCHAPUN, MONCHAI, 2001)
- EXTERIOR SURFACE TEMPERATURE REDUCTION THROUGH EVAPOLATION PROCESS (VUTTISUWAN, LERTLUX, 2001)

Concept of evaluation school performance is considered:

- A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING. (LOHASUWAN,SUTEewan, 2001)
- COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED CLASSROOM (MUSIKALUCK, ROUJIYA. 2001)
- THE EMERGY INDEX OF BUILDINGS AND BUILDING MATERIALS DURING CONSTRUCTION AND DEMOLITION (WANKANAPON, PIMONMART. 2001)
- AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX IN PRIMARY SCHOOL (SOULIVONG, CHANSONE, 2001)

PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION (PUTTHACO, NARAKORN, 2001) is the design of school which integrated, analyzed and optimized all natural factors ,and techniques to create appropriate school for better learning environment.