

การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเชื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

นายมนต์ชัย อีซซพันธ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0661-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE USE OF SITE ENVIRONMENT TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR  
NATURAL CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION

Mr. Monchai Autchapun

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 974-17-0661-8



มนต์ชัย อชชพันธ์ : การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. (THE USE OF SITE ENVIRONMENT TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURAL CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 240 หน้า. ISBN 974-17-0661-8.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมในโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพแวดล้อมที่รุนแรงโดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากในฤดูร้อนและอุณหภูมิต่ำมากในฤดูหนาวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะทางตอนล่างของภาค ทำให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ต่ำกว่ามาตรฐานในการดำรงชีวิต การปรับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อลดอิทธิพลความรุนแรงดังกล่าว การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ (1) ศึกษาภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นจากการปรับสภาพแวดล้อม (2) คาดการณ์สภาวะน่าสบายจากการปรับสภาพแวดล้อมใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างจากข้อมูลภูมิอากาศ (3) เสนอแนวทางการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับห้องเรียนธรรมชาติ โดยมีขั้นตอนในการวิจัยคือ 1. กำหนดเกณฑ์จากสภาวะความสบายทางด้านสภาพแวดล้อม 2. เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณแสงสว่างและความเร็วลม จากการจำลองสภาพแวดล้อมจริง 3. นำมาวิเคราะห์ประเมินผล

ผลการวิจัยโดยใช้แนวคิดในการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับห้องเรียนธรรมชาติ พบว่า 1. ในฤดูหนาวเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่า Comfort zone ผู้ใช้ห้องเรียนธรรมชาติจะรู้สึกเหมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้น 1-5.9 °C เนื่องจาก (1) อิทธิพลของการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์จากการใช้ต้นไม้ 2 ระดับ (2) อิทธิพลจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ต่อวัสดุผิวพื้น (3) การควบคุมทิศทางลมโดยใช้เนินดินทางด้านทิศเหนือที่สามารถปรับได้ตามภาวะความสบาย 2. ในฤดูร้อน เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่า Comfort zone ผู้ใช้ห้องเรียนธรรมชาติจะรู้สึกเหมือนว่าอุณหภูมิต่ำลง 1-2.9 °C เนื่องจาก (1) การลดอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ ต้นไม้ 2 ระดับ (2) อิทธิพลจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจากการใช้วัสดุผิวพื้นภายนอกผ่านกระบวนการระเหยของน้ำ (3) อิทธิพลจากความเร็วลมพัดผ่านผิวกายเฉลี่ย 0.70 m/s จากการคาดการณ์ภาวะน่าสบายของห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างพบว่า ในช่วงเวลาใช้งาน 8.00-16.00 น. ภายในห้องเรียนธรรมชาติอยู่ในภาวะน่าสบายในฤดูหนาว 77 % ฤดูร้อน 100 % และในฤดูฝน 97 %

แนวทางการปรับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารในการวิจัยนี้ ช่วยเพิ่มคุณภาพการศึกษาและคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและก่อสร้างห้องเรียนธรรมชาติในภาคที่มีสภาพภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน หรือใช้เป็นกรณีศึกษาในการออกแบบและก่อสร้างห้องเรียนธรรมชาติในภูมิภาคอื่นที่มีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันออกไป วิธีการเหล่านี้จึงเป็นผลให้การปรับสภาพแวดล้อมเข้าสู่สภาวะน่าสบายมากขึ้น

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม  
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต ..... มนต์ชัย อชชพันธ์ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 437 41735 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: THERMAL COMFORT / SITE ENVIRONMENT / NATURAL CLASSROOM / LOWER NORTHEASTERN REGION / NORTHEASTERN REGION

MONCHAI AUTCHAPUN: THE USE OF SITE ENVIRONMENT TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURAL CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION. THESIS ADVISOR: Professor Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 240 pp. ISBN 974-17-0661-8.

This thesis is a part of group research of "Non-air conditioned elementary school design in Northeastern Thailand" as a main theme. According to the severe environment depletion especially the increasing of high air temperature in summer and the reducing of low air temperature in winter in The Northeast, especially the lower part. The adjustment of site environment to modify outside thermal comfort is a guideline to reduce this severe case. The research objectives are, (1) to study thermal comfort from the use of site environment to modify thermal comfort. (2) to predict thermal comfort in Lower Northeastern region from weather data. (3) to represent the use of site environment guidelines to modify thermal comfort in natural classroom. The research methodology are, (1) constructed environmental model under the design guideline. (2) collected air temperature, relative humidity, solar illumination, and wind speed. (3) collected for thermal comfort evaluation and prediction.

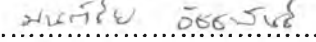
The research by using the site environment concept to modify thermal comfort in natural classroom is, in winter, when outside air temperature is lower than comfort zone the user sensible temperature is 1-5.9 oC resultewd from,(1) the effect of solar rediation. (2) the effect of MRT from the effected of solar radiatation.(3) wind control by using north landform. in summer, when outside air temperature is higher than comfort zone the user sensible temperature is 1-2.9 oC resultewd from,(1) the protection of solar radiation by using the two level tree. (2) the effect of MRT by using exterior surface reduce temperature through evaporation process. (3) the effect of wind speed average at 0.70 m/s. A prediction of Lower Northeastern region from weather data, during 8.00 a.m.-16.00 p.m., natural classroom temperature reach thermal comfort in winter 77 %, 100 % in summer and 97 % in rainy season.

The guideline to modify outside thermal comfort in this research develops the quality of education and life better, use as a guideline in natural classroom designing and construction in the Northeastern region or use as a case study in natural classroom designing and construction in other differences weather region. This guideline makes the environment adjustment into thermal comfort easier.

Department Architecture

Field of study Architecture

Academic year 2001

Student's signature ..... 

Advisor's signature ..... 

Co-advisor's signature .....



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือ ความร่วมมือและความมีน้ำใจของบุคคลหลายๆท่าน

ขอบคุณ ศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้เวลา คำแนะนำ คำชี้แนะ ให้แนวทางและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ทางด้านต่างๆที่ทำให้การวิจัยสำเร็จลงได้

ขอบคุณ อ.พรพนชลัท สุริโยธิน ที่ให้คำแนะนำตลอดจนคำปรึกษาต่างๆในทุกๆเรื่องรวมทั้งให้ความช่วยเหลือทางด้านอื่นๆตลอดมา

ขอบคุณ ผศ. จามรี อาระยานิมิตสกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอบคุณ สพช. ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย ทำให้สามารถทำการวิจัยจนแล้วเสร็จได้

ขอบคุณเพื่อนๆชาวเทคโนโลยีอาคารที่ทำวิทยานิพนธ์ด้วยกัน โดยเฉพาะเพื่อนๆที่ทำ Thermal ทุกคนที่ช่วยกันทำงาน คอยช่วยเหลือและร่วมทุกข์ร่วมสุขด้วยกันตลอดมา

ขอบคุณพี่สาวที่แสนดีทั้ง 2 คน คุณสุมาลี อัครพิพัฒน์กุลและคุณมนต์ทิพย์ วิทยากร รวมทั้งคุณพ่อ คุณแม่และคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษา ให้กำลังใจและให้ความหวังในชีวิต ตลอดจนให้ความอดทนและความอดกลั้นต่อสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้น

ขอบคุณเพื่อนแสนดี คุณปิยาภรณ์ ธนาฯ ที่คอยแนะนำ สนับสนุนและรับฟังในหลายๆด้านทั้งก่อนเข้าศึกษาจนถึงปัจจุบัน

ขอบคุณน้องฉัตรลักษณ์ ที่ยืมเครื่อง Print งานมาตลอด 2ปี ขอบคุณจริงๆ

ท้ายนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่การเงินของคณะฯ พี่ๆเจ้าหน้าที่ห้องภาคฯ ห้องยืมเครื่องมือรวมทั้งบุคคลอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่คอยให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ญ
สารบัญแผนภูมิ .....	ท
การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ .....	ด
บทที่	
1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมา .....	1
1.2 ความสำคัญของปัญหา .....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย .....	4
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น .....	5
1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย .....	5
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย .....	5
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	7
1.9 วิธีดำเนินการวิจัย .....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	10
2.1 ตัวแปรทางธรรมชาติในการปรับสภาพแวดล้อม .....	10
2.2 ภาวะความสบาย .....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	57
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย .....	57
3.2 ขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย .....	58

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3	ระยะเวลาและการดำเนินงานในการวิจัย ..... 60
3.4	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 60
3.5	การเก็บรายละเอียดข้อมูลในการวิจัย ..... 63
3.6	ตำแหน่งของเครื่องมือที่ติดตั้งเพื่อทำการวิจัย ..... 64
4	การศึกษาภาวะนำสลายที่เกิดขึ้นจากการปรับสภาพแวดล้อม ของห้องเรียนธรรมชาติ ..... 67
4.1	กำหนดหลักเกณฑ์เพื่อใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบทางการวิจัย ..... 67
4.2	การออกแบบ, จัดทำแบบจำลองและก่อสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้ในการวิจัย ..... 105
4.3	การทำ Pilot test, Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงก่อนการ เก็บข้อมูลและติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตามจุดต่างๆที่กำหนด ..... 119
4.4	การเก็บข้อมูลจริง ..... 125
5	การทำนายภาวะนำสลายจากการปรับสภาพแวดล้อมของห้องเรียน ธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ..... 157
6	แนวทางและวิธีการปรับสภาพแวดล้อม ที่เหมาะสมกับห้องเรียนธรรมชาติ ..... 187
7	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ..... 197
7.1	สรุปผลการวิจัย ..... 197
7.2	ข้อเสนอแนะ ..... 220
	รายการอ้างอิง ..... 221
	ภาคผนวก ..... 224
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ..... 240



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	แสดงขนาดโดยประมาณของต้นไม้ชนิดต่างๆ ..... 32
3.1	แสดงแผนการดำเนินงานในการวิจัย ..... 53
4.1	มาตรฐานของ IES ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของความส่องสว่าง สำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆ ..... 83
4.2	แสดงปริมาณการส่องสว่างได้รวมเงาของต้นไม้และภายนอกที่นำมาใช้ ในการออกแบบค่าความส่องสว่าง ..... 84
4.3	แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อวันที่ 21 มิถุนายน ..... 86
4.4	แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อวันที่ 21 ธันวาคม ..... 88
4.5	แสดงความจ้าของแสงสำหรับลักษณะของการเห็นในระดับต่างๆ ..... 90
4.6	แสดงอัตราส่วนความจ้าของแสงระหว่างชั้นงานกับพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียง ..... 91
4.7	แสดงค่าการสะท้อนในส่วนต่างๆที่แนะนำให้ใช้งานของ IES ..... 92
4.8	แสดง Approximate Reflection Factors ..... 93
4.9	แสดง Albedo (Reflect Ratio) ของวัสดุต่างๆ ..... 95
4.10	แสดงระดับเสียงทั่วไป ..... 98
4.11	แสดงมาตรฐานและวิธีการวัดระดับเสียงจากยานพาหนะทางบก ..... 99
6.1	แสดงผลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการวิจัย ..... 188
7.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในการวิจัย ..... 200
7.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในการวิจัย ..... 200
7.3	แสดงผลที่เกิดขึ้นจากการปรับสภาพแวดล้อมของห้องเรียนธรรมชาติ ..... 203
7.4	แสดงดัชนีภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติ ..... 207
7.5	แสดงการคาดการณ์ภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. ตลอดทั้งปี ..... 210
7.6	แสดงการคาดการณ์ภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างตลอดทั้งปี ..... 213

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 แสดงการใช้ต้นไม้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อม	20
2.2 แสดง Vegetation and Temperature Control	22
2.3 แสดง Solar Radiation Control	24
2.4 แสดง Plants Control Solar Radiation	25
2.5 แสดงรูปแบบทรงพุ่ม (Form) ของต้นไม้ในลักษณะต่างๆ	30
2.6 แสดงการเกิดอุณหภูมิในบริเวณใต้พุ่มใบในเวลากลางวันและกลางคืน	34
2.7 แสดงรังสีตกกระทบบนใบไม้	35
2.8 แสดง Heat Exchange Environment	39
2.9 แสดง Motion of Earth around Sun	41
2.10 แสดง Psychrometric chart, SI units	46
2.11 แสดง Psychrometric chart, Conventional units	47
3.1 แสดงหัว Sensor ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ	61
3.2 แสดงการเชื่อมโยงสาย Sensor เข้ากับเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์	62
3.3 แสดงกล่องที่ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ	62
3.4 แสดงทรงกลม Globe ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิเพื่อคำนวณ MRT	63
3.5 แสดงการติดตั้งกล่องและ Sensor เพื่อวัดค่าอุณหภูมิอากาศ	66
4.1 แสดงแนวคิดในการออกแบบให้ลมในฤดูร้อนพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ	79
4.2 แสดงผลแบบจำลองโต๊ะน้ำในฤดูร้อนโดยให้ลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ	79
4.3 แสดงแนวคิดในการออกแบบเพื่อป้องกันลมฤดูหนาวพัดผ่านภายใน ห้องเรียนธรรมชาติช่วงเวลากลางคืน	80
4.4 แสดงผลแบบจำลองโต๊ะน้ำในฤดูหนาวช่วงเวลากลางคืนโดยป้องกัน ไม่ให้ลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ	81
4.5 แสดงแนวคิดในการออกแบบเพื่อให้ลมฤดูหนาวพัดผ่านภายใน ห้องเรียนธรรมชาติช่วงเวลากลางวัน	81

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.6 แสดงผลแบบจำลองโต๊ะน้ำในฤดูหนาวช่วงเวลากลางวันโดยให้ลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ .....	82
4.7 แสดง Shading ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 8.00 น. ....	86
4.8 แสดง Shading ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12.00 น. ....	87
4.9 แสดง Shading ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16.00 น. ....	87
4.10 แสดง Shading ของวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. ....	88
4.11 แสดง Shading ของวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น. ....	89
4.12 แสดง Shading ของวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16.00 น. ....	89
4.13 แสดงมุมมองที่เกิดขึ้นจากภายในห้องเรียนธรรมชาติสู่ภายนอกทางทิศเหนือ .....	96
4.14 แสดงมุมมองที่เกิดขึ้นจากภายในห้องเรียนธรรมชาติสู่ภายนอกทางทิศตะวันออกและตะวันตก .....	97
4.15 แสดงการลดเสียงรบกวนของห้องเรียนธรรมชาติจากถนนทั่วไปที่มีระดับเสียง 70 dbA .....	101
4.16 แสดงการลดเสียงรบกวนของห้องเรียนธรรมชาติจากเสียงพูดคุยที่มีระดับเสียง 60 dbA .....	102
4.17 แสดงลดเสียงรบกวนของห้องเรียนธรรมชาติจากถนนที่มีรถยนต์ขับพลุกพล่านที่มีระดับเสียง 100 dbA .....	103
4.18 แสดงแนวทางแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ .....	105
4.19 แสดงแนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ .....	106
4.20 แสดงตัวอย่างแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ .....	106
4.21 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณที่นั่งผู้ฟัง .....	107
4.22 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณทางเข้า .....	107
4.23 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณผู้ฟังและที่นั่งด้านข้าง .....	108
4.24 แสดงตัวอย่างแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติที่ได้รับการแก้ไข .....	109
4.25 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณด้านหน้าที่ได้รับการแก้ไข .....	109

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.26 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณด้านหน้า .....	110
4.27 แสดงผังแบบห้องเรียนธรรมชาติที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองในการวิจัย .....	110
4.28 แสดงภาพตัดตามยาวแบบห้องเรียนธรรมชาติที่ใช้ในการสร้าง แบบจำลองในการวิจัย .....	111
4.29 แสดงภาพตัดตามขวางแบบห้องเรียนธรรมชาติที่ใช้ในการสร้าง แบบจำลองในการวิจัย .....	111
4.30 แสดงการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	112
4.31 แสดงการเตรียมดินในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	112
4.32 แสดงการปรับระดับดินในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	113
4.33 แสดงการปลูกพืชคลุมดินในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	113
4.34 แสดงปลูกต้นไม้ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	114
4.35 แสดงการปลูกต้นไม้ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	114
4.36 แสดงการปลูกต้นไม้ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	115
4.37 แสดงการเตรียมปรับระดับพื้นในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	115
4.38 แสดงการรองพื้นด้วยแผ่นพลาสติกและปรับระดับพื้นในการก่อสร้าง แบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	116
4.39 แสดงการจัดสร้างกระดานดำในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	116
4.40 แสดงการเก็บรายละเอียดในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	117
4.41 แสดงสภาพภายในแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	117
4.42 แสดงสภาพภายนอกแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	118
4.43 แสดงแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	118
4.44 แสดงภายในแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย .....	119
6.1 แสดงแนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาวช่วงเวลากลางวัน .....	193
6.2 แสดงแนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาวช่วงเวลากลางคืน .....	194
6.3 แสดงแนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน .....	195
7.1 แสดงผลจากการปรับสภาพแวดล้อมของห้องเรียนธรรมชาติ .....	201
7.2 แสดงแบบจำลองโต๊ะน้ำห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาวช่วงกลางวัน .....	217

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
7.3 แสดงแบบจำลองโตะน้ำห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาวช่วงกลางคืน .....	217
7.4 แสดงแบบจำลองโตะน้ำห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน .....	218

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
2.1	แผนภูมิใบไอโคลเมติก ..... 53
4.1	แสดงอุณหภูมิอากาศกับเนินดินทิศต่างๆ ..... 68
4.2	แสดงความเร็วลมบริเวณเนินดินทิศต่างๆ ..... 69
4.3	แสดงอุณหภูมิอากาศกับเนินดินด้านนอกทิศต่างๆ ..... 70
4.4	แสดงอุณหภูมิอากาศกับเนินดินด้านในทิศต่างๆ ..... 70
4.5	แสดงอุณหภูมิอากาศกับพุ่มไม้ต้นไม้ระดับต่างๆ ..... 72
4.6	แสดงอุณหภูมิอากาศกับพุ่มไม้พุ่มระดับต่างๆ ..... 72
4.7	แสดงอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวยอดหญ้า ..... 74
4.8	แสดงอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ที่มีความเร็วลม ..... 75
4.9	แสดงอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิววัสดุต่างๆ ..... 76
4.10	แสดงปริมาณแสงสว่างภายนอกกับใต้พุ่มไม้ต้นไม้ ..... 85
4.11	เปรียบเทียบอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูหนาว กรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น ..... 126
4.12	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูหนาว กรณีให้ความชื้นผิวพื้น ..... 127
4.13	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 128
4.14	เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 129
4.15	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 130
4.16	เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 131
4.17	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มไม้ให้มีความโปร่งขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 132
4.18	เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มไม้ให้มีความโปร่งมากขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 133

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิ	หน้า
4.19	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 134
4.20	เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 135
4.21	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูหนาว กรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 138
4.22	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูหนาว กรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 140
4.23	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาวกรณี ไม่ให้ความชื้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 141
4.24	แสดงภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 143
4.25	แสดงภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 144
4.26	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีไม่ให้ความชื้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 145
4.27	แสดงภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 147
4.28	แสดงภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 148
4.29	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้น-ไม่ให้ความชื้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น ..... 149
4.30	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อนทุกกรณี ..... 151
4.31	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติ กรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น ..... 153
4.32	เปรียบเทียบภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณีให้ความชื้นผิวพื้น ..... 155
5.1	คาดการณ์ภาชนะน้ำสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนมกราคม ..... 159

## สารบัญแนบภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิ	หน้า
5.2	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ..... 160
5.3	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนมีนาคม ..... 161
5.4	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนเมษายน ..... 162
5.5	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนพฤษภาคม ..... 163
5.6	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนมิถุนายน ..... 164
5.7	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนกรกฎาคม ..... 165
5.8	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนสิงหาคม ..... 166
5.9	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนกันยายน ..... 167
5.10	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนตุลาคม ..... 168
5.11	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนพฤศจิกายน ..... 169
5.12	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. เดือนธันวาคม ..... 170
5.13	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. ตลอดทั้งปี ..... 171
5.14	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนมกราคม ..... 173
5.15	คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนกุมภาพันธ์ ..... 174



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิ	หน้า
5.16 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนมีนาคม .....	175
5.17 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนเมษายน .....	176
5.18 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนพฤษภาคม .....	177
5.19 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนมิถุนายน .....	178
5.20 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนกรกฎาคม .....	179
5.21 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนสิงหาคม .....	180
5.22 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนกันยายน .....	181
5.23 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนตุลาคม .....	182
5.24 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนพฤศจิกายน .....	183
5.25 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เดือนธันวาคม .....	184
5.26 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างตลอดทั้งปี .....	185
7.1 เปรียบเทียบภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น .....	204
7.2 เปรียบเทียบภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณีให้ความชื้นผิวพื้น .....	206
7.3 คาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ เวลา 8.00-16.00 น. ตลอดทั้งปี .....	208
7.4 แสดงคาดการณ์ภาวะน้ำสลายภายในห้องเรียนธรรมชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างตลอดทั้งปี .....	211

## การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อนำประโยชน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิรัช พรหมสิทธิ์แสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารกรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสผืนดิน (ไพบุลย์ วังรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็น เพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อรุณพงศ์, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนทวิทยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

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

#### เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

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

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธิไธสง, 2544) เป็นการออกแบบโรงเรียนที่นำเอาเทคนิคต่างๆในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติมาวิเคราะห์ ผสมผสานเป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

## 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 ENVIRONMENT TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURAL CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION (AUTCHAPUN, MONCHAI, 2001)
- EXTERIOR SURFACE TEMPERATURE REDUCTION THROUGH EVAPORATION PROCESS (VUTTISUWAN, LERTLUX, 2001)

Concept of evaluation school performance is considered:

- A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING (LOHASUWAN,SUTTEWAN, 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.