

แนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าเสี่ยงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา



นางสาวจันสอน สุลิวง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0423-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11 S.A. 2546

๕ ๒๐๑๙๕๒๔

AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX  
IN PRIMARY SCHOOL

Miss. Chansone Soulivong

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 974-17-0423-2

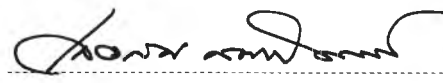
หัวข้อวิทยานิพนธ์      แนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าเสี่ยงในอาคารเรียน  
ระดับประถมศึกษา  
โดย                              นางสาวจันทอน สุลิวง  
สาขาวิชา                      สถาปัตยกรรม  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

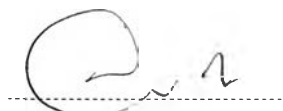
---

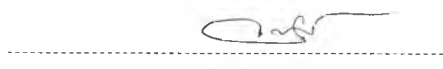
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

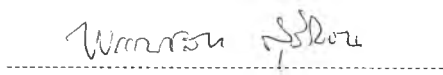
..... คณะบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

 ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

 ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์)

 ..... กรรมการ  
(อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

จันสอน สุลิวง : แนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา  
(AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX IN PRIMARY SCHOOL.)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 176 หน้า. ISBN 974-17-0423-2.

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยในโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เนื่องจากปัจจุบันปัญหาเสียงรบกวนส่งผลกระทบต่ออาคารเรียนและการดำเนินกิจกรรมภายในอาคารอย่างมาก แต่การออกแบบอาคารเรียนโดยทั่วไปไม่ให้ความสำคัญในการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารดีเท่าที่ควร การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกและการควบคุมเสียงภายในอาคารเรียน เพื่อนำมาสร้างแบบประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา

กระบวนการศึกษาอาศัยทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการออกแบบอาคารเรียนเพื่อการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกและการควบคุมเสียงภายในอาคาร ตัวแปรหลักที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ กลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกและกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมเสียงภายในอาคาร ขั้นตอนต่อมา เป็นการหาค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรต่างๆ เพื่อสร้างดัชนีโดยใช้การวิเคราะห์ความสามารถในการป้องกันเสียงรบกวนของตัวแปร ตามเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานของการออกแบบเพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารจากการวิเคราะห์พบว่า การป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกมีสัดส่วนของกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบเปลือกอาคารในส่วนของผนังร้อยละ 70 กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับองค์ประกอบบริเวณที่ตั้งอาคารร้อยละ 20 และกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับการดูดซับเสียงของพื้นผิวภายในอาคารร้อยละ 10 ส่วนการควบคุมเสียงภายในอาคารเรียนใช้การวิเคราะห์ตามสภาวะการณ์ต่างๆ จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรห้อง ค่ารีโอบเบอเรนซ์ไทม์ (Reverberation Time) และระดับความดันเสียงที่ลดลงจากการวิเคราะห์พบว่า การควบคุมเสียงภายในอาคารมีสัดส่วนของกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระดับความดันเสียงภายในอาคารร้อยละ 70 และกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับการสะท้อนเสียง (Reverberant Sound) ภายในห้องร้อยละ 30 จากนั้น จึงหาเกณฑ์ที่เหมาะสมในการประเมินค่าตัวแปรต่างๆ และสร้างค่าระดับที่ใช้เป็นตัวชี้วัดถึงศักยภาพในการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกและการควบคุมเสียงภายในอาคารเรียนโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ โดยระดับ 5 เป็นระดับที่ดีที่สุด

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า การออกแบบอาคารเรียนควรคำนึงถึงการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่ประกอบด้วย ระบบเปลือกอาคารในส่วนของผนัง องค์ประกอบบริเวณที่ตั้งอาคารและการดูดซับเสียงของพื้นผิวภายในอาคาร ส่วนการควบคุมเสียงภายในอาคารเรียนควรคำนึงถึง ระดับความดันเสียงและการสะท้อนเสียงภายในอาคาร เมื่อนำแบบประเมินที่ได้มาใช้ทดสอบประเมินอาคารเรียนระดับประถมศึกษาที่ใช้ระบบก่อสร้างทั่วไปและห้องเรียนรวมกรณีศึกษา ผลที่ได้พบว่า อาคารเรียนระดับประถมศึกษาที่ใช้ระบบก่อสร้างทั่วไปได้คะแนนจากการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร 28.00 คะแนน อยู่ในระดับ 1 (ระดับต่ำสุด) และได้คะแนนจากการควบคุมเสียงภายในอาคาร 84.80 คะแนน อยู่ในระดับ 4 (ระดับค่อนข้างสูง) ส่วนห้องเรียนรวมกรณีศึกษา ได้คะแนนจากการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร 52.60 คะแนน อยู่ในระดับ 3 (ระดับปานกลาง) และได้คะแนนจากการควบคุมเสียงภายในอาคาร 49.80 คะแนน อยู่ในระดับ 2 (ระดับค่อนข้างต่ำ) การศึกษานี้เป็นเพียงแนวทางเบื้องต้นในการสร้างดัชนีเพื่อประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา ดัชนีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับอื่น ๆ ได้ โดยการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

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

ลายมือชื่ออนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

# # 437 42393 25 MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORD: ACOUSTICAL INDEX / PRIMARY SCHOOL


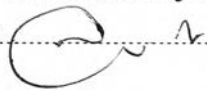
CHANSONE SOULIVONG: AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX IN  
PRIMARY SCHOOL. THESIS ADVISOR: PROFESSOR SOONTORN BOONYATIKARN, Ph. D. 176 pp.  
ISBN 974-17-0423-2.

This thesis is a part of integrated group research of non-air conditioned elementary school design in Northeastern Thailand. Nowadays, there is a lot of disturbing noise, which disturb school activities. And general school designs do not give sufficient importance to the prevention of the disturbing noise from the outside environment. The main objectives of this study were to study the variables, that influence the prevention of disturbing noise from the outside environment and sound control within the schools an acoustic evaluation index for primary schools.

The study focused on theory and information concerning design concepts prevent the disturbing noise from the outside environment and establish sound control within school buildings to classify important variables. The main variable factors used in evaluation were divided into 2 parts i.e. the variables which influenced the prevention of the disturbing noise from the outside environment and the variables which influenced the sound control within the building. The next step was to set the weight of various variables to establish the index for preventing disturbing noise according to standard design criteria to prevent the disturbing noise from the outside environment. The results of analysis showed the prevention of the disturbing noise from the environment outside the building had a proportion of variables, which included the wall envelope for 70 percent, building site elements 20 percent, and classroom sound absorption 10 percent. The analysis of sound control within the school buildings included room volume, duration of the reverberation time, and decreasing sound pressure levels. From the analysis, the sound control within the school building had the proportion of variables of 70 percent sound pressure level and 30 percent reverberant sound. Suitable criteria was then found to evaluate the variables and set a level with the potential to prevent disturbing noise from the outside environment and maintain sound control within the school building through a 5 tier system with tier 5 is the best.

This study found school designs should consider prevention of disturbing noise from the outside environment as well as a wall envelope, the elements of the building site, and the sound absorption of the classroom. It should also consider sound control within the school building i.e. classroom sound pressure and reverberant sound. After the case study building and classroom a substitute general primary school was evaluated by the acquired evaluation form, the case study building received a level of 28.00 for the prevention of disturbing noise from the environment outside the building, which is in the first tier (very poor) and a level of 84.80 for sound control, which was in the fourth tier (good). And for the classroom, it had a level of 52.60 for prevention of disturbing noise from the environment outside the building which, in the third tier (fair) and a 49.80 level for sound control, which was in the second tier (poor). This study helps to develop basic guidelines for an index to evaluate acoustic value in a primary school. The index can be applied in evaluating the acoustic value of the other school buildings but more information is needed to improve the evaluation form.

Department.....Architecture.....  
Field of study.....Architecture.....  
Academic Year .....2001.....

Student's Signature.....  
Advisor's Signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาของ ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัย ขอขอบพระคุณ รศ. เลอสม สภาปีตานนท์ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบและขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์ และอ. พรรณชลัท สุริโยธิน ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำตลอดเวลาในการทำการวิจัย นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาจาก อ. ไมเคิล บริพล ตั้งตรงจิตร ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาคสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความห่วงใยและช่วยเหลืออย่างดี ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ร่วมรุ่นทุกคนที่ช่วยสอนภาษาไทยและช่วยเหลือในการเดินทางตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษาในประเทศไทย ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจตลอดเวลา

จึงขอขอบพระคุณทุกท่าน ณ โอกาสนี้ด้วย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
สารบัญตาราง.....	ฏ
รายการงานวิจัยร่วมภาษาไทย.....	ณ
รายการงานวิจัยร่วมภาษาอังกฤษ.....	ต
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา.....	7
1.6 คำจำกัดความเฉพาะการศึกษาครั้งนี้.....	7
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย.....</b>	<b>8</b>
2.1 รูปทรงและขนาดของห้องเรียน.....	8
2.2 ความต้องการสภาพแวดล้อมของกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงเรียนระดับประถมศึกษา.....	9
2.3 แนวคิดในการออกแบบอาคารเรียนเพื่อป้องกันเสียงรบกวน.....	11
2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเสียง.....	12
2.4.1 เสียงและคลื่นเสียง.....	12
2.4.2 กำลังเสียงและระดับกำลังเสียง.....	13
2.4.3 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง.....	14
2.4.4 ระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level).....	15
2.4.5 ออกเทบแบนด์ (Octave Band).....	17
2.4.6 มาตราเดซิเบล (The decibel scale).....	18

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ระดับเสียงเวจท์ (Weighted Sound Level).....	19
2.6 ความสามารถในการได้ยินเสียงของคน .....	20
2.7 เกณฑ์เสียงและเกณฑ์เสียงที่พอใจ .....	20
2.8 ปรากฏการณ์ของเสียงภายในห้องปิด .....	25
2.9 ระดับความดันเสียงภายในห้องปิด .....	26
2.10 แหล่งกำเนิดของเสียงรบกวน .....	28
2.10.1 เสียงพูด (Speech) .....	32
2.11 การส่งผ่านเสียงเข้าในห้องหรือในอาคาร .....	33
2.12 การควบคุมเสียงรบกวนภายนอกอาคาร .....	34
2.12.1 การลดระดับเสียงด้วยองค์ประกอบบริเวณที่ตั้งอาคาร .....	34
2.12.2 การลดระดับเสียงด้วยค่าการสูญเสียการส่งผ่านของโครงสร้าง .....	38
2.12.3 การดูดซับเสียงของวัสดุและการพิจารณาการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบ อาคารเพื่อป้องกันเสียงรบกวน .....	41
2.13 วิธีการรวบรวมข้อมูล.....	45
2.13.1 ความหมายและความสำคัญของการวัด .....	45
2.13.2 ระดับการวัด (Level of Measurement).....	45
2.13.3 แบบของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด .....	47
<b>บทที่ 3 การหาค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรในการป้องกันเสียงรบกวนจาก     สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและควบคุมเสียงภายในอาคารเรียน .....</b>	<b>54</b>
3.1 เทคนิคการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรในการป้องกัน เสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร.....	55
3.1.1 หลักการในการออกแบบอาคารเรียนเพื่อป้องกันเสียงรบกวนจาก สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร .....	55
3.1.2 ค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับการป้องกันเสียงรบกวนจาก สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร .....	59
3.1.3 การกำหนดค่าระดับในการประเมินค่าการป้องกันเสียงดังรบกวน จากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร.....	62
3.2 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักในการประเมินค่าการป้องกันเสียงรบกวนจาก สภาพแวดล้อมภายในอาคาร .....	85



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 เทคนิคการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรในการประเมินค่า การควบคุมเสียงภายในอาคาร.....	87
3.3.1 ค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับการควบคุมเสียงภายในอาคาร.....	87
3.3.2 การกำหนดค่าระดับในการประเมินค่าการควบคุมเสียงภายในอาคาร.....	91
<b>บทที่ 4 การจัดทำและทดสอบแบบประเมิน</b> .....	<b>104</b>
4.1 การจัดทำแบบประเมิน.....	104
4.2 วิธีการใช้แบบประเมินค่าเสียงสำหรับอาคารเรียนระดับประถมศึกษา.....	105
4.2.1 การใช้แบบประเมินค่าเสียงในส่วนของป้องกันเสียงรบกวนจาก สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร.....	105
4.2.2 การใช้แบบประเมินค่าเสียงในส่วนของควบคุมเสียงภายใน อาคารเรียน.....	115
4.2.3 คู่มือเพื่อใช้ประกอบในการใช้แบบประเมิน.....	122
4.3 การทดสอบแบบประเมินโรงเรียนระดับประถมศึกษาที่ใช้ระบบก่อสร้างทั่วไป.....	124
4.4 การทดสอบแบบประเมินกับห้องเรียนรวมของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.....	138
4.5 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบใช้ประเมินค่า.....	149
<b>บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b> .....	<b>154</b>
5.1 บทสรุป.....	154
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	159
<b>รายการอ้างอิง</b> .....	<b>161</b>
<b>ภาคผนวก</b> .....	<b>163</b>
ภาคผนวก ก กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางเสียง และความสั่นสะเทือน ของประเทศไทยและต่างประเทศ.....	164
ภาคผนวก ข Sound Transmission Loss และSound Transmission Class สำหรับผนัง.....	169
ภาคผนวก ค ข้อมูลระดับเสียงรบกวนจากการตรวจวัดริมถนนพระรามที่ 6.....	173
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	176

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการแบ่งเป็นออกเทปแบนด์ตามช่วงความถี่.....	18
รูปที่ 2.2 แสดงค่าระดับเสียงต่าง ๆ ที่ถูกเวจท์.....	19
รูปที่ 2.3 แสดงขอบเขตการได้ยินเสียงของมนุษย์.....	20
รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงและค่า Reverberation Time.....	25
รูปที่ 2.5 แสดงสนามเสียงภายในห้องปิดเมื่อห้องมีแหล่งกำเนิดเสียง.....	27
รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งของเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องปิดและค่าของ Q.....	28
รูปที่ 2.7 แสดงแหล่งกำเนิด ค่าระดับความดันเสียงจากภายนอกและภายในอาคาร.....	29
รูปที่ 2.8 แสดงการกระจายของเสียงที่มีแหล่งกำเนิดเสียงแบบเป็นจุด.....	30
รูปที่ 2.9 แสดงการกระจายของเสียงที่มีแหล่งกำเนิดเสียงแบบเป็นเส้น.....	30
รูปที่ 2.10 แสดงระดับความดันของเสียงชายและหญิงในแต่ละคลื่นความถี่.....	32
รูปที่ 2.11 แสดงการส่งผ่านเสียงแบบตรงและแบบทางอ้อม.....	33
รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์แบบผกผัน (Inverse Square Law).....	34
รูปที่ 2.13 แสดงที่กั้นเสียงและการหักมุมของเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ.....	36
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการออกแบบอาคารเรียนที่มีการแบ่งเขตที่สงบ และเขตที่มีเสียงรบกวน.....	38
รูปที่ 2.15 ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียงของโครงสร้างแปรตามความถี่.....	40
รูปที่ 2.16 แสดงปรากฏการณ์ของเสียงที่กระทบกับผนัง.....	41
รูปที่ 3.1 แสดงความต้องการป้องกันเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมและควบคุมเสียง ภายในห้องเรียน.....	55
รูปที่ 3.2 (a), (b) แสดงขอบเขตและระดับเสียงที่ลดลงจากแผงกั้นเสียง.....	57
รูปที่ 3.3 แสดงโมโนแกรมประมาณค่าระดับความดันเสียงภายในห้องปิด.....	89
รูปที่ 3.4 แสดงการบวกเสียงจาก 2 แหล่งกำเนิดเสียง.....	89
รูปที่ 3.5 แสดงค่า Reverberation Time ที่เหมาะสม (คลื่นความถี่ 500/1000HZ) สำหรับกิจกรรมต่าง ๆ.....	99
รูปที่ 4.1 แสดงทัศนียภาพภายนอกของโรงเรียนสมาคมสตรีไทย.....	124
รูปที่ 4.2 แสดงรูปด้านหน้าของของโรงเรียนสมาคมสตรีไทย.....	125
รูปที่ 4.3 แสดงผังพื้นที่ชั้น 2, 3, 4 ของอาคารเรียนชั้น 2, 3, 4.....	125

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4 แสดงผังที่ตั้งของห้องเรียนรวมกรณีศึกษา (ชั้น 2).....	138
รูปที่ 4.5 แสดงผังพื้นที่ห้องเรียนรวมกรณีศึกษา.....	139

## สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิ 1.1 แสดงขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา.....	6
แผนภูมิ 2.1 แสดงสัดส่วนของกิจกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างภายในอาคารและภายนอก อาคารเรียนระดับประถมศึกษา.....	11
แผนภูมิ 2.2 กราฟทางวิศวกรรมที่แสดงเกณฑ์เสียง (Noise Criteria, NC) .....	21
แผนภูมิ 2.3 กราฟแสดงเกณฑ์เสียงที่พอใจ (Preferred Noise criteria, PNC).....	22
แผนภูมิ 2.4 แสดงระดับเสียงที่ลดลงจากการดูดซับเสียงของหญ้าหรือพืชคลุมดิน.....	37
แผนภูมิ 2.5 กราฟแสดงค่าดูดซับเสียงของ Panel resonator, porous absorbent และ Cavity resonator.....	44
แผนภูมิ 3.1 แสดงกลุ่มตัวแปรและรูปแบบการส่งผ่านของเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อม ภายนอกอาคารเข้าภายในอาคาร.....	58
แผนภูมิ 3.2 แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลในการป้องกัน เสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร.....	59
แผนภูมิ 3.3 แสดงค่าการขึ้นการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (STC) ของผนังทึบและ ผนังสองชั้นแต่ละชนิด และค่าระดับที่ได้.....	65
แผนภูมิ 3.4 แสดงการหาค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนังผสม (TL <sub>c</sub> ) .....	67
แผนภูมิ 3.5 กราฟแสดงการหาค่าขึ้นการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (STC) ของผนังชนิดต่าง ๆ.....	70
แผนภูมิ 3.6 แสดงกราฟการหาค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนังกรณีเปิดช่องเปิด.....	72
แผนภูมิ 3.7 กราฟคำนวณระดับเสียงที่ลดลงจากระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิด เสียงแต่ละชนิด.....	75
แผนภูมิ 3.8 แสดงระดับเสียงแต่ละช่วงระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง และค่าระดับที่ได้.....	77
แผนภูมิ 3.9 แสดงกลุ่มตัวแปรและขั้นตอนการป้องกันเสียงรบกวนที่มีแหล่งกำเนิด เสียงอยู่ในอาคาร.....	85
แผนภูมิ 3.10 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในอาคาร.....	86
แผนภูมิ 3.11 แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลในการควบคุม เสียงภายในอาคาร.....	90
แผนภูมิ 3.12 แสดงระดับความดันเสียงในกรณีการดูดซับเสียงของผิวภายใน ห้องแตกต่างกัน.....	92

## สารบัญ (ต่อ)

## หน้า

แผนภูมิ 4.1 แสดงระดับความดันเสียงของครูและระดับความดันเสียงรบกวนที่เกิดจาก สภาพแวดล้อมภายนอกของอาคารเรียนกรณีศึกษา.....	150
แผนภูมิ 4.2 แสดงระดับเสียงรบกวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกของ ห้องเรียนรวมกรณีศึกษา.....	152
แผนภูมิ 4.3 แสดงระดับความดันเสียงของครูผู้สอนภายในห้องเรียนรวมกรณีศึกษา.....	152

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการเรียนการสอน และความต้องการทางด้านสภาพแวดล้อม ของ กิจกรรมต่างๆภายในห้องเรียน.....	10
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความเร็วของเสียงในตัวกลางต่าง ๆ.....	13
ตารางที่ 2.3 แสดงระดับความดันเสียงของแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ.....	17
ตารางที่ 2.4 แสดงค่า NC, PNCและSPLสำหรับเสียงแบบกราวด์ของห้องต่าง ๆ.....	23
ตารางที่ 2.5 ผลเสียของเสียงแบบกราวด์อันไม่พึงประสงค์ต่อการติดต่อสื่อสารด้วยคำพูด.....	24
ตารางที่ 2.6 แสดงผลการตรวจวัดระดับเสียงรบกวนของชุมชนริมเส้นทางจราจร.....	31
ตารางที่ 2.7 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ.....	42
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าสูญเสียการส่งผ่านเสียงต่ำสุด ( $TL_{min}$ ) ของผนังผสม.....	56
ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าชั้นการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (STC) กับสภาพการได้ยิน.....	64
ตารางที่ 3.3 ค่าสูญเสียการส่งผ่านเสียง และชั้นการสูญเสียส่งผ่านเสียงของผนังแต่ละชนิด ที่เลือกมาเป็นตัวอย่าง.....	65
ตารางที่ 3.4 ค่าระดับ และค่าชั้นการสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนังผสมแต่ละชนิดที่มี สัดส่วนขององค์ประกอบแตกต่างกัน.....	71
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างการหาค่าระดับเสียงที่ลดลงจากระยะทางที่ห่างจาก แหล่งกำเนิดเสียง.....	76
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าดูดซับเสียงของวัสดุที่เป็นผิวภายในของห้องเรียนแต่ละประเภท.....	81
ตารางที่ 3.7 การหาค่าการดูดซับเสียงรวมผิวภายในห้องเรียนประเภทต่าง ๆ.....	82
ตารางที่ 3.8 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนที่ลดลงจากค่าดูดซับเสียงของพื้นผิวภายใน ห้องที่รับเสียง.....	83
ตารางที่ 3.9 แสดงค่า Room constant.....	94
ตารางที่ 3.10 แสดงค่าระดับและระดับความดันเสียงที่นักเรียนคนที่นั่งไกลที่สุด ของห้องได้ยิน.....	96
ตารางที่ 3.11 แสดงค่าระดับและค่าReverberation Time ของห้องเรียนประเภทต่าง ๆ.....	101

## การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อการนำประโยชน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิรักษ์ พรหมสิริแสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นดินเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสผืนดิน (ไพบุลย์ ว่างรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็น เพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อรุณวงศ์, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนทวิททยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

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

#### เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

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

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธิไ้มช, 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.