

แนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร  
กรณีศึกษา อาคารอนุบาลโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ROOFING MODIFICATION TO ACHIEVE INDOOR THERMAL COMFORT  
KINDERGARTEN BUILDING AT SAI KHAO SUB DISTRICT ADMINISTRATIVE  
ORGANIZATION SCHOOL, PHAN DISTRICT, CHIANG RAI

ระติมา ภู่พลับ  
RATIMA POOPLUB

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-AR-M-003-017

ROOFING MODIFICATION TO ACHIEVE INDOOR THERMAL COMFORT  
KINDERGARTEN BUILDING AT SAI KHAO SUB DISTRICT ADMINISTRATIVE  
ORGANIZATION SCHOOL, PHAN DISTRICT, CHIANG RAI

RATIMA POOPLUB

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN INTERIOR ARCHITECTURE  
FACULTY OF ARCHITECTURE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2024

KMITL-2024-AR-M-003-017

COPYRIGHT 2024

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ  
ภายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารอนุบาลโรงเรียน อบต.ทรายขาว  
อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย  
ROOFING MODIFICATION TO ACHIEVE INDOOR THERMAL  
COMFORT KINDERGARTEN BUILDING AT SAI KHAO SUB DISTRICT  
ADMINISTRATIVE ORGANIZATION SCHOOL, PHAN DISTRICT,  
CHIANG RAI

นักศึกษา

นางสาวระติมา ภูพลับ

รหัสประจำตัว

62602026

ปริญญา

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรมภายใน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิยะรัตน์ นันทะ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

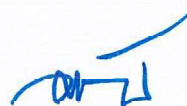
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิช คุ้มประเสริฐ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉานกล้า สิริสกุล	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิยะรัตน์ นันทะ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิช คุ้มประเสริฐ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชนางค์ แก้วนิล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 19 มิถุนายน 2567

สถานที่สอบ คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อันธิกา สวัสดิ์ศรี)

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วันที่.....25.....เดือน.....มิถุนายน.....พ.ศ.....2567.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทาง อุณหภูมิภายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารอนุบาลโรงเรียน อบต.ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย
นักศึกษา	นางสาวระติมา ภู่พลับ
รหัสประจำตัว	62602026
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมภายใน
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.พิยะรัตน์ นันทะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.วิช วรรณประเสริฐ

### บทคัดย่อ

อาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย เป็นส่วนหนึ่งของโครงการห้องเรียนฉุกฉิน ทดแทนอาคารเรียนเดิมที่เสียหายในเหตุแผ่นดินไหวในปี 2557 จากการใช้งานพบว่า ผู้ใช้อาคารได้รายงานถึงปัญหาความไม่สบายทางอุณหภูมิ โดยในช่วงเช้าภายในอาคารจะมีอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป ในขณะที่ช่วงบ่ายซึ่งเป็นเวลาที่เด็กนักเรียนนอนพักกลางวันกลับมีอุณหภูมิที่สูงมากกว่าภายนอกอาคารถึง 9 องศาเซลเซียส ดังนั้นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารอนุบาล ของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย 2) หาแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาคาร ได้แก่ ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ด้านการดูแลบำรุงรักษา ด้านฝีมือแรงงาน และด้านการเงิน และ 3) ประเมินสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคาร โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิและระดับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร และนำข้อมูลที่ได้นำไปทำการทดสอบ โดยใช้กรอบแนวคิดวิธีการของคาร์ล มาโฮนีและยึดหลักข้อพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไขอาคาร

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า “ดับหน้าคา” ซึ่งเป็นวัสดุฉนวนหลังคาชั้นบนของแผ่นเหล็กกรีตลอน ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนเกิดหลุดร่วงไปจนหมด กับทั้งขาดการถ่ายเทอากาศระหว่างหลังคาและฝ้าเพดาน ส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนที่ใต้หลังคา จึงได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงโดยการติดตั้งฉนวนและเปลี่ยนรูปแบบฝ้า เป็นฝ้ายิบซั่มตีปิดใต้ฉนวนให้ลาดไปกับแนวหลังคา ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้

โดยช่างท้องถิ่นในงบประมาณที่ประหยัด วัสดุทดแทนสามารถหาได้ง่ายและมีความเหมาะสมอีกทั้งยัง สะดวกต่อการซ่อมบำรุง

ภายหลังการปรับปรุงพบว่า อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าภายนอกอาคารถึง 2.4 องศาเซลเซียส คุณครูประจำชั้นอนุบาลผู้ใช้อาคารโดยตรงมีความพึงพอใจเป็นอย่างมากและประเมินสภาวะน่าสบายทาง อุณหภูมิอยู่ในระดับที่ดี

คำสำคัญ: วัสดุmung หลังคา สภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ ตารางมาโฮนี่

<b>Thesis</b>	Roofing Modification to Achieve Indoor Thermal Comfort Kindergarten Building at Sai Khao Sub District Administrative Organization School, Phan District, Chiang Rai.
<b>Student</b>	Miss. Ratima Pooclub
<b>Student ID</b>	62602026
<b>Degree</b>	Master of Architecture
<b>Program</b>	Interior Architecture
<b>Year</b>	2024
<b>Thesis Advisor</b>	Assistant Professor Piyarat Nanta, Ph.D.
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Assistant Professor Ravij Kuanprasert, Ph.D.

## **ABSTRACT**

Kindergarten building at Sai Khao Subdistrict Administrative Organization School, Phan District, Chiang Rai Province It is part of the emergency classroom project. To replace the original school building that was damaged in the 2014 earthquake. From use, it was found that Building occupants have reported thermal discomfort. In the morning the temperature inside the building is too low. Meanwhile, in the afternoon, when students take their lunch break, the temperature was 9 degrees Celsius higher than outside the building. Therefore, this action research aims to 1) study the factors that cause thermal inappropriateness in kindergarten buildings. of Sai Khao Subdistrict Administrative Organization School, Phan District, Chiang Rai 2) find ways to improve and solve problems to create a comfortable thermal environment inside the building by adhering to the principles of consideration in solving building problems. and 3) evaluate the thermal comfortable condition after building renovation. By collecting data comparing temperature levels and thermal comfort levels before and after building renovations and tested the obtained data by using Mahoney framework coupled with building renovation principles.

The results indicate the vetiver roofing material which covered the that acts as a heat insulator has completely fallen off which exposed the metal sheet underneath directly to the strong sunlight along with the lack of ventilation between the roof and ceiling. This results in heat accumulation under the roof. Therefore, corrections and improvements were made by installing insulation and changing the ceiling design. To a gypsum ceiling attach is the roof slope. This method can be done by a local technician on a budget. With alternative materials easily available and convenient for maintenance.

After the improvement, it was found that the temperature inside the building was 2.4 degrees Celsius lower than outside. Kindergarten teachers, who is the occupants of the building, are very satisfied and rate the thermal comfort conditions as good.

Keywords: Roofing materials, Roofing, Thermal comfort, Mahony table

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปิยะรัตน์ นันทะ เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยดูแลให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ สนับสนุน และถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ให้กับผู้วิจัยเสมอมา และผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. รวิช ครอบประเสริฐ เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คอยชี้แนะแนวทางการทำงาน ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาต่าง ๆ และถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

และผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุก ๆ ท่าน ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ข้อเสนอแนะ รวมไปถึงแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดความสมบูรณ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอาจารย์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายในและภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความรู้ในรายวิชาต่าง ๆ และถ่ายทอดองค์ความรู้ใหม่ ๆ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถนำมาปรับใช้ในการทำวิจัยได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผอ. สุนัน สมสีด้า ผู้อำนวยการโรงเรียนอบต.ทรายขาว (บ้านท่าฮ่อ) อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และคุณครูอนุบาลทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ให้ความร่วมมือให้ความอนุเคราะห์ในสถานที่ในการทำวิจัย รวมไปถึงการให้สัมภาษณ์ บันทึกภาพและให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน ๆ และรุ่นน้องในหลักสูตรภาควิชาสถาปัตยกรรมภายในทุก ๆ คน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำในเรื่องที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวทุก ๆ คน ที่คอยสนับสนุนให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอให้วิจัยฉบับนี้สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ หรือสามารถเป็นประโยชน์ในการนำไปปรับใช้ในการทำงานในวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง หรือกับทุก ๆ ท่านที่สนใจ

ระติมา ภู่พลับ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญแผนภูมิ.....	XI
สารบัญรูป.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขอบเขตในการศึกษาวิจัย.....	3
1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
1.7 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	6
1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 บริบททางสภาพแวดล้อมของพื้นที่กรณีศึกษา.....	8
2.1 ลักษณะทางกายภาพของภาคเหนือในประเทศไทย.....	8
2.1.1 ขนาดและที่ตั้ง.....	8

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.2 สภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิทางภาคเหนือ .....	9
2.2 บริบทของพื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	11
2.2.1 ขนาดและที่ตั้งจังหวัดเชียงราย .....	11
2.2.2 สภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิจังหวัดเชียงราย.....	12
2.2.3 อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย.....	13
2.2.4 อาคารเรียน “ห้องเรียนพอดี้พอดี้” โรงเรียนอบต. ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย .....	14
บทที่ 3 การทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	27
3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับสภาวะอากาศในเขตร้อนชื้นในประเทศไทย .....	27
3.1.1 ภาวะความน่าสบาย (Thermal comfort) .....	28
3.1.2 ปัจจัยที่มีผลสภาวะความน่าสบาย.....	28
3.1.3 สภาวะความน่าสบายทางอุณหภูมิ.....	32
3.2 กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอาคารในเขตร้อนชื้น .....	33
3.2.1 แนวคิดด้วยวิธีมาโฮนี (Mahoney).....	33
3.2.2 การดำเนินการทดสอบหาข้อกำหนดในการออกแบบโดยอาศัย Mahoney tables.....	34
3.2.3 ข้อกำหนดการออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อนชื้นของคาร์ล มาโฮนี.....	35
3.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาอาคารในเขตร้อนชื้น .....	35
3.3.1 การระบายความร้อนด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	36
3.3.2 หลักการที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น .....	40
3.3.3 ข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร .....	41

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ทบทวนระเบียบวิธีวิจัยของการศึกษาที่เกี่ยวข้อง .....	42
3.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย .....	42
3.4.2 การเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล .....	44
3.4.3 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลวิจัย .....	44
3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย .....	46
4.1 ประเภทของงานวิจัย .....	46
4.2 แผนการวิจัย.....	47
4.3 ผู้ให้ข้อมูล .....	47
4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย .....	48
4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	49
4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis).....	49
บทที่ 5 ผลการศึกษา.....	56
บทที่ 6 สรุปและอภิปรายผล.....	66
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	66
6.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	67
6.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย .....	69
6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....	69

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการออกแบบ .....	70
บรรณานุกรม.....	72
ประวัติผู้เขียน .....	77

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงตารางแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายกลุ่มที่ 1 .....	28
3.2 แสดงตารางค่าความรู้สึกต่อความเร็วลม.....	30
3.3 แสดงตารางแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายกลุ่มที่ 2.....	30
3.4 แสดงตารางแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายกลุ่มที่ 3.....	31
4.1 แสดงตารางอุณหภูมิอากาศ (C°).....	50
4.2 แสดงตาราง ความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลม .....	50
4.3 แสดงตารางวินิจัยสภาพภูมิอากาศ.....	52
4.4 แสดงตารางการตรวจสอบ (Indicator).....	53
4.5 แสดงตารางข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้น .....	54
4.6 แสดงตารางองค์ประกอบของการออกแบบ .....	55
5.1 แสดงตารางอุณหภูมิอากาศของจังหวัดเชียงราย ปี 2565.....	56
5.2 แสดงตาราง ความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลมของจังหวัดเชียงราย ปี 2565.....	56
5.3 ตารางวินิจัยสภาพภูมิอากาศของจังหวัดเชียงราย ปี 2565 .....	57
5.4 แสดงตารางการตรวจสอบ.....	58
5.5 แสดงตารางข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้น .....	59
5.6 แสดงตารางองค์ประกอบของการออกแบบ .....	60
5.7 แสดงผลการตรวจสอบอาคารกรณีศึกษาตามเกณฑ์ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม.....	61

# สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1.1 แสดงแผนภูมิกอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
1.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัย.....	6
4.1 แสดงแผนภูมิการวิจัย.....	47

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงภาพตัดบรรยากาศ วัสดุผนังหลังคาชั้นที่สองเกิดการหลุดร่วงไปจนหมด .....	2
1.2 แสดงภาพอาคารเรียนหลังสร้างเสร็จโดยทีมงานบริษัท Spacetime Architect.....	4
2.1 แสดงภาพแผนที่อาณาเขตทางภาคเหนือ .....	9
2.2 แสดงภาพแผนที่อาณาเขตจังหวัดเชียงราย.....	12
2.3 แสดงภาพแผนที่อาณาเขตในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย .....	14
2.4 แสดงภาพทางถ่ายดาวเทียมของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย .....	16
2.5 แสดงภาพพื้นที่ผังอาคารเรียนอนุบาล .....	16
2.6 แสดงภาพกระบวนการออกแบบ .....	17
2.7 แสดงภาพจำลองของพื้นที่ภายนอก.....	17
2.8 แสดงภาพจำลองพื้นที่โดยรอบอาคารเรียนอนุบาล.....	18
2.9 แสดงภาพอาคารหลังก่อสร้างเสร็จ.....	18
2.10 แสดงภาพหลังคาอาคารเรียนที่มุงด้วยแผ่นเหล็กกริดลอนและตัดบรรยากาศ.....	19
2.11 แสดงภาพผนังอาคารเรียนที่ทำจากซีเมนต์บอร์ด .....	19
2.12 แสดงภาพอาคารที่ยกพื้นสูงเพื่อเพิ่มการระบายอากาศและป้องกันน้ำท่วม.....	20
2.13 แสดงภาพการระบายอากาศด้วยหน้าต่างบานเกร็ดที่ทำจากซีเมนต์บอร์ด.....	20
2.14 แสดงภาพช่องแสงและช่องลมบริเวณส่วนกลางอาคารอนุบาล .....	21
2.15 แสดงภาพบริเวณส่วนกลางอาคารอนุบาล.....	21
2.16 แสดงภาพพื้นที่ภายนอกบริเวณส่วนกลางอาคารอนุบาล .....	22
2.17 แสดงภาพภายนอกอาคารอนุบาล .....	22
2.18 แสดงภาพฝ้าภายในที่ทำด้วยเสื่อลำแพน.....	23

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.19 แสดงภาพโครงสร้างหลังคาที่ทำจากเหล็ก .....	23
2.20 แสดงภาพพื้นที่ภายในที่ปูด้วยกระเบื้องยาง.....	24
2.21 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 1 .....	24
2.22 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 2 .....	25
2.23 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 3 .....	25
2.24 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 4 .....	26
3.1 แสดงภาพการวางผังอาคารให้ถูกทิศ ให้หลบแดดและรับลม.....	36
3.2 แสดงภาพการระบายความร้อนภายในอาคาร .....	37
3.3 แสดงภาพการออกแบบหลังคาเพื่อเพิ่มการระบายความร้อน.....	38
3.4 แสดงภาพการออกแบบหลังคาเพื่อเพิ่มการระบายความร้อน.....	39
3.5 แสดงภาพช่องทางที่ทำให้เกิดความร้อนภายในบ้าน.....	40
3.6 แสดงภาพลักษณะการถ่ายเทความร้อนของพื้นที่ใต้หลังคา.....	41
4.1 แสดงภาพเครื่องมือใช้ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัย .....	48
5.1 แสดงภาพหลังคาอาคาร ก่อนการปรับปรุง .....	63
5.2 แสดงภาพหลังคาอาคาร หลังการปรับปรุง.....	64
5.3 แสดงภาพฝ้าเพดานภายในอาคารที่ทำด้วยเสื่อลำแพน ก่อนการปรับปรุง .....	64
5.4 แสดงภาพฝ้าเพดานภายในอาคารที่ทำจากฝ้ายิปซัม หลังการปรับปรุง .....	65

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากเหตุการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวในจังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเกิดจากการขยับตัวของรอยเลื่อนย่อยในกลุ่มรอยเลื่อนพะเยาตอนเหนือ (ส่วนแม่ลาว) คำนวณศูนย์กลางในเบื้องต้นพบว่า มีจุดศูนย์กลางอยู่บริเวณตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ละติจูด 19.685 °N ลองจิจูด 99.687 °E มีขนาดความรุนแรง 6.3 แมกนิจูด (magnitude) (พงศักระวัน นันทศิริ, และคณะ, 2557) ทำให้โรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ได้รับผลกระทบและความเสียหายจากเหตุการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ภายหลังเหตุการณ์ หน่วยงาน Design For Disasters Foundation (D4D) หรือมูลนิธิความคิดสร้างสรรค์เพื่อรับมือภัยพิบัติ จัดตั้งขึ้นโดยคุณวิภาวี คุณาวิชยานนท์ ได้ริเริ่มจัดตั้ง “โครงการห้องเรียนพอดิพอดี้” โดยได้รวบรวม สถาปนิกทั้ง 9 ท่าน มาร่วมออกแบบโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (พีรกานต์ รุณมณีรัตน์, 2564) เพื่อแก้ปัญหาและเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับภัยพิบัติในรูปแบบต่าง ๆ ให้กับผู้ประสบภัยที่ได้รับภัยธรรมชาติในครั้งนี้ (วุฒิกกร สุทธิอาภา, 2561) โดยหนึ่งในสถาปนิกที่ดูแลโครงการให้กับ โรงเรียนอบต.ทรายขาวอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายนั้น ได้แก่คุณกรรณิการ์ รัตนปริตาทกุล บริษัท Space-time Architect เข้ามาเป็นผู้ออกแบบและก่อตั้งอาคารเรียน “โครงการห้องเรียนพอดิพอดี้” ด้านภัยแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการห้องเรียนฉุกเฉิน ทดแทนอาคารเรียนหลังเดิมที่เสียหายในเหตุแผ่นดินไหวในปี 2557

อย่างไรก็ตาม ในการก่อสร้างได้มีการเลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่นอย่าง “ตับหม้อคาคา” นำมาใช้เป็นวัสดุผนังหลังคาชั้นบนของแผ่นเหล็กกริดลอนโลหะ เพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนให้กับตัวอาคารเรียน จากการใช้งานพบว่า ด้วยระยะเวลาผ่านไป ทำให้ตับหม้อคาคาที่ใช้อยู่หลังคาชั้นบน ได้มีการหลุดร่วงไปจนหมด ส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนใต้หลังคา ต่อมาได้มีรายงานจากผู้ใช้อาคารถึงปัญหาความไม่สบายทางอุณหภูมิ โดยในช่วงเช้าจะมีอุณหภูมิที่ต่ำจนเกินไป ในขณะที่ช่วงบ่ายเป็นเวลาที่เด็กนักเรียนนอนพักผ่อนจะมีอุณหภูมิที่สูงมากกว่าภายนอกถึง 9 องศาเซลเซียส

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงปัญหาและพบว่าสามารถนำมาศึกษาและพัฒนาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหภายในอาคารให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิได้ โดยใช้กรอบแนวคิดที่พัฒนา

โดย คาร์ล มาโฮนี ในการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศด้วยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วยข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ และข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยวิธีการทดสอบด้วย Mahoney Table ซึ่งเป็นชุดตารางอ้างอิงที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรมเขตร้อนในการประมวลผลตัวแปรทางสภาวะ อุณหภูมิอากาศผนวกเข้ากับการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิของมนุษย์ เพื่อหาแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมและเป็นแนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภาพภายในอาคารเรียนอนุบาล ของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอกพานจังหวัดเชียงรายต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงภาพตบหญ้าคา วัสดุบุหลังคาชั้นที่สองเกิดการหลุดร่วงไปจนหมด  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)

## 1.2 คำถามวิจัย

1.2.1 ปัจจัยหรือตัวแปรอะไรบ้างที่มีผลทำให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภาพในอาคารอนุบาล ของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย

1.2.2 การแก้ปัญหาอาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย ด้วยวิธีใดจึงจะเหมาะสมเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร ได้แก่ ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ด้านการดูแลบำรุงรักษา ด้านฝีมือแรงงาน และด้านการเงิน

1.2.3 ผู้ใช้อาคารมีความพึงพอใจในสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคารหรือไม่  
อย่างไร

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิในอาคารอนุบาล ของโรงเรียน  
อบต. ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

1.3.2 หาแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายใน  
อาคาร โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร ได้แก่ ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ด้านการดูแล  
บำรุงรักษา ด้านฝีมือแรงงาน และด้านการเงิน

1.3.3 ประเมินความพึงพอใจในสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคาร โดยการ  
เก็บข้อมูลเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิและระดับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการ  
ปรับปรุงอาคาร

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารอนุบาลของ  
โรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

1.4.2 เป็นแนวทางในการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายใน  
อาคาร โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร ได้แก่ ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ด้านการดูแล  
บำรุงรักษา ด้านฝีมือแรงงาน และด้านการเงิน

1.4.3 ทราบถึงความแตกต่างของระดับอุณหภูมิและระดับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิทั้งก่อน  
และหลังการปรับปรุงอาคาร

### 1.5 ขอบเขตในการศึกษาวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยขอบเขตของพื้นที่ในการศึกษา คือ อาคารเรียนของ  
“โครงการห้องเรียนพอดิพอดิ” ตำบลไถ่แผ่นดินไหว โรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ ห้องเรียนลูกฉิน ทดแทนอาคารเรียนหลังเดิมที่เสียหายในเหตุแผ่นดินไหวในปี 2557 โดยอาคารเรียนหลังนี้มีพื้นที่ใช้สอยรวม 252 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่การใช้งานเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ภายนอก พื้นที่ที่เป็นส่วนชานระแนงไม้ทั้งหมด และพื้นที่ภายใน พื้นที่ของห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง เหตุผลที่เลือกศึกษาอาคารเรียน “โครงการห้องเรียนพอดิพอดิ” ตำบลฝายแผ่นดินไหว ของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายแห่งนี้ เพราะว่า อาคารเรียนแห่งนี้ ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศ ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิในอาคารโดยอุณหภูมิในเวลากลางวันภายในอาคารจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร ถึง 9 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเกิดได้จากหลายปัจจัย ทั้งทางด้านสภาพแวดล้อม วัสดุตกแต่งอาคาร หรือทิศทางการวางผังอาคาร เป็นต้น

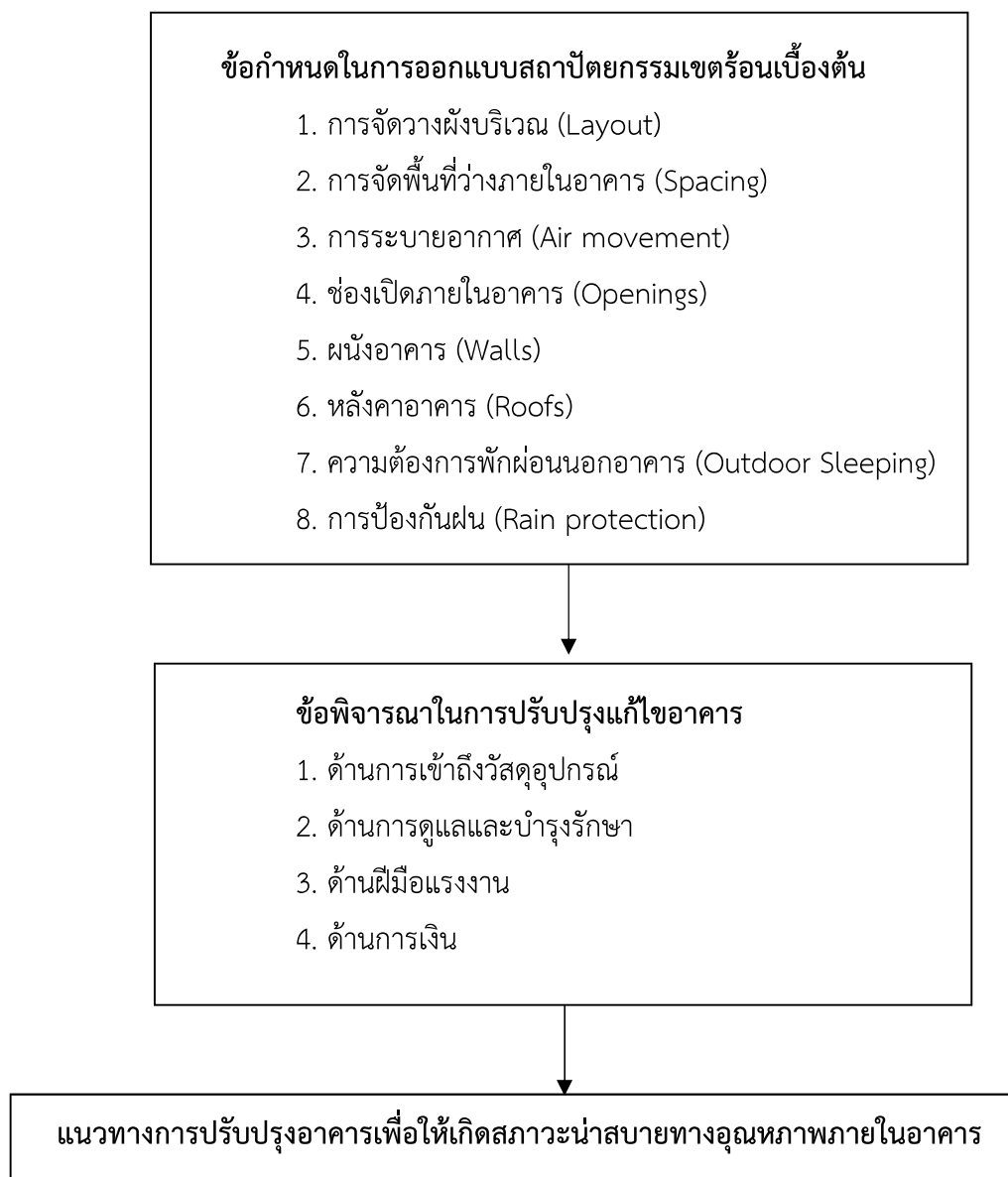


รูปที่ 1.2 แสดงภาพอาคารเรียนหลังสร้างเสร็จโดยทีมงานบริษัท Spacetime Architect

ที่มา : Spacetime .กา-ละ-เท-ศะ (2558)

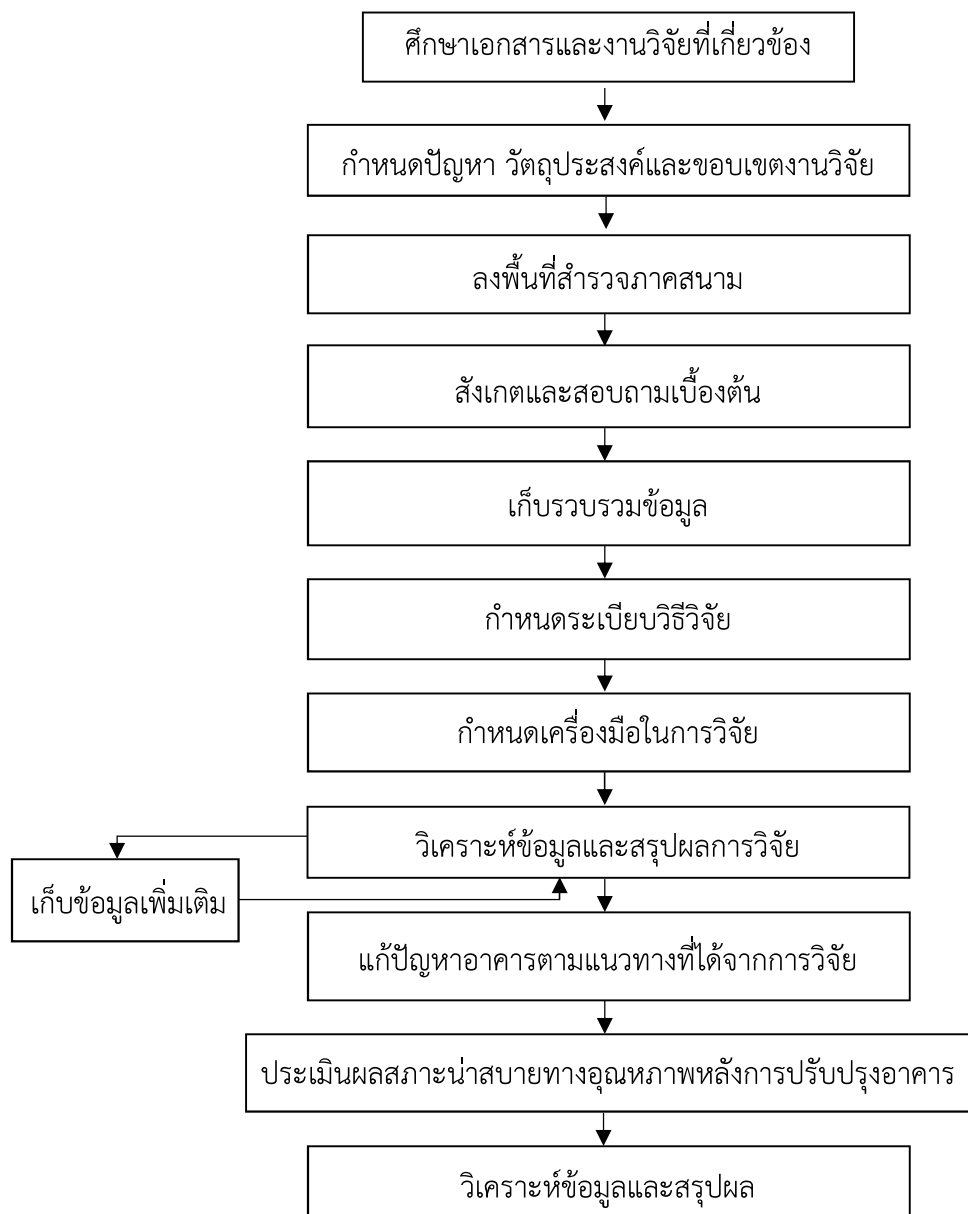
## 1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

แผนภูมิที่ 1.1 แสดงแผนภูมิกอบแนวคิดในการวิจัย



## 1.7 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

แผนภูมิที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัย



## 1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.8.1 วัสดุฉนวน หมายถึง วัสดุที่มีหน้าที่ป้องกันแสงแดด พายุฝนหรือภัยธรรมชาติต่าง ๆ ให้กับอาคาร ผลผลิตจากวัสดุหลากหลายชนิด ซึ่งมีขนาดและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกใช้วัสดุฉนวนหลังคานั้น จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติ และความคงทนของวัสดุฉนวน และความเหมาะสมทางด้านสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการเลือกวัสดุที่ใช้สำหรับมุงหลังคา (ปานทิพย์ ทักซ์เสถียร, 2541)

1.8.2 หลังคา หมายถึง หนึ่งในโครงสร้างหลักของงานก่อสร้าง อยู่ส่วนบนสุดของอาคาร ทำหน้าที่ปกป้องอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก เป็นส่วนประกอบหลักที่เพิ่มรูปลักษณ์ ความสวยงาม และความปลอดภัยให้กับตัวอาคาร (ปานทิพย์ ทักซ์เสถียร, 2541)

1.8.3 สภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ หมายถึง ความรู้สึกพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ เช่น ความรู้สึกสบาย ไม่ร้อน ไม่เย็น ไม่ชื้นจนเกินไป (ภัทรนันท์ ทักชนนท์, 2548) ซึ่งตามมาตรฐานของ ASHRAE 55-92 (ASHRAE, 1992) ได้ระบุไว้ว่า ช่วงอุณหภูมิภายในอาคารที่มนุษย์อยู่ในภาวะน่าสบายที่สุดก็คือ 23 - 26 องศาเซลเซียส และมีระดับ ความชื้นอยู่ที่ 60%

1.8.4 ตารางมาโฮนี (Mahoney table) หมายถึง ชุดตารางคำแนะนำหรือข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ด้วยการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศด้วยข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณฝน และให้ผลลัพธ์การวิเคราะห์จากการคำนวณตาราง (Königsberger, Mahoney and Evans, 1970)

## บทที่ 2

# บริบททางสภาพแวดล้อมของพื้นที่กรณีศึกษา

เนื่องจากโรงเรียนอบต. ทรายขาว (ท่าฮ่อ) อยู่ในพื้นที่ของอำเภอพาน จังหวัดหัดเชียงรายทางภาคเหนือของประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์บริบททางสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของทางภาคเหนือและจังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นการกล่าวถึงภาพรวมของพื้นที่ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา โดยมีประเด็นหลัก ๆ ที่น่าสนใจดังนี้

### 2.1 ลักษณะทางกายภาพของภาคเหนือในประเทศไทย

#### 2.1.1 ขนาดและที่ตั้ง

#### 2.1.2 สภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิทางภาคเหนือ

### 2.2 บริบทของพื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

#### 2.2.1 ขนาดและที่ตั้งจังหวัดเชียงราย

#### 2.2.2 สภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิจังหวัดเชียงราย

#### 2.2.3 อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

#### 2.2.4 อาคารเรียน “ห้องเรียนพอดีพอดี” โรงเรียนอบต. ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย

### 2.1 ลักษณะทางกายภาพของภาคเหนือในประเทศไทย

#### 2.1.1 ขนาดและที่ตั้ง

ภาคเหนือมีเนื้อที่ประมาณ 93,691 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยพื้นที่ 9 จังหวัด ได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน และอุตรดิตถ์ โดยที่ตั้งและขอบเขตของภาคจะประกอบไปด้วย

- ทิศเหนือ พื้นที่ที่อยู่เหนือสุดของภาคคืออำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศพม่าและประเทศลาว มีเทือกเขาแดนลาว แม่น้ำสายและแม่น้ำรวกกันเขตแดน

- ทิศตะวันออกพื้นที่ที่อยู่ทางตะวันออกของภาคคืออำเภอปัว จังหวัดน่าน มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศลาว และมีเทือกเขาหลวงพระบางกันเขตแดน

- ทิศตะวันตกพื้นที่ที่อยู่ทางตะวันตกของภาคคืออำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศพม่า มีแม่น้ำเมยและแม่น้ำสาละวินกั้นเขตแดน
- ทิศใต้ พื้นที่ที่อยู่ทางตอนใต้สุดของภาคคือ อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์



รูปที่ 2.1 แสดงภาพแผนที่อาณาเขตทางภาคเหนือ

ที่มา : <https://rspg.cmu.ac.th/about-us/coordination-center> (2563)

### 2.1.2 สภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิทางภาคเหนือ

ในส่วนของลักษณะภูมิอากาศของทางภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นแบบสะวันนา (Aw) คือ อากาศร้อนชื้นสลับกับฤดูแล้งโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีอยู่ระหว่าง 24 -27 องศาเซลเซียส แบ่งได้ฤดู 3 ฤดู คือ

- 1.) ฤดูฝน คือช่วงระหว่างเดือน (พ.ค.- ต.ค.)
- 2.) ฤดูหนาว คือช่วงระหว่างเดือน (ต.ค. - ก.พ.)
- 3.) ฤดูร้อน คือช่วงระหว่างเดือน (ก.พ. - พ.ค.)

1. ฤดูฝน ทางภาคเหนือส่วนใหญ่แล้วลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดผ่านประเทศไทย ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนด้านที่ต้นลมจะได้รับปริมาณฝนมากกว่าด้านปลายลม ซึ่งฝนที่ตกอยู่นั้นเป็นลักษณะของฝนภูเขา พื้นที่หน้าเขาจะได้รับฝนมากกว่าด้านหลังเขา และได้รับฝนจากพายุดีเปรสชันที่พัดมาจากทะเลจีนใต้ จากสถิติพบว่าจังหวัดที่มีปริมาณน้ำฝน มากที่สุดของภาคเหนือคือ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดคือ จังหวัดลำพูน

2. ฤดูหนาว เป็นฤดูของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคม และจะสิ้นสุดประมาณปลายเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี ซึ่งฤดูหนาวของทางภาคเหนือนั้นจะมีลักษณะเด่นชัดมากกว่าภาคอื่น ๆ ของประเทศไทย เพราะอยู่ใกล้แนวเคลื่อนที่ของอากาศหนาวเย็นที่เคลื่อนที่จากเขตความกดอากาศสูงในไซบีเรียและพัดผ่านประเทศจีน และในช่วงฤดูหนาวปลายเดือนพฤศจิกายน จะพบว่าว่ามีมวลอากาศเย็นหรือความกดอากาศสูงกำลังแรงจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ภาคเหนือทั่วทั้งภาค มีอากาศหนาวเย็น และเย็นจัด โดยเฉพาะบนยอดดอย โดยได้มีการจัดอันดับจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุสภาพอากาศรายวัน ของวันที่ 24 พฤศจิกายน 2563 ไว้ว่า พื้นที่ที่หนาวเย็นที่สุดของภาคเหนือจะอยู่ที่ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ที่ 16.6 องศาเซลเซียส รองลงมา เป็นจังหวัดเชียงราย อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ที่ 17.0 องศาเซลเซียส และอันดับ3 จังหวัดแม่ฮ่องสอน วัดได้อยู่ที่ 19.5 องศาเซลเซียส

3. ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์และไปสิ้นสุดประมาณกลางเดือนพฤษภาคมของทุกปี ในเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มอ่อนกำลังลง ทำให้ลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนมีกำลังแรงขึ้นเป็นผลทำให้เกิดพายุฤดูร้อนขึ้นในภาคเหนือเป็นครั้งคราว ในเดือนมีนาคมและเมษายนอุณหภูมิในภาคเหนือจะสูงมาก โดยทางกรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุสภาพอากาศรายวัน ของวันที่ 17 เมษายน 2563 ไว้เมื่อเวลา 14:00น. พื้นที่ที่ร้อนที่สุดของภาคเหนือจะอยู่ที่อำเภอเถิน จังหวัดเชียงราย อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ที่ 43.2 องศาเซลเซียส รองลงมาเป็นจังหวัดลำปาง อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ที่ 42.8 องศาเซลเซียส และอันดับที่3 เป็นจังหวัดตาก อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ที่ 42.1 องศาเซลเซียส (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2563)

จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของภาคเหนือในประเทศไทยจึงสรุปได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนและชื้น มีสภาวะอากาศโดยทั่วไปร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล โดยเฉพาะทางภาคเหนือ ด้วยพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในละติจูดสูง จึงทำให้สภาพอากาศหนาวเย็นกว่าภาคอื่น ๆ ในประเทศไทย ด้วยความสูงของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูง จึงทำให้มีอากาศหนาวเย็นมากโดยเฉพาะในฤดูหนาวและด้วยพื้นที่ทางภาคเหนือห่างไกลจากทะเล ทำให้สภาพอากาศมีอากาศร้อนอบอ้าวและมีฝนตกน้อยในฤดูร้อนจะเห็นได้ว่าสภาพอากาศทาง

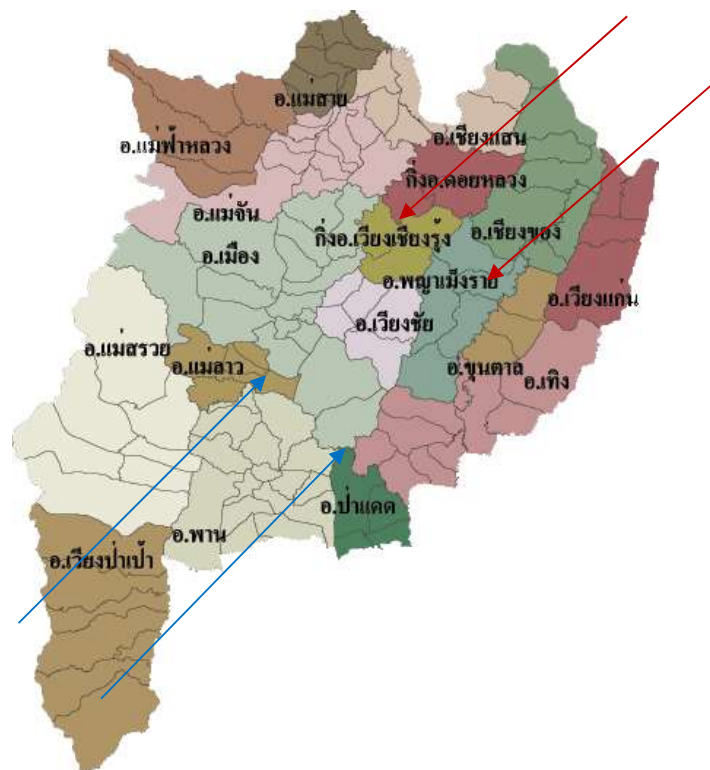
ภาคเหนือค่อนข้างมีความผันผวนสูง ปัจจัยหนึ่งเกิดจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมปกคลุมในพื้นที่ ทำให้สภาพอากาศและอุณหภูมิแปรปรวนในทุก ๆ ฤดูกาล ซึ่งอำเภอพานเป็นหนึ่งในอำเภอที่ได้รับผลกระทบทางด้านสภาพอากาศและอุณหภูมิ ตลอดจนปัญหาในงานสถาปัตยกรรม อาคารบ้านเรือนต่าง ๆ มักได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศ และภัยพิบัติทางธรรมชาติ

## 2.2 บริบทของพื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

โรงเรียนอบต.ทรายขาว (ท่าฮ่อ) ตั้งอยู่ที่อำเภอพาน ของจังหวัดเชียงราย โดยอำเภอพานจะอยู่ไปทางทิศใต้ของจังหวัดเชียงราย

### 2.2.1 ขนาดและที่ตั้งจังหวัดเชียงราย

จังหวัดเชียงรายตั้งอยู่เหนือสุดของประเทศไทย อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 19 องศาเหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 99 องศา 15 ลิปดา ถึง 100 องศา 45 ลิปดาตะวันออก อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ 785 กิโลเมตร มีพื้นที่รวมทั้งจังหวัด 11,678.4 ตร.กม. โดยมีอาณาเขตทิศเหนือติดกับประเทศพม่าและประเทศลาว ทิศตะวันออกติดกับประเทศลาว ทิศใต้ติดกับจังหวัดพะเยาและลำปาง ทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่าและจังหวัดเชียงใหม่ แนวเขตชายแดนติดกับประเทศพม่า ด้านอำเภอแม่จัน แม่สาย แม่ฟ้าหลวง และเชียงแสน รวม 130 กิโลเมตร แยกเป็นแนวภูเขา 100 กิโลเมตร แนวแม่น้ำสาย 10 กิโลเมตร และแนวแม่น้ำรวก 20 กิโลเมตร แนวเขตชายแดนติดกับประเทศลาว มีระยะทาง 180 กิโลเมตร เป็นแนวแม่น้ำโขง 90 กิโลเมตร และแนวภูเขา 94 กิโลเมตร โดยจังหวัดเชียงรายสามารถแบ่งเขตพื้นที่ออกเป็นทั้งหมด 18 อำเภอ ได้แก่ อำเภอ เมือง เวียงชัย แม่ลาว แม่จัน ดอยหลวง พาน พญาเม็งราย เวียงเชียงรุ้ง ป่าแดด แม่สรวย เชียงแสน ขุนตาล แม่สาย เทิง แม่ฟ้าหลวง เวียงป่าเป้า เวียงแก่น และเชียงของ (สำนักงานการท่องเที่ยวจังหวัดเชียงราย, 2564)



รูปที่ 2.2 แสดงภาพแผนที่อาณาเขตจังหวัดเชียงราย

ที่มา : [https://mongming39.blogspot.com/2010/09/blog-post\\_09.html](https://mongming39.blogspot.com/2010/09/blog-post_09.html) (2564)

### 2.2.2 สภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิจังหวัดเชียงราย

สภาพอากาศของจังหวัดเชียงรายนั้นอาจขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนปกคลุมประเทศไทย ในช่วงฤดูหนาว ทำให้จังหวัดเชียงรายมีอากาศหนาวเย็นและแห้งทั่วไป และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งจะพัดพามวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทรอินเดียปกคลุมประเทศไทย

ในช่วงฤดูร้อนจะเริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมมีอากาศร้อนอบอ้าว โดยเฉพาะในเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวมากที่สุดในรอบปี

ในส่วนฤดูฝนจะเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นระยะที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย อากาศจะเริ่มชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป ส่วนเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนสิงหาคม

และฤดูหนาวจะเริ่มประมาณช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย อากาศโดยทั่วไปจะหนาวเย็นและแห้ง ซึ่งเดือนที่มีอากาศหนาวเย็นที่สุดคือเดือนมกราคม(ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2565)

### 2.2.3 อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ประมาณ 2.386 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะพื้นที่ยาวขนานไปกับถนนพหลโยธินโดยเริ่มตั้งแต่หลักกิโลเมตรที่ 903 ถึงหลักกิโลเมตรที่ 782 ความยาวด้านทิศเหนือจดทิศใต้ 2.80กิโลเมตร ความยาวด้านทิศตะวันออกจดทิศตะวันตก ยาว 1.25 กิโลเมตรครอบคลุมพื้นที่ หมู่ที่ 12, หมู่ที่16 และบางส่วนของหมู่ที่ 1, หมู่ที่ 2, หมู่ที่ 8 และหมู่ที่17 ซึ่งอำเภอเมืองพาน อยู่ห่างจากที่ตั้งของตัวจังหวัดเชียงรายประมาณ 45 กิโลเมตร และห่างจากที่ตั้งของจังหวัดพะเยาประมาณ 46 กิโลเมตร ระยะทางจากเทศบาลตำบลเมืองพานถึงกรุงเทพมหานคร ประมาณ 782 กิโลเมตร โดยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้ ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอแม่ลาวและอำเภอเมืองเชียงราย ทิศใต้ติดต่อกับอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง และอำเภอเวียงป่าเป้า ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอเมืองเชียงรายและอำเภอป่าแดดและทิศตะวันตกติดต่อกับอำเภอแม่สรวย

ลักษณะภูมิอากาศของอำเภอพานเป็นที่ราบลุ่ม มีภูเขาล้อมรอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ จึงทำให้สภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลมีความผันผวนสูง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมปกคลุมในพื้นที่ ทั้งมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดผ่านมาช่วงกลางเดือนตุลาคม และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ทำให้พาเอามวลอากาศเย็น และแห้งแล้งเข้ามาปกคลุมในพื้นที่ทางภาคเหนือทำให้อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งอุณหภูมิทั่วไปเฉลี่ยอยู่ที่ 24 – 43 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 58.50 มม./ปี (เทศบาลตำบลเมืองพาน, 2563)



รูปที่ 2.3 แสดงภาพแผนที่อาณาเขตในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ที่มา : <https://tourphantravel.wordpress.com/> (2564)

#### 2.2.4 อาคารเรียน “ห้องเรียนพอดิพอดิ” โรงเรียนอบต. ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย

โรงเรียนอบต.ทรายขาว (บ้านท่าฮ่อ) ตั้งอยู่เลขที่ 190 หมู่ที่ 6 บ้านท่าฮ่อ ตำบลทรายขาว ซึ่งเป็นตำบล ๆ หนึ่ง ในจำนวน 15 ตำบล ของอำเภอพานในจังหวัดเชียงราย ตำบลทรายขาวมีที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนืออำเภอพาน โดยทิศเหนือจะติดต่อกับตำบลธารทอง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ทิศใต้ติดต่อกับตำบลเจริญเมืองและตำบลสันกลาง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ทิศตะวันออกติดต่อกับตำบลเจริญเมือง และตำบลแม่ฮ้อ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และทิศตะวันตกติดต่อกับอำเภอแม่สรวย อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ตำบลทรายขาวพื้นที่รวมประมาณ 3183 ไร่ แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 17 หมู่บ้าน ได้แก่ สันทราย แม่คาววัง ร่องธารใต้ หนองผักจิก ทรายขาว ท่าฮ่อ หนองตุ้ม โป่งแดง ร่องธารเหนือ สันตันม่วง ร่องธารกลาง โป่งแดงใหม่ รวมไทย สมานมิตร ทรายทอง โป่งทิว และดงลาน โรงเรียนอบต. ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย ตั้งอยู่ที่หมู่บ้านท่าฮ่อ มีพื้นที่รวมประมาณ 11 ไร่ 32 ตารางวา เป็นโรงเรียนเตรียมอนุบาลจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีนักเรียนรวมประมาณ 280-300 คน

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 ซึ่งจุดศูนย์กลางอยู่ห่างจากโรงเรียนเพียง 500 เมตร ได้ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารหลายหลังในระดับโครงสร้าง จึงทำให้ไม่ปลอดภัยที่จะใช้งานต่อ แต่ก็มีบางอาคารที่ได้รับความเสียหายเพียงเล็กน้อยในระดับที่พอซ่อมแซมเป็นส่วน ๆ ได้ ต่อมาจึงได้มีการจัดสรรงบประมาณจากส่วนกลางเพื่อซ่อมแซมอาคารหลักและอาคารหลังอื่น ๆ อย่างเร่งด่วน โดยพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายและต้องการใช้งานมากที่สุด คือระดับชั้นอนุบาล

ภายหลังได้มีหน่วยงาน Design For Disasters Foundation (D4D) หรือมูลนิธิความคิดสร้างสรรค์เพื่อรับมือภัยพิบัติ ที่จัดตั้งขึ้นโดยคุณวิภาวี คุณาวิชยานนท์ มาร่วมออกแบบโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (ไพรภานต์ รุณมณีรัตน์, 2564) โดยได้รวบรวม สถาปนิกทั้ง 9 ท่าน มาร่วมออกแบบเพื่อแก้ปัญหาและเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยพิบัติในรูปแบบต่าง ๆ ในอนาคตให้กับผู้ประสบภัยที่ได้รับภัยธรรมชาติในครั้งนี้ (วุฒิกิจ สุธธิดาภา, 2561) โดยสถาปนิกที่ดูแลโครงการให้กับโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายนั้น ได้แก่คุณกรรณิการ์ รัตนปรีดากุล ผู้ก่อตั้งบริษัท Space-time Architect

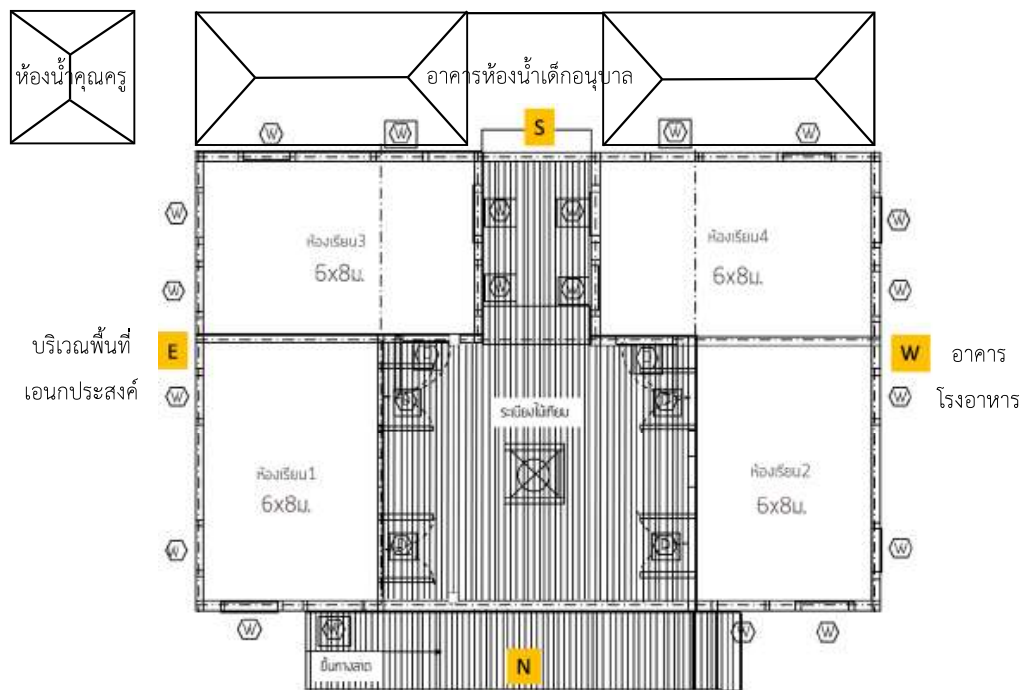
ซึ่งการออกแบบอาคารอนุบาลหลังนี้ได้มีการออกแบบตามแนวคิด 6 คำ คือ ปลอดภัย อบอุ่น เป็นมิตรประหยัด รวดเร็ว และอยู่สบาย โดยอาคารหลังนี้จะใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติทุกห้อง ควบคู่กับพัดลมสามารถแบ่งพื้นที่การใช้งานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้ดังนี้

1. พื้นที่ภายนอก เป็นพื้นที่ส่วนกลางของอาคารอนุบาล สามารถใช้พื้นที่นี้จัดกิจกรรม หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ มีลักษณะเป็นพื้นที่ว่าง และมีต้นไม้ตรงกลางอาคารเพิ่มพื้นที่สีเขียวและร่มเงาบังแดด
2. พื้นที่ภายใน เป็นพื้นที่การเรียนรู้ ใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างคุณครูและนักเรียน มีลักษณะเป็นห้องโถงเพื่อให้เด็กเล็กสามารถใช้นอนและทำกิจกรรมอื่น ๆ ได้ โดยมีขนาดพื้นที่ 6x8 เมตร มีทั้งหมด 4 ห้อง 1ห้องสามารถรองรับนักเรียนได้ประมาณห้องละ 25 คน

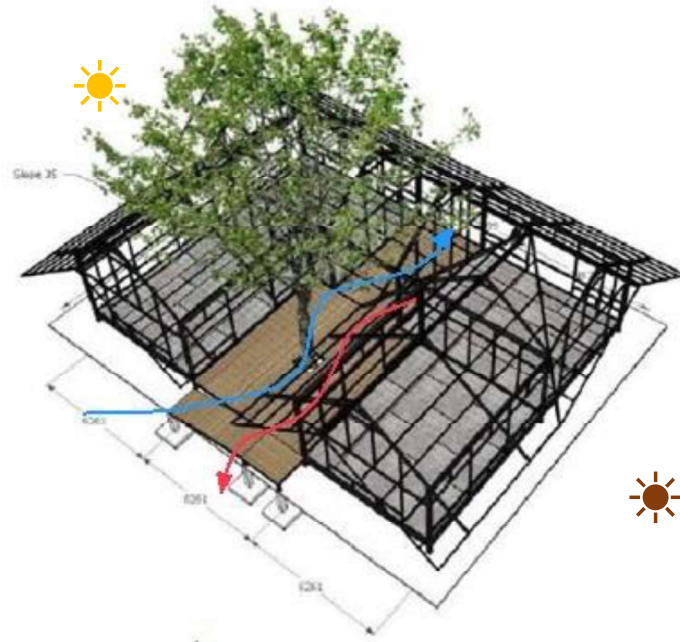
ส่วนบริบทพื้นที่โดยรอบอาคารอนุบาล จะประกอบไปด้วยพื้นที่และอาคารต่าง ๆ โดยทางทิศตะวันออกมีการต่อเติมหลังคาต่อมาเพื่อเพิ่มพื้นที่เอนกประสงค์ในการใช้ประโยชน์เพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ สำหรับเด็กอนุบาล ทิศตะวันตกจะติดกับอาคารโรงอาหาร และทิศใต้จะติดกับอาคารห้องน้ำสำหรับเด็กอนุบาลตามรูปที่ 2.5



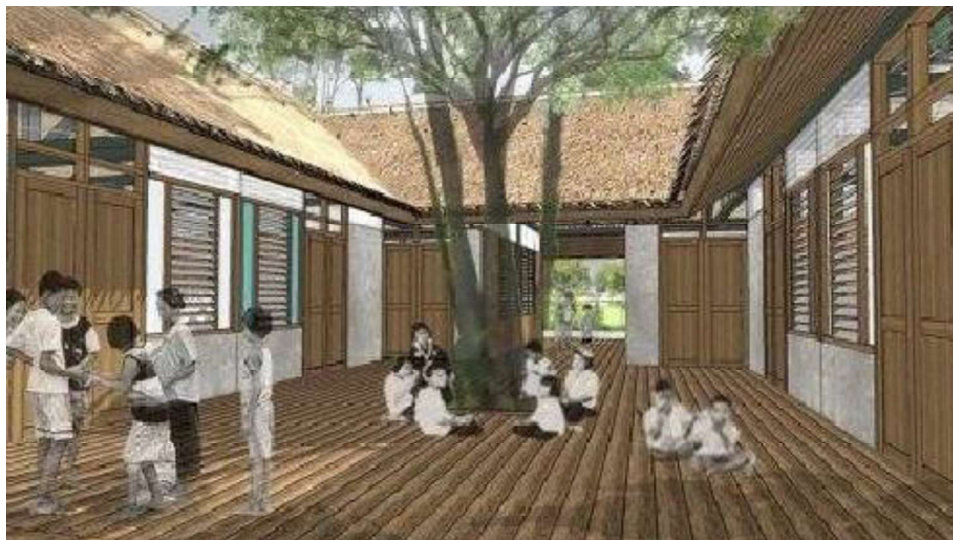
รูปที่ 2.4 แสดงภาพทางถ่ายดาวเทียมของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อําเภอพาน จังหวัดเชียงราย  
ที่มา : <https://www.google.com/maps/place> (2565)



รูปที่ 2.5 แสดงภาพพื้นที่ผังอาคารเรียนอนุบาล  
ที่มา : ผู้วิจัย (2565)



รูปที่ 2.6 แสดงภาพกระบวนการออกแบบ  
ที่มา :Spacetime .กา-ละ-เท-ศะ (2558)



รูปที่ 2.7 แสดงภาพจำลองของพื้นที่ภายนอก  
ที่มา : Spacetime .กา-ละ-เท-ศะ (2558)



รูปที่ 2.8 แสดงภาพจำลองพื้นที่โดยรอบอาคารเรียนอนุบาล  
ที่มา : Spacetime .กา-ละ-เท-ศะ (2558)



รูปที่ 2.9 แสดงภาพอาคารหลังก่อสร้างเสร็จ  
ที่มา : Spacetime .กา-ละ-เท-ศะ (2558)



รูปที่ 2.10 แสดงภาพหลังคาอาคารเรียนที่มุงด้วยแผ่นเหล็กกรีดลอนและทับหญ้าคา  
ที่มา : Spacetime .กา-ละ-เท-ซะ (2558)



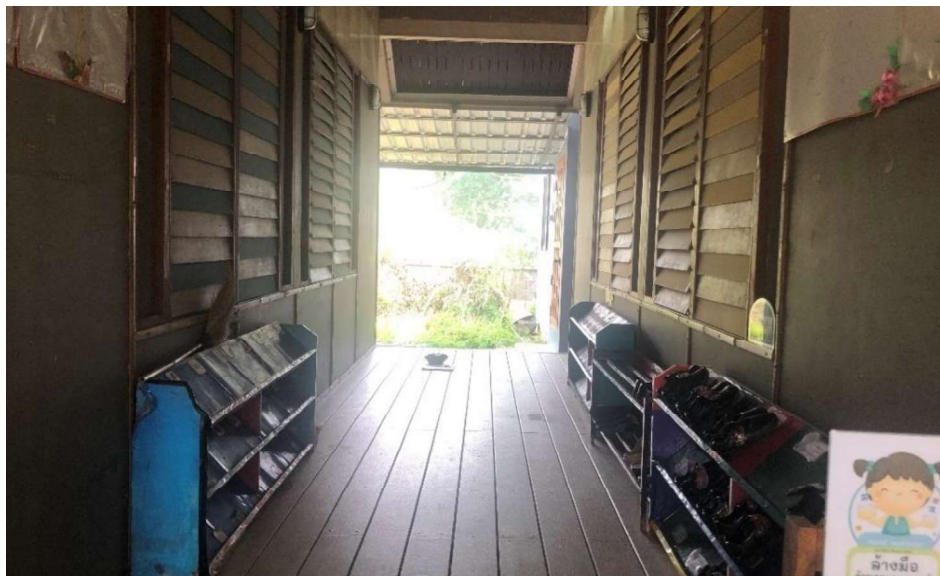
รูปที่ 2.11 แสดงภาพผนังอาคารเรียนที่ทำจากซีเมนต์บอร์ด  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.12 แสดงภาพอาคารที่ยกพื้นสูงเพื่อเพิ่มการระบายอากาศและป้องกันน้ำท่วม  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.13 แสดงภาพการระบายอากาศด้วยหน้าต่างบานเกร็ดที่ทำจากซีเมนต์บอร์ด  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.14 แสดงภาพช่องแสงและช่องลมบริเวณส่วนกลางอาคารอนุบาล  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.15 แสดงภาพบริเวณส่วนกลางอาคารอนุบาล  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



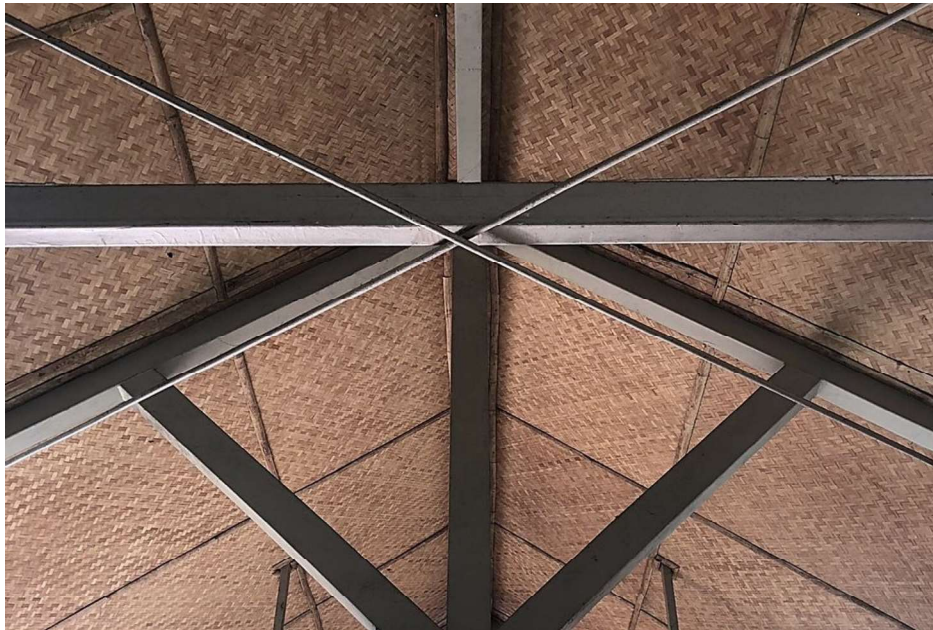
รูปที่ 2.16 แสดงภาพพื้นภายนอกบริเวณส่วนกลางอาคารอนุบาล  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.17 แสดงภาพภายนอกอาคารอนุบาล  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



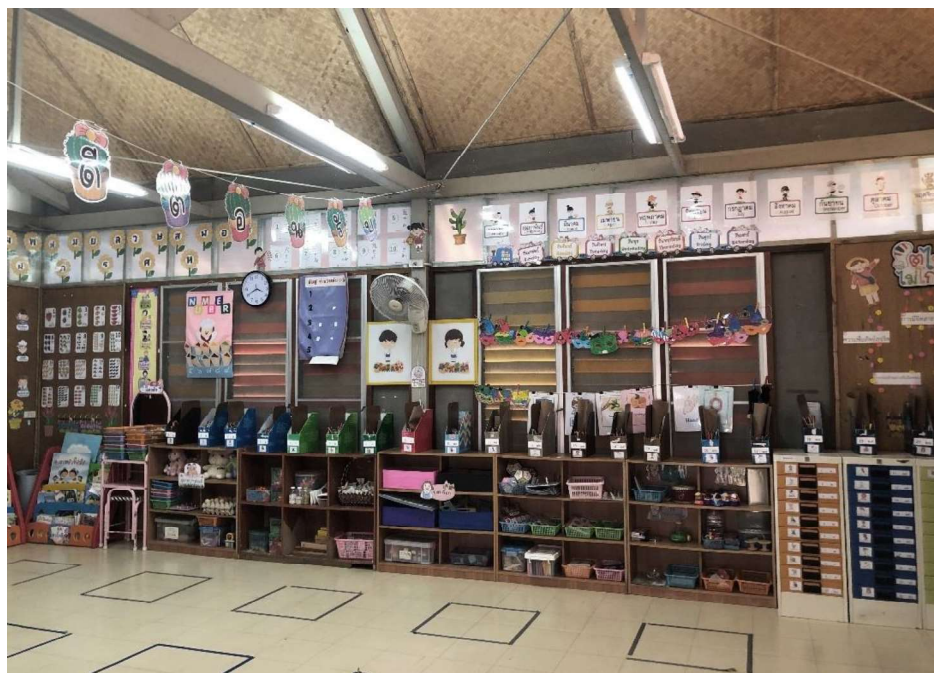
รูปที่ 2.18 แสดงภาพฝ้าภายในที่ทำด้วยเสื่อลำแพน  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.19 แสดงภาพโครงสร้างหลังคาที่ทำจากเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.20 แสดงภาพพื้นภายในที่ปูด้วยกระเบื้องยาง  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.21 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 1  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.22 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.23 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 3  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 2.24 แสดงภาพพื้นที่ภายในห้องเรียนห้องที่ 4  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)

จะเห็นได้ว่าการออกแบบอาคารนั้นตรงตามแนวความคิด 6 คำ คือ ปลอดภัย อบอุ่น เป็นมิตร ประหยัดรวดเร็ว และอยู่สบาย ในส่วนของหลังคามีการออกแบบเป็น 2 ชั้น โดยใช้หลังคาเหล็กเคลือบรีดลอนกันฝนกันลูกเห็บมุงก่อนแล้วห่มทับด้วยวัสดุพื้นฉนวนอย่างดับหญ้าคา เพื่อกันความร้อนและกันเสียงพายุฝน ส่วนภายในมีการกรุด้วยเสื่อลำแพนเพื่อเพิ่มความสวยงามและความอบอุ่นให้กับตัวอาคาร ภายหลังจากได้มีการปรับปรุงซ่อมแซมอาคารตามระยะเวลา และพบว่าอาคารหลังดังกล่าวประสบกับปัญหาทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งสาเหตุเกิดจากวัสดุหลังคาชั้นที่สองอย่างดับหญ้าคาที่ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนชั้นที่สองของหลังคาเกิดการหลุดร่วง ส่งผลทำให้ต้องมีการซ่อมแซมและเปลี่ยนใหม่อยู่เสมอ

ซึ่งในปัจจุบันวัสดุพื้นฉนวนอย่างดับหญ้านั้น ค่อนข้างขาดฝีมือแรงงานในการทำ อีกทั้งวัสดุพื้นฉนวนประเภทนี้ค่อนข้างมีอายุการใช้งานที่ต่ำและดูแลรักษายาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาหาแนวทางและวิธีการปรับปรุงอาคารโดยมีการยึดหลักข้อกำหนดการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเขตร้อนและข้อพิจารณาในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาอาคาร เพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารหลังดังกล่าว

## บทที่ 3

# การทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนและรวบรวมข้อมูลวรรณกรรมต่าง ๆ ทั้งจากงานวิจัย บทความวิชาการและวารสารต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลประกอบงานวิจัย ประกอบไปด้วยแนวคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร โดยมีประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

### 3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับสถานะอากาศในเขตร้อนชื้นในประเทศไทย

#### 3.1.1 ภาวะความน่าสบาย

#### 3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะความน่าสบาย

#### 3.1.3 สถานะความน่าสบายทางอุณหภูมิ

### 3.2 กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอาคารในเขตร้อนชื้น

#### 3.2.1 แนวคิดด้วยวิธีมาโฮนี (Mahoney)

#### 3.2.2 การดำเนินการทดสอบหาข้อกำหนดในการออกแบบโดยอาศัย Mahoney tables

#### 3.2.3 ข้อกำหนดการออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อนชื้นของคาร์ล มาโฮนี

### 3.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาอาคารในเขตร้อนชื้น

#### 3.3.1 การระบายความร้อนของอาคารด้วยวิธีทางธรรมชาติ

#### 3.3.2 หลังคาที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

#### 3.3.3 ข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร

### 3.4 ทบทวนระเบียบวิธีวิจัยของการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

## 3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับสถานะอากาศในเขตร้อนชื้นในประเทศไทย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงอาคารในเขตร้อนชื้นในประเทศไทย เพื่อเพิ่มสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร รวมไปถึงทฤษฎี แนวความคิดต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาอาคาร เพื่อให้เกิดสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารที่เหมาะสม

### 3.1.1 ภาวะความน่าสบาย (Thermal comfort)

ASHRAE, (1992) ได้ให้คำจำกัดความของสภาวะน่าสบายไว้ว่า “สภาวะน่าสบาย” (Thermal comfort) คือ สภาวะทางจิตใจที่บ่งบอกถึงความรู้สึกพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ ซึ่งเกิดจากการประเมินตามความรู้สึกส่วนตัว กิจชัย จิตขจรวานิช, (2544) ให้ความเห็นที่ตรงกันว่า ความรู้สึกพึงพอใจในสภาพอากาศใด ๆ นั้นต้องถือว่าเป็นเรื่องของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ทั้งทางจิตใจและกายภาพ Stein, (2000) ได้กล่าวว่า “สภาวะน่าสบายคือช่วงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบาย ไม่รู้สึกสูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นสภาวะที่ร่างกายควบคุมความสมดุลทางอุณหภูมิหรือความร้อนระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม” กล่าวโดยสรุปจากงานวรรณกรรมปริทัศน์ชี้ให้เห็นว่า “สภาวะน่าสบาย” (Thermal comfort) ก็คือสภาวะที่ร่างกายอยู่ในความสมดุลของอุณหภูมิ เป็นความพึงพอใจตามความรู้สึกส่วนตัวระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม หรือเป็นช่วงที่อุณหภูมิและความชื้นของอากาศทำให้รู้สึกสบายตามธรรมชาติ ซึ่งสภาวะน่าสบายเหล่านี้ สามารถเกิดได้จากหลายปัจจัย และแบ่งตามกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังนี้คือ

กลุ่มที่1. สภาพแวดล้อม (Environment)

กลุ่มที่2. บุคคล (personal)

และกลุ่ม3. อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Contributor factors)

### 3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะความน่าสบาย

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้ดังนี้คือ

ตารางที่ 3.1 แสดงตารางแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่1 สภาพแวดล้อม (Environment)	1.) อุณหภูมิของอากาศ (Temperature)
	2.) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)
	3.) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature)
	4.) ความเร็วลมที่มาปะทะร่างกาย (Air movement)

### 1. อุณหภูมิของอากาศ (Temperature)

Olgay, (1963) ได้กล่าวว่า “อุณหภูมิจะเป็นตัวบ่งบอกความร้อนหรือเย็นของอากาศ จากผลการเก็บข้อมูลพบว่าคนที่อยู่อาศัยในเขตร้อนชื้นจะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิที่ 23.3 – 29.4 องศาเซลเซียส” โดยเราสามารถวัดอุณหภูมิของอากาศได้โดยใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์

### 2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์หรือความชื้นของอากาศ หมายถึง ปริมาณของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ถ้าในอากาศมีปริมาณไอน้ำปะปนอยู่มากแสดงว่าอากาศมีความชื้นมาก ถ้าในอากาศมีปริมาณไอน้ำปะปนอยู่น้อยแสดงว่าอากาศมีความชื้นน้อย ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หมายถึง ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นกับมวลของไอน้ำอิ่มตัว ศรายุทธ ศรีทิพย์อาสน์, (2564) ได้กล่าวไว้ว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์นั้นจะอยู่ที่ร้อยละ 45-75 เปอร์เซ็นต์ หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง แม้อากาศไม่ร้อนก็ทำให้รู้สึกเหนียวตัวได้ เพราะเหงื่อระเหยน้อย ซึ่งในการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ สามารถทำได้โดยเครื่องมือที่เรียกว่า ไฮโครมิเตอร์ (psychrometer)

### 3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature; MRT)

ศ.ดร. ตรึงใจ บุรณสมภพ, (2539) ได้กล่าวว่า การลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบจะช่วยทำให้ผู้ใช้พื้นที่รู้สึกสบายเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสิ่งที่อยู่โดยรอบต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย (MRT เป็นลบ) ร่างกายจะคายความร้อนสู่สิ่งรอบข้าง ทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายลดลง โดยสามารถใช้การออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกายเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายได้ เช่น อุณหภูมิของพื้นดิน สนามหญ้า พื้นคอนกรีต ส่งผลอย่างมากที่จะทำให้เรารู้สึกสบาย เช่น ถ้าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านตัวกรอง อย่างต้นไม้ ลำธาร อุณหภูมิก็จะลดลงเหลือประมาณ 32 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบเย็นกว่า เช่น บริเวณพื้นดินใต้ร่มไม้ ผิวหญ้าเปียก ร่างกายจะถ่ายเทความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม ทำให้รู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิจริงถึง 3-4 องศาเซลเซียส เราจึงรู้สึกว่าบริเวณนั้นมีอุณหภูมิเพียง 27-28 องศาเซลเซียส

### 4. ความเร็วลมที่มาปะทะร่างกาย (Air movement)

ศรายุทธ ศรีทิพย์อาสน์, (2564) กล่าวว่า ลมที่พัดผ่านร่างกายจะช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกายเนื่องจากช่วยเพิ่มกระบวนการคายน้ำของร่างกาย ทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายลดลง สภาวะน่าสบายจะเกิดขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้ความเร็วลม 0.25 – 1.00 เมตรต่อวินาที โดยที่ความเร็วลม 0.25 – 0.50 เมตรต่อวินาที จะทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ในขณะที่ความเร็วลม 0.50 – 1.00 เมตรต่อวินาทีจะเป็นสภาวะสบายที่สัมผัสได้ถึงพัดของลมโดยความรู้สึกต่อความเร็วลมแบ่งค่าได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงตารางค่าความรู้สึกต่อความเร็วลม

ระดับความเร็วลม	ความรู้สึกต่อความเร็วลม
มากกว่า 1.50 เมตร/วินาที	รู้สึกว่าคุณรบกวน
1.00 – 1.50 เมตร/วินาที	รู้สึกว่าลมมาปะทะเล็กน้อยและรู้สึกรบกวนได้
0.50 – 1.00 เมตร/วินาที	รู้สึกสบายและสามารถรับรู้การเคลื่อนไหวของอากาศได้
0.25 – 0.50 เมตร/วินาที	รู้สึกสบาย
0.00 – 0.25 เมตร/วินาที	ไม่เกิดความรู้สึกที่สัมผัสได้

หรือยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีลมพัดผ่านที่ความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (เท่ากับความเร็วปานกลางของพัดลมปกติ) เราจะรู้สึกเหมือนอุณหภูมิลงลดประมาณ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.3 แสดงตารางแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 2 บุคคล (personal)	5. เครื่องนุ่งห่มหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing Insulation)
	6. อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolism Rate)

#### 5. เครื่องนุ่งห่มหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing Insulation)

เครื่องนุ่งห่มหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกับการเผาผลาญความร้อนของร่างกาย มนุษย์ Andris Aulicciems and Steven V. Szokolay, (1997) ได้กล่าวว่า จำนวนชั้นของเสื้อผ้าที่สวมใส่หรือเสื้อผ้าในรูปแบบที่แตกต่างกัน ก็มีผลต่อการเผาผลาญความร้อนที่แตกต่างกัน การใส่เสื้อผ้าสบาย ๆ ระบายอากาศได้ดี จะทำให้รู้สึกเย็นลงได้

#### 6. อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolism Rate)

อีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดภาวะน่าสบาย การเผาผลาญของร่างกายนั้นเกิดขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญโดยที่ร่างกายสร้างความร้อนจาก 2 ทาง คือ การเผาผลาญอาหารและการเผาผลาญจากกล้ามเนื้อ นุชนางค์ แก้วนิล, (2560) ได้กล่าวว่า การเผาผลาญของร่างกายอาจเกิดขึ้นจากพฤติกรรมหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละบุคคลที่กระทำต่างกันและไม่เท่ากัน ดังนั้นภาวะน่าสบายจึงทำให้เกิดการรับรู้ที่แตกต่างกันและความพึงพอใจไม่เท่ากัน

### ตารางที่ 3.4 แสดงตารางแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะนำสบายกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 3 อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Contributor factors)	7. เพศและอายุ
	8. ความเคยชินของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ

#### 7. เพศและอายุ (Sex and age)

Li Lan, Zhiwei Lian, Weiwei Liu, Yuanmou Liu, (2008) ได้กล่าวว่าความแตกต่างทางเพศส่งผลต่อความรู้สึกนำสบายที่ต่างกัน อุณหภูมิของอากาศและความดันอากาศแสดงให้เห็นว่า เพศหญิงมีความไวต่ออุณหภูมิมากกว่าและไวต่อความชื้นน้อยกว่าเพศชาย ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่า เพศหญิงชอบสภาวะที่เป็นกลางหรืออ่อนกว่าเล็กน้อย อุณหภูมิในสภาวะนำสบายของเพศหญิงจะเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 26.3 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิของเพศชายเล็กน้อย ส่วนอุณหภูมิในสภาวะนำสบายของเพศชายจะเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 25.3 องศาเซลเซียส ซึ่งบางครั้งก็อาจมีเครื่องนุ่งห่มหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่เข้ามาเป็นตัวแปรร่วม J.van Hoof, H.S.M.Kort, J.L.M.Hensen, (2010) ได้กล่าวว่า ไม่เพียงแคเพศเท่านั้นที่ส่งผลต่อความรู้สึกนำสบายทางอุณหภูมิที่ต่างกัน อายุก็มีส่วนสำคัญต่อการรับรู้ เมื่ออายุมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจะส่งผลต่อการรับรู้ทางอุณหภูมิและการควบคุม ทำให้ความสามารถในการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่ผันผวนอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะลดลงตามอายุทางสรีรวิทยา ดังนั้นในกลุ่มของผู้สูงอายุจะมีข้อกำหนดเฉพาะสำหรับสภาพแวดล้อม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นตามอายุ ทำให้กลุ่มวัยนี้เสี่ยงต่อความร้อนและความเย็นแบบสุดขีด

#### 8. ความเคยชินของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ (Acclimation to environmental temperatures and weather conditions)

รัจรี นพเกตุ, (2540) ได้กล่าวว่า ความเคยชินของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ หรือที่เราเรียกกันว่า ความคุ้นชินที่มีต่อสภาพอากาศนั้น เป็นเรื่องส่วนบุคคลที่มีผลต่อความนำสบายที่ต่างกัน เชื้อชาติและสีผิวก็มีผลต่อ ภาวะนำสบาย เช่น คนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศหนาวเย็น ก็มักจะปรับตัวและคุ้นชินกับความหนาวเย็นได้มากกว่าคนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศร้อนหรืออ่อนกว่า ส่วนคนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศร้อนหรืออ่อนกว่า ก็มักจะปรับตัวและคุ้นชินกับอากาศร้อนได้ดีกว่าคนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศหนาวเย็น ในทางกลับกัน คนผิวสีมักทนต่อรังสีความร้อนได้ดีกว่าคนผิวขาวเมื่ออยู่ท่ามกลางแสงแดด อาจเป็นเพราะการสร้างเม็ดสีของผิวหนังที่แตกต่างกัน หรืออาจเป็นในเรื่องของการปรับตัวให้คุ้นชินของสภาพอากาศ การที่เราคุ้นเคยกับสภาพอากาศนั้น ๆ เป็นเวลานาน ก็ส่งผลให้คุ้นเคยและทนต่อสภาพอากาศนั้นได้ดี

กล่าวโดยสรุปจากงานวรรณกรรมปริทัศน์ชี้ให้เห็นว่า อิทธิพลของการเกิดสภาวะนำสบายนั้นเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลเกี่ยวข้อง ซึ่งจะส่งผลต่อความรู้สึกนำสบายที่แตกต่างกัน ความรู้สึกสบายหรือที่เรียกว่าสภาวะนำสบายนั้นเกิดจากความรู้สึกส่วนตัวที่บ่งบอกถึงความรู้สึกพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ สภาวะนำสบายอาจหมายถึงสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และความเร็วลมที่พอเหมาะกับการที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อน ไม่หนาวจนเกินไป โดยปกติร่างกายมนุษย์จะมีอุณหภูมิในร่างกายอยู่ที่ประมาณ 36-37 องศาเซลเซียส และมนุษย์ต้องการรักษาสมดุลของอุณหภูมิในร่างกายเพื่อให้อยู่ในสภาพปกติหรือที่เรียกว่า “ภาวะสมดุล” ร่างกายมนุษย์นั้นต้องสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมโดยรอบโดยเป็นไปในลักษณะของการถ่ายเทความร้อนระหว่างมนุษย์และสภาพแวดล้อม

### 3.1.3 สภาวะความนำสบายทางอุณหภูมิ

Stein, (1983) ได้กล่าวถึงสภาวะความนำสบายทางอุณหภูมิไว้ว่า “สภาวะความนำสบายทางอุณหภูมิอาจหมายถึงการที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะที่ไม่สบาย หรือไม่รู้สึกว่าร่างกายได้สูญเสียความร้อน เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม” ASHRAE, (1992) กล่าวถึงสภาวะความนำสบายทางอุณหภูมิไว้ว่า “เป็นสภาวะทางความคิดและจิตใจของคนส่วนใหญ่ที่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้น ๆ” มนุษย์จะมีรู้สึกสบายทางอุณหภูมิโดยรวมที่ ไม่ร้อน ไม่หนาว และจะรู้สึกไม่สบายเมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายหรือมากกว่า อุ่นเกินไปหรือหนาวเกินไป โดยช่วงอุณหภูมิที่จัดอยู่ในช่วงสภาวะนำสบายอยู่ที่ประมาณตั้งแต่ 20°C จนถึง 26.6°C ตามมาตรฐานด้านความรู้สึกทางอุณหภูมิของ ASHRAE

ในขณะที่ศศิธร ศรีเฟื่องฟู, (2560) ได้กล่าวถึงสภาวะความนำสบายทางอุณหภูมิจากการทดลอง เมื่อเทียบกับผลของความสบายเชิงอุณหภูมิของ ASHRAE ได้กำหนดช่วงอุณหภูมิและความชื้นของสภาวะนำสบายอยู่ที่ 22-27°C และมีช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 25-60 % พบว่าอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงไม่ร้อนไม่หนาวของคนไทยจะอยู่ที่ อุณหภูมิ 30.956°C เป็นอุณหภูมิที่อยู่ในสภาวะนำสบายของคนไทย ซึ่งจะสูงกว่าความสบายทางอุณหภูมิของ ASHRAE คนไทยจะมีสภาวะความพึงพอใจของความรู้สึกทางอุณหภูมิผันแปรจากค่า ไม่ร้อน ไม่หนาว ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย ASHRAE เป็นค่อนข้างเย็น อุณหภูมิที่คนไทยมีความรู้สึกนำสบายทางอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30.956°C ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าเกณฑ์อุณหภูมิความสบายทางอุณหภูมิที่กำหนดโดย ASHRAE

กล่าวโดยสรุปจากงานวรรณกรรมปริทัศน์ชี้ให้เห็นว่าสภาวะความนำสบายทางอุณหภูมิเกิดจากสภาวะทางจิตใจ เป็นความพอใจกับสภาพอากาศนั้น ๆ หรือเป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิระหว่างร่างกาย

กายและสภาพแวดล้อม ความน่าสบายทางอุณหภูมิของมนุษย์ทั่วไปจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 21-30° และ ความชื้นอยู่ที่ 25-60% แต่จากงานวิจัยของคนในประเทศไทยพบว่า อุณหภูมิมีการปรับเปลี่ยนขอบเขต ภาชนะน่าสบายไปตามสภาพอากาศ

ดังนั้นคนที่อยู่ในเขตร้อนชื้นจะรู้สึกสบายในอุณหภูมิและความชื้นที่สูงขึ้นและแปรผันไปตาม สภาพแวดล้อมขณะที่ผู้คนที่อยู่ในเขตอบอุ่นก็จะมีขอบเขตภาชนะน่าสบายที่แตกต่างกันออกไป คนในเขต อบอุ่นก็จะรู้สึกสบายและรู้สึกพอใจกับสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าคนที่อยู่ในเขตร้อนชื้น ส่วนภาชนะน่าสบายของเด็กและผู้ใหญ่ที่อยู่ในเขตร้อนชื้นก็มีผลต่อการรับรู้ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าช่วยวัยมี ผลต่อการรับรู้ โดยเด็กจะมีความรู้สึกที่ไวต่อการตอบสนองต่ออุณหภูมิมากกว่าผู้ใหญ่ โดยขีดจำกัดความ น่าสบายสำหรับเด็กอยู่ที่ 16.7 – 23.9 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผู้ใหญ่มีขีดจำกัดความน่าสบายอยู่ที่ 20.0 – 23.6 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าขีดจำกัดความน่าสบายของเด็กและผู้ใหญ่ในช่วงอุณหภูมิต่ำ มีความ แตกต่างกันอยู่ที่ 3.3 องศาเซลเซียส ซึ่งหมายความว่า เด็กสามารถทนความหนาวเย็นได้ดีกว่าผู้ใหญ่ ในขณะที่ช่วงอุณหภูมิสูง ขีดจำกัดความน่าสบายของเด็กและผู้ใหญ่มีความแตกต่างกันเพียงแค่ 0.3 องศา เซลเซียสเท่านั้น นั่นหมายความว่าเด็กและผู้ใหญ่มีขีดจำกัดความน่าสบายทางความร้อนที่ใกล้เคียงกัน

### 3.2 กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอาคารในเขตร้อนชื้น

การกำหนดกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอาคารในเขตร้อนชื้นนั้น ผู้วิจัยได้ ศึกษาและนำแนวคิดวิธีการของ Carl Mahoney มาใช้ในการวิเคราะห์โดยการประมวลผลตัวแปรทาง สภาวะอุณหภูมิอากาศผนวกเข้ากับการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิของมนุษย์ เพื่อให้ได้แนวทางการ ออกแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น ทำให้ผู้ใช้งานหรือผู้อยู่อาศัยพบกับสภาวะสบาย (Thermal Comfort)

#### 3.2.1 แนวคิดด้วยวิธีมาโฮนี (Mahoney)

แนวคิดมาโฮนีเป็นแนวคิดและแนวทางการออกแบบที่คิดค้นและพัฒนาโดยสถาปนิกที่ชื่อ คาร์ล มาโฮนี ซึ่งทำงานร่วมกับ John Martin Evans และ Otto Königsberger โดยภายหลังได้มีการพัฒนา ข้อมูลโดย Otto Königsberger, (1969) และ Königsberger, Mahoney and Evans , (1970)

Ukaonu, และคณะ, (2011) กล่าวว่า การค้นหารูปแบบอาคารด้วยวิธีมาโฮนีนั้นทำได้จากการ อาศัยข้อมูลทางอุตุนิยวิทยามาผนวกกับการดำเนินการตามวิธีของคาร์ล มาโฮนีตามลำดับขั้นตอน โดย

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบประกอบไปด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน โดยทำการวิเคราะห์ และทดสอบผ่านตารางมาโฮนี (Mahoney Table) ซึ่งเป็นชุดตารางคำแนะนำและข้อกำหนดที่ใช้ในการ ออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อน

### 3.2.2 การดำเนินการทดสอบหาข้อกำหนดในการออกแบบโดยอาศัย Mahoney tables

Ogunsote, (1978) กล่าวว่าตารางมาโฮนี (Mahoney Tables) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทาง ความเครียดจากความร้อนเพื่อดำเนินการแก้ไข และเป็นเกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อนที่ เหมาะสมซึ่งตามวิธีการของคาร์ล มาโฮนีนั้นจะเป็นการทดสอบด้วยตารางที่ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศมา คำนวณอย่างง่าย เพื่อให้ได้แนวทางในการออกแบบลักษณะตารางคำนวณ

Ukaonu, และคณะ, (2011) ยังกล่าวอีกกล่าวว่าดำเนินการทดสอบสามารถทำได้โดยการ บ้อนข้อมูลภูมิอากาศเพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดด้านความเสถียรสบายทางความร้อนและเกณฑ์การ ออกแบบโดยมีโครงสร้างคร่าว ๆ ของการใช้ตารางทั้ง 6 ตารางประกอบด้วย

1. ตารางที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ
2. ตารางที่ 2 ข้อมูลความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลม
3. ตารางที่ 3 การวินิจฉัยสภาพภูมิอากาศ
4. ตารางที่ 4 การตรวจสอบกลุ่มสภาวะอากาศ
5. ตารางที่ 5 ข้อกำหนดหรือคำแนะนำในการออกแบบ
6. ตารางที่ 6 การตรวจสอบในรายละเอียดขององค์ประกอบในการออกแบบ

จากข้อมูลสรุปได้ว่าแนวคิดด้วยวิธีของ คาร์ล มาโฮนี (Carl Mahoney) ) เป็นการเก็บรวบรวม ข้อมูลทางความเครียดจากความร้อนเพื่อดำเนินการแก้ไขด้วยการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ สามารถทำได้ โดยการคำนวณจากตารางมาโฮนี (Mahoney table) ซึ่งเป็นชุดตารางคำแนะนำหรือข้อกำหนดที่ใช้ใน การออกแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อน ใช้การดำเนินการทดสอบตามวิธีการของ Carl Mahoney โดยการ วิเคราะห์และทดสอบตารางตั้งแต่ตารางที่ 1 ไปจนถึงตารางที่ 6 ตามลำดับขั้นตอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไป เปรียบเทียบกับข้อกำหนดด้านความเสถียรสบายทางความร้อนและเกณฑ์การออกแบบอาคารที่ เหมาะสมสำหรับสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นและนำไปสู่สภาวะสบาย (Thermal Comfort) ทางอุณหภูมิ ภายใต้อาคาร

### 3.2.3 ข้อกำหนดการออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อนชื้นของคาร์ล มาโฮนี

Königsberger, Mahoney and Evans, (1970) กล่าวว่าข้อกำหนดดังกล่าวจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการพิจารณาและเป็นเกณฑ์การตรวจสอบในการออกแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อนเบื้องต้น โดยพิจารณาตามหัวข้อดังนี้ประกอบด้วย

1. การจัดวางผังบริเวณ (Layout)
2. ลักษณะการจัดพื้นที่ว่างภายในอาคาร (Spacing)
3. การระบายอากาศ (Air Movement)
4. ขนาดช่องเปิด (Openings)
5. ผนังของอาคาร (Walls)
6. หลังคาอาคาร (Roof)
7. ความต้องการพักผ่อนนอกอาคาร (Outdoor Sleeping)
8. การป้องกันฝน (Rain Protection)

ซึ่งข้อกำหนดที่ผู้วิจัยได้กล่าวมานี้ จากกรณีศึกษาอาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอบ้านจันทบุรี จังหวัดเชียงรายพบว่าอาคารดังกล่าวไม่ใช่อาคารปลูกสร้างใหม่ จึงต้องมีการพิจารณาถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ในการปรับปรุงและแก้ไขอาคาร จากข้อกำหนดสามารถพิจารณาได้ว่า ในส่วนของหลังคาอาคารหลังนี้ยังขาดฉนวนกันความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนใต้หลังคาจนทำให้เกิดความไม่สบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร ดังนั้นในการปรับปรุงและแก้ไขอาคารที่สามารถทำได้ง่ายและเหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาความไม่สบายทางอุณหภูมิคือในส่วนของหลังคาอาคาร

### 3.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาคารในเขตร้อนชื้น

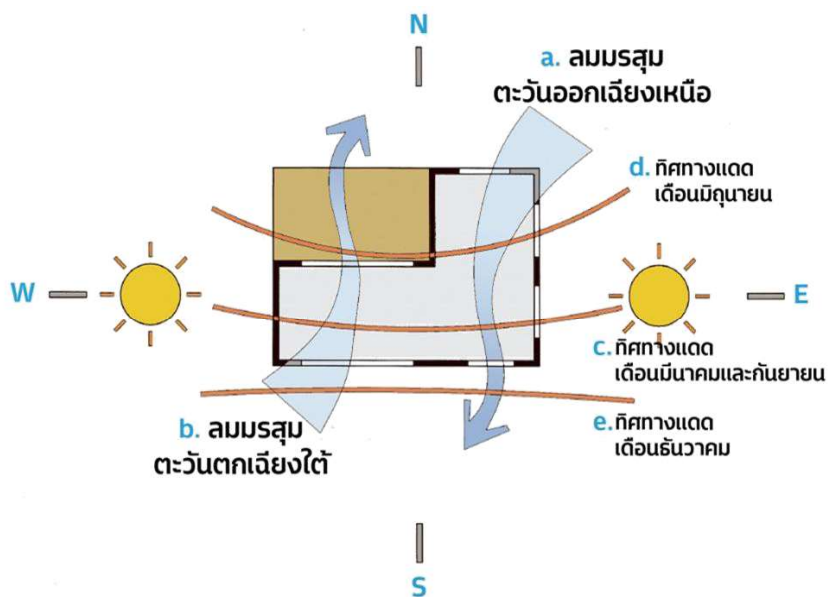
ในปัจจุบันหลายบ้านก็ยังเผชิญกับปัญหาบ้านร้อนอบอ้าวตลอดทุกฤดูกาล ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากสภาพอากาศของประเทศไทยที่ร้อนเท่านั้น แต่แท้จริงแล้วอาจมีสาเหตุมาจากความร้อนสะสมที่มีอยู่ภายในบ้านสำหรับที่มาของปัญหาเกิดจากการที่อากาศร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้าน โดยไม่ได้มีการถ่ายเทออกภายนอก ส่งผลทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ในบ้านรู้สึกร้อน อบอ้าว จนเกิดปัญหาความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารตามมา ซึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาคารสามารถทำได้หลายวิธี โดยหนึ่งในวิธีที่ง่ายและช่วยทำให้บ้านหรืออาคารเย็นลงได้นั้นก็คือ การระบายความร้อนด้วยวิธีทางธรรมชาติ

### 3.3.1 การระบายความร้อนด้วยวิธีทางธรรมชาติ

การระบายความร้อนด้วยวิธีทางธรรมชาติสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งแนวทางในการแก้ไข ปัญหาอาคารทั้ง 5 วิธีนี้จะเป็แนวทางและสามารถแก้ปัญหาความไม่สบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร เขตร้อนขึ้นได้ มีดังนี้

#### 1. การวางผังอาคารให้ถูกทิศ ให้หลบแดดและรับลม

วิธีนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้อาคารเย็นและรู้สึกอยู่สบาย การวางตำแหน่งอาคารที่ถูกต้องควร วางตัวอาคารให้ให้ขนานแนวโคจรของดวงอาทิตย์ ให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศตะวันออกและ ตะวันตกซึ่งมีแดดแรง แล้วหันด้านยาวของอาคารไปทางทิศเหนือและทิศใต้ซึ่งได้รับแดดน้อยกว่า และทำ ช่องหน้าต่างให้รับลมธรรมชาติให้มากที่สุด แต่ไม่ควรโดนแสงแดดโดยตรงและต้องมีการป้องกันฝนสาดได้ โดยขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 15%-40% ของผนังอาคาร ซึ่งจากการทบทวน วรรณกรรมของอภิสิทธิ์ สุธาประดิษฐ์, (2561) ได้มีการกล่าวถึงการวางผังอาคารไว้ว่า ทิศทางการวางผัง อาคารเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอต่อหลักการที่ทำให้บ้านเย็น เพราะส่วนที่ได้รับความร้อนมากที่สุด ไม่ใช่ผนังบ้าน แต่เป็นส่วนของหลังคา การออกแบบบ้านให้มีช่องระบายอากาศจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วย ให้อากาศภายในบ้านหมุนเวียนอยู่เสมอ บ้านที่ดีจึงควรมีช่องระบายอากาศ ทั้งช่องลมเข้าและช่องลมออก

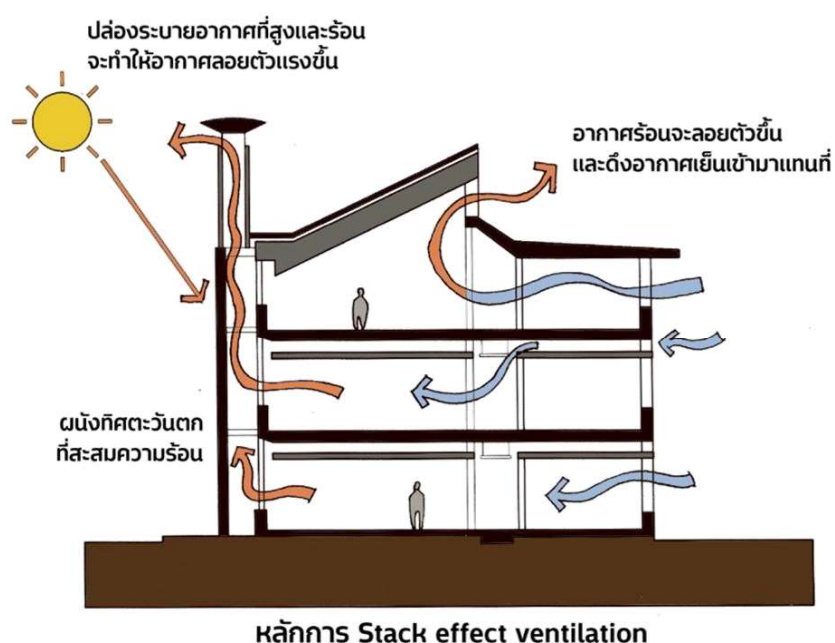


รูปที่ 3.1 แสดงภาพการวางผังอาคารให้ถูกทิศ ให้หลบแดดและรับลม

ที่มา : <https://www.baanlaesuan.com/227050/ideas/house-ideas/passive-design> (2565)

## 2. การระบายความร้อนภายในอาคาร

การระบายความร้อนภายในอาคารสามารถทำได้ด้วยหลักการ Stack effect ventilation กล่าวคือ ความร้อนจากแสงอาทิตย์จะสามารถเข้ามาภายในอาคารได้หลายทาง เช่น การแผ่ความร้อนจากผนังอาคาร การแผ่ความร้อนจากหลังคาอาคาร และความร้อนพัดเข้ามาทางช่องประตูหรือหน้าต่าง เมื่อความร้อนเข้ามาแล้วจะสะสมอยู่ภายในอาคาร จึงควรออกแบบให้มีการระบายอากาศร้อนออกเพื่อให้อากาศเย็นเข้ามาแทนที่ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมของธรรมรักษ์ ศรีมารุต, (2554) ได้กล่าวถึงการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติไว้ว่า การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเป็นวิธีการที่ใช้หลักการเคลื่อนไหวของอากาศแบบธรรมชาติ โดยอาศัยหลักความดันที่แตกต่างทิศทางการไหลของอากาศ แรงแยกตัวของอากาศ และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน



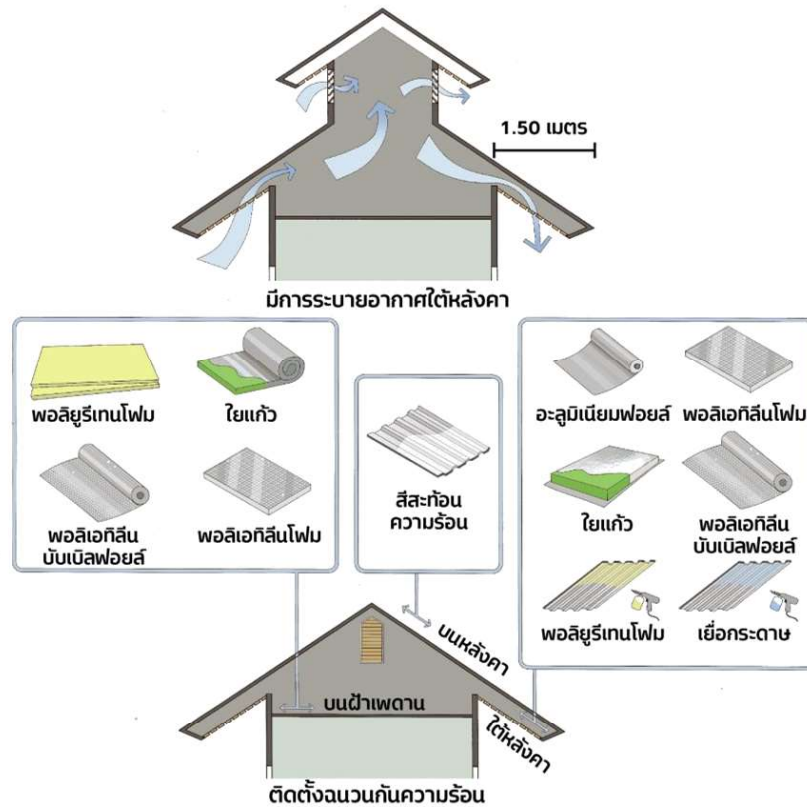
รูปที่ 3.2 แสดงภาพการระบายความร้อนภายในอาคาร

ที่มา : <https://www.baanlaesuan.com/227050/ideas/house-ideas/passive-design> (2565)

## 3. การออกแบบหลังคาอาคาร

ศ.ดร. ตรึงใจ บุรณสมภพ, (2539) ได้กล่าวว่า หลังคาที่เหมาะสมในสภาพอากาศเขตร้อนชื้นนั้น ควรจะมีน้ำหนักรที่เบาและสะท้อนแสงแดดได้ดี มีการลดระดับฝ้าเพดาน และมีชายคายื่นยาว รวมไปถึงต้องมีช่องลมเพื่อให้อากาศภายในบ้านหมุนเวียนอยู่เสมอ เพราะหลังคาอาคารคือส่วนที่ได้รับความร้อน

โดยตรงจากแสงอาทิตย์หรือเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนมากที่สุด จึงควรให้ความสำคัญกับการออกแบบหลังคาเพื่อช่วยลดความร้อนภายในอาคาร

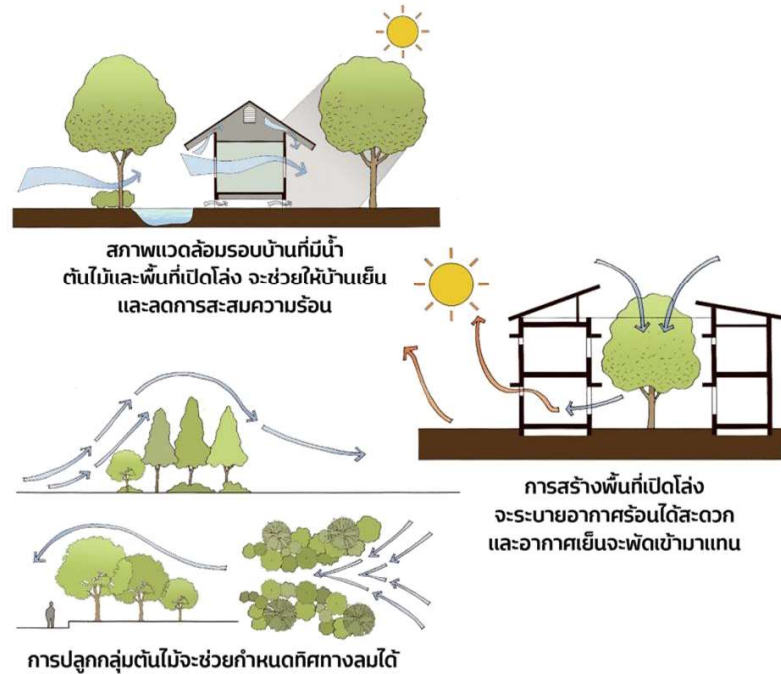


รูปที่ 3.3 แสดงภาพการออกแบบหลังคาเพื่อเพิ่มการระบายความร้อน

ที่มา : <https://www.baanlaesuan.com/227050/ideas/house-ideas/passive-design> (2565)

#### 4. การสร้างสภาพแวดล้อมโดยรอบ

สภาวะน่าสบายสามารถสร้างได้ด้วยสภาพแวดล้อม โดยสามารถลดความรุนแรงของความร้อนในช่วงกลางวันได้ เช่นการปลูกต้นไม้ใหญ่ ไม้พุ่ม ไม้คลุมดิน หรือการมีพื้นดินเปียกชื้นอยู่ในที่ร่ม อีกทั้งยังช่วยลดการสะสมความร้อน และทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบสูงขึ้น โดยสามารถใช้องค์ประกอบเหล่านี้ช่วยในเรื่องการออกแบบได้ อย่างที่ ศ.ดร. ตรึงใจ บุรณสมภพ, (2539) ได้กล่าวไว้ว่า การลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบจะช่วยทำให้ผู้ใช้พื้นที่รู้สึกสบายเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสิ่งที่อยู่โดยรอบต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย (MRT เป็นลบ) ร่างกายจะคายความร้อนสู่สิ่งรอบข้าง ทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายลดลง โดยสามารถใช้การออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกายเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายได้

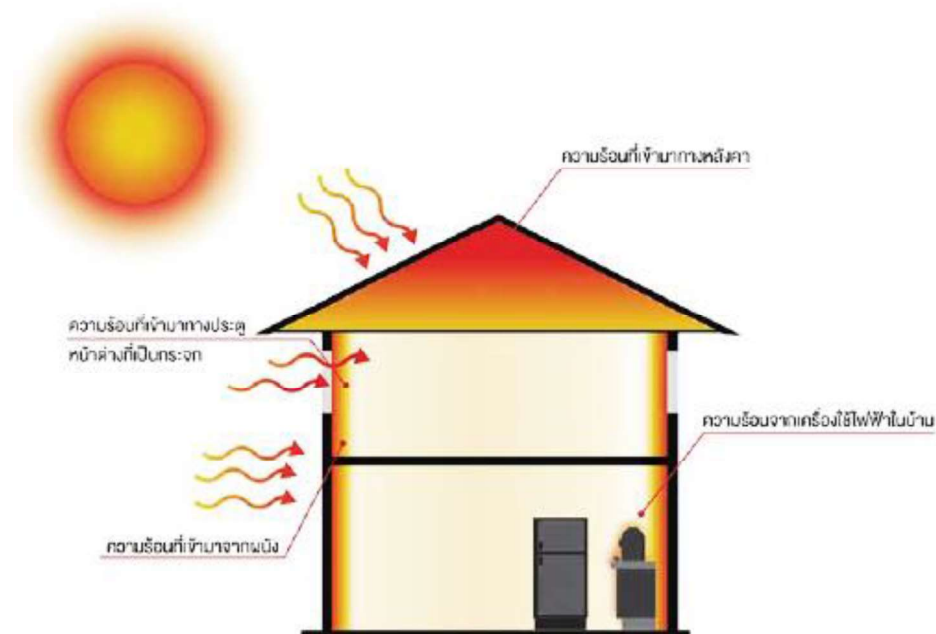


รูปที่ 3.4 แสดงภาพการออกแบบหลังคาเพื่อเพิ่มการระบายความร้อน

ที่มา : <https://www.baanlaesuan.com/227050/ideas/house-ideas/passive-design> (2565)

กล่าวโดยสรุปจากงานวรรณกรรมปริทัศน์ชี้ให้เห็นว่า การระบายความร้อนด้วยวิธีทางธรรมชาติสามารถทำได้หลายหลายวิธี ซึ่งทุกวิธีการสามารถนำมาปรับใช้ได้ตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบ การวางผังอาคาร การกำหนดวัสดุ หรือแม้แต่การสร้างสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้สามารถเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาความไม่สบายทางอุณหภูมิภายในอาคารเขตร้อนชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

“หลังคา” นับว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบอาคาร เพราะเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์และเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนมากที่สุด จึงควรให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของการออกแบบและเลือกวัสดุเพื่อช่วยลดความร้อนภายในอาคาร

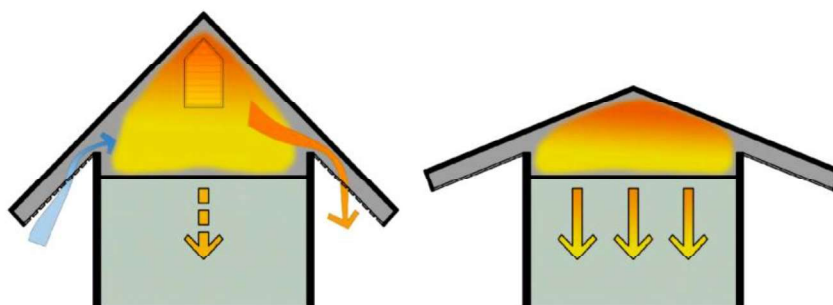


รูปที่ 3.5 แสดงภาพช่องทางที่ทำให้เกิดความร้อนภายในบ้าน  
ที่มา : <https://www.scgbuildingmaterials.com> (2565)

### 3.3.2 หลังคาที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

ฮานาน ซาเรและกุสกาณา กุบาฮา, (2015) ได้กล่าวว่าในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการออกแบบบ้านพักอาศัยเลียนแบบบ้านสไตล์ยุโรปอยู่มาก ซึ่งในยุโรปมีการออกแบบมาเพื่อต้องการเพิ่มความอบอุ่น จึงไม่เหมาะกับสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย

ฮานาน ซาเรและกุสกาณา กุบาฮา, (2015) ยังกล่าวอีกว่า จากการศึกษาพบว่าหลังคาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทยนั้นคือ หลังคาทรงจั่วซึ่งหลังคาประเภทนี้สามารถกันแดดกันฝนได้ดี ด้วยรูปทรงหลังคาที่เป็นสันกลาง เมื่อแสงแดดเปลี่ยนทิศ หลังคาอีกฝั่งก็จะเกิดร่มเงา จึงรับความร้อนน้อยลง และหากออกแบบให้หลังคาเป็นทรงสูง (มีความลาดเอียงมากขึ้น) ก็จะมีพื้นที่ใต้หลังคามากกว่าหลังคาทรงเตี้ย (มีความลาดเอียงน้อย) การออกแบบในลักษณะนี้จะช่วยชะลอความร้อนให้ลงมาสู่ภายในบ้านช้าลงได้ อย่างที่ ศ.ดร. ตรึงใจ บุรณสมภพ, (2539) ได้กล่าว “เราไม่สามารถหยุดการถ่ายเทความร้อนได้ แต่เราสามารถทำให้ความร้อนผ่านช้าลงได้” และหากมีช่องระบายอากาศ ก็จะทำให้บ้านมีอากาศหมุนเวียนได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุผนังหลังคาที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำจะทำให้ความร้อนเข้าสู่บ้านผ่านหลังคาน้อยลง และหากทำการติดตั้งฉนวนบนฝ้าเพดานด้วย จะสามารถลดความร้อนเข้าสู่บ้านได้เป็นอย่างมาก



รูปที่ 3.6 แสดงภาพลักษณะการถ่ายเทความร้อนของพื้นที่ใต้หลังคา

ที่มา : <https://www.baanlaesuan.com/> (2566)

โดยสรุปจะเห็นว่าลักษณะหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นนั้นควรเป็นหลังคาที่มีน้ำหนักเบาและสะท้อนแสงแดดได้ดี มีการลดระดับฝ้าเพดาน และมีชายคายื่นยาว รวมไปถึงมีช่องลมเพื่อให้อากาศหมุนเวียน ซึ่งประเภทหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นคือ หลังคาประเภททรงจั่ว ซึ่งหลังคาประเภทนี้เป็นรูปแบบหลังคาทรงมาตรฐานที่พบเห็นได้ทั่วไปทุกภูมิภาคในประเทศไทย มีความร่วมสมัยและเป็นที่ยอมรับ เนื่องจากรูปทรงลาดเอียงของหลังคาถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้อากาศไหลเวียน ทำให้มวลอากาศเย็นเข้ามาช่วยระบายความร้อน จึงสามารถระบายความร้อนภายใต้หลังคาได้ดีเหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย

ในส่วนของวัสดุผนังหลังคา มักจะถูกเลือกตามรูปทรงหลังคาและโครงสร้างหลังคา ซึ่งแต่ละประเภทก็มีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันไป มีทั้งวัสดุที่ทำจากธรรมชาติและวัสดุที่ทำจากกระบวนการอุตสาหกรรม โดยวัสดุผนังจะช่วยทำหน้าที่ป้องกันแสงแดดและรังสีความร้อน ทำให้ความร้อนที่เข้ามาผ่านได้ช้าลงและหากเสริมด้วยฉนวนกันความร้อนที่เปลือกอาคารก็จะช่วยป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะการติดฉนวนกันความร้อนจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้

### 3.3.3 ข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาคาร

เมื่อกล่าวถึงการปรับปรุงอาคาร ในกรณีนี้อาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายไม่ใช่อาคารปลูกสร้างใหม่ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงควบคู่กับข้อกำหนดในการออกแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อนก็คือข้อจำกัดต่าง ๆ ว่าสามารถพิจารณาแก้ไขปรับปรุงได้มากน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตาม

จึงจะเหมาะสมและสามารถแก้ไขปัญหความร้อนภายในอาคารได้ (อภิวิชญ์ พูลสูง, 2551) ให้ความเห็น  
ว่า ข้อพิจารณาหรือข้อจำกัดในงานก่อสร้างมีอยู่หลายประการ ควรต้องพิจารณาว่าการทำงานในแต่ละ  
กิจกรรมจะมีปัญหาหรือมีข้อจำกัดอย่างไรในการก่อสร้างในขณะที่ (สุธิรา จันทรา, 2556) ให้ความสำคัญ  
กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1. ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ต้องมีความสะดวกในการหาแหล่งซื้อขายวัสดุอุปกรณ์ที่  
ใช้ในงานก่อสร้าง ต้องหาซื้อได้ง่ายและมีเพียงพอต่อการใช้งาน
2. ด้านการดูแลบำรุงรักษา ต้องใช้งานได้ดีและยาวนาน หรือพร้อมที่จะใช้การได้อยู่  
เสมอ หากเกิดการชำรุดเสียหายจะต้องสามารถซ่อมแซมได้ง่าย
3. ด้านฝีมือแรงงาน ต้องสะดวกในการหาช่างฝีมือในท้องถิ่นเพื่อการซ่อมแซมในอนาคต
4. ด้านการเงิน ปัจจัยที่สำคัญของงานก่อสร้าง เพราะคืองบประมาณในการดำเนินงาน  
ทั้งหมด จึงจำเป็นจะต้องมีการประเมินราคาด้านการเงินอย่างรอบคอบ ว่ามีข้อจำกัดหรือหรือไม่อย่างไร

ซึ่งอาคารอนุบาลหลังนี้ ในส่วนหลังคาอาคาร วัสดุผนังหลังคาที่ทำจากตับหญ้าคาวัสดุท้องถิ่นที่ใช้  
เป็นวัสดุผนังหลังคาชั้นที่สองที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนเกิดการหลุดร่วงจนทำให้เกิดการสะสม  
ความร้อนที่ใต้หลังคานั้น มีสาเหตุเกิดจากวัสดุท้องถิ่นวัสดุมุงที่นำมาเป็นฉนวนกันความร้อนนั้นมีอายุการ  
ใช้งานที่ต่ำ จึงทำให้ต้องมีการเปลี่ยนใหม่อยู่เสมอ อีกทั้งในปัจจุบันยังขาดแรงงานในการซ่อมแซมปรับปรุง  
ดังนั้นจากข้อกำหนดในการออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อนชื้นและข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหา  
อาคารทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้น สามารถที่จะนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบอาคารและประกอบใน  
การพิจารณาปรับปรุงอาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิในอาคารอนุบาลได้ดังนี้

1. ควรปรับปรุงโดยการใช้วัสดุทดแทนที่สามารถหาได้ง่าย
2. ป้องกันรังสีความร้อนได้ดี ใช้งานได้ยาวนาน และสะดวกต่อการซ่อมบำรุงในอนาคต
3. สามารถทำได้โดยช่างท้องถิ่น
4. สามารถทำได้ในงบประมาณที่ประหยัด

### 3.4 ทบทวนระเบียบวิธีวิจัยของการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

#### 3.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ  
ภายในอาคารนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ในการศึกษา เพื่อที่จะสามารถลง

ลึกในรายละเอียดของข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วน ส่วนที่ 1.คือ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ และส่วนที่ 2.ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลังคา จากการศึกษาทั้งหมดส่วนใหญ่พบว่า ใช้วิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เป็นหลัก (นุชนางค์ แก้วนิล, 2560; ภัทรนันท์ ทักขนนท์, 2548; ธีรพล เขตกระโทก และกิริติ สุลักษณ์, 2562; กิจชัย จิตขจรวานิช, 2544)

รองลงมาคือวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) (นรากร พุทธิโฆษ และชูพงษ์ทองคำสมุทร, 2553; อัญชญา สังฆะกุล และธนิต จินดาวณิก, 2554; ธันญวีร์ มีสรรพวงส์ และธนิต จินดาวณิก, 2562) วิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) (สุทัศน์ เขี่ยมวัฒนา และกรธิชา อุ๋นไพโร, 2553; ฮานาน ซาเรและกุสกาณา กูบาฮา, 2015) และวิจัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical Research) (สุธิรา จันทรา, 2556) ตามลำดับ โดยวิธีทั้งหมดมีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามเป็นหลัก

โดยงานวิจัยที่ใช้ในเชิงปริมาณ (Quantitative Research) นั้นมีข้อดีในการมุ่งหาข้อเท็จจริงและข้อสรุปโดยการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม โปรแกรมทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแบบสอบถาม โดยการแทนค่าความรู้สึกด้วยตัวเลขทางสถิติตามหลักการของ ASHRAE Standard55

ส่วนงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) จะเป็นการทดลองหรือทดสอบเพื่อให้ทราบผล โดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดและทดสอบค่า ได้แก่ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นการวิจัยที่นำผลหรือข้อค้นพบที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อปรับปรุง แก้ไข หรือพัฒนาให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไขโดยการศึกษาสำรวจ และเก็บข้อมูลภาคสนาม และใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดและทดสอบค่า ได้แก่ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง ความเร็วลม และวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์และประเมินผลข้อมูล

และสุดท้ายวิจัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical Research) เป็นการนำผลข้อมูลที่มีมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุ ปัจจัย และผลลัพธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ที่ต้องการศึกษา การศึกษาเชิงวิเคราะห์นี้จะต้องมีการเปรียบเทียบ 2 กลุ่มขึ้นไป เพื่อจะบอกว่าความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในกลุ่มหนึ่งเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับอีกกลุ่มหนึ่ง

ซึ่งจากการทบทวนระเบียบวิธีวิจัยทำให้ผู้วิจัยพบว่าการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารนี้เหมาะกับวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เนื่องจากสามารถนำผลข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ แก้ไข และพัฒนาปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยต่อไปได้

### 3.4.2 การเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล

การเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลโดยส่วนใหญ่จะเลือกจากกลุ่มประชาชนในพื้นที่กรณีศึกษา และเป็นผู้ที่ยินยอมให้ความร่วมมือ (บุชนภาค แก้วนิล, 2560; ณัฐพล เขตกระโทก และกิริติ สุลักษณ์, 2562; นรากร พุทธิเมษ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2553; อัญชญา สังฆะกุล และธนิต จินดาวณิก, 2554; ธันญวีร์ มีสรรพวงศ์ และธนิต จินดาวณิก, 2562; สุกทัศน์ เยี่ยมวัฒนา และกรธิชา อุ๋นไพโร, 2553; ฮานาน ซาเรและกุสกาณา กูบาฮา, 2015) ในส่วนของจำนวนผู้ให้ข้อมูลนั้น ๆ จากงานวิจัยทั้งหมดจะเลือกจำนวนกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมกับลักษณะงานวิจัย เนื่องจากจำนวนกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษามีความแตกต่างกัน

ซึ่งการเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลของวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจะเลือกจากกลุ่มผู้ใช้งานหลักในพื้นที่กรณีศึกษา และเป็นผู้ที่ยินยอมให้ความร่วมมือ ส่วนจำนวนผู้ให้ข้อมูลนั้นจากกลุ่มผู้ใช้งานหลักในพื้นที่ไม่ได้มีจำนวนมาก จึงเลือกตามความเหมาะสมกับลักษณะงานวิจัย

### 3.4.3 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

การศึกษาส่วนใหญ่ใช้การสำรวจภาคสนามถึงลักษณะทางกายภาพเป็นหลัก และมีการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้วยการสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง และใช้เครื่องมือวัดและทดสอบค่า ได้แก่ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง ความเร็วลม และวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์และประเมินผล ข้อมูลที่ได้จะนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อปรับปรุงและแก้ไข (สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา และกรธิชาอุ๋นไพโร, 2553; ฮานาน ซาเรและกุสกาณา กูบาฮา, 2015) นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลทางกายภาพของสภาพแวดล้อมพื้นที่กรณีศึกษา โดยจะใช้วิธีการสำรวจสังเกต ถ่ายภาพ จดบันทึก และวิเคราะห์พื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามถึงลักษณะทางกายภาพเป็นหลัก รวมถึงมีการสังเกต พูดคุยและสอบถามเบื้องต้น อีกทั้งยังมีการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดและทดสอบค่า ได้แก่ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง ความเร็วลม และการเก็บข้อมูลทางกายภาพของสภาพแวดล้อมพื้นที่กรณีศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้วิธีการสำรวจ สังเกต ถ่ายภาพ จดบันทึก และวิเคราะห์พื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการเก็บข้อมูล

### 3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เป็นหลัก (นุชนางค์ แก้วนิล, 2560; ภัทรนันท์ ทักชนนท์, 2548; ณัฐพล เขตกระโทก และกิริติ สุกัษณ์, 2562; กิจชัย จิตขจรวานิช, 2544; นรากร พุทธิโฆษ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2553; ธันญวีร์ มีสรรพวงค์และธนิต จินดาวณิก, 2562) และการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง การทดสอบ (สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา และกรธิชา อุ๋นไพโร, 2553; ฮานาน ซาเรและกุสกา นา กูบาฮา, 2015) แต่ในบางวิจัยได้มีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณมาผสมด้วยเพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ชัดเจนขึ้น โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าแล้วนำผลที่ได้มาสรุปผล

จากการทบทวนเครื่องมือวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าระเบียบวิธีวิจัยของการศึกษาที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ใช้การวิจัยเชิงปริมาณเป็นหลัก (Quantitative Research) รองลงมาคือวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) และงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามลำดับ โดยมีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามเป็นหลัก ร่วมกับการสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ และการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้เครื่องมือในเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดและทดสอบค่า เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์และประเมินผลข้อมูล และนำผลที่ได้มาสรุปผลการศึกษา

ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้เครื่องมือวัดและทดสอบค่า และนำข้อมูลตัวเลขที่ได้ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณผลด้วยตาราง ตามแนวคิดและวิธีมาโฮนี เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ และแก้ปัญหาความไม่สบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร

## บทที่ 4

### ระเบียบวิธีวิจัย

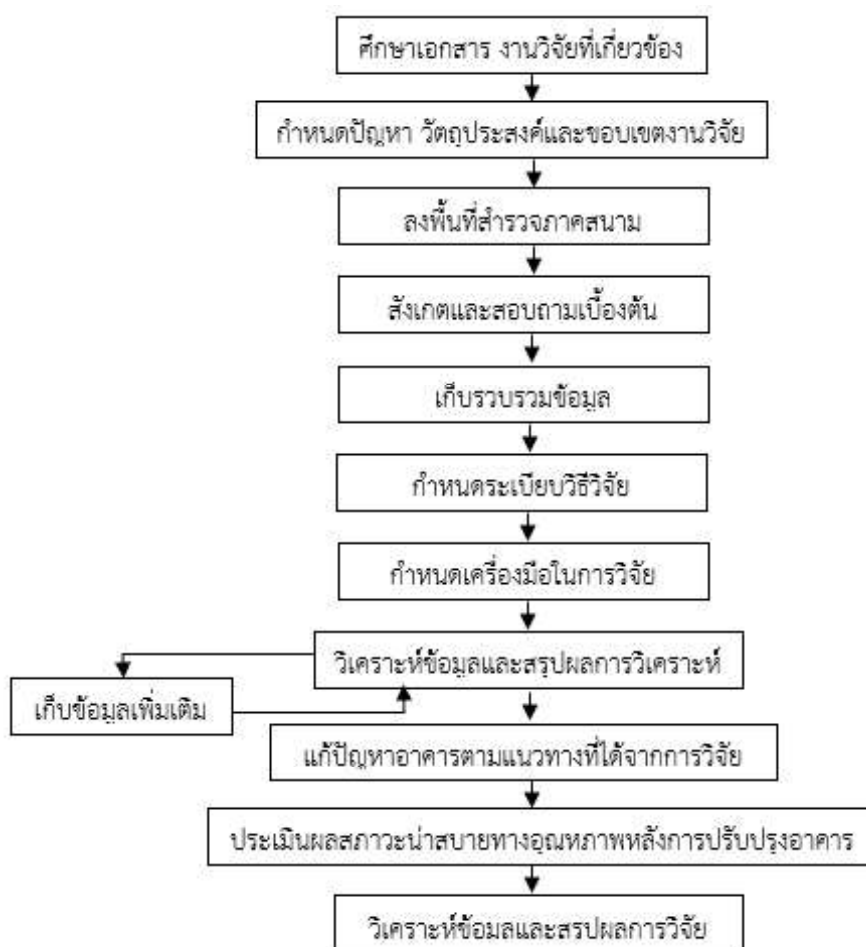
บทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงวิธีการในการรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัย โดยจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ การศึกษาถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคาร เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาหลังคาอาคารให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ และประเมินสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคาร โดยอาศัยกรณีศึกษาจาก “โครงการห้องเรียนพอดิพอดี้” ของโรงเรียนองค์การบริหารส่วนตำบลทรายขาว (ท่าฮ่อ) อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยงานวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้จะเก็บข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิและระดับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร เป็นแนวทางในการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร และมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานในอนาคตต่อไป

#### 4.1 ประเภทของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เนื่องจากสามารถนำผลข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ แก้ไข และพัฒนาปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้ในอนาคต โดยมีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามก่อนการปรับปรุง ร่วมกับการสอบถามและการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้เครื่องมือวัดและทดสอบค่า (KIMO AQ200) ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง และความเร็วลมและเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงอาคารเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยวิธีมาโฮนี และประเมินผล นอกจากนี้ก็จะมีเก็บข้อมูลทางกายภาพแวดล้อมของพื้นที่กรณีศึกษาร่วมด้วย โดยใช้วิธีการสำรวจ สังกัด ถ่ายภาพ จดบันทึก และวิเคราะห์ผังพื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุม ครบถ้วน และนำมาสรุปผลการศึกษาให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

## 4.2 แผนการวิจัย

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงแผนภูมิการวิจัย



## 4.3 ผู้ให้ข้อมูล

การกำหนดและเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและเหมาะสมสามารถนำไปสรุปได้ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย ซึ่งคือการศึกษานโยบายการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร “โครงการห้องเรียนพอดีพอดี” (อาคารสำหรับเด็กก่อนวัยเรียน) ของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอบ้าน จังหวัด เชียงรายนั้น กลุ่มผู้ใช้งานหลักในพื้นที่อาคารหลังนี้คือ กลุ่มเด็กอนุบาล และคุณครูประจำชั้นอนุบาล ที่ทำ

กิจกรรมการเรียนการสอนภายในอาคารโดยผู้วิจัยจะเลือกเจาะจงผู้ให้ข้อมูล โดยมุ่งเน้นไปที่คุณครูประจำชั้นอนุบาล เนื่องจากเด็กอนุบาลไม่สามารถที่จะให้ความคิดเห็นหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการใช้งานอาคารได้ โดยมีการสอบถามและสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure Interview)

#### 4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

จากการสำรวจภาคสนาม ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงอาคาร โดยใช้เครื่องมือวัดและทดสอบค่าในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง และความเร็วลม และเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 หลังการปรับปรุงอาคาร เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร โดยมีการกำหนดเครื่องมือในงานวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการสัมภาษณ์ และสำรวจภาคสนาม ได้แก่ สมุด ปากกาสำหรับจดบันทึก โทรศัพท์มือถือสำหรับบันทึกเสียงและภาพถ่าย เครื่องมือดังกล่าวจะสามารถเก็บข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการสำรวจภาคสนามได้อย่างละเอียดและครบถ้วน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดปัญหาวัตถุประสงค์ และขอบเขตในงานวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ สมุด ปากกาสำหรับจดบันทึก โทรศัพท์มือถือสำหรับบันทึกเสียงและภาพถ่าย ตลับเมตรสำหรับวัดพื้นที่ และเครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง และความเร็วลม (KIMO AQ200) ที่ใช้ในการวัดและทดสอบค่าทางสภาพอากาศ



รูปที่ 4.1 แสดงภาพเครื่องมือใช้ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย (2565)

## 4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัย ประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาประเด็นปัญหา และศึกษาบริบทของสถานที่
2. ลงพื้นที่สำรวจและสังเกตภาคสนาม เพื่อศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่กรณีศึกษา
3. สอบถามบุคคลในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ถึงปัญหาต่าง ๆ ที่พบ
4. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสอบถามเพื่อกำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตในงานวิจัย
5. กำหนดเทคนิควิธีวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และเก็บข้อมูลภาคสนาม
6. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิด้วยด้วยวิธีมาโฮนี และประเมินผลข้อมูล
7. เก็บข้อมูลเพิ่มเติมหลังจากประเมินสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายหลังการปรับปรุงหลังคา
8. เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิด้วยด้วยวิธีมาโฮนี และประเมินผลหลังการปรับปรุงหลังคา
9. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการประเมิน
- และ 10. สรุปผลรายงานการวิจัย

## 4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากการลงพื้นที่สำรวจและสังเกตภาคสนาม โดยมีการเรียงเรียงเป็นประเด็นหลัก ๆ และทำการวิเคราะห์เนื้อหา ได้แก่ ประเด็นปัญหาที่ทำให้อาคารหลังนี้เกิดความไม่เหมาะสมของสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ รวมไปถึงการศึกษาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีมาโฮนีและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบด้วยตารางมาโฮนี (Mahoney Table) โดยการประมวลผลตัวแปรทางสภาวะอุณหภูมิอากาศผนวกเข้ากับการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิของมนุษย์ เพื่อให้ได้แนวทางการออกแบบที่เหมาะสมและเป็นแนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร ตามวิธีการของมาโฮนีโดยจะทำการทดสอบด้วยตารางตามลำดับขั้นตอน สามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 6 ตาราง ประกอบไปด้วย

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางอุณหภูมิอากาศ (C°)

Monthly	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Highest	AMT
Monthly mean max.														
Monthly mean min.														
Monthly mean range.														

ตารางอุณหภูมิอากาศ ตารางนี้เป็นจะการบันทึกตัวเลขอุณหภูมิเฉลี่ยสูงและเฉลี่ยต่ำของแต่ละเดือนลงในตาราง ตัวเลขที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและต่ำที่สุดให้ทำแถบสีไฮไลท์ในช่องเดือนนั้นๆ และบันทึกตัวเลขอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดไว้ในช่อง Highest และบันทึกตัวเลขอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดไว้ในช่อง Lowest ด้านขวามือ ส่วนข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี AMT (Annual mean temperature) ด้านขวาสุด เราสามารถหาได้โดยรวมอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดและต่ำสุดเข้าด้วยกันแล้วหารด้วยสอง และทำการบันทึกตัวเลขลงในช่อง AMT ขวาสุดของตาราง และข้อมูล

พิสัยเฉลี่ยตลอดปี AMR (Annual mean range) หาได้จากการหาผลต่างระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดบันทึกลงในช่อง AMR ขวาสุดของตารางเช่นเดียวกับ AMT

ตารางที่ 4.2 แสดงตาราง ความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลม

RH(Percentage)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Monthly mean max. (am.)													
Monthly mean min. (pm.)													
Average.													
Humidity group (HG)													Total
Rainfall (mm.)													
Wind													
Prevailing													
Secondary													

ตารางความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลม ตารางนี้จะเป็นการบันทึกตัวเลขของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของแต่ละเดือนลงในตาราง ทำการตรวจสอบกลุ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์ HG (Humidity group) ได้ใน\*หมายเหตุหน้าถัดไปและบันทึกระดับความชื้นสัมพัทธ์ HG (Humidity group) ลงในตารางแต่ละเดือน บันทึกตัวเลขปริมาณน้ำฝนเป็นหน่วยมิลลิเมตรลงในตารางแต่ละเดือน และทำแถบสีไฮไลท์ในช่องเดือนที่ปริมาณน้ำฝนเกินในระดับ 200 มิลลิเมตรขึ้นไป และทำการรวมระดับปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีไว้ในช่องผลรวมขวาสุด ส่วนทิศทางลมจะเป็นการบันทึกทิศทางลมต่าง ๆ ลงตารางในแต่ละเดือน

\*หมายเหตุ การจัดกลุ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์ HG (Humidity group) แบ่งตามเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย      กลุ่มของระดับความชื้นสัมพัทธ์

ต่ำกว่าร้อยละ 30	1
ร้อยละ 30 – 50	2
ร้อยละ 50 – 70	3
ร้อยละ 70 ขึ้นไป	4

ตารางต่อมาจะเป็นการวินิจฉัยสภาพภูมิอากาศ โดยในตารางจะมีการบันทึกกลุ่มของระดับความชื้นสัมพัทธ์ HG (Humidity group) จากตารางที่ 4.2 ลงมาใส่ในตารางที่ 4.3 และพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี AMT (Annual mean temperature) จากตารางที่ 4.1 มาทำการตรวจสอบขีดจำกัดของสภาวะสบาย (Comfort limits) โดยทำการพิจารณาจากตารางของตารางขีดจำกัดความน่าสบาย (Comfort limits) และพิจารณาพิสัยของอุณหภูมิเฉลี่ยสัมพัทธ์ตลอดปี HG (Humidity group) บันทึกลงตารางที่ 4.3 โดยมีการแบ่งลักษณะการพิจารณาพิสัยของอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี AMT (Annual mean temperature) ออกเป็น 3 กลุ่มคือ สูงกว่า 20°C, ระหว่าง 15°C - 20°C, และต่ำกว่า 15°C ตามตารางต่อไปนี้

เกณฑ์การตรวจสอบขีดจำกัดความน่าสบาย (Comfort limits)

Average RH (Percentage)	HG	AMT over 20°C		AMT over 15-20°C		AMT under 15°C	
		Day	Night	Day	Night	Day	Night
0-30	1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
30-50	2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
50-70	3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
70-100	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

ทำการพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี AMT (Annual mean temperature) จากตารางที่ 4.1 และกลุ่มความชื้นสัมพัทธ์ HG (Humidity group) เพื่อให้ได้อุณหภูมิของขีดจำกัดความน่าสบาย (Comfort limits) ลงในตารางที่ 4.3 เฉพาะในช่วงเวลากลางวัน (Day comfort) เนื่องจากการใช้งานอาคารส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงเวลากลางวัน จากนั้นให้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยสูง (Monthly mean maximum) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ (Monthly mean minimum) ของแต่ละเดือนกับขีดจำกัดความน่าสบาย (Comfort limits) เพื่อวินิจฉัยสภาพภูมิอากาศโดยพิจารณาดังนี้

1. กรณีที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าขีดจำกัดความน่าสบาย ให้วินิจฉัยสภาพภูมิอากาศเป็น H
2. กรณีที่อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในพิสัยของขีดจำกัดความน่าสบาย ให้วินิจฉัยสภาพภูมิอากาศเป็น CZ
3. กรณีที่อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าขีดจำกัดความน่าสบาย ให้วินิจฉัยสภาพภูมิอากาศเป็น C

ตารางที่ 4.3 แสดงตารางวินิจัยสภาพภูมิอากาศ

Monthly	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidity group (HG)												
Temperature (C)												
Monthly mean max.												
Day comfort max.												
Day comfort min.												
Monthly mean min.												
Night comfort max.												
Night comfort min.												
Thermal Stress												
Day												
Night												

การวินิจัยสภาพภูมิอากาศ ตารางนี้จะเป็นการนำข้อมูลตัวเลขกลุ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์ HG(Humidity group) ในแต่ละเดือนจากตารางที่ 4.2 ลงมาใส่ในตารางที่ 4.3 และนำข้อมูลตัวเลขอุณหภูมิเฉลี่ยสูงและเฉลี่ยต่ำของแต่ละเดือนในตารางที่ 4.1 ลงมาใส่ในตารางที่ 4.3 ตัวเลขที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและต่ำที่สุดให้ทำแถบสีไฮไลต์ในช่องเดือนนั้นๆเหมือนตารางที่ 4.1 จากนั้นให้ทำการพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี AMT (Annual mean temperature) จากตารางที่ 4.1 เพื่อทำการตรวจสอบอุณหภูมิของขีดจำกัดความน่าสบาย (Comfort limits) ลงในตารางที่ 4.3 ในช่วงเวลากลางวัน (Day comfort) จากนั้นให้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยสูง (Monthly mean maximum) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ (Monthly mean minimum) ของแต่ละเดือนกับขีดจำกัดความน่าสบาย (Comfort limits) เพื่อวินิจัยสภาพภูมิอากาศและบันทึกลงช่องด้านล่างในช่วงเวลากลางวัน (Day comfort)

ตารางต่อไปจะเป็นการพิจารณาจากข้อมูลกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ โดยสามารถหาข้อสรุปในการออกแบบซึ่งข้อสรุปนี้ สามารถตรวจสอบได้โดยแยกเป็นสภาวะอากาศ 2 ลักษณะ คือสภาวะที่เกี่ยวข้องกับความชื้น (Humid) และสภาวะอากาศร้อนหนาว (Arid) การตรวจสอบเพียงกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งไม่สามารถให้ข้อสรุปในการออกแบบที่แท้จริงได้ ข้อสรุปของลักษณะซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบจะกระทำได้ในภายหลังที่รวมการตรวจสอบต่าง ๆ ตลอดปีและนำมาประสานกันและบันทึกลงในตารางที่ 4.4

### เกณฑ์การตรวจสอบความสัมพันธ์กับสภาวะความชื้น(Humid) และสภาพความร้อนหนาว(Arid)

การตรวจสอบสำหรับสภาวะอากาศซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาวะความชื้น (Humid)	
H1	แสดงให้เห็นว่ากระแสลมที่เคลื่อนผ่านเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากมีสภาวะอุณหภูมิของอากาศสูง (ช่วงกลางวัน =H) และมีความชื้นในอากาศสูงด้วย (HG=4) หรือในกรณีอากาศมีอุณหภูมิสูงสูง (ช่วงกลางวัน =H) และมีความชื้นในอากาศปานกลาง(HG=2หรือ3) และมีพิสัยระหว่างอุณหภูมิของกลางคืนต่ำ (DR น้อยกว่า 10°C)
H2	แสดงให้เห็นว่ากระแสลมเป็นสิ่งที่ต้องการเนื่องจากอุณหภูมิในพิสัยซึ่งสบาย (อุณหภูมิช่วงกลางวัน = CZ และมีความชื้นในอากาศมาก (HG=4)
H3	แสดงถึงความต้องการในการกักฝน และควรกระทำอย่างยิ่ง เมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกเริ่มตั้งแต่ 200 มิลลิเมตรต่อเดือนเป็นต้นไป
การตรวจสอบสำหรับสภาวะอากาศซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาพความร้อนหนาว (Arid)	
A1	แสดงถึงความต้องการที่เก็บกักความร้อน ซึ่งต้องการเมื่อสภาพอุณหภูมิมีพิสัยของอุณหภูมิกกลางวันและกลางคืนสูง (10°C หรือมากกว่านั้น) ในขณะที่มีปริมาณความชื้นในอากาศปานกลางหรือต่ำกว่า (HG=1 2หรือ3)
A2	แสดงถึงความต้องการสถานที่พักผ่อน นอนหลับ ภายนอกอาคาร ซึ่งต้องการเมื่อมีสภาวะอุณหภูมิของอากาศตอนกลางคืนสูง ขณะที่ความชื้นในอากาศมีน้อย (HG=1หรือ2)
A3	บ่งชี้ว่าสภาพอากาศมีปัญหา เกี่ยวกับอากาศหนาวเย็นซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศกลางวันต่ำกว่าขีดจำกัดความสบาย (Comfort Limits) Day Thermal Stress =C

### ตารางที่ 4.4 แสดงตารางการตรวจสอบ (Indicator)

Monthly	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Humid													
H1 Air movement (essential)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		11
H2 Air movement (desirable)												*	1
H3 Rain protection					*		*	*	*				4
Arid													
A1 Thermal Storage													0
A2 Outdoor Sleeping													0
A3 Cold-season problems	*	*											2

จากตารางการตรวจสอบ (Indicator) ตารางนี้จะเป็นตารางการตรวจสอบข้อมูลเกณฑ์ความสัมพันธ์กับสภาวะความชื้น(Humid) และสภาวะความร้อนหนาว(Arid) ตรวจสอบและทำการพิจารณาลักษณะภูมิอากาศ ข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ใส่เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์เพื่อเป็นการบันทึกลงในตารางที่ 4.4 ซึ่งตรงกับสภาวะใด แต่ละเดือน และบันทึกผลรวมของเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ไว้เป็นตัวเลขทางขวาสุดของตาราง ต่อไปจะเป็นการตรวจสอบและพิจารณาปริมาณรวมของแต่ละขั้นตอนจากตารางที่ 4.4 เชื่อมโยงในตารางที่ 4.5 โดยทำการพิจารณาที่ละหัวข้อและพิจารณาข้อเสนอแนะซึ่งตรงกับปริมาณรวม (Total) ของตารางที่ 4.4 ในตารางที่ 4.5 จะได้ข้อเสนอแนะสรุปของข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้น

ตารางที่ 4.5 แสดงตารางข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้น

ผลรวมการตรวจสอบ จากตารางที่ 4.4						ข้อกำหนด
Humid			Arid			
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
11	1	4	0	0	2	
						<b>การวางผังบริเวณ (Layout)</b>
			0-10	→		1. ควรวางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ทางด้านตะวันออก ตะวันตก ส่วนยาวของอาคารไปทางทิศเหนือและทิศใต้
			11 or 12		5-12	2. มีการวางแผนพื้นที่ลานขนาดกระทัดรัด
					0-4	<b>ลักษณะการจัดพื้นที่ว่างภายในอาคาร (Spacing)</b>
11 or 12				→		3. มีการเปิดช่องว่างให้ลมพัดผ่าน
2-10						4. มีการเปิดช่องว่างให้ลมพัดผ่าน แต่มีการป้องกันลมร้อน ลมหนาว
0 or 1						5. มีการวางแผนพื้นที่ขนาดกระทัดรัด
						<b>ความเคลื่อนไหวของอากาศ (Air movement)</b>
3-12				→		6. มีลักษณะทางเดินจ่ายออกด้านเดียว เพื่อให้มีทิศทางเปิดให้อากาศถ่ายเทได้
1 or 2			0-5			7. มีสองห้องใช้งานซ้อนกัน มีข้อกำหนดอาคารสำหรับการเคลื่อนย้ายทางอากาศ
0	2-12					8. ไม่มีข้อกำหนดการเคลื่อนที่ของอากาศ
	0 or 1					
						<b>ช่องเปิดในอาคาร (Openings)</b>
			0 or 1		0	9. ช่องเปิดขนาดใหญ่ ผนัง N และ S ประมาณ 40-80%
			11 or 12		0 or 1	10. ช่องเปิดขนาดเล็ก 10-20%
			Any other condition →			11. ช่องเปิดขนาดปานกลาง 20-40%
						<b>ผนัง (Walls)</b>
			0-2	→		12. วัสดุเบา การจุความร้อนต่ำ
			3-12			13. ผนังภายนอกและภายในหนัก
						<b>หลังคา (Roofs)</b>
			0-5	→		14. หลังคาฉนวนกันแสง
			6-12			15. หลังคาหนัก เวลาหน่วงมากกว่า 8 ชั่วโมง
						<b>ความต้องการพักผ่อนนอกอาคาร (Outdoor sleeping)</b>
					2-12	16. จำเป็นต้องมีพื้นที่สำหรับนอนกลางแจ้ง
						<b>การป้องกันฝน (Rain protection)</b>
		3-12		→		17. จำเป็นต้องป้องกันฝนตกหนัก

แสดงตารางข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้น เป็นการตรวจสอบและพิจารณาปริมาณรวมของแต่ละขั้นตอนจากตารางที่ 4.4 เช็กลงในตารางที่ 4.5 โดยทำเป็นแถบสีไฮไลต์และเครื่องหมายตามแนวในรายการข้อกำหนดหรือคำแนะนำการออกแบบ

ตารางที่ 4.6 แสดงตารางองค์ประกอบของการออกแบบ

ผลรวมการตรวจสอบ จากตารางที่ 4.4						ข้อกำหนด
Humid			Arid			
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
11	1	4	0	0	2	
						<b>ขนาดของช่องเปิด (Size of openings)</b>
			0 or 1		0	1. ช่องเปิดขนาดใหญ่ ผนัง N และ S ประมาณ 40-80% ของผนัง
			2-5		0-4	2. มีขนาดปานกลาง 25-40% ของพื้นที่ผนัง
			6-10			3. ประกอบด้วย 20-35% ของพื้นที่ผนัง
			11 or 12		0-3	4. มีขนาดเล็ก 15-25% ของพื้นที่ผนัง
						5. มีขนาดปานกลาง 25-40% ของพื้นที่ผนัง
						<b>ตำแหน่งของช่องเปิด (Position of openings)</b>
3-12						6. อยู่ทิศเหนือ ใต้ ระดับช่วงตัวและเปิดด้านรับลม
1-2			0.5			7. ตั้งที่กล่าวมาข้างต้นแต่รวมถึงการเปิดผนังในด้วย
			6-12			
						<b>การป้องกันของช่องเปิด (Protection for openings)</b>
					0-2	8. ไม่โดนแสงแดดโดยตรง
		2-12				9. การป้องกันฝน
						<b>ผนังและพื้น (Walls and floors)</b>
			0-2			10. วัสดุเบา การจุความร้อนต่ำ
			3-12			11. วัสดุมีความหนัก เวลาหน่วงมากกว่า 8 ชั่วโมง
						<b>หลังคา (Roofs)</b>
10-12			0-2			12. วัสดุเบา พื้นผิวสะท้อนความร้อนและมีช่องว่างในส่วนหลังคา
			3-12			13. มีฉนวนกันความร้อน
0-9			0-5			14. วัสดุมีความหนัก เวลาหน่วงมากกว่า 8 ชั่วโมง
			6-12			
						<b>การรักษาพื้นผิวภายนอก (External surface treatments)</b>
				2-12		15. มีพื้นที่สำหรับนอนกลางแจ้ง
		1-12				16. มีการระบายน้ำฝนที่เพียงพอ

แสดงตารางองค์ประกอบของการออกแบบ ตารางนี้จะใช้ลักษณะการตรวจสอบ เช่นเดียวกับตารางที่ 4.5 คือใช้ผลสรุปจากตารางที่ 4.4 เพื่อทำการตรวจสอบในรายละเอียดของ องค์ประกอบในการออกแบบ เช็กลงในตารางที่ 4.6 โดยทำเป็นแถบสีไฮไลต์และเครื่องหมายตามแนวใน รายการข้อกำหนดหรือคำแนะนำการออกแบบ

## บทที่ 5 ผลการศึกษา

บทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการศึกษาที่ได้จากการทดสอบด้วยตารางมาโฮนี โดยการประมวลผลตัวแปรทางสภาวะอุณหภูมิอากาศผนวกเข้ากับการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิของมนุษย์ เพื่อให้ได้แนวทางการออกแบบที่เหมาะสมและเป็นแนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารตามวิธีมาโฮนีนั้น ผลการทดสอบทั้ง 6 ตาราง สามารถอธิบายรายละเอียด โดยสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงตารางอุณหภูมิอากาศของจังหวัดเชียงราย ปี 2565

Monthly	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Highest	AMT
Monthly mean max.	29	30	35	34	30	30	31	30	30	30	30	>7	35	25.5
Monthly mean min.	16	16	23	22	22	23	23	22	22	20	19	17	Lowest	AMR
Monthly mean range.	13	14	12	12	8	7	8	8	8	10	11	10	16	19

จากสถิติพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (Highest) ในเดือนมีนาคม อยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด (Lowest) เท่ากันสองเดือนคือเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ อยู่ที่ 16 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี (Annual mean temperature) (AMT) อยู่ที่ 25.5 องศาเซลเซียส และพิสัยเฉลี่ยตลอดปี (Annual mean range) (AMT) อยู่ที่ 19 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5.2 แสดงตาราง ความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลมของจังหวัดเชียงราย ปี 2565

RH(Percentage)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Monthly mean max. (em.)													
Monthly mean min. (pm.)													
Average.	83	78.9	79.4	78.6	83.2	82.1	88.8	90	89.4	85.6	83.9	81.5	
Humidity group (HG)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Total
Rainfall (mm.)	89	41.5	33.9	92.3	200.81	130.81	931.82	476.42	277.81	172.7	73.61	0.4	2001.08
Wind													
Prevailing	NE	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NE	NE	NE	
Secondary	E								NE				

จากสถิติพบว่าสามารถบันทึก \*กลุ่มทำการตรวจสอบกลุ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Group) (HG) ได้อยู่ในกลุ่มระดับที่ 4 คือความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 70% ขึ้นไปและมีปริมาณน้ำฝน

เกินในระดับ 200 มิลลิเมตรขึ้นไปทั้งสิ้นจำนวน 4 เดือน คือเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม และ กันยายน โดยมีระดับปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีอยู่ที่ 2001.08 มิลลิเมตร ส่วนทิศทางลมในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนส่วนใหญ่จะมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ และฤดูหนาวจะมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 5.3 ตารางวินิจฉัยสภาพภูมิอากาศของจังหวัดเชียงราย ปี 2565

Monthly	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidity group (HG)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Temperature (C)												
Monthly mean max.	29	30	35	34	30	30	31	30	30	30	30	27
Day comfort max.	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Day comfort min.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Monthly mean min.	16	16	23	22	22	23	23	22	22	20	19	17
Night comfort max.												
Night comfort min.												
Thermal Stress												
Day	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	CZ
Night												

พบว่าระดับความชื้นสัมพัทธ์ ตลอดทั้งปีอยู่ที่ในกลุ่มระดับที่ 4 คือ กลุ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 70% ขึ้นไป โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือเดือนมีนาคม เฉลี่ยอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากันสองเดือนคือเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ เฉลี่ยอยู่ที่ 16 องศาเซลเซียส ชีตจำกัดความน่าสบายในช่วงกลางวันสูงสุดอยู่ที่ 27 องศาเซลเซียส และต่ำสุดอยู่ที่ 22 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลากลางวันเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยสูง (Monthly mean maximum) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ (Monthly mean minimum) ของแต่ละเดือนกับชีตจำกัดความน่าสบายมีเพียง 1 เดือนเท่านั้น ที่อยู่ในพิสัยของชีตจำกัดความน่าสบาย คือเดือนธันวาคม และอีก 11 เดือนพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าชีตจำกัดความน่าสบาย

ตารางที่ 5.4 แสดงตารางการตรวจสอบ

Monthly	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Humid													
H1 Air movement (essential)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		11
H2 Air movement (desirable)												*	1
H3 Rain protection					*		*	*	*				4
Arid													
A1 Thermal Storage													0
A2 Outdoor Sleeping													0
A3 Cold-season problems	*	*											2

การตรวจสอบสำหรับสภาวะอากาศซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาวะความชื้น (Humid) พบว่า H1 Air movement (essential) กระแสลมที่เคลื่อนผ่านเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากมีสภาวะอุณหภูมิของอากาศสูง (ช่วงกลางวัน = H) มีทั้งสิ้น 11 เดือนคือตั้งแต่เดือนมกราคมไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง (HG = 4) H2 Air movement (desirable) กระแสลมเป็นสิ่งที่ต้องการเนื่องจากอุณหภูมิในพิสัยซึ่งสบาย (อุณหภูมิช่วงกลางวัน = CZ และมีความชื้นในอากาศมาก (HG = 4) พบว่ามีจำนวน 1 เดือนคือเดือนธันวาคม H3 Rain protection ความต้องการในการกักน้ำฝนและควรกระทำอย่างยิ่งเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมีตั้งแต่ 200 มิลลิเมตรต่อเดือนเป็นต้นไป ซึ่งพบว่าจากตารางที่ 5.2 ปริมาณน้ำฝนเกินในระดับ 200 มิลลิเมตรมีจำนวน 4 เดือนคือเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน

ส่วนการตรวจสอบสำหรับสภาวะอากาศซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาพความร้อนหนาว (Arid) พบว่า A1 Thermal Storage ความต้องการที่จะเก็บกักความร้อน ซึ่งต้องการเมื่อสภาพอุณหภูมิมีพิสัยของอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนสูง (10 องศาเซลเซียสหรือมากกว่านั้น) ในขณะที่มีปริมาณความชื้นในอากาศปานกลางหรือต่ำกว่า (HG = 1 2 หรือ 3) จากตารางที่ 5.3 พบว่าเป็นศูนย์ A2 Outdoor Sleeping ความต้องการสถานที่พักผ่อนนอกอาคาร ซึ่งต้องการเมื่อมีสภาวะอุณหภูมิอากาศตอนกลางคืนสูงขณะที่ความชื้นในอากาศมีน้อย (HG=1หรือ2) จากตารางที่ 5.3 พบว่าเป็นศูนย์เช่นเดียวกัน และ A3 Cold-Season Problems บ่งชี้ว่าสภาพอากาศมีปัญหาเกี่ยวกับอากาศหนาวเย็นซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศกลางวันต่ำกว่าขีดจำกัดความสบาย Day Thermal Stress = C พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าขีดจำกัดความสบาย ซึ่งมีอากาศหนาวเย็นจำนวน 2 เดือนคือเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ 5.5 แสดงตารางข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้น

ผลรวมการตรวจสอบ จากตารางที่ 5.4						ข้อกำหนด
Humid			Arid			
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
11	1	4	0	0	2	
						<b>การวางผังบริเวณ (Layout)</b>
			0-10	→		1. ควรวางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ทางด้านตะวันออก ตะวันตก ส่วนยาวของอาคารไปทางทิศเหนือและทิศใต้
			11 or 12		5-12	2. มีการวางแผนพื้นที่ลานขนาดกระจัดวัด
					0-4	
						<b>ลักษณะการจัดพื้นที่ว่างภายในอาคาร (Spacing)</b>
11 or 12	→					3. มีการเปิดช่องว่างให้ลมพัดผ่าน
2-10						4. มีการเปิดช่องว่างให้ลมพัดผ่าน แต่มีการป้องกันลมร้อน ลมหนาว
0 or 1						5. มีการวางแผนพื้นที่ลานขนาดกระจัดวัด
						<b>ความเคลื่อนไหวของอากาศ (Air movement)</b>
3-12	→					6. มีลักษณะทางเดินจ่ายออกด้านเดียว เพื่อให้มีทิศทางเปิดให้อากาศถ่ายเทได้
1 or 2			0-5	→		7. มีสองห้องใช้งานซ้อนกัน มีข้อกำหนดการสำหรับการเคลื่อนย้ายทางอากาศ
0	2-12		6-12			
	0 or 1	→				8. ไม่มีข้อกำหนดการเคลื่อนที่ของอากาศ
						<b>ช่องเปิดในอาคาร (Openings)</b>
			0 or 1		0	9. ช่องเปิดขนาดใหญ่ ผนัง N และ S ประมาณ 40-80%
			11 or 12		0 or 1	10. ช่องเปิดขนาดเล็ก 10-20%
			Any other condition →			11. ช่องเปิดขนาดปานกลาง 20-40%
						<b>ผนัง (Walls)</b>
			0-2	→		12. วัสดุเบา การจุความร้อนต่ำ
			3-12			13. ผนังภายนอกและภายในหนัก
						<b>หลังคา (Roofs)</b>
			0-5	→		14. หลังคาฉนวนกันแสง
			6-12			15. หลังคาหนัก เวลารับน้ำหนักมากกว่า 8 ชั่วโมง
					2-12	<b>ความต้องการพักผ่อนนอกอาคาร (Outdoor sleeping)</b>
						16. จำเป็นต้องมีพื้นที่สำหรับนอนกลางแจ้ง
						<b>การป้องกันฝน (Rain protection)</b>
		3-12	→			17. จำเป็นต้องป้องกันฝนตกหนัก

จากการตรวจสอบตารางที่ 5.5 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจัดวางผังบริเวณ (Layout) ควรวางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ส่วนยาวของอาคารไปทางทิศเหนือและทิศใต้
2. ลักษณะการจัดพื้นที่ว่างภายในอาคาร (Spacing) ควรเป็นส่วนโล่งให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก แต่สามารถป้องกันลมร้อนหรือลมหนาวได้

3. การระบายอากาศ (Air movement) ควรมีลักษณะทางเดินถ่ายออกด้านเดียว เพื่อให้มีทิศทางเปิดให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่ควรมีห้องใช้งานซ้อนกัน
4. ขนาดช่องเปิด (Openings) ควรอยู่ทางทิศเหนือหรือทิศใต้ ในระดับช่วงตัวและเปิดด้านรับลม
5. ผนังอาคาร (Walls) ควรเป็นวัสดุที่เบาและการจุกความร้อนต่ำ
6. หลังคาอาคาร (Roof) ควรเป็นวัสดุที่เบา มีฉนวนกันความร้อน ป้องกันรังสีความร้อนได้ดี
7. การป้องกันฝน (Rain protection) สามารถป้องกันจากฝนตกหนักได้ดี

ตารางที่ 5.6 แสดงตารางองค์ประกอบของการออกแบบ

ผลรวมการตรวจสอบ จากตารางที่ 5.4						ข้อกำหนด
Humid			Arid			
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
11	1	4	0	0	2	
						<b>ขนาดของช่องเปิด (Size of openings)</b>
			0 or 1		0	1. ช่องเปิดขนาดใหญ่ ผนัง N และ S ประมาณ 40-80% ของผนัง
				1-12		2. มีขนาดปานกลาง 25-40% ของพื้นที่ผนัง
			2-5		0-4	3. ประกอบด้วย 20-35% ของพื้นที่ผนัง
			6-10			4. มีขนาดเล็ก 15-25% ของพื้นที่ผนัง
			11 or 12		0-3	5. มีขนาดปานกลาง 25-40% ของพื้นที่ผนัง
						<b>ตำแหน่งของช่องเปิด (Position of openings )</b>
3-12						6. อยู่ทิศเหนือ ใต้ ระดับช่วงตัวและเปิดด้านรับลม
			0-5			7. ตั้งที่กล่าวมาข้างต้นแต่รวมถึงการเปิดผนังภายในด้วย
1-2			6-12			<b>การป้องกันของช่องเปิด (Protection for openings)</b>
					0-2	8. ไม่โดนแสงแดดโดยตรง
		2-12				9. การป้องกันฝน
						<b>ผนังและพื้น (Walls and floors)</b>
			0-2			10. วัสดุเบา การจุกความร้อนต่ำ
			3-12			11. วัสดุมีความหนัก เวลาหม่นมากกว่า 8 ชั่วโมง
						<b>หลังคา (Roofs)</b>
10-12			0-2			12. วัสดุเบา พื้นผิวสะท้อนความร้อนและมีช่องว่างในส่วนหลังคา
			3-12			13. มีฉนวนกันความร้อน
0-9			0-5			14. วัสดุมีความหนัก เวลาหม่นมากกว่า 8 ชั่วโมง
			6-12			<b>การรักษาพื้นผิวภายนอก (External surface treatments)</b>
				2-12		15. มีพื้นที่สำหรับนอกกลางแจ้ง
		1-12				16. มีการระบายน้ำฝนที่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.6 สรุปได้ว่า

1. ขนาดช่องเปิด (Size of openings) ควรมีช่องเปิดขนาดเล็กถึงปานกลาง หรือ 15%-40% ของผนัง
2. ตำแหน่งของช่องเปิด (Position of openings) ควรอยู่ทางทิศเหนือหรือทิศใต้ และเปิดด้านรับลม
3. การป้องกันของช่องเปิด (Protection of openings) ไม่ควรโดนแสงแดดโดยตรงแต่ป้องกันฝนสาดได้
4. ผนังอาคารและพื้น (Walls and floors) ควรเป็นวัสดุที่เบาและการจุความร้อนต่ำ
5. หลังคาอาคาร (Roof) ควรเป็นวัสดุที่เบา มีฉนวนกันความร้อน พื้นผิวสะท้อนความร้อนได้ดี
6. การรักษาพื้นผิวภายนอก (External surface treatments) ต้องมีการระบายน้ำฝนที่เพียงพอ

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการตรวจสอบอาคารกรณีศึกษาตามเกณฑ์ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

ผลการตรวจสอบอาคารอนุบาลโรงเรียน อบต.ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย	เกณฑ์ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเบื้องต้น
✓	1.การจัดวางผังบริเวณ (Layout) วางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก และส่วนยาวของอาคารหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้
✓	2. ลักษณะการจัดพื้นที่ว่างภายในอาคาร (Spacing) ควรเป็นส่วนโค้งให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก แต่สามารถป้องกันลมร้อนหรือลมหนาวได้
✓	4. ขนาดช่องเปิด (Openings) ควรอยู่ทางทิศเหนือหรือทิศใต้ ในระดับช่วงตัวและเปิดด้านรับลม
✓	5. ผนังอาคาร (Walls) ควรเป็นวัสดุที่เบา และการจุความร้อนต่ำ
✗	6. หลังคาอาคาร (Roof) เป็นวัสดุที่เบา จุความร้อนต่ำ มีฉนวนกันความร้อน และป้องกันรังสีความร้อนได้ดี
✓	7. การป้องกันฝน (Rain protection) สามารถป้องกันจากฝนตกหนักได้ดี

จากตารางที่ 5.7 จึงสรุปได้ว่า จากการตรวจสอบอาคารอนุบาลโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ตามเกณฑ์ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเขตร้อนด้วยวิธีมาฮ์นั้น จากตารางที่ 5.7 พบว่า อาคารอนุบาลโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายหลังนี้ มีการวางผังอาคารให้ส่วนแคบอยู่ทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก และส่วนยาวของอาคารหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ตามเกณฑ์ในการออกแบบ การจัดพื้นที่ว่างภายในอาคารมีลักษณะการจัดเป็นห้องโค้งให้อากาศ

มีการถ่ายเทได้สะดวก ส่วนการระบายอากาศของอาคารหลังนี้ มีลักษณะทางเดินอากาศถ่ายออกด้านเดียว ไม่มีห้องใช้งานซ้อนกัน โดยที่ขนาดช่องเปิดอยู่ในทุกทิศทาง ทิศเหนือ-ทิศใต้ และทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก แต่ส่วนใหญ่จะเปิดด้านรับลมในทางทิศเหนือและทิศใต้ ผนังอาคารใช้วัสดุที่ทำจากซีเมนต์บอร์ด ซึ่งมีการจุความร้อนต่ำ ในส่วนของหลังคาอาคาร ยังไม่ตรงตามเกณฑ์ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเขตร้อน โดยหลังคาอาคารมีการใช้วัสดุแผ่นเหล็กกรีดลอน (Metal Sheet) ซึ่งวัสดุประเภทนี้มีการกักเก็บความร้อนสูง และยังไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม ส่วนการป้องกันฝน สามารถป้องกันจากฝนตกหนักได้ดีและมีการระบายน้ำฝนเพียงพอ

ซึ่งหากมีการตรวจสอบบริบทพื้นที่กรณีศึกษาเพิ่มเติมก็จะเห็นได้ว่าการวางผังอาคารมีการวางถูกทิศ หลบแดดและรับลมชานานแนวโคจรของดวงอาทิตย์ ให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศตะวันออกและตะวันตกซึ่งมีแดดแรง แล้วหันด้านยาวของอาคารไปทางทิศเหนือและทิศใต้ซึ่งได้รับแดดน้อยกว่า มีช่องหน้าต่างรับลมธรรมชาติในทุกทิศทาง แต่ส่วนใหญ่จะรับแดดและรับลมในทางทิศเหนือและทิศใต้ แต่มีการป้องกันแสงแดดตกกระทบและกันฝนสาดด้วยไม้ระแนงที่มีการต่อเติมเพิ่มเติมจากทางโรงเรียน ซึ่งพื้นที่โดยรอบอาคารอนุบาล ทางทิศตะวันออกทางโรงเรียนได้มีการต่อเติมหลังคาเพิ่มเติมสำหรับบังแดดบังฝนให้กับตัวอาคาร และใช้พื้นที่ต่อเติมบริเวณนี้เป็นพื้นที่เอนกประสงค์สำหรับทำกิจกรรมสำหรับเด็กอนุบาล ทิศใต้ของอาคารจะติดกับอาคารห้องน้ำสำหรับอนุบาลซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวอาคารห้องน้ำจะช่วยบังแสงแดดที่ตกกระทบที่มาจากจากทางด้านหลังครได้ และทางทิศตะวันตกของอาคารอนุบาลจะติดกับอาคารโรงอาหาร อาคารโรงอาหารนี้ก็สามารถช่วยบังแสงแดดที่ตกกระทบได้เช่นเดียวกับอาคารห้องน้ำสำหรับอนุบาล

ส่วนสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร ทางทิศตะวันออกและทิศใต้มีการปลูกต้นไม้ใหญ่และไม่พุ่มโดยรอบเพื่อช่วยลดการสะสมความร้อน และเพิ่มร่มเงาให้กับตัวอาคาร ส่วนภายในตัวอาคารบริเวณส่วนกลางอาคารจะมีการปลูกต้นไม้ใหญ่ไว้เพื่อลดการสะสมความร้อนและให้ร่มเงากับตัวอาคารเช่นกัน และเมื่อพิจารณาจากการสรุปผลการตรวจสอบอาคารอนุบาลโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ตามตามเกณฑ์ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเขตร้อนด้วยวิธีมาโฮนีและบริบทพื้นที่กรณีศึกษาโดยรอบแล้วพบว่า ทางเดียวที่จะทำให้อาคารหลังนี้เกิดความไม่สบายทางอุณหภูมิภายในอาคารก็คือในส่วนของหลังคา เนื่องจากรังสีความร้อนได้แผ่ลงมาที่หลังคาแผ่นเหล็กกรีดลอน (Metal Sheet) โดยตรง ซึ่งหลังคาประเภทนี้มีการกักเก็บความร้อนสูงกว่าวัสดุอื่นประเภทอื่น อีกทั้งอาคารหลังนี้ยังขาดฉนวนกันความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิความร้อนภายในอาคารสูงกว่าภายนอก เกิดความไม่สบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร

ดังนั้นจึงนำไปสู่แนวทางในการแก้ปัญหาความร้อนภายในอาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยการปรับปรุงแก้ไข คือ 1) ติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้ในระยะยาว โดยติดตั้งที่ได้แผ่นหลังคา ซึ่งการติดตั้งฉนวนที่ได้แผ่นหลังคาในลักษณะนี้จะสามารถป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด เพราะช่วยป้องกันความร้อนจากด้านบนไม่ให้ลงมาสะสมอยู่บริเวณใต้หลังคาอาคาร และ 2) ปรับเปลี่ยนรูปแบบฝ้า จากเดิมที่กรุด้วยเสื่อลำแพนถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นฝ้าเรียบยับซึม โดยทำการติดตั้งลาดไปกับแนวหลังคาเช่นเดียวกับฉนวนกันความร้อน ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้โดยช่างท้องถิ่นในงบประมาณที่ประหยัด วัสดุทดแทนสามารถหาได้ง่ายและยังสะดวกต่อการซ่อมบำรุงในอนาคต

ซึ่งภายหลังจากการการปรับปรุงในส่วนของหลังคาและฝ้าเพดานนั้น ผู้วิจัยได้มีการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังก่อนปรับปรุง พบว่าอุณหภูมิภายในมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าภายนอกถึง 2.4 องศาเซลเซียสเซลเซียส และผลต่างช่วงเฉลี่ยรายเดือน อยู่ที่ 5.9 องศาเซลเซียส (วัดจากเครื่องมือวัดและทดสอบค่า) และจากการใช้งานหลังกการปรับปรุงหลังคาอาคารเรียนอนุบาล ของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายพบว่า คุณครูประจำชั้นอนุบาลผู้ใช้งานอาคาร โดยตรงมีความ “พึงพอใจเป็นอย่างมาก” และประเมินสภาวะน่าสบายทางอุณหภาพอยู่ใน “ระดับที่ดี” ส่วนในช่วงกลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน เด็ก ๆ อนุบาลผู้ใช้งานอาคาร สามารถนอนพักผ่อนได้อย่างสบาย



รูปที่ 5.1 แสดงภาพหลังคาอาคาร ก่อนการปรับปรุง

ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 5.2 แสดงภาพหลังคาอาคาร หลังการปรับปรุง  
ที่มา : ผู้วิจัย (2566)



รูปที่ 5.3 แสดงภาพฝ้าเพดานภายในอาคารที่ทำด้วยเสื่อลำแพน ก่อนการปรับปรุง  
ที่มา : ผู้วิจัย (2564)



รูปที่ 5.4 แสดงภาพฝ้าเพดานภายในอาคารที่ทำจากฝ้ายิปซัม หลังการปรับปรุง  
ที่มา : ผู้วิจัย (2566)

## บทที่ 6

### สรุปและอภิปรายผล

แนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงรายนั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารอนุบาล ของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย 2) หาแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร และ 3) ประเมินความพึงพอใจในสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคาร โดยการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิและระดับสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร

โดยมีคำถามหลักในการศึกษาคือ 1) ปัจจัยหรือตัวแปรอะไรบ้างที่มีผลทำให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารอนุบาล ของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย 2) การแก้ปัญหาอาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย ด้วยวิธีใดจึงจะเหมาะสมเพื่อให้เกิดสถานะน่าสบาย โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร ได้แก่ ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ด้านการดูแลบำรุงรักษา ด้านฝีมือแรงงาน และด้านการเงิน และ3) ผู้ใช้อาคารมีความพึงพอใจในสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคารหรือไม่อย่างไร โดยเนื้อหาการอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 6.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารเรียนอนุบาล ของโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอกพาน จังหวัดเชียงรายอย่างแรกคือ วัสดุผนังหลังคาที่แต่เดิมมีตัวหนาทำจากท่อน้ำปูนผสมปูนซีเมนต์ที่หนาเกินไปซึ่งได้หลุดร่วงไปจนหมด เนื่องจากมีอายุการใช้งานเพียง 2-3ปี ทำให้หลังคาแผ่นเหล็กที่ติดอยู่ด้านล่างได้รับความร้อนโดยตรง เนื่องจากปริมาณความร้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นภายในอาคารจึงมาจากด้านข้างบนหลังคา วัสดุผนังจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในอาคาร ซึ่งการเลือกวัสดุผนังที่มีความเหมาะสมและมีคุณภาพนั้นก็จะสามารถช่วยลดความร้อนให้กับตัวอาคารได้

ตัวแปรอย่างที่สองคือ ฉนวนกันความร้อน ฉนวนกันความร้อนเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่สำคัญ กล่าวคือตัวฉนวนมีส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อุณหภูมิความร้อนจากแสงแดดทะลุจากภายนอก เข้ามาสู่ภายในอาคาร ดังนั้นการขาดฉนวนกันความร้อนจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมที่ได้ หลังคาและก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารเรียนอนุบาล ของโรงเรียนอบต. ทรายชา อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย

ในการศึกษาแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายใน อาคารนั้น ผู้วิจัยได้นำแนวคิดและทฤษฎีของ คาร์ล มาซิโนี่มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเป็นเกณฑ์ในการ ออกแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อนอย่างเหมาะสม และเป็นไปได้จริง โดยได้ทำการทดสอบในรูปแบบตาราง ในลักษณะตารางคำนวณ และทำการวิเคราะห์พิจารณาถึงข้อจำกัดหรือข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหา อาคาร ซึ่งพบว่าด้วยข้อจำกัดต่าง ๆ สามารถปรับปรุงได้เฉพาะในส่วนของหลังคาอาคารตามข้อพิจารณา ด้านงบประมาณ ความสะดวกในการบำรุงรักษา และสะดวกต่อการจัดหาวัสดุที่เหมาะสม

## 6.2 อภิปรายผลการศึกษา

แนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต.ทรายชา อำเภอกพาน จังหวัดเชียงรายนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษา ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิภายในอาคารอนุบาล ของโรงเรียนอบต.ทรายชา อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย 2) หาแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ ภายในอาคาร โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาอาคาร ได้แก่ ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ ด้าน การดูแลบำรุงรักษา ด้านฝีมือแรงงาน และด้านการเงิน และ 3) ประเมินความพึงพอใจในสภาวะน่าสบาย ทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคาร โดยการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิและระดับสภาวะน่า สบายทางอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร

ซึ่งจากการทบทวนและรวบรวมข้อมูลวรรณกรรมต่าง ๆ ประกอบไปด้วยแนวคิดหรือทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง โดยผลการวิจัยมีประเด็นที่น่าสนใจนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การเลือกใช้วัสดุและการเลือกรูปแบบฝ้าที่มีความเหมาะสมและมีคุณภาพนั้น จะสามารถ ช่วยลดอุณหภูมิความร้อนที่จะเข้ามาภายในตัวอาคารได้ ทั้งนี้เพราะวัสดุและฝ้าเพดานจะช่วยป้องกัน ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่มาจากทางด้านบนไม่ให้ลงมาสะสมอยู่บริเวณใต้หลังคาและเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งวิธีนี้เป็น การลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบอีกทางหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายลดลง และสามารถเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (ศ.ดร. ตรึงใจ

บูรณสมภพ, 2539) ที่ได้กล่าวว่า การลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบจะช่วยทำให้ผู้ใช้พื้นที่นั้นรู้สึกสบายเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสิ่งที่อยู่โดยรอบต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย (MRT เป็นลบ) ร่างกายจะคายความร้อนสู่สิ่งรอบข้าง ทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายลดลง โดย “สามารถใช้การออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกายเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายได้”

2. การนำแนวคิดและทฤษฎีของมาโฮนีมาใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารนั้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบอาคารก่อนการก่อสร้างหรือปรับปรุงอาคารได้อย่างเหมาะสมสำหรับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งแนวคิดและวิธีการของมาโฮนีนั้นจะเปรียบเสมือนเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้คำแนะนำในการออกแบบสำหรับวิศวกรรวมไปถึงสถาปนิกที่จะสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนก่อนการออกแบบของการพัฒนาสถาปัตยกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เกิดประโยชน์ได้จริงเนื่องจากอายุการใช้งานของอาคารค่อนข้างยาว จึงทำให้มีการปรับปรุงอาคารตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปอยู่เสมอ ซึ่งจะสอดคล้องกับผลงานวิจัยของทั้ง (Ukaonu, และคณะ ,2011) และ (Ogunsote ,1978) ที่กล่าวว่า วิธีการนี้จะเป็นเครื่องมือที่เป็นการรับประกันสภาวะความสบายทางความร้อนให้กับอาคารได้ และสามารถจัดการกับพลังงานหรือจัดการกับทรัพยากรวัสดุได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนางานสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืนได้ในอนาคต

3. การระบายความร้อนของอาคารด้วยวิธีทางธรรมชาติในส่วนของรูปแบบของหลังคานั้น ลักษณะรูปแบบหลังคาที่มีความเหมาะสมสำหรับสภาพอากาศเขตร้อนชื้นนั้นเป็นหลังคาประเภททรงจั่ว ซึ่งหลังคาประเภทนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากรูปร่างลาดเอียงของหลังคานั้นถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้อากาศไหลเวียน ทำให้มวลอากาศเย็นเข้ามาช่วยระบายความร้อน เพราะส่วนที่ได้รับแสงแดดมากที่สุดไม่ใช่ผนัง แต่เป็นส่วนของหลังคา รูปร่างลาดเอียงของหลังคาประเภทนี้จึงทำให้สามารถระบายความร้อนภายใต้หลังคาได้ดีขึ้น ซึ่งหากหลังคาเป็นทรงสูง (มีความลาดเอียงมากขึ้น) ก็จะมีพื้นที่ใต้หลังคามากกว่าหลังคาทรงเตี้ย (มีความลาดเอียงน้อย) การออกแบบในลักษณะนี้จะช่วยชะลอความร้อนให้ลงมาสู่ภายในอาคารข้างล่างได้

ซึ่งการติดตั้งฉนวนและปรับเปลี่ยนรูปแบบฝ้า จากเดิมที่กรุด้วยเสื่อลำแพนถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นฝ้าเรียบยิบซั่ม โดยทำการติดตั้งลาดไปกับแนวหลังคา วิธีนี้ก็ยังสามารถช่วยชะลอความร้อนให้ลงมาสู่ภายในอาคารข้างล่างได้ และระบายความร้อนภายใต้หลังคาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (ศ.ดร. ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539) ได้กล่าวไว้ว่า “เราไม่สามารถหยุดการถ่ายเทความร้อนได้ แต่เราสามารถทำให้ความร้อนผ่านข้างล่างได้” วัสดุผนังหลังคาที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำจะทำให้ความร้อน

เข้าสู่บ้านผ่านหลังคาน้อยลง และหากทำการติดฉนวนบนฝ้าเพดานด้วยจะสามารถลดความร้อนเข้าสู่บ้านได้เป็นอย่างมาก

4. ในการแก้ไขหรือปรับปรุงอาคาร ในกรณีที่ไม่ใช่อาคารปลูกสร้างใหม่ ควรจะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ว่าสามารถพิจารณาแก้ไขปรับปรุงได้มากน้อยเพียงใด อย่างไร จึงจะเหมาะสมและสามารถแก้ไขปัญหาความร้อนภายในอาคารได้ ซึ่งจากข้อกำหนดทั้ง 4 ข้อ คือ 1. ด้านการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ 2. ด้านการดูแลบำรุงรักษา 3.ด้านฝีมือแรงงาน และ4.ด้านการเงิน ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้ล้วนมีความสำคัญที่จะช่วยให้การพิจารณาในการแก้ไขปรับปรุงอาคารมีขอบเขตการทำงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (สุธิรา จันทรา, 2556) ซึ่งให้ความสำคัญกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 4 ข้อนี้เป็นอย่างมากว่าในการแก้ไขปรับปรุงมีข้อจำกัดในการทำงานหรือไม่อย่างไร เพื่อที่จะจัดการกับทรัพยากรวัสดุได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

### 6.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดของงานวิจัยนี้ ข้อสับสนที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดและวิธีมาโชนี้เน้นการหาข้อมูลอ้างอิงยังคงค่อนข้างน้อย รวมไปถึงยังขาดการสนับสนุนจากหน่วยงานวางแผนในการจัดทำนโยบายที่จะควบคุมที่จะให้ใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนางานสถาปัตยกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

2. ในงานสถาปัตยกรรม การออกแบบที่ออกแบบตามสภาพภูมิอากาศในลักษณะนี้ยังถูกนำมาใช้ค่อนข้างน้อย ใช้เพียงในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเท่านั้น ในขณะที่อาคารบ้านเรือนสมัยใหม่ไม่ค่อยมีการออกแบบที่ออกแบบตามสภาพภูมิอากาศมาใช้เท่าที่ควร

3.ในการลงพื้นที่ภาคสนาม การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบด้วยวิธีมาโชนี้ ควรเก็บข้อมูลอุณหภูมิก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในเดือนที่ร้อนที่สุด และเป็นช่วงเดือนเดียวกัน เช่น เก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง เดือนมีนาคม 2564 และเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง เดือนมีนาคม 2566 เพื่อเพิ่มความแม่นยำในอุณหภูมิ และเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับงานวิจัย

### 6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นเกี่ยวกับศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมทางอุณหภูมิในอาคารอนุบาลของโรงเรียนอบต.ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และหาแนวทางการ

ปรับปรุงและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคาร โดยยึดหลักข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาคารรวมไปถึงการประเมินสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิหลังการปรับปรุงอาคาร จาก การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิและระดับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร โดยนำข้อมูลที่ได้ไปทำการทดสอบผ่านตาราง โดยใช้แนวคิดวิธีการมาโฮนีประกอบกับข้อพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไขอาคาร ในการศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารเท่านั้น

ในส่วนการเก็บข้อมูลอุณหภูมิเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบ ควรมีการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนที่ร้อนที่สุด ตรงกันทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงอาคาร ซึ่งในอนาคตสามารถที่จะนำแนวคิดและวิธีการมาโฮนีไปปรับใช้หรือต่อยอดในบริบทอื่น ๆ ได้ เช่น ขั้นตอนในกระบวนการออกแบบ ที่จะสามารถออกแบบให้เหมาะสมตามสภาพภูมิอากาศในบริบทสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ หรือจะเป็นในเรื่องเกณฑ์ในการเลือกวัสดุในการออกแบบ การนำข้อพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไขอาคารทั้ง 4 ข้อมาวิเคราะห์หรือพิจารณาร่วมด้วยนั้นก็จะสามารถทำให้มีจัดการพลังงานหรือจัดการทรัพยากรวัสดุอย่างได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการออกแบบ

วัสดุจากธรรมชาติ “ตบหญ้าคา” ค่อนข้างที่จะมีข้อจำกัดในการใช้งาน จึงควรมีการพิจารณาในด้านฝีมือแรงงานและการดูแลบำรุงรักษา เนื่องจากวัสดุประเภทนี้มีอายุการใช้งานที่ต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานได้ในระยะยาว จึงทำให้ต้องมีการเปลี่ยนใหม่อยู่เสมอ อีกทั้งทางด้านฝีมือแรงงานในปัจจุบันค่อนข้างขาดแรงงานหรือช่างซ่อมแซม จึงทำให้การจัดหาวัสดุทำได้ยาก

ในส่วนวัสดุประเภทอุตสาหกรรม แผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) ด้วยความที่แผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) เป็นแผ่นเหล็กทำให้ตัวแผ่นกักเก็บความร้อนมากกว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ จึงจำเป็นต้องติดฉนวนกันความร้อน เพื่อป้องกันรังสีความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในตัวอาคาร ส่วนข้อเสียของวัสดุประเภทนี้คือ มีเสียงดังเมื่อเวลาที่ฝนตกหรือมีของตกกระทบใส่ สำหรับการลดเสียงตกกระทบของวัสดุประเภทนี้ทำได้โดยการเลือกผ้าเพดานที่เพื่อป้องกันเสียงรบกวน คือควรเลือกใช้แผ่นผ้ายิปซัม (ผ้าแผ่นเรียบ) ที่มีขนาดความหนา 10 มม.ขึ้นไป ความหนาของแผ่นผ้าจะมีผลกับการป้องกันเสียงเป็นอย่างมาก ส่วนแผ่นผ้าที่ไม่แนะนำให้ใช้ คือ ผ้าทีบาร์ เนื่องจากการติดตั้งผ้าทีบาร์จะติดตั้งในลักษณะวางเรียงต่อกันรอยต่อของแผ่นผ้าจะส่งผลให้เสียงรบกวนเล็ดลอดออกมาได้เยอะกว่าผ้าแผ่นเรียบ

ซึ่งในปัจจุบันวัสดุผนังประเภทอุตสาหกรรมอย่างแผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) มีให้เลือกหลายเกรด หลายแบรนด์ หลายคุณภาพ ซึ่งแต่ละเกรดจะเหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกัน การนำวัสดุผนังนี้มาใช้ร่วมกับงานหลังคา แนะนำให้เลือกแผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) ที่มีความหนาอย่างน้อย 0.35 มม. ขึ้นไป หรือหากเป็นสเปคที่สถาปนิกแนะนำให้ใช้ ควรมีความหนา 0.47 มม.ขึ้นไป ยิ่งหนามาก ยิ่งมีคุณสมบัติป้องกันเสียงได้มากยิ่งขึ้น แต่ก็อาจต้องแลกมาด้วยต้นทุนวัสดุที่สูงขึ้นตามไปด้วย

## บรรณานุกรม

- [1] กิจชัย จิตขจรวานิช. (2544). แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะสบาย. วารสารหน้าจั่ว มหาวิทยาลัยศิลปากร, 18 (2544), 175-181. สืบค้น 10 พฤษภาคม 2565.
- [2] ตรึงใจ บุรณสมภพ. (2539). การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน (Energy-Efficient Building Design). กรุงเทพมหานคร: อัมรินทร์ปริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- [3] ธรรมรักษ์ ศรีมารุต. (2554). การระบายอากาศประยุกต์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [4] นุชนางค์ แก้วนิล. (2560). ปัจจัยภาวะนำสบายทางอุณหภูมิ สำหรับสภาพแวดล้อมที่ใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ภายในศูนย์นันทนาการสำหรับผู้สูงอายุ. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal มหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ. 10 (3), 647-661. สืบค้น 21 พฤษภาคม 2565.
- [5] ปานทิพย์ ทักษ์เสถียร. (2541). ระบบโครงสร้างหลังคา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2555/arc40355rj\\_ch2.pdf](https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2555/arc40355rj_ch2.pdf). สืบค้น 5 พฤษภาคม 2565.
- [6] พงศ์ตะวัน นันทศิริ, วิบูลพร วุฒิกุล, ณัฐภูเขต มณีกร, เกริก กิตติคุณ, รัชนิกร กุศลานนท์ และ, คงฤทธิ์ เหลืองไตรรัตน์. (2557). รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ของชุมชนเพื่อรองรับภัยพิบัติแผ่นดินไหวในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของรอยเลื่อนแม่จัน. วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 11 (3), 69-81. สืบค้น 3 พฤษภาคม 2565.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [7] พีรภานต์ รุณมณีรัตน์ และ, พิชะรัตน์ นันทะ. (2564). แนวความคิดการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบอาคารขนาดเล็ก เพื่อรองรับแผ่นดินไหวและส่งเสริมความยั่งยืน: กรณีศึกษาอาคารโรงเรียนพอดี พอดี 3โครงการ ในจังหวัดเชียงราย. วารสารวิชาการ Built Environment Research Associates 2021 (BERAC2021) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, 12 (1), 267-294. สืบค้น 3 พฤษภาคม 2565.
- [8] ภัทรนันท์ ทักขนนท์. (2548). ภาชนะน้ำสบาย : พื้นฐานและแบบจำลองสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. วารสารหน้าจั่ว มหาวิทยาลัยศิลปากร, 21 (2547-2548), 133-146. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2565.
- [9] รัจรี นพเกต. (2540). จิตวิทยาเพื่อการรับรู้. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [10] โรงเรียนองค์การบริหารส่วนตำบลทรายขาว (บ้านท่าฮ่อ) อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. (2565). “โครงการห้องเรียนพอดีพอดี” โรงเรียนอบต. ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://saikhaoschool.ac.th/?p=810> สืบค้น 10 พฤษภาคม 2565.
- [11] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2565). จังหวัดเชียงราย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดเชียงราย#ภูมิประเทศ>. สืบค้น 9 พฤษภาคม 2565.
- [12] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2565). ภาคเหนือ (ประเทศไทย). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [https://th.wikipedia.org/wiki/ภาคเหนือ\(ประเทศไทย\)](https://th.wikipedia.org/wiki/ภาคเหนือ(ประเทศไทย)). สืบค้น 9 พฤษภาคม 2565.
- [13] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2565). อำเภอพาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/อำเภอพาน>. สืบค้น 9 พฤษภาคม 2565.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [14] วุฒิกกร สุทธิอาภา. (2561). ห้องเรียนพอดีพอดี บรรเทาวิกฤติด้วยโอกาส. บทความบ้านและสวน. เข้าถึงได้จาก: <https://www.baanlaesuan.com/45706/the-editors/pordee>. สืบค้น 3 พฤษภาคม 2565.
- [15] ศรายุทธ ศรีทิพย์อาสน์. (2564). 10 วิธีสร้างบ้านให้เย็น อยู่สบาย ตามธรรมชาติ. คอลัมน์ สถาปัตยกรรม นิตยสารบ้านและสวน. เข้าถึงได้จาก: <https://www.baanlaesuan.com/227050/ideas/house-ideas/passive-design>. สืบค้น 18 พฤษภาคม 2565.
- [16] ศศิธร ศรีเฟื่องฟู. (2560). การศึกษาความสบายเชิงอุณหภูมิของคนไทยภายในสถาปัตยกรรมประเภทโบสถ์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 11(3), 85-98. สืบค้น 29 มิถุนายน 2565.
- [17] ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. (2563). สภาพภูมิอากาศภาคเหนือ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.tmd.go.th/weather/weatherthailand>. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2565.
- [18] สุธีรา จันทรา. (2556). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในงานก่อสร้าง พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2556 กรณีศึกษาบริษัท อุดมกิจวิศวก จำกัด. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). กทม. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- [19] อภิวิษณุ พูลสง. (2551). การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลา ค่าใช้จ่ายและคุณภาพ. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). กทม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [20] อภิสิทธิ์ สุธาประดิษฐ์. (2561). สร้างบ้านเย็น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.idroof.com/article/25/>. สืบค้น 15 กรกฎาคม 2565.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [21] ฮานาน ซาเรและกุสกาณา กุบาฮา. (2015). **หลังคาที่เหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัยในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น**. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 23(1), 50-59.
- [22] Andris Aulicciems and Steven V. Szokolay. (1997). **THERMAL COMFORT**. Passive and Low Energy Architecture International, DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES, The University of Queensland Brisbane 4072. สืบค้น 18 พฤษภาคม 2565.
- [23] ASHRAE. (1992). **ASHRAE Standard 55: Thermal Environment Conditions for Humam Occupancy**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2565.
- [24] Li Lan, Zhiwei Lian, Weiwei Liu, Yuanmou Liu. (2008). **Investigation of gender difference in thermal comfort for Chinese people**. European journal of applied physiology. 102 (4), 471-480. สืบค้น 22 มิถุนายน 2565.
- [25] Otto Königsberger. (1969). **Climate and House Design**. United Nations. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
[http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?query\\_id=0&page=0&osti\\_id=5094402](http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?query_id=0&page=0&osti_id=5094402) สืบค้น 5 พฤษภาคม 2565.
- [26] J.van Hoof, H.S.M.Kort, J.L.M.Hensen. (2010). **The indoor environment and the integrated design of homes for older people with dementia**. Building and Environment 45 (2010), 1244–1261. สืบค้น 25 มิถุนายน 2565.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [27] Olgyay, V. (1963). **Design with Climate**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
[https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781400873685\\_A25766275/preview-9781400873685\\_A25766275.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781400873685_A25766275/preview-9781400873685_A25766275.pdf). สืบค้น 18 พฤษภาคม 2565.
- [28] Ogunsote, O.O. (1987). **Climate zones for architectural Design in Nigerian compendium of Existing Definitions and proposals for their systematic delineation**. A Doctorial Seminar paper, presented to the Department of Architecture, Ahmadu Bello University Zaria.
- [29] Spacetime. กา-ละ-เท-ศะ (2558). **ห้องเรียน พอดี พอดี : รร.บ้านท่าฮ่อ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
[https://www.facebook.com/media/set/?set=a.594414163995712&type=3&locale=th\\_TH](https://www.facebook.com/media/set/?set=a.594414163995712&type=3&locale=th_TH). สืบค้น 3 พฤษภาคม 2565.
- [30] Stein, B., and Reynolds. (2000) **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings**. 9th Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., New York, 455-475. สืบค้น 10 พฤษภาคม 2565.
- [31] Ukaonu, Chigozie and, Eusebius. (2011). **Use of Mahoney tables in Nigeria**. (Bachelor's Degree Thesis). Nigeria. Department of Architecture federal University of Technology Akure.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ระติมา ภูพลับ
วัน เดือน ปีเกิด	20 มกราคม 2536
ที่อยู่	63 ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.9 ซอย59 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10250 โทร. 088-995-8898
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี เทคโนโลยีบัณฑิตบัณฑิต (ทล.บ.) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ สาขาวิชา การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ประสบการณ์การทำงาน	2558-2559 - Grundfos Thailand Limited (Marketing and Design) 2560-2562 - Index Living Mall Company Limited (Interior Design) 2564-2566 - Oneruk Furniture Service Company Limited (Admin Interior) 2567-ปัจจุบัน - 896 Design Decor (Founder and Interior Design)
ผลงานการวิจัย	2567 ระติมา ภูพลับ, พิชะรัตน์ นันทะ และ, รวิช ควรประเสริฐ. 2567. “แนวทางการปรับปรุงหลังคาเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ ภาพภายในอาคาร กรณีศึกษาอาคารอนุบาลโรงเรียนอบต. ทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย” หนังสือบทความวิชาการในโครงการจัด ประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่15 (GRADUATE INTERRITY: GI15) คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง