# ช่องว่างและโอกาสการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

พชรวรรณ บุตรแก้ว

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2561

# ช่องว่างและโอกาสการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

พชรวรรณ บุตรแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

**ช่องว่างและโอกาสการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต**

พชรวรรณ บุตรแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม

**พิจารณาเห็นชอบโดย** **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัชวิชญ์ ติกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.พันธุ์ระวี กองบุญเทียม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แทนวุธธา ไทยสันทัด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.พันธุ์ระวี กองบุญเทียม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

**บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว** .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

**ชื่อเรื่อง** ช่องว่างและโอกาสการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

**ชื่อผู้เขียน** นางสาวพชรวรรณ บุตรแก้ว

**ชื่อปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม

**อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก** รองศาสตราจารย์ ดร.ณัชวิชญ์ ติกุล

## บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อสภาวะการอยู่อาศัยของคนในบ้าน การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพเป็นหนึ่งวิธีที่จะช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต การศึกษานี้จึงได้รวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตและคำนวณหาคุณสมบัติความทนทานของวัสดุกรอบอาคารที่สามารถทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วมในอนาคต ผลจากการศึกษาพบว่าในอนาคตประเทศไทยจะมีค่าอุณหภูมิสูงถึง 49 องศาเซลเซียสและมีน้ำท่วมขังนาน 60 วัน สูง 1.8 เมตร หลังจากนั้น นำค่าคุณสมบัติความทนทานที่ได้จากการคำนวณ มาใช้เป็นตัวแปรเพื่อหาช่องว่างที่ยังขาดหายและเสนอแนวทางการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง ด้วยวิธีการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีในท้องตลาดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างและความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis) ร่วมกับการเรียบเรียงข้อมูลแบบแผนผังเมตริกซ์ (Matric Diagram) จากนั้นสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค (VOC) โดยแปลงความคิดเห็นดังกล่าวด้วยเครื่องมือการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า (QFD)

ช่องว่างที่พบจากการศึกษานี้คือ จำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุก่อสร้างพบน้อยมาก อีกทั้งวัสดุก่อสร้างที่มีในท้องตลาดยังไม่สามารถรับมือกับความร้อนและน้ำท่วมในอนาคตได้ดีพอ ในส่วนของคุณสมบัติความทนทานที่เหมาะสมในการพัฒนาที่พบจากวัสดุกรอบอาคารทั้ง 3 กลุ่ม คือ หนึ่ง วัสดุผนังควรพัฒนาให้มีความทนทานต่อความร้อนอยู่ในระดับกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนควรอยู่ในระหว่าง 1.3 ถึง 1.55 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน ค่าต้านทานความร้อน 0.64 ถึง 0.77 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ และค่าการนำความร้อน 0.13 ถึง 0.155 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ค่าทนทานต่อน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง คือค่าการดูดซึมน้ำควรน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรน้อยกว่าร้อยละ 1.5 และค่าการทดสอบการบวมตัวควรน้อยกว่าร้อยละ 6) สอง วัสดุหลังคาควรพัฒนาคือค่าความทนทานต่อความร้อนที่ระดับสูง (ค่าสัมประสิทธิ์

ถ่ายเทความร้อนควรมากกว่า 0.43 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน ค่าต้านทานความร้อน ควรมากกว่า 2.32 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ และค่าการนำความร้อนควรน้อยกว่า 0.043 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน) สาม วัสดุพื้นมีโอกาสที่เหมาะสมในการพัฒนาคือความทนทานต่อน้ำท่วมในระดับที่สูง (ค่าเท่ากับความทนทานน้ำระดับสูงของผนัง) นอกจากนี้วัสดุที่ควรพัฒนาตามค่าความนิยมคือวัสดุที่เป็นผลิตภัณฑ์จากคอนกรีตและไฟเบอร์ซีเมนต์

ค่าคุณสมบัติความทนทานที่ได้จากการวิเคราะห์ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์และมาตรฐานอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการพยายามลดความเสี่ยงต่อการเกิดการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศในอนาคตตามแนวทางการจัดการและบริหารของภาครัฐ อีกทั้งการพัฒนาและเสนอแนวทางการแสดงค่าความทนทานให้ชัดเจนและเท่าเทียมกันนั้นจะเป็นการช่วยให้ผู้บริโภคสามารถเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาวัสดุก่อสร้างที่เหมาะกับที่อยู่อาศัยได้ การที่วัสดุก่อสร้างมีศักยภาพในการทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่สูงขึ้น ไม่เพียงแต่วัสดุจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นแต่ยังเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถช่วยลดปริมาณการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติโดยเปล่าประโยชน์

**Title** GAPS AND OPPORTUNITIES FOR MATERIAL DEVELOPMENT IN THAILAND IN ORDER TO BE ABLE TO COPE WITH CLIMATE CHANGES IN THE FUTURE.

**Author** MissPatcharawan Bootkaew

**Degree** Master of Science in Environmental Design and Planning

**Advisor Committee Chairperson** Associate Professor Dr. Nachawit Tikul

## ABSTRACT

Climate change affects living conditions of people; therefore, selecting the most effective building materials in order to cope with both heat and floods is a way to reduce damage from future climate change. This research focuses on collecting future climate change information, calculating material resistant to future heat and floods values of building materials, and the results of durable future climate change values of building materials with a highest Thailand temperature approximately 49 degrees Celsius and the longest flooding lasting about 60 days by 1.8 meters rising levels. The endurable values are variable for finding gap and developing guide of future materials by collecting present material products and researches that relate to resistant heat and floods, by gap analysis tools with Matric Diagram. Forthwith, collecting customers' opinions survey (VOC) are transformed to suitable properties by Quality Function Deployment (QFD).

The gap being that there are just in a few number of researches that relate to flood resistance. In addition, heat and flood properties of present material products cannot coped with future climate. Qualitative developing envelope house all of three parts. Wall materials should develop heat resistance to medium laver which is U-value is 1.3-1.55 $W/m^2k$, R-Value is 0.64-0.77 $m^2k/W$ and K-Value is 0.13-0.155 W/mK and flood resistant wall materials value should be at a high level these are: less than or equal to 0.5% of water absorption, less than or equal to 1.5% of water penetration

and less than or equal to 6% of swelling test. Second, roof materials should develop heat resistance to a high level which is U-value being greater than 0.43 W/$m^2$k, R-Value greater than 2.32 $m^2$k/W and K-Value should be less than 0.043 W/mK. Third, opportunities of developing flood resistant materials are the same as flood resistant wall materials value. Furthermore, concrete and fiber-cement products are popular materials which use should be promoted.

The new endurable values of this research is an enhancement on the former one because it, according to government management, reduces the risk from future climate change. Apart from that, information on standards and clear value of durability makes consumers be able to distinguish features of each material in order to choose the perfect material for demanding applications. In short, selecting effective building materials that withstand climate change is not only a way to make materials last longer, but also a way to reduce amount of natural resources

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาตราจารย์ดร.ณัชวิญช์ ติกุล และอาจารย์กรรมการที่ปรึกษาทุกท่านทั้งผู้ช่วยศาตราจารย์แทนวุธธา ไทยสันทัดและ อาจารย์ ดร.พันธุ์ระวี กองบุญเทียม รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวความคิด ตลอดจนปรับปรุงแก้ไจข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความใส่ใจอย่างดียิ่งมาโดยตลอดจวบจนสิ้นสุดงานวิจัย ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ สภาวิจัยแห่งชาติสำหรับทุนสนันสนุน (ทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา) ประจำปี พ.ศ. 2561 ซึ่งถือเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้ถูกรับคัดเลือกเข้าร่วมโครงการทุนดังกล่าว ที่เป็นทั้งกำลังใจและกำลังทุนที่สำคัญยิ่งในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณครอบครัว เพื่อน และคนรอบข้างที่เป็นผู้สนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจวบจนสิ้นสุดโครงการวิจัย รวมไปถึงทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและพนักงานทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ได้อำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน หากงานวิจัยนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับข้อผิดพลาดและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากผู้ที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

พชรวรรณ บุตรแก้ว

มิถุนายน 2561

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1. ที่มาและความสำคัญ ..... 1

2. วัตถุประสงค์ ..... 3

3. ขอบเขตของการวิจัย ..... 4

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร ..... 7

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ..... 8

1.1 ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ..... 8

1.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 10

2. ความเสียหายของที่อยู่อาศัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ..... 14

2.1 ความเสียหายที่เกิดจากอากาศร้อน ..... 14

2.2 ความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม ..... 14

2.3 ความเสียหายกับแหล่งผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง ..... 17

3. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : ผนัง ..... 18

4. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : หลังคา ..... 25

5. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : พื้น ..... 28

หน้า

6. คุณสมบัติความทนทานของวัสดุก่อสร้างต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 31
6.1 คุณสมบัติทนร้อน ..... 31
6.2 คุณสมบัติทนน้ำ ..... 31
7. คุณลักษณะและมาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ ..... 31
8. หลักการในการออกแบบ ..... 33
9. หลักการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ..... 37
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ..... 42
1. ขอบเขตการศึกษา ..... 45
1.1 ขอบเขตด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพอุณหภูมิในประเทศไทย ..... 45
1.2 ขอบเขตด้านวัสดุ ..... 45
2. ตัวแปรที่ศึกษา ..... 46
2.1 ตัวแปรการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 46
2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้าง ..... 46
3. การรวบรวมข้อมูล ..... 47
3.1 การรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 47
3.2 การรวบรวมข้อมูลความทนทานของวัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 51
3.3 การรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน ..... 53
4. การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค ..... 56
4.1 สำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อวัสดุก่อสร้าง ..... 56
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ ..... 57
5. วิธีการสรุปผลการวิเคราะห์ ..... 58

หน้า

5.1 การวิเคราะห์ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง ..... 58
5.2 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค (VOC) ..... 58
6. การทวนสอบคุณลักษณะความทนทาน ..... 59
6.1 สำรวจความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ..... 59
6.2 เครื่องมือที่ใช้สำรวจความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ..... 59
7. การออกแบบ ..... 60
7.1 การเลือกตัวแทนวัสดุ ..... 60
7.2 การออกแบบ ..... 60
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 61
1. การวิเคราะห์คุณสมบัติความทนทานของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 62
1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 62
1.2 ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง : ความทนทานต่อความร้อน ..... 65
1.3 ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง : ความทนทานน้ำท่วม ..... 68
1.4 สรุปค่าความทนทานของวัสดุก่อสร้าง ..... 71
2. การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีในปัจจุบัน ..... 73
2.1 วัสดุก่อสร้างที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ..... 73
2.2 งานวิจัยและลิขสิทธิ์ของวัสดุก่อสร้าง ..... 80
3. การวิเคราะห์ช่องว่าง ..... 85
3.1 วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง ..... 87
3.2 วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา ..... 90
3.3 วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น ..... 92
4. การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค ..... 94
4.1 การสำรวจเสียงของผู้บริโภค ..... 94

หน้า

5. การทวนสอบคุณลักษณะความทนทาน ..... 97
5.1 วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง ..... 97
5.2 วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา ..... 100
5.3 วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น ..... 101
6. การออกแบบ ..... 102
6.1 การเลือกตัวแทนวัสดุ ..... 102
6.2 การออกแบบลักษณะและคุณสมบัติ ..... 104
6.3 การออกแบบ ..... 113
บทที่ 5 สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ ..... 118
1. การสรุปผล ..... 119
1.1 การรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ..... 119
1.2 การรวบรวมข้อมูลและเกณฑ์ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง ..... 119
1.3 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง ..... 120
2. การอภิปรายผล ..... 121
2.1 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง ..... 121
2.1.1 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสำหรับงานวิจัย ..... 121
2.1.2 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสำหรับเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้กับวัสดุก่อสร้าง ..... 122
2.1.3 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสำหรับวัสดุก่อสร้างที่มีในท้องตลาด ..... 123
2.2 ความต้องการของผู้บริโภค ..... 123
3. ข้อเสนอแนะ ..... 124
4. ปัญหาและอุปสรรค ..... 124
บรรณานุกรม ..... 126
ภาคผนวก ก ..... 135

หน้า

ภาคผนวก ข ..... 142

ประวัติผู้วิจัย..... 143

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

1 ตารางแสดงสถิติอุณหภูมิที่สูงที่สุดของประเทศไทยในแต่ละภาค ต่อหลายรอบปี ข้อมูลจากกรมอุตุวิทยา ..... 9

2 ตารางระดับคะแนนความเสี่ยงของความเสียหายในแต่ละประเภทของวัสดุผนัง ปรับปรุงรูปแบบตารางมาจากหนังสือ 20 คำถามกับบ้านใหม่หลังน้ำท่วม ..... 16

3 ตารางระดับคะแนนความเสี่ยงของความเสียหายในแต่ละประเภทของวัสดุพื้น ปรับปรุงรูปแบบตารางมาจากหนังสือ 20 คำถามกับบ้านใหม่หลังน้ำท่วม ..... 17

4 ตารางวัสดุประเภทผนัง ..... 18

5 ตารางวัสดุประเภทหลังคา ..... 25

6 ตารางวัสดุประเภทพื้น ..... 28

7 ตารางแสดงอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละปี ดัดแปลงจากตารางการเรียบเรียงข้อมูลของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ..... 48

8 ตารางจำนวนวันในแต่ละช่วงอุณหภูมิและช่วงปีที่แปลงเป็นร้อยละ ..... 49

9 ตัวอย่างตารางการจัดเก็บข้อมูลวัสดุในท้องตลาด ..... 54

10 ตารางแสดงรายละเอียด ความหมาย คำจัดกัดความของหัวตารางการจัดเก็บข้อมูล ..... 54

11 ตัวอย่างตารางการจัดเก็บข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง ..... 55

12 ตัวอย่างตารางเครื่องมือการแปลงเสียงของผู้บริโภค ..... 59

13 ตัวอย่างตารางการสอบถามความคิดเห็นของช่องว่าง ..... 60

14 ตารางการรวบรวมงานวิจัยและค่ามาตรฐานต่างๆที่แสดงค่าคุณสมบัติความทนทานต่อน้ำท่วม ..... 69

15 ตารางแสดงคุณสมบัติทนร้อนและทนน้ำของวัสดุผนัง ..... 71

16 ตารางแสดงคุณสมบัติทนร้อนของวัสดุหลังคา ..... 72

17 ตารางแสดงคุณสมบัติทนน้ำของวัสดุพื้น ..... 72

18 ตารางแสดงข้อมูลตัวแปรที่แสดงในแผนภูมิ ..... 73

19 ตารางแสดงข้อมูลตัวแปรที่แสดงในแผนภูมิ ..... 76

20 ตารางแสดงข้อมูลตัวแปรที่แสดงในแผนภูมิ ..... 78

21 ตารางระดับความทนทานของความร้อน ..... 85

22 ตารางระดับความทนทานต่อความร้อนของวัสดุผนัง ..... 86

23 ตารางระดับความทนทานต่อความร้อนของวัสดุหลังคา ..... 86

24 ตารางระดับความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุผนังและพื้น ..... 87

25 (1) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างผนังที่มีค่าความทนทานในระดับสูง ..... 87

26 (2) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างผนังที่มีค่าความทนทานในระดับกลาง ..... 88

27 (3) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างผนังที่มีค่าความทนทานในระดับต่ำ ..... 89

28 (1) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างหลังคาที่มีค่าความทนทานในระดับสูง ..... 91

29 (2) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างหลังคาที่มีค่าความทนทานในระดับต่ำ ..... 91

30 (1) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างพื้นที่มีค่าความทนทานในระดับกลาง ..... 92

31 (2) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างพื้นที่มีค่าความทนทานในระดับต่ำ ..... 92

32 ตารางปัญหาและความต้องการของผู้บริโภค ..... 94

33 ตารางการแปลงเสียงของลูกค้า (QFD) ..... 95

34 ตารางความคิดเห็นที่เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อความร้อนของวัสดุผนัง ..... 97

35 ตารางความคิดเห็นที่เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุผนัง ..... 98

36 ตารางความคิดเห็นที่เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อความร้อนของวัสดุหลังคา ..... 100

37 ตารางการสัมภาษณ์เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุพื้น ..... 101

38 ตารางคุณลักษณะของคอนกรีตมวลเบา ..... 114

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ภาพแผนผังแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ศึกษา | 5 |
| 2 | ภาพแผนผังแสดงความทนทานของแต่ละส่วนประกอบของบ้าน | 5 |
| 3 | ภาพวัฏจักรมิแลนโควิช | 11 |
| 4 | ภาพความเสียหายของบ้านที่เกิดเหตุอัคคีภัยจากสถานีวิทยุโทรทัศน์แห่งประเทศไทยขอนแก่น จากรายการอีสานวันนี้ | 14 |
| 5 | ภาพบ้านพักที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัยในภาคใต้ ภาพจากสำนักข่าวไทยรัฐ | 15 |
| 6 | ภาพอิฐขาว | 18 |
| 7 | ภาพวัสดุอิฐมอญ | 18 |
| 8 | ภาพวัสดุอิฐมวลเบา | 19 |
| 9 | ภาพอิฐบล็อก | 19 |
| 10 | ภาพผนังวัสดุไม้จริง | 19 |
| 11 | ภาพผนังไม้เทียม | 20 |
| 12 | ภาพตัวอย่างวัสดุพลาสติกลูกฟูกแผ่นสำหรับผนัง | 20 |
| 13 | ภาพผนังคอนกรีตสำเร็จรูป | 20 |
| 14 | ภาพผนังเมทัลชีท | 21 |
| 15 | ภาพผนังเหล็กหรือโลหะ | 21 |
| 16 | ภาพผนังอลูมีเนียม | 21 |
| 17 | ภาพผนังกระจก | 22 |
| 18 | ภาพยิปซัมบอร์ด | 22 |
| 19 | ภาพผนังไฟเบอร์บอร์ด | 22 |
| 20 | ภาพผนังเซรามิค | 23 |
| 21 | ภาพผนังดินเผา | 23 |
| 22 | ภาพผนังกระเบื้องแกรนิต | 23 |

23 ภาพผนังกระเบื้องพอร์ตเลน ..... 23
24 ภาพฉนวน ..... 24
25 ภาพสีทาบ้าน ..... 24
26 ภาพแสดงการทาน้ำยารักษาเนื้อไม้ ..... 24
27 ภาพกระเบื้องดินเผา ..... 25
28 ภาพกระเบื้องคอนกรีต ..... 25
29 ภาพกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ..... 26
30 ภาพกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ..... 26
31 ภาพกระเบื้องเซรามิค ..... 26
32 ภาพไฟเบอร์กลาส ..... 26
33 ภาพหลังคากระจก ..... 26
34 ภาพหลังคาไม้จริง ..... 27
35 ภาพไม้เทียม ..... 27
36 ภาพหลังคาโลหะหรือเหล็ก ..... 27
37 ภาพฉนวนหลังคา ..... 27
38 ภาพคอนกรีตสำเร็จรูป ..... 28
39 ภาพวัสดุพื้นไม้จริง ..... 28
40 ภาพพื้นไม้ปาร์เกต์ ..... 28
41 ภาพพื้นไม้เทียม ..... 28
42 ภาพพื้นพลาสติก ..... 29
43 ภาพพื้นกระเบื้องดินเผา ..... 29
44 ภาพพื้นกระเบื้องยาง ..... 29
45 ภาพพื้นกระเบื้องเซรามิค ..... 29
46 ภาพกระเบื้องพอร์ตเลน ..... 29

47 ภาพกระเบื้องหินธรรมชาติ ..... 30

48 ภาพวัสดุเคลือบพื้นผิว ..... 30

49 ภาพตัวอย่างข้อกำหนดร่องก่อและร่องมือจับ ..... 32

50 ภาพตัวอย่างข้อกำหนดลิ้นและร่องของคอนกรีตมวลเบา ..... 32

51 ภาพบ้านลอยน้ำที่ออกแบบมาเพื่อรับมือกับสถานการณ์น้ำท่วม ..... 33

52 ภาพตัวอย่างข้อกำหนดลิ้นและร่องของคอนกรีตมวลเบา ..... 35

53 ภาพขนาดสัดส่วนของผู้ชาย ..... 35

54 ภาพลักษณะของแรงเสียดทาน ..... 36

55 ภาพตัวอย่างเมตริกซ์ จากบทความ “The Matrix of Change: ..... 38

56 ภาพแผนผังระเบียบวิธีวิจัย ..... 43

57 ภาพแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ..... 44

58 ภาพแผนปัจจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและส่วนประกอบของบ้านที่ต้องรับมือ ..... 46

59 ภาพแผนผังปัจจัยที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ..... 47

60 ภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำฝน ..... 51

61 กราฟแสดงอุณหภูมิสูงสุดรายปีตั้งแต่พ.ศ. 2543-2642 จากกรมอุตุนิยมวิทยาและ SEA START ..... 62

62 ภาพแสดงค่าอุณหภูมิภายนอก ภายใน และค่าอุณหภูมิที่วัสดุผนังและหลังคาควรต้านทานได้ ..... 63

63 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนรายปีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543-2642 ..... 64

64 ภาพแสดงจำนวนวันที่น้ำท่วมที่วัสดุผนังและพื้นควรรับมือได้ ..... 64

65 กราฟเส้นแสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543-2642 ..... 65

66 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนร้อนวัสดุก่อสร้างผนัง จากการรวบรวมข้อมูลทั้ง 21 ประเภท ..... 74

67 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างผนัง ..... 75

68 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนร้อนของวัสดุก่อสร้างหลังคา ..... 77

69 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างพื้น ..... 79
70 ภาพแผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนแต่ละประเภทงานวิจัย ..... 80
71 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงข้อมูลงานวิจัย จาก ThaiLIS ..... 81
72 ภาพแผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนข้อมูลงานวิจัย ..... 82
73 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงข้อมูลงานวิจัยที่จดลิขสิทธิ์ จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา ..... 83
74 ภาพแผนภูมิวงกลมแสดงข้อมูลงานวิจัยที่จดลิขสิทธิ์จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา ..... 84
75 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงผลการรวบรวมวัสดุผนัง ที่ผ่านค่าความทนทานในแต่ละระดับ ..... 90
76 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงผลการรวบรวมวัสดุหลังคา ที่ผ่านค่าความทนทานในแต่ละระดับ ..... 92
77 ภาพแผนภูมิแท่งแสดงผลการรวบรวมวัสดุพื้น ที่ผ่านค่าความทนทานในแต่ละระดับ ..... 93
78 ภาพสามมิติของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1 ..... 115
79 ภาพแปลนขนาดของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1.1 ..... 115
80 ภาพแปลนขนาดของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1.2 ..... 115
81 ภาพแปลนขนาดของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1.3 ..... 116
82 ภาพสามมิติของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2 ..... 116
83 ภาพแปลนของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2.1 ..... 117
84 ภาพแปลนของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2.2 ..... 117
85 ภาพแปลนของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2.3 ..... 117

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1. ที่มาและความสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยสภาพอากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากภาวะโลกร้อน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) ปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะอากาศแปรปรวนหรือสภาพอากาศที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากปีอื่นๆ ได้แก่ การที่มีฝนตกมากหรือน้อยผิดปกติ ความสั้นยาวและช่วงเวลาของฤดูกาลเปลี่ยนไป การเกิดพายุที่มีความรุนแรงมากขึ้น เป็นต้น (Keely, 2009) การเกิดภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำแข็งขั้วโลกที่ปัจจุบันละลายในเวลาอันรวดเร็วและทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ส่งผลทำให้เกิดภัยพิบัติต่างๆตามมา เช่น วิกฤตการณ์ที่เกิดขึ้นในปี 2558 ที่เกิดพายุเฮริเคนในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือที่มีความรุนแรงระดับ 3 ถือเป็นพายุที่ใหญ่ที่สุดตั้งแต่มีการจดบันทึกตั้งแต่ปี 2514 อีกทั้งทางตอนใต้ประเทศจีนมีฝนตกหนักที่สุดในรอบ 40 ปี ทำให้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่มีผลกระทบต่อ 75 ล้านชีวิต นอกจากนี้ในประเทศอินเดียยังพบคลื่นความร้อนในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนมิถุนายนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 45 องศาเซลเซียส (Wu, 2016)

ประเทศไทยเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิที่สูงขึ้นดังรายงานสภาพอุณหภูมิของกรุงเทพมหานครในเดือนมีนาคม พ.ศ.2559 พบว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 43.3 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงมากเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา (บริษัท มติชน จำกัด มหาชน, 2559) หรือการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในปี พ.ศ. 2554 ที่เกือบทุกจังหวัดในประเทศไทยต่างก็ได้รับความเสียหาย (คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ, 2554) นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์พายุลูกเห็บในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งไม่เคยเกิดขึ้นมานานกว่า 40 ปี ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นล้วนเป็นผลมาจากสภาพอากาศที่แปรปรวนและได้ทิ้งร่องรอยไว้คือความเสียหายอย่างอุทกภัยครั้งใหญ่ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2554 ที่ภาคเกษตร ปศุสัตว์และประมงที่ได้รับความเสียหายมากกว่า 51,869 ล้านบาท ความเสียหายต่อระบบสาธารณูปโภคต่างๆและที่ได้รับความเสียหายที่ส่งผลโดยตรงต่อผู้คนมากที่สุดคือภาคที่อยู่อาศัย

ความเสียหายของที่อยู่อาศัยซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีสองประการหลักๆ คือประการแรกความเสียหายซึ่งเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ส่งผลให้อุณหภูมิในตัวบ้านสูงตาม ส่งผลต่อการอยู่อาศัยที่ไม่สบาย เกิดการใช้พลังงานในอาคารสูงขึ้นซึ่งนำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นและปัญหาสิ่งแวดล้อมจากพลังงานที่ลดลงหรือการขาดแคลนพลังงาน (พจน์ชววัฒน์, 2556)

ประการที่สองคืออุทกภัยหรือน้ำท่วม อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาน้ำ เช่น อุทกภัยในช่วงปลายปี 2559 ทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีน้ำท่วมขังนานถึงสองเดือน (วนารัตน์, 2556) ปัจจัยสองประการนี้สร้างความเสียหายต่อส่วนประกอบของอาคารที่อยู่อาศัย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดปัจจัยที่สร้างความเสียหายต่อที่อยู่อาศัย อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่ออุณหภูมิของบ้าน หลังคาคือส่วนประกอบอาคารที่มีผลต่ออุณหภูมิในตัวบ้านมากที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนของอาคารที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง (บัญญัติ, 2553) อีกทั้งปัจจุบันวัสดุหลังคายังมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้ไม่ดีนักและบางชนิดกลับกลายเป็นตัวนำความร้อนเสียเอง (ฮานาน, 2015) ผนังเป็นส่วนที่ได้รับความเสียหายจากรังสีความร้อนเช่นกัน โดยเฉพาะผนังด้านทิศตะวันตกที่ต้องรับแสงแดดมีผลให้อุณหภูมิในบ้านเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของอุทกภัย สถานการณ์น้ำท่วม มีผลทำให้วัสดุก่อสร้างบ้านเกิดความเสียหาย หลังเหตุการณ์ดังกล่าว มักก่อให้เกิดเชื้อราบนวัสดุประเภทไม้และวัสดุที่มีส่วนผสมของกระดาษ ซึ่งผนังและพื้นคือส่วนของบ้านที่เสี่ยงต่อความเสียหายเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม โดยเฉพาะผนังบ้าน ในบางกรณีผนังอาจผุและพังทลายเนื่องจากแช่น้ำเป็นเวลานานหรือเกิดความเสียหายจากกระแสน้ำเซาะจนบ้านพัง (ยอดเยี่ยม, 2545)

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เห็นว่าหากอาคารไม่ได้ถูกเตรียมพร้อมให้รับมือกับสภาพอากาศที่รุนแรง จะเกิดความสูญเสีย ทั้งค่าใช้จ่าย ระยะเวลาในการซ่อมแซม เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่สร้างความลำบากและส่งผลกระทบด้านลบต่อเจ้าของที่อยู่อาศัย วิธีการที่จะลดสาเหตุของปัญหาดังกล่าวที่สำคัญประการหนึ่งคือการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้ทั้งในประเด็นอุณหภูมิที่สูงและมีความสามารถในการรองรับปัญหาน้ำท่วมหรือความชื้นจากปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นข้อมูลคุณสมบัติ ลักษณะ วิธีการของการออกแบบและวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ที่มีความจำเป็นจะต้องสร้างที่อยู่อาศัยทราบถึงคุณสมบัติต่างๆของการออกแบบและข้อมูลของวัสดุ เพื่อให้เกิดการออกแบบที่ดี การสร้างที่เหมาะสมและพร้อมกับวัสดุที่เหมาะสม เพื่อเป็นอีกหนึ่งช่องทางที่ช่วยลดผลกระทบด้านลบกับสิ่งแวดล้อมและตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัยได้อย่างดีที่สุดและคุ้มค่าที่สุด แต่ปัจจุบันยังไม่พบการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

จากการศึกษาข้อมูลด้านวัสดุก่อสร้างเบื้องต้นในประเทศไทย พบว่าข้อมูลวัดสุก่อสร้างส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลด้านราคา ความแข็งแรง น้ำหนัก วัตถุดิบและบริษัทจัดจำหน่าย แต่ยังขาดแคลนการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558) รวมทั้งยังขาดการรวบรวมข้อมูลวัสดุด้าน

ความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนภูมิอากาศในอนาคต หรือเป็นข้อมูลที่มีความซับซ้อนเข้าใจยาก ส่งผลทำให้ผู้บริโภคขาดข้อมูลในการตัดสินใจ (สุรเดช, 2557)

งานวิจัยนี้จึงต้องการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำเกณฑ์คุณสมบัติของความทนทานและเป็นฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนัง หลังคาและพื้นในประเทศไทย ให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในด้านอากาศร้อนและน้ำท่วม รวมทั้งวิเคราะห์การศึกษาและพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่อยู่อาศัยที่ผ่านมาเพื่อให้เห็นช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างดังกล่าวในอนาคตได้อย่างชัดเจน เพื่อให้เห็นช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสิ่งก่อสร้างประเภทผนังและหลังคา ที่ทนต่อความร้อน ผนังและพื้นที่ทนต่อน้ำท่วม เพื่อให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้ในอนาคต

**นิยามคำศัพท์**

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศช่วงหนึ่งซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่างจากค่าเฉลี่ยปกติ ส่วนใหญ่เป็นค่าเฉลี่ยในรอบสามสิบปี
2. วัสดุก่อสร้าง หมายถึง ชิ้นส่วน วัตถุ ที่ใช้ในการก่อสร้าง
3. ความทนทานต่อความร้อน หมายถึง ค่าคุณสมบัติความทนทานต่อความร้อนของวัสดุก่อสร้าง เป็นข้อมูลค่าเชิงเทคนิค
4. ความทนทานต่อน้ำท่วม หมายถึง ค่าคุณสมบัติความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุก่อสร้าง ในรูปแบบการท่วมแบบท่วมขัง

**2. วัตถุประสงค์**

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ประเทศไทย ที่มีแนวโน้มเกิดขึ้นในอนาคต ในประเด็นอุณหภูมิสูงและน้ำท่วม
2. เพื่อรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและในพื้นที่ประเทศไทย
3. เพื่อรวบรวมข้อมูลการศึกษาและพัฒนาเกณฑ์คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้
4. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล หาช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศประเทศไทยในอนาคต
5. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยและในอนาคต

**3. ขอบเขตของการวิจัย**

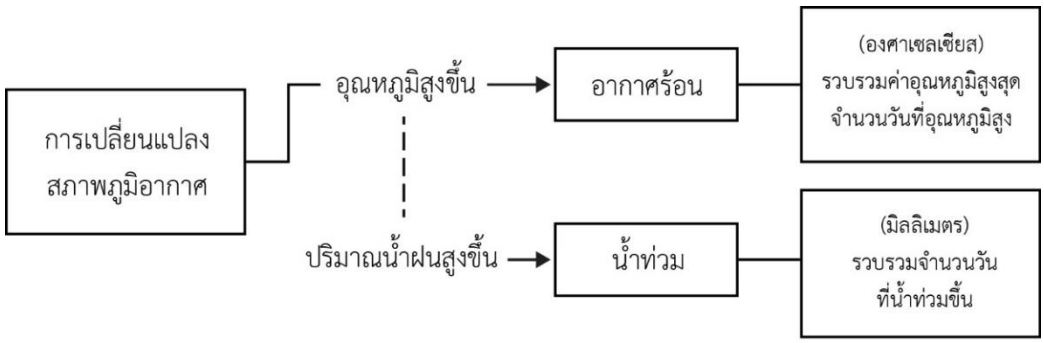
3.1 ขอบเขตการศึกษา

3.1.1 ด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพอุณหภูมิในประเทศไทย

ขอบเขตการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย คือการศึกษาภาพรวมของทั้งประเทศ โดยไม่เฉพาะเจาะจงในระดับภาคหรือเขตพื้นที่ย่อย เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดขึ้นเพียงบางพื้นที่ เพื่อนำค่าการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุดนั้นไปเป็นตัวแปรหาเกณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการรองรับที่สูงที่สุด กำหนดระยะเวลาที่ทำการรวบรวมคือ 100 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2643 เนื่องจากช่วงระยะเวลาดังกล่าว เป็นระยะเวลาที่ฐานข้อมูลเครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและการอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมอุตุนิยมวิทยา มีการเก็บรวบรวมข้อมูลและคาดการณ์ไว้แล้ว

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีสองประเด็นที่ต้องการทำการศึกษาคือ อากาศร้อนและน้ำท่วมเท่านั้น เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ชัดเจนที่สุดคือ อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งการที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดการละลายตัวของน้ำแข็ง ส่งผลให้ปริมาณน้ำเพิ่มสูงขึ้นกระทบต่อการเกิดการมรสุมต่างๆและเป็นที่มาของปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น สำหรับประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้นและต้องเผชิญกับทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำท่วมอยู่เสมอ (สาธิต, 2555) ที่อยู่อาศัยจึงได้รับความเสียหายโดยตรงจากสองการเปลี่ยนแปลงนี้ ทำให้ต้องมีการคาดการณ์สถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อม ซึ่งทั้งสองประเด็นมีการรวบรวมข้อมูลที่สามารถเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตและที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคตไว้เรียบร้อยแล้ว จึงเป็นเหตุผลในการเลือกศึกษาเพียงสองประเด็น การศึกษานี้ไม่มีการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศที่นอกเหนือจากสองประเด็นข้างต้น

อากาศร้อน คืออุณหภูมิที่มีค่าสูง การศึกษานี้จึงเลือกศึกษาค่าอุณหภูมิในหน่วยขององศาเซลเซียสและระยะเวลาหน่วยเป็นวัน ประเด็นน้ำท่วมทำการศึกษาระยะเวลาในการท่วมขังหน่วยเป็นจำนวนวัน น้ำท่วมเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย แต่ปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญทำให้เกิดน้ำท่วม (Government, 2011) อีกทั้งประเทศไทยยังไม่สามารถรับมือกับสถานการณ์น้ำท่วมได้ดี (GISTDA, 2000) จึงเลือกศึกษาปริมาณน้ำฝนมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

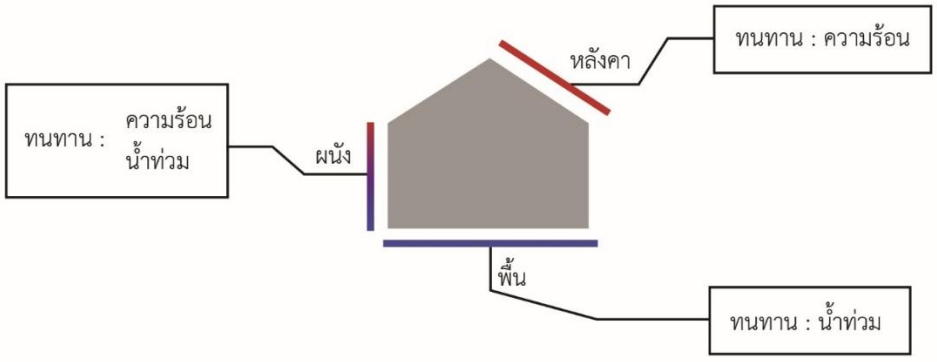



**ภาพที่ 1** ภาพแผนผังแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ศึกษา

3.1.2 ด้านวัสดุก่อสร้าง

(1) ศึกษาวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วยผนัง หลังคาและพื้น ที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มอาคาร เป็นส่วนที่กั้นระหว่างด้านนอกกับด้านในหรือระหว่างอาคารให้เกิดเป็นหน่วยแยกจากกัน ความหมายของวัสดุที่ทำการศึกษามีดังนี้ วัสดุผนังหมายถึง วัสดุที่ใช้ก่อสร้างเป็นผนัง การศึกษาเน้นวัสดุผนังด้านนอก ในที่นี้รวมถึงวัสดุก่อด้านนอกด้วยเช่นกัน วัสดุหลังคา หมายถึงวัสดุมุงหลังคาและฉนวน พื้นหมายถึงวัสดุส่วนหนึ่งที่เป็นฐานของอาคาร ในที่นี้ศึกษาทั้งวัสดุพื้นและปูพื้นทั้งหมดแต่ไม่รวมโครงสร้างฐานของอาคาร

แต่ละส่วนประกอบของอาคารมีประเด็นที่ต้องรับมือต่างกัน คุณสมบัติความทนทานของแต่ละส่วนประกอบจึงต่างกัน โดยผนังจะเป็นส่วนที่ต้องรับมือกับทั้งความร้อนและน้ำท่วม หลังคามีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายจากความร้อน เนื่องจากเป็นส่วนที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนแรก ในส่วนของพื้นควรมีความทนทานต่อน้ำท่วมเป็นสำคัญ เนื่องจากหากเกิดน้ำท่วมขัง พื้นคือส่วนที่ต้องแช่อยู่ใต้น้ำนานที่สุด




**ภาพที่ 2** ภาพแผนผังแสดงความทนทานของแต่ละส่วนประกอบของบ้าน

วัสดุก่อสร้างที่งานวิจัยนี้ทำการศึกษา เป็นวัสดุทั่วไป ที่ในทุกพื้นที่ของประเทศสามารถหาซื้อได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการรวบรวมข้อมูลวัสดุที่มีในท้องตลาดทั่วไป โดยไม่รวมวัสดุท้องถิ่น อีกทั้งยังมุ่งประเด็นไปที่ลักษณะคุณสมบัติเป็นหลัก เช่น ขนาด น้ำหนักและความทนทานต่างๆ โดยศึกษาปัจจัยเสริมอื่นๆเพียงเพื่อเป็นแนวทางที่ใช้เป็นคำแนะนำในข้อเสนอแนะเท่านั้น เช่น ราคาและความสวยงาม เป็นต้น

(2) พื้นที่ศึกษาวัสดุ ศึกษาวัสดุที่มีในท้องตลาดในประเทศไทย ในบริษัทจัดจำหน่ายวัสดุก่อสร้างสะดวกซื้อ เช่น บุญถาวร (บริษัท บุญถาวรเซรามิค จำกัด), HomePro (บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด), ไทวัสดุหรือ baan & BEYOND(บริษัท ซีอาร์ซี ไทวัสดุ จำกัด), โฮม เวิค (บริษัท ซีอาร์ซี เพาเวอร์ รีเทล จำกัด) ร้านวัสดุในเครือบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (SCG), บริษัท สยามโกลบอลเฮ้าส์ จำกัด และจากเว็บไซต์หนังสือทำเนียบวัสดุซึ่งรวบรวมวัสดุก่อสร้างพร้อมจำหน่ายจากผู้จัดจำหน่ายรายย่อย กิจการห้างหุ้นส่วน บริษัทและบริษัทมหาชนจำกัด

3.2 ขอบเขตระยะเวลา

ระยะเวลาในการทำวิจัยตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ.2561

**4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เกณฑ์ความทนทานต่ออากาศร้อนและน้ำท่วม ที่วัสดุก่อสร้างควรมีในอนาคต
2. ฐานข้อมูลด้านการรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านความร้อนและน้ำท่วมของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ทำผนัง หลังคาและพื้นที่มีจำหน่ายในประเทศไทย
3. แนวทางการพัฒนาสิ่งก่อสร้างประเภทผนัง หลังคาและพื้นเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต
4. สร้างทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
5. เกิดความตระหนักและเข้าใจในการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม ในรูปแบบการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
   1.1. ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
   1.2. สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2. ความเสียหายของที่อยู่อาศัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ
3. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : ผนัง
4. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : หลังคา
5. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : พื้น
6. คุณสมบัติความทนทานของวัสดุก่อสร้างต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
7. คุณลักษณะ มาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ
8. ข้อมูลแนวทางการออกแบบ หลักการการออกแบบ
9. หลักการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย**

1.1 ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือการเปลี่ยนแปลงลักษณะสภาพอากาศของพื้นที่นั้นๆ ทั้งนี้หมายรวมถึง อุณหภูมิ ฝน ฟ้า อากาศ สภาพทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่เปลี่ยนไปจากสภาพปกติ

1.1.1 สภาพภูมิอากาศที่เป็นปกติของประเทศไทย

ประเทศไทยถือว่าตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ร้อน ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย มีลมมรสุม 2 ชนิดที่มีอิทธิพลกับพื้นที่คือ 1. ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่เป็นมรสุมที่พัดพาความชื้นจากซีกโลกใต้ในบริเวณมหาสมุทรอินเดียที่เป็นแหล่งกำเนิดความกดอากาศสูง ทำให้ประเทศไทยเกิดฝนตกมากในช่วงที่มรสุมดังกล่าวพัดเข้ามา 2. สมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นลมมรสุมที่พัดพามวลอากาศที่แห้งและเย็นมาจากแถบประเทศจีนและมองโกเลียเข้ามาในประเทศไทยและมวลความชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาในส่วนของภาคตะวันออก ทำให้ประเทศไทยมีอากาศหนาวเย็น แห้งแล้งโดยทั่วไป แต่ในส่วนภาคตะวันออกและแถบภาคใต้ เกิดฝนตก

โดยปกติอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยจะอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ประกอบไปด้วย 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 35 ถึง 39 องศาเซลเซียส สภาพอากาศทั่วไปคือร้อนแห้งแล้ง แต่สามารถเกิดพายุฤดูร้อนได้เนื่องจากเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะตกเฉียงใต้กับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกำลังเคลื่อนที่ อาจเกิดการปะทะของมวลอากาศเย็นกับร้อน ทำให้เกิดพายุดังกล่าวได้

ฤดูฝน เริ่มในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม คือช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยทำให้เกิดฝนตกมาก ซึ่งปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ก็ขึ้นอยู่กับภูมิภาค

ฤดูหนาว ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ คือการเคลื่อนที่เข้ามาของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพทั่วไปคืออากาศหนาวเย็นอุณหภูมิอยู่ที่ระหว่าง 8 ถึง 22.9 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

1.1.2 สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงของประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเช่นเดียวกับทุกพื้นที่ทั่วโลกแต่รุนแรงต่างกันตามแต่ละพื้นที่เสี่ยง มีงานวิจัยของคณะกรรมาธิการแม่น้ำโขง (Mekong River Commission : MRC) รายงานความเสี่ยงผลกระทบที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นกับพื้นที่

ภูมิภาคลุ่มน้ำโขงตอนล่าง ระบุรายละเอียดไว้ว่า ภายในปี พ.ศ. 2583 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศคือ เกิดอุณหภูมิสูงขึ้น 0.8 องศาเซลเซียส จะเกิดอุทกภัยและภัยแล้งรุนแรงและบ่อยขึ้น ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มสูงขึ้นในบริเวณเหลี่ยมปากแม่น้ำทางใต้ของเวียดนาม นั่นหมายถึงผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตในบริเวณดังกล่าว

ในปี 2559 ประเทศไทยเผชิญกับสภาพอุณหภูมิที่สูงมากขึ้น ซึ่งจากสถิติอุณหภูมิที่สูงที่สุดในปี 2559 คือ 44.6 องศาเซลเซียส สูงที่สุดในรอบ 66 ปี สูงกว่าสถิติเดิมที่อุณหภูมิสูงสุดในวันที่ 27 เมษายน 2503 อยู่ที่ 44.5 องศาเซลเซียส อีกทั้งอุณหภูมิเฉลี่ยในปี 2559 ยังสูงกว่าทุกๆปีที่เคยมีการจัดเก็บข้อมูลมา อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ 38.3 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าค่าปกติอยู่ 2.6 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 1** ตารางแสดงสถิติอุณหภูมิที่สูงที่สุดของประเทศไทยในแต่ละภาค ต่อหลายรอบปี ข้อมูลจากกรมอุตุวิทยา

| ภาค | พ.ศ.2559 | รอบ 10 ปี [1] | | รอบ 20 ปี [2] | | รอบ 30 ปี [3] | | รอบ 40 ปี [4] | | รอบ 50 ปี [5] | | รอบ 60 ปี [6] | | รอบ 66 ปี |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | °ซ | พ.ศ. | °ซ | พ.ศ. | °ซ | พ.ศ. | °ซ | พ.ศ. | °ซ | พ.ศ. | °ซ | พ.ศ. | (พ.ศ.2494-2559) |
| เหนือ | 44.6 | 44.0 | 2550 | 44.0 | 2550 | 44.0 | 2550 | 44.0 | 2550 | 44.0 | 2550 | 44.5 | 2503 | 44.6 |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 42.7 | 43.0 | 2550 | 43.3 | 2548 | 43.5 | 2535 | 43.5 | 2535 | 43.5 | 2535 | 43.9 | 2503 | 43.9 |
| กลาง | 43.3 | 43.0 | 2553 | 43.0 | 2553/2541 | 43.5 | 2535 | 43.5 | 2535/2526 | 43.5 | 2535/2526 | 43.5 | 2535/2526/2501 | 43.5 |
| ตะวันออก | 41.4 | 41.4 | 2558 | 42.2 | 2541 | 42.9 | 2533 | 42.9 | 2533 | 42.9 | 2533 | 42.9 | 2533 | 42.9 |
| ใต้ฝั่งตะวันออก | 40.6 | 41.8 | 2558 | 41.8 | 2558 | 41.8 | 2558 | 41.8 | 2558 | 41.2 | 2541 | 41.2 | 2541 | 41.8 |
| ใต้ฝั่งตะวันตก | 40.0 | 38.6 | 2558 | 40.3 | 2541 | 40.3 | 2541/2535 | 40.3 | 2541/2535 | 40.3 | 2541/2535 | 40.3 | 2541/2535 | 40.3 |

หมายเหตุ : [1] พ.ศ.2549 - 2558 [2] พ.ศ.2539 - 2558 [3] พ.ศ.2529 - 2558
[4] พ.ศ.2519 - 2558 [5] พ.ศ.2509 - 2558 [6] พ.ศ.2499 - 2558

(กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

นอกจากนี้ยังมีผลการวิจัยที่มีสอดคล้องกัน คือประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2498 ถึง 2552 ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด มีอัตราสูงขึ้นเมื่อเทียบเป็นระยะทศวรรษคือ 0.174 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกต่อทศวรรษ (อัศมนและแสงจันทร์, 2558) อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่จัดทำแบบจำลอง โดยใช้แบบจำลอง Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM) จำลองอุณหภูมิในประเทศไทยในอีก 100 ปีข้างหน้านับจากการวิจัยในปี 2554 ผลลัพธ์ของแบบจำลองมีบางแบบจำลองที่พบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงขึ้นถึง 1 ถึง 2 องศา แต่มีระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่า 33 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้น ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียสลดลง กล่าวคือช่วงฤดูร้อนยาวนานมากขึ้นฤดูหนาวลดน้อยลง นอกจากนี้ยังมีรายงานปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ

ร้อยละ 10 ถึง 20 ผลของแบบจำลองได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้ปัจจัยการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน คือ อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดและปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยแบ่งคาบเวลาออกเป็น 4 คาบเวลา คาบละ 30 ปี คือ พ.ศ. 2523 ถึง 2552, พ.ศ. 2553 ถึง 2582, พ.ศ. 2583 ถึง 2612 และ พ.ศ. 2613 ถึง 2642 โดยสรุปผลแบบจำลองได้ดังนี้

อุณหภูมิ ผลของแบบจำลองรายงานถึงอุณหภูมิสูงสุด ว่าในช่วงคาบแรกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังไม่ชัดเจนมากนัก แต่ในช่วงที่ 2 ถัดมาจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในทุกพื้นที่ของประเทศ มีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศามากกว่าเดิม ซึ่งอาจยาวนานถึง 7 ถึง 8 เดือนต่อปี มีผลต่อการเกิดภัยพิบัติต่างๆที่มีผลกับระบบนิเวศและการเกษตร เป็นต้น ในส่วนของอุณหภูมิต่ำสุดประเทศไทยมีแนวโน้มมีอุณหภูมิรายวันต่ำสุดเพิ่มขึ้น ในบางพื้นที่อาจยาวนานถึง 1 ถึง 2.5 เดือน แต่ระยะเวลาที่อากาศเย็นจะสั้นลง

ปริมาณน้ำฝน สรุปปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีปริมาณสูงขึ้นในทั่วทุกภาคทั่วประเทศไทย โดยเฉพาะในช่วงที่ 4 จะมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น แต่จำนวนวันเฉลี่ยที่ฝนตกต่อปีจะคงเดิม ปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่สูงขึ้น กล่าวคือในช่วงทศวรรษดังกล่าวจะเกิดฝนตกหนักขึ้น ซึ่งเป็นที่มาของการเพิ่มของระดับน้ำทะเล อุทกภัยหลายชนิด ทั้งภาวะน้ำท่วมฉับพลันและน้ำหลาก เป็นต้น (วิกานดา, 2558)

1.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้ถูกนักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์ได้ให้ข้อมูลไว้เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ การเริ่มต้นของสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินั้น เกิดจากที่โลกมีชั้นบรรยากาศซึ่งประกอบไปด้วยอากาศและธาตุ ซึ่งชั้นบรรยากาศที่โลกมีนั้น มีหน้าที่เป็นตัวช่วยกรองแสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ทำให้โลกเหมาะสมกับการเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต การกรองแสงและการกักเก็บความร้อนของชั้นบรรยากาศหรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือในภาษาอังกฤษว่า Greenhouse effect

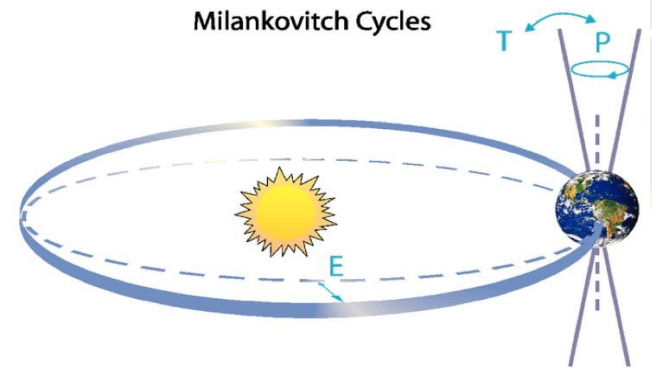
ปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือภาวะเรือนกระจก หมายถึงสถานการณ์การที่ชั้นบรรยากาศของโลกกับเก็บความร้อนของดวงอาทิตย์ไว้ในปริมาณที่พอเหมาะ ทำให้โลกมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต เมื่ออุณหภูมิโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง ชั้นบรรยากาศของโลกมีกลุ่มก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ทำให้รังสีความร้อนถูกกักเก็บไว้ในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น เกิดความแปรปรวนทางสภาพอากาศ สภาวะเช่นนี้จึงจัดว่าเป็นปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ผิดปกติ เป็นที่มีของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศข้างต้น มี 2 ประเด็นด้วยกันคือ ธรรมชาติและมนุษย์

1.2.1 ธรรมชาติ

(1) การหมุนรอบตัวเองของโลกและดวงอาทิตย์

นักวิทยาศาสตร์ ประเมินการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลกว่าเกิดจากการเคลื่อนที่ของโลกและดวงอาทิตย์ ที่ไม่ได้มีระยะห่างและองศาที่คงเดิมตลอด ด้วยธรรมชาติของโลกมีแกนที่ไม่ตั้งตรง 90 องศา ทำให้การหมุนรอบตัวเองเปรียบเสมือนการแกว่งของวัตถุ ทำให้ระยะห่างของโลกกับดวงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ไม่เสมอกัน การรับพลังงานความร้อนจึงไม่เท่ากันด้วย ซึ่งถือเป็นไปตามทฤษฎีวัฏจักรมิแลนโควิช มีผลทำให้เกิดยุคอบอุ่นและยุคน้ำแข็งซึ่งถือเป็นวัฏจักรธรรมชาติ (อัศมน, 2554) แต่เมื่ออุณหภูมิโลกเกิดเปลี่ยนแปลงในสภาวะผิดปกติซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์อากาศผันแปรในซีกโลกน้ำแข็งขั้วโลกละลาย ซึ่งเป็นผลกระทบทำให้มีปรากฏการณ์เอลนีโญและลานินญ่า เป็นที่มาของความผันแปรของสภาพอากาศ มีผลทำให้ฝนตกหนัก เกิดพายุ แล้งจัด เป็นต้น ฝนฟ้าอากาศตกไม่ถูกต้องตามฤดูกาล (สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)




**ภาพที่ 3** ภาพวัฏจักรมิแลนโควิช

(ที่มา : OSS : Open Source Systems, 2017)

(2) การระเบิดของภูเขาไฟ

การระเบิดของภูเขาไฟถือเป็นมหันตภัยครั้งใหญ่ ทำให้เกิดฝุ่นละอองมหาศาลที่ประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ทั้งฝุ่นควัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ฟุ้งกระจายและต้องอาศัยระยะเวลาในการร่วงลงสู่ผิวดิน อีกทั้งคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก ที่มีผลเสียต่อชั้นบรรยากาศเป็นการสะสมก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุทำให้ความร้อนไม่สามารถระเหยจากชั้นบรรยากาศได้มากเท่าที่ควร อุณหภูมิโลกจึงสูงขึ้น (กันทะวาด, 2560)

1.2.2 กิจกรรมของมนุษย์

*“มีบางสิ่งที่รุนแรงและไม่เคยปรากฏมาก่อนกำลังเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศของดาวโลกและการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผล จากการกระทำของมนุษย์”* ส่วนหนึ่งของการบรรยายของ อัล กอร์ นักธุรกิจ นักการเมืองชาวอเมริกัน หนึ่งในผู้ที่ทุ่มเทและรณรงค์เกี่ยวกับสภาวะโลกร้อน (กอร์, 2008) การกระทำของมนุษย์ส่งผลต่างๆที่ทำให้เกิดสภาวะที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ได้สร้างก๊าซเรือนกระจกทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนา จากข้อมูลในปี 2552 นายวิทูรย์ สิมะโชคดี ปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์โดยด้านพลังงาน ถือว่ามีการผลิตก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ประมาณร้อยละ 56 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552) กิจกรรมของมนุษย์ที่สร้างก๊าซเรือนกระจกสามารถแบ่งเป็นหมวดต่างๆได้ดังนี้

(1) พลังงาน

ความต้องการใช้พลังงานของมนุษย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลก โดยการที่มนุษย์มีความต้องการพลังงานเพื่อมาใช้อำนวยความสะดวก การผลิตและการใช้พลังงานทั้งการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการเผาเชื้อเพลิง ถือเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยในปี พ.ศ. 2533 ถึง 2547 ประเทศไทยมีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตพลังงานและใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 69 ถึง 76 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆปีกว่าร้อยละ 6.4 ทั้งนี้ (สิรินทรเพพ, 2554)

(2) อุตสาหกรรมและการขนส่ง

ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในช่วงปี 2540 เป็นต้นมา ผลพวงจากการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้สร้างก๊าซเรือนกระจกมากคิดเป็นร้อยละ 42.3 ในช่วงปี พ.ศ. 2543 ถึง 2548 ที่ผ่านมา อีกทั้งในปี พ.ศ. 2543 อุตสาหกรรมของประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวน 16.38 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์หรือคิดเป็นร้อยละ 7.2 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในประเทศ ซึ่งการขนส่งก็ถือเป็นอีกภาคหนึ่งซึ่งมีความเชื่อมโยงกับพลังงานและอุตสาหกรรม จากข้อมูลปี 2553 การขนส่งทางถนนมีการใช้พลังงานเป็นอันดับหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 37 ซึ่งสัมพันธ์กับการขยายตัวของเศรษฐกิจและจำนวนประชากรที่สูงขึ้น

(3) เกษตรกรรม

ประเทศไทยถือเป็นประเทศแห่งอุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงเกี่ยวข้องกับการทำเกษตร ซึ่งเป็นอีกภาคหนึ่งที่ได้ผลิตก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสองรองจากภาคพลังงาน คิดเป็นร้อยละ 22.6 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในประเทศ เนื่องจากการทำเกษตรในประเทศไทยมีความเกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมปุ๋ยสารเคมีซึ่งในกระบวนการผลิตได้สร้างก๊าซดังกล่าว หรือแม้แต่ในกระบวนการทำการเกษตร ก็ยังสร้างก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน อาทิ การเผาเพื่อการเก็บเกี่ยวที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการหมักหมมของพืช ที่เป็นสาเหตุของการเกิดก๊าซมีเทน เป็นต้น

(4) การใช้ที่ดินและที่อยู่อาศัย

ด้วยการเจริญเติบโตของเทคโนโลยี จำนวนประชากรที่มากขึ้น นำมาซึ่งการขยายตัวของเศรษฐกิจทำให้รูปแบบสังคมถูกปรับเปลี่ยน การย้ายถิ่นฐานเพิ่มปริมาณที่อยู่อาศัย ลดจำนวนต้นไม้และพื้นที่ป่า ถือเป็นอีกหนึ่งสาเหตุในการสร้างก๊าซเรือนกระจก ในปี 2553 ได้มีการคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าในภาคที่อยู่อาศัยว่ามีถึงร้อยละ 54 เนื่องจากคนในสังคมมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นในกิจกรรมต่างๆ

ซึ่งในแต่ละหมวดทั้งหมด ต่างก่อให้เกิดของเสียซึ่งเป็นผลพวงของการผลิตและใช้งานสิ่งต่างๆ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยที่ของเสียเหล่านั้นที่อาจเกิดขึ้นทั้งในรูปขยะและก๊าซของเสีย จำเป็นต้องอาศัยพลังงานในการจัดการที่นอกเหนือจากการเน่าเสียโดยทั่วไป ถือเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรและสร้างก๊าซเรือนกระจก (ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์, 2553)

**2. ความเสียหายของที่อยู่อาศัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ**

2.1 ความเสียหายที่เกิดจากอากาศร้อน

ในช่วงต้นปี 2558 เกิดเหตุไฟไหม้บ้านไม้สองชั้นจำนวนสองหลังในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น อำเภอเมือง นางสาววรพร แพงศิลป์ให้ข้อมูลว่าตนได้ยินเสียงระเบิด ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นหม้อแปลงของบ้านข้างๆหลังจากนั้นจึงเกิดไฟลุกโหมลามเข้ามาที่บ้านของตน เบื้องต้นเจ้าหน้าที่สันนิฐานว่าสาเหตุเกิดจากอุณหภูมิที่สูงมาก อากาศร้อนจัดทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรอีกทั้งลมแรงทำให้ไฟลุกลามไปยังบ้านที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นตัวเร่งความเสี่ยงที่ทำให้เกิดอัคคีภัย อุณหภูมิที่สูงมีผลต่อตัวอาคารโดยเฉพาะในส่วนของหลังคาที่รับทั้งรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ในส่วนของผนังโดยเฉพาะผนังด้านที่ต้องรับความแสงแดดและไอร้อนโดยตรง จะยิ่งเร่งให้อุณหภูมิในบ้านสูงขึ้น

**ภาพที่ 4** ภาพความเสียหายของบ้านที่เกิดเหตุอัคคีภัยจากสถานีวิทยุโทรทัศน์แห่งประเทศไทย ขอนแก่น จากรายการอีสานวันนี้

(ที่มา : สถานีวิทยุโทรทัศน์แห่งประเทศไทยขอนแก่น, 2558)

นอกจากการสร้างความเสียหายในรูปแบบของอัคคีภัยแล้ว การที่วัสดุหลังคาและผนังไม่สามารถกรองอุณหภูมิที่สูงได้นั้น มีผลต่อการใช้พลังงานภายในบ้าน มนุษย์มีความต้องการการเป็นอยู่ที่สุขสบาย การที่ภายในตัวบ้านไม่มีสภาวะที่สุขสบาย ผู้อยู่อาศัยจึงมีความต้องการใช้เครื่องมืออิเลคทรอนิกส์สูงขึ้นเพื่อสร้างสภาวะสบาย เช่น การเร่งพัดลมให้เป่าลมแรงขึ้น และการลดอุณหภูมิในบ้านให้ต่ำลงโดยใช้เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น นั่นหมายถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น หรือหากไม่มีการปรับอุณหภูมิในบ้านให้ลดลง ความร้อนจากแดดและอุณหภูมิดังกล่าวจะเป็นตัวลดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ เครื่องเรือนที่อยู่ภายในบ้าน ร่วมถึงเป็นการลดอายุการใช้งานของวัสดุกรอบอาคารดังกล่าวที่มีความทนทานไม่เพียงพอให้สั้นลง

2.2 ความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม

น้ำท่วมสร้างความเสียหายในหลายส่วนประกอบของบ้าน Claudette Hanks Reichel เจ้าของงานเขียนเรื่อง Disaster recover material ผู้กล่าวว่า “A high water depth doesn’t

mean the home is destroyed but if a house was already structurally compromised by decay, termites or very poor construction, then the flood could be the last straw” ซึ่งมีความหมายโดยนัยว่า น้ำท่วมคือสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายอื่นๆตามมา อาทิ วัสดุของบ้านอาจผุกร่อนหรือเป็นที่อยู่ของแมลง โดยเฉพาะกับวัสดุหรือสิ่งก่อสร้างที่ไม่มีคุณภาพมากพอ ซึ่งมีผลกระทบต่อหลายส่วนประกอบเช่น ฐานของบ้านที่เป็นส่วนสำคัญในการรับน้ำหนัก หากฐานของบ้านได้รับความเสียหายก็จะส่งผลเสียต่อส่วนอื่นของบ้านด้วยทั้งผนัง หลังคา เครื่องใช้และระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ส่วนของผนังโดยรวม ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างกรอบอาคาร วัสดุคลุมโครงสร้างหน้าต่างและหลังคา ความเสียหายที่เกิดกับวัสดุเหล่านี้ จะทำให้บ้านทรุดตัวเร็วขึ้นแม้ว่าวัสดุเหล่านั้นจะแห้งแล้วก็ตาม

รายงานข่าวน้ำท่วมใหญ่ช่วงปลายปี 2559 ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย เป็นผลมาจากพายุฝนที่ตกหนักต่อเนื่องทำให้น้ำล้นจากแม่น้ำตาปี รวมทั้งน้ำจากภูเขาไหลลงสู่พื้นที่ลุ่ม ส่งผลกระทบให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าและน้ำขังในบางพื้นที่ สร้างความเสียหายต่อที่อยู่อาศัยของคนในพื้นที่ดังกล่าว ข้อมูลจากสำนักนายกรัฐมนตรี วันที่ 23 มกราคม 2560 ระบุตัวเลขจำนวนบ้านเรือนที่ได้รับความเสียหายอยู่ที่ 9,840 หลังคาเรือน และในบางหลังได้รับความเสียหายจนไม่สามารถซ่อมแซมได้ ยกตัวอย่างครอบครัวของนางอุมาพร ศิรินาโพ ซึ่งบ้านพักได้ตั้งอยู่ในเขตตำบลท่าข้าม อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษรธานี ที่มีสมาชิกในครอบครัว 4 คน นางอุมาพรได้ให้ข้อมูลว่าเกิดน้ำท่วมขังนานนานกว่า 2 เดือนนับย้อนจากวันที่ให้ข้อมูลคือ 1 กุมภาพันธุ์ 2560 โดยที่มีน้ำท่วมสูงถึง 150 เซนติเมตร เริ่มแรกที่น้ำท่วมนางอุมาพรและครอบครัว ได้สร้างแพไว้สำหรับอยู่อาศัย แต่ด้วยพายุฝนที่ยังมีอยู่รวมกับการระบายน้ำที่ล่าช้าทำให้ปริมาณน้ำไม่ลดลง จวบจนล่วงเวลา 2 เดือน ทำให้บ้านที่สร้างด้วยไม้ทรุดตัวลงจนไม่สามารถรับน้ำหนักแม้กระทั่งหลังคาไว้ได้ จึงจำเป็นต้องขนใช้ออกนอกพื้นที่ ซึ่งบางส่วนก็ได้หล่นลงน้ำ เหตุการณ์ครั้งนี้ถือว่าหนักมากสำหรับครอบครัวเพราะสูญเสียบ้านทั้งหลัง

**ภาพที่ 5** ภาพบ้านพักที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัยในภาคใต้ ภาพจากสำนักข่าวไทยรัฐ (ที่มา : บริษัท วัชรพล จำกัด, 2560)

เมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม วัสดุผนังและพื้น เป็นส่วนประกอบที่ได้รับความเสียจากทั้งขณะที่น้ำท่วมและหลังน้ำลด จากหนังสือ 20 คำถามกับบ้านใหม่หลังน้ำท่วม ที่เรียบเรียงโดย ผู้ช่วยศาตราจารย์รัชด ชมพูนิช พบการแบ่งประเภทของความเสียหายในแต่ละวัสดุ มีรายละเอียดดังนี้ (รัชด, 2555)

สำหรับส่วนของอาคารประเภทผนัง คือส่วนที่ป้องกันน้ำไหลเข้าสู่ตัวบ้าน วัสดุที่มีในท้องตลาดและเป็นที่นิยมมีความสามารถในการรับมือกับสถานการณ์น้ำท่วมที่แตกต่างกัน จึงมีคำแนะนำระดับความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายในแต่ละวัสดุดังนี้

**ตารางที่ 2** ตารางระดับคะแนนความเสี่ยงของความเสียหายในแต่ละประเภทของวัสดุผนัง ปรับปรุงรูปแบบตารางมาจากหนังสือ 20 คำถามกับบ้านใหม่หลังน้ำท่วม

| ลำดับ | ชนิดของผนัง | ระดับความเสี่ยงต่อความเสียหาย |
|---|---|---|
| 1 | ผนังก่ออิฐมอญชั้นเดียวและสองชั้น / ผนังยิปซัมบอร์ดผนังคอนกรีตบล็อก / ผนังปูนเปลือย | ระดับ 1 |
| 2 | ผนังคอนกรีตมวลเบา / ผนังกระจก | ระดับ 1.5 |
| 3 | ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์ | ระดับ 2 |
| 4 | ผนังไม้จริง | ระดับ 3 |
| 5 | ผนังไม้อัดยาง | ระดับ 4 |
| 6 | ผนังยิปซัมบอร์ด | ระดับ 5 |

สำหรับระดับความเสี่ยงจะเรียงลำดับจากระดับความเสี่ยงต่ำที่สุดคือระดับที่ 1 และไต่ระดับความเสี่ยงสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับที่มีความเสี่ยงมากที่สุดคือระดับที่ 5 (ใช้การเรียงระดับเช่นเดียวกันกับของวัสดุประเภทพื้น) การเลือกใช้วัสดุสำหรับผนังแนะนำให้ใช้วัสดุที่มีระดับความเสี่ยงอยู่ในช่วงระดับที่ 1 ถึง 2 เนื่องจากจัดเป็นวัสดุที่ทนน้ำได้ดีและมีความเสี่ยงต่อความเสียหายที่ต่ำ จากตารางวัสดุที่แนะนำให้เลือกใช้คือ ผนังก่อหรือผนังปูน ผนังกระจกและผนังไฟเบอร์ซีเมนต์

วัสดุประเภทพื้น นอกเหนือจากความสวยงามแล้ว คุณสมบัติหลักๆที่วัสดุพื้นควรมีคือความทนทานต่อความชื้นจากดินและความทนทานต่อน้ำท่วม โดยเฉพาะกับพื้นชั้นล่างของบ้านควรเลือกที่มีความเสี่ยงต่อการเสียหายต่ำ ประเภทหินธรรมชาติ กระเบื้องต่างๆ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลวัสดุที่มีความเสี่ยงน้อย เพื่อสนับสนุนข้อมูลค่าความทนทานต่อน้ำท่วม ซึ่งมีตารางที่แสดงระดับความเสี่ยงของความเสียหายในประเภทวัสดุพื้นดังนี้

**ตารางที่ 3** ตารางระดับคะแนนความเสี่ยงของความเสียหายในแต่ละประเภทของวัสดุพื้น ปรับปรุงรูปแบบตารางมาจากหนังสือ 20 คำถามกับบ้านใหม่หลังน้ำท่วม

| ลำดับ | ชนิดของพื้น | ระดับความเสี่ยงต่อความเสียหาย |
|---|---|---|
| 1 | หินธรรมชาติ : หินอ่อน / คอนกรีตเปลือยขัดมัน | ระดับ 1 |
| 2 | กระเบื้องเซรามิค | ระดับ 2 |
| 3 | ไม้จริง : ไม้สัก,ไม้แดง | ระดับ 3 |
| 4 | ปาร์เกต์โมเสก | ระดับ 4 |
| 5 | ไม้ลามิเนต | ระดับ 4.5 |
| 6 | พรม | ระดับ 5 |

2.3 ความเสียหายกับแหล่งผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง

นอกจากภัยพิบัติต่างๆที่ได้สร้างความเสียหายกับวัสดุก่อสร้าง ที่อยู่อาศัยโดยตรงแล้วอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญคือวัตถุดิบในการใช้ผลิตวัสดุก่อสร้างลดน้อยลง โดยในการประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5 (Thailand Materials Science and Technology Conference : MSAT) ในหัวข้อ เทคโนโลยีวัสดุเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่มีการกล่าวถึงสาเหตุของปัญหาภาวะโลกร้อนอันเกิดจากภาคพลังงานมากที่สุด ดังนั้นการพัฒนาในส่วนของวัสดุก่อสร้างจะสามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานลง แต่นอกเหนือจากการพัฒนาวัสดุแล้ว ดร. อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ผู้อำนวยการศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ยังได้ให้ข้อมูลว่า เทคโนโลยีเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาผลิตวัสดุต่างได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กล่าวคือแหล่งปลูกพืชต่างๆ ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ดังกล่าว เนื่องด้วยความแห้งแล้ง ส่งผลกับปริมาณผลผลิตและคุณภาพที่ไม่แน่นอน (ผู้จัดการออนไลน์, 2551)

นอกจากนี้มีการพบว่าอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นมีผลต่อการขยับของแนวต้นไม้ในประเทศจีนที่สูงขึ้น 100 เมตร ส่วนในประเทศไทยในพื้นที่สูงพบพืชพันธุ์บางชนิดขยับแนวสูงขึ้นและบางชนิดสูญพันธุ์ไป เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลให้เกิดความรุนแรงของสภาพอากาศมากขึ้น พื้นที่แห้งแล้งยิ่งแห้งแล้งมากขึ้น มีผลให้เกิดไฟป่า พันธุ์ไม้บางชนิดสูญพันธุ์ เป็นต้น (จงรัก, 2554)

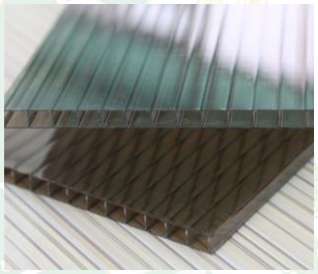
**3. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : ผนัง**

ผนัง ส่วนประกอบของอาคารด้านนอกที่มีหน้าที่ป้องกันแดด ลม เป็นส่วนประกอบใหญ่ที่ครอบคลุมทั้งอาคาร การเลือกวัสดุผนังควรเลือกให้เหมาะสมกับที่ตั้งทั้งสภาพดินฟ้าอากาศ เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานผนังให้เต็มประสิทธิภาพ วัสดุทำผนังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ 21 ได้แก่ อิฐขาว, อิฐมอญหรืออิฐแดง, อิฐมวลเบา, บล็อกคอนกรีต, ไม้จริง, ไม้เทียม, พีวีซี/พลาสติก, แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป, โลหะผสม/เมทัลชีท, เหล็ก/โลหะ, อลูมิเนียม, กระจก, ยิปซัม, ไฟเบอร์บอร์ด, เซรามิค, กระเบื้องดินเผา, กระเบื้องแกรนิต, กระเบื้องพอร์ตเลน, ฉนวน, สี และน้ำยาเคลือบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

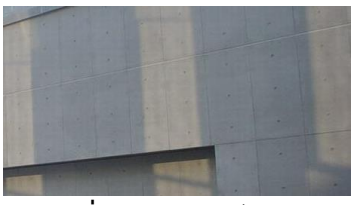
**ตารางที่ 4** ตารางวัสดุประเภทผนัง

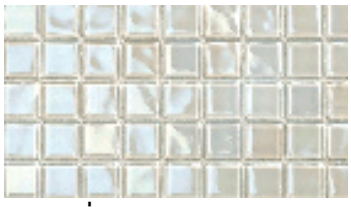
| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 1 | **ภาพที่ 6** อิฐขาว (ที่มา : OneStockHome Co., 2017) | **อิฐขาว** วัสดุก่อที่มีส่วนผสมของปูนขาวและทรายละเอียด ขึ้นรูปและอบด้วยไอน้ำ มีช่องว่างและรูพรุนของอากาศมากจึงทำให้เป็นฉนวนกันความร้อนในตัว อิฐขาวมีพื้นผิวหลายรูปแบบ พื้นเป็นสีขาว |
| 2 | **ภาพที่ 7** ภาพวัสดุอิฐมอญ (ที่มา : Griffith, 2015) | **อิฐมอญหรืออิฐแดง** วัสดุก่อสร้างที่มีรูปแบบลักษณะเป็นก้อน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อนทรงสี่เหลี่ยม มีส่วนผสมเป็นหิน ทรายและดินเหนียว ผ่านการผสม ขึ้นรูปและเผาอบเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ระยะเวลาในการเผาและสัดส่วนการผสมจะขึ้นอยู่กับอิฐแต่ละชนิด นิยมใช้สำหรับก่อผนัง กำแพง ปูพื้น ทั้งนี้การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอิฐแต่ละชนิด ข้อมูลบันทึกโบราณรายงานว่ามีการใช้อิฐครั้งแรกในสมัยอียิปต์โบราณ โดยใช้ดินโคลนในแม่น้ำไนล์ปั้นเป็นก้อนและตากแดดให้แห้ง (สิริพรรณ, 2560) |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 3 | <br>**ภาพที่ 8** ภาพวัสดุอิฐมวลเบาหรือคอนกรีตมวลเบา (ที่มา : Building glue company limited cementech vina, 2017) | **อิฐมวลเบา** มีส่วนผสมคือปูนซีเมนต์, ทราย ละเอียด, ปูนขาว, ยิปซัมและน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละประเภท โดยผสมให้เข้ากันเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี วัสดุอิฐมวลเบาเป็นวัสดุที่มีฟองอากาศจำนวนมากในรูปแบบการกระจายตัวที่เสมอกันทั้งก้อน ทำให้อิฐมวลเบามีน้ำหนักเบา (บริษัท ปูนไทยซีเมนต์ จำกัด, 2556) |
| 4 | <br>**ภาพที่ 9** ภาพอิฐบล็อกหรือบล็อกคอนกรีต (ที่มา : พวงทองซีเมนต์, 2556) | **คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก** เป็นวัสดุที่ผลิตจากซีเมนต์ ทราย หินขนาดเล็กและน้ำ มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมมักมีช่องว่างภายในเพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อน เปราะและแตกง่าย เป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาถูก |
| 5 | <br>**ภาพที่ 10** ภาพผนังวัสดุไม้จริง (ที่มา : อภิสิทธิ์, 2555) | **ไม้จริง** วัสดุซึ่งเป็นผลผลิตจากธรรมชาติ แต่ละชนิดต่างให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน แต่มีคุณสมบัติหลักๆ คือเป็นฉนวนกันไฟฟ้า สามารถเก็บเสียงได้ดี สามารถจัดแบ่งประเภทไม้ตามความแข็งแรงคือไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อแข็งปานกลาง ไม้เนื้ออ่อน |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 6 | <br>**ภาพที่ 11** ภาพผนังไม้เทียม (ที่มา : บริษัท แมกซิส โปรดักส์ จำกัด, 2559) | **ไม้เทียม** หนึ่งในวัสดุทดแทนไม้จริง ไม้สังเคราะห์ที่มีส่วนผสมกับหลายวัตถุดิบโดยที่มีส่วนของไม้จริงผสมอยู่หรือที่เรียกว่า วัสดุคอมโพสิต ปัจจุบันมีการปรับปริมาณและรูปแบบของส่วนผสมเพื่อให้มีความทนทานต่อสิ่งต่างๆมากขึ้น เช่น ไม้อัดที่มีซีเมนต์เป็นส่วนผสมเพื่อให้มีความแข็งแรงและหนาแน่นมากขึ้น มีรูปร่างและรูปทรงที่เลียนแบบไม้จริง |
| 7 |  <br>**ภาพที่ 12** ภาพตัวอย่างวัสดุพลาสติกลูกฟูกแผ่นสำหรับผนัง (ที่มา : Jualairsoftgunmurah, 2017) | **พีวีซีหรือพลาสติก** เกิดขึ้นจากการค้นพบไม้ประเภท ไม้ยาง (gutta-percha) น้ำมันขัดเงา (shellac) ทำให้เกิดการคิดค้นพลาสติกอื่นๆตามมาทั้งจากการสังเคราะห์และจากธรรมชาติ พลาสติกเป็นวัสดุที่สามารถขึ้นรูปได้โดยการอาศัยความร้อน ปัจจุบันมนุษย์ใช้พลาสติกเข้ามาเป็นวัสดุทดแทนการผลิตสิ่งต่างๆ อาจเป็นในรูปแบบการรวมเป็นสารสังเคราะห์และใช้เป็นวัสดุผสม เช่น ไม้ กระจก โลหะ รวมไปถึงเป็นเส้นใยของด้ายที่ใช้ผลิตเสื้อผ้า ด้วยรูปแบบของพลาสติกที่หลากหลายทั้งสีสัน ความโปร่งใส ทึบหนาและยังสามารถนำกลับมาผลิตวนซ้ำใหม่ได้ ทำให้พลาสติกเป็นที่นิยมมาก |
| 8 | <br>**ภาพที่ 13** ภาพผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (ที่มา : Ashwatha Contracts Pvt. Ltd, 2017) | **แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป** วัสดุคอนกรีตเสริมเหล็กมีขนาดใหญ่กว่าวัสดุอิฐบล็อกต่างๆ มีความแข็งแรงทนทานสูง ประหยัดเวลาในการก่อสร้างเนื่องจากขนาดที่ใหญ่ สามารถรับน้ำหนักได้ดี |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 9 | <br>**ภาพที่ 14** ภาพผนังเมทัลชีท<br>(ที่มา : Ricky, 2016) | **วัสดุโลหะผสมรีดแผ่น** มีส่วนผสมของอลูมิเนียมหรือสังกะสี มีสารเคลือบกันสนิม |
| 10 | <br>**ภาพที่ 15** ผนังเหล็กหรือโลหะ<br>(ที่มา : Michael Kai, 2015) | **เหล็กหรือโลหะ** ถูกพัฒนาเหล็กมาเรื่อยๆโดยการถลุงเอาแร่ชนิดอื่นออกจนเหลือเพียงแร่เหล็กบริสุทธิ์และพัฒนาจนเป็น เหล็กกล้า (steel) หรือ เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel) ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแรงคงทน ยืดหยุ่นได้ด้วยความร้อน ทนต่อแรงกระแทกและสามารถรับน้ำหนักได้ดี สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด เหล็กถูกนิยมใช้เป็นสิ่งขึ้นโครงและเป็นตัวยึดเพิ่มความแข็งแรงให้คอนกรีต ในภาคสิ่งก่อสร้าง เหล็กได้ถูกพัฒนาจนกลายเป็นอุตสาหกรรมเหล็กโดยเฉพาะ สามารถจัดทำเหล็กได้ในรูปแบบต่างๆ |
| 11 | <br>**ภาพที่ 16** ผนังอลูมีเนียม<br>(ที่มา : แสงรุ่งเรืองอุตสาหกรรม, 2560) | **อลูมิเนียม** เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา มีผิวมันวาว ทนต่อการผุกร่อน มีหลากหลายรูปแบบ |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 12 | <br>**ภาพที่ 17** ผนังกระจก<br>(ที่มา : Trendir, 2016) | **กระจก** วัสดุซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งของแก้ว ซึ่งมีจุดเริ่มต้นในแถบอียิปต์และเมโสโปเตเมีย จากการบดแร่ซิลิกาหรือควอตซ์ให้ละเอียดผสมกับโซดาและวัสดุที่เป็นด่าง ใช้น้ำผสมยางไม้เพื่อเป็นตัวผสานแล้วอัดลงแบบโลหะ เผาด้วยความร้อนสูงจะได้แก้วเนื้อมันวาวสีขาว ต่อมาได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเรื่อยๆ และหลากหลายมากขึ้น จน เซอร์ อลาสแตร์ ฟิลคิงตัน (Sir Alastair Fikington) ได้ผลิตกระจกที่ดีที่สุดและถูกยอมรับในปัจจุบัน โดยใช้วิธีโฟลตโฟรเซส (Float Process) เนื่องจากเป็นวิธีการผลิตกระจกที่ได้คุณภาพเยี่ยมในขณะที่สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงน้อยกว่าวิธีอื่น กระจกที่นิยมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน จะมีคุณสมบัติคือ โปร่งใส นิยมใช้เป็นวัสดุบริเวณประตูหน้าต่าง |
| 13 | <br>**ภาพที่ 18** ภาพยิปซัมบอร์ด<br>(ที่มา : บริษัท สยามอุตสาหกรรมยิปซัม(สระบุรี) จำกัด, 2560) | **ยิปซัม** หรือแคลเซียมซัลเฟต แร่ยิปซัมในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมนำมาเหมืองแร่ มีกระดาษเป็นส่วนประกอบ พื้นผิวเรียบ ไม่ติดไฟ น้ำหนักเบา |
| 14 |  <br>**ภาพที่ 19** ภาพผนังไฟเบอร์บอร์ด<br>(ที่มา : Eve, 2017) | **ไฟเบอร์ซีเมนต์หรือไฟเบอร์บอร์ด** มีส่วนผสมหลักคือเส้นใยไม้ ซีเมนต์ อัดขึ้นรูปให้แข็งแรง มีความเหนียวดัดโค้งได้ พื้นผิวเรียบ |

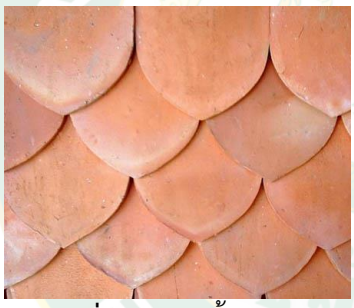
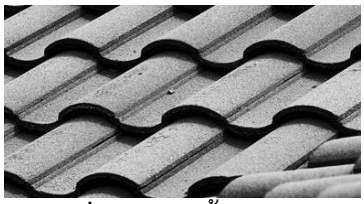
| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 15 |  **ภาพที่ 20** ภาพผนังเซรามิค (ที่มา : Dehtile.com, 2017) | **เซรามิค** วัสดุที่ผลิตจากดินเหนียว ผสมด้วยทรายแร่หรือหิน ขึ้นรูปและเผาด้วยอุณหภูมิสูง สำหรับผนังมักเป็นวัสดุตกแต่งหรือกระเบื้อง ดูดซึมน้ำสูงเป็นวัสดุที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ |
| 16 | **ภาพที่ 21** ผนังดินเผา | **กระเบื้องดินเผา** คือกระเบื้องดินหรือวัสดุอินทรีย์อื่นๆ ปั้น ขึ้นรูปและอบให้แห้งหรือเผา เป็นวัสดุที่ประจำท้องถิ่น เช่น อ่างทองและนครปฐม เป็นต้น แตกหักและบวมได้ง่าย ดูดซึมความร้อนได้มาก (บ.ก. จำกัด, 2560) |
| 17 | **ภาพที่ 22** ภาพผนังกระเบื้องแกรนิต | **กระเบื้องแกรนิต** คือวัสดุเซรามิกชนิดหนึ่ง ทำเลียนแบบหินธรรมชาติหรือหินแกรนิต ผ่านกรรมวิธีการเผาด้วยความร้อนสูง อาจเรียกว่ากระเบื้องแกรนิตโต้ |
| 18 | **ภาพที่ 23** ผนังกระเบื้องพอร์ตเลน | **กระเบื้องพอร์ตเลน** กระเบื้องหนึ่งในกลุ่มเซรามิค เป็นเซรามิคเนื้อขาว มีส่วนผสมของหินและแร่ต่างๆ (บ.บ. จำกัด, 2560) |

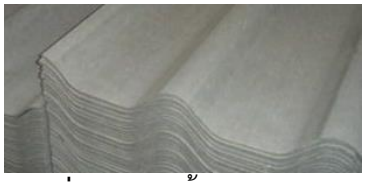
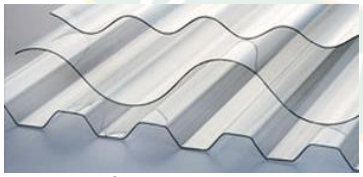
| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 19 | <br>**ภาพที่ 24** ฉนวน<br>(ที่มา : บริษัท สมาร์ท แมทีเรียล แอนด์ เซอร์วิช จำกัด, 2557) | **ฉนวน** วัสดุกันความร้อน กันน้ำ มีหลากหลายส่วนประกอบขึ้นอยู่กับแต่ละตราสินค้า ส่วนใหญ่มีวัตถุดิบโฟม เส้นใยเป็นส่วนประกอบ เป็นวัสดุที่ต้องก่อสร้างซ้อนกับวัสดุอื่น |
| 20 | <br>**ภาพที่ 25** ภาพสีทาบ้าน<br>(ที่มา : สุวิมล, 2560) | **สี** วัสดุก่อสร้างประเภทงานตกแต่งและซ่อมแซม เป็นวัสดุตกแต่งเคลือบผิวชนิดหนึ่ง ช่วยปกป้องวัสดุพื้นอีกหนึ่งชั้น เพิ่มความสวยงาม สีในงานก่อสร้างมักเป็นสีน้ำมัน สีพลาสติก สีอะครีลิค บางชนิดมีรูปแบบการใช้ที่ต้องผสมกับตัวทำละลายอื่นๆ มีผลต่อการสะท้อนแสงและปกป้องวัสดุ |
| 21 | <br>**ภาพที่ 26** ภาพแสดงการทาน้ำยารักษาเนื้อไม้<br>(ที่มา : ศฤงศารค้าไม้, 2557) | **น้ำยาเคลือบ** วัสดุก่อสร้างประเภทงานตกแต่งและซ่อมแซม จะเป็นวัสดุประเภทที่ทำให้ที่อยู่อาศัยสวยงาม ช่วยรักษาเนื้อวัสดุนั้นๆให้มีความคงทนหรือเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้นและซ่อมแซมในบางส่วนของวัสดุที่ชำรุด เช่น สี เคมีภัณฑ์ น้ำมันรักษาเนื้อไม้และยาแนว เป็นต้น ยกตัวอย่างสีที่ใช้ในการก่อสร้าง ถึงแม้สีเป็นวัสดุในส่วนนอกที่ช่วยทำให้ที่อยู่อาศัยมีความสวยงามมากขึ้น แต่สีได้ถูกพัฒนาให้มีคุณสมบัติที่มากกว่าความสวยงาม เช่น สีที่มีคุณสมบัติป้องกันและต่อต้านการทำลายของแมลงและสัตว์ต่างๆ เป็นต้น |

**4. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : หลังคา**

หลังคาส่วนบนของที่อยู่อาศัยที่เป็นส่วนแรกทีต้องโดนแดดและฝน เป็นส่วนที่ป้องกันภัยธรรมชาติต่างๆ การเลือกใช้วัสดุในการมุงหลังคาจึงมีความสำคัญมากเพราะเกี่ยวข้องกับสภาพอากาศภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ แรกเริ่มมนุษย์สร้างที่พักอาศัยโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติเป็นสิ่งกำบังแดดและลม เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ ที่ไม่สามารถบังแดด ลม และฝนได้อย่างสมบูรณ์ จึงได้มีการพัฒนาวัสดุมุงหลังคาต่อมาเรื่อยๆทั้งหินชนวนจากธรรมชาติ โลหะสังกะสี ปูนซีเมนต์กับทรายอัดเป็นแผ่นกระเบื้องหลากหลายวัสดุทั้งทึบแสงเช่น กระเบื้อง เป็นต้นและโปร่งแสงเช่น กระจก เป็นต้น วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาหรือวัสดุมุงหลังคามีจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ กระเบื้องดินเผา, กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องซีเมนต์, กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์, กระเบื้องเซรามิค, พลาสติก (ไฟเบอร์กลาส/โพลีคาร์บอเนต), กระจก, ไม้จริง, ไม้เทียม, โลหะหรือเหล็กและฉนวน โดยมีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 5** ตารางวัสดุประเภทหลังคา

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 1 |  <br>**ภาพที่ 27** กระเบื้องดินเผา<br>(ที่มา : โรงงานกระเบื้องดินเผาแสงบรรพต, 2560) | **กระเบื้องดินเผา** วัสดุที่มีการพัฒนาแรกเริ่มมาจากวัสดุใบตอง หญ้าคาผสมดินเหนียว ขึ้นรูปในลักษณะแผ่น ผ่านการเผา เป็นวัสดุที่มีการผลิตตามท้องถิ่นทั่วไป มีทั้งรูปแบบเคลือบสีและไม่เคลือบสี ใช้มุงหลังคาโดยการวางทับซ้อนกันหรืออาจมุงแบบทับสองชั้นบนระแนงเดียวกัน เป็นวัสดุต้องอาศัยความชำนาญในการก่อสร้าง เนื่องจากเป็นวัสดุขนาดเล็กหากไม่ชำนาญจะใช้เวลาในการก่อสร้างนาน นิยมใช้กับบ้านทรงไทย |
| 2 |  <br>**ภาพที่ 28** กระเบื้องคอนกรีต<br>(ที่มา : No.028, 2559) | **กระเบื้องคอนกรีต** กระเบื้องที่ผลิตจากคอนกรีต จึงทำให้มีน้ำหนักมากกว่ากระเบื้องชนิดอื่น ต้องมีโครงสร้างฐานรองรับที่น้ำหนักที่แข็งแรง ตัวกระเบื้องมีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพอากาศ |

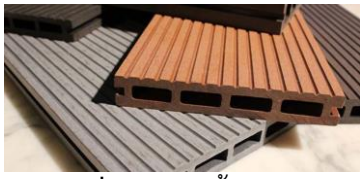
| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 3 |  **ภาพที่ 29** กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน (ที่มา : รัตนาวดี, 2557) | **กระเบื้องซีเมนต์**ที่มีส่วนผสมคือทราย ใยหิน ซีเมนต์และน้ำ หนึ่งชนิดในวัสดุของกระเบื้องลอนคู่ มีคุณสมบัติกันไฟ |
| 4 | **ภาพที่ 30** กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ | **กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์** วัสดุที่มีส่วนผสมของคอนกรีตดินเหนียวและใยไม้ เนื่องจากมีการผสมไฟเบอร์ทำให้น้ำหนักเบากว่ากระเบื้องคอนกรีต สามารถทนไฟได้ เป็นวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ (บางใหญ่ค้าวัสดุภัณฑ์, 2560) |
| 5 | **ภาพที่ 31** กระเบื้องเซรามิค | **กระเบื้องเซรามิค** ถูกนิยมนำมาใช้เนื่องจากพื้นผิวมีลักษณะมันวาวสะท้อนแสงได้ พื้นผิวเรียบ (No.028, 2559) |
| 6 |  **ภาพที่ 32** ไฟเบอร์กลาส | **ไฟเบอร์กลาส** เป็นวัสดุที่ยอมให้แสงผ่าน มีน้ำหนักเบา ใช้ในบริเวณที่ต้องการให้มีแสงสว่าง สามารถดัดโค้งได้ (Wuxi YanYang international trading Co., Ltd., 2016) |
| 7 | **ภาพที่ 33** หลังคากระจก | **กระจก** เป็นวัสดุที่เปราะง่าย โปร่งแสง แสงสว่างเข้าสู่ตัวบ้านได้มาก (Marchal, 2017) |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 8 | <br>**ภาพที่ 34** หลังคาไม้จริง | **ไม้จริง** หลังคาไม้มีมานานตั้งแต่ในช่วงแรกๆที่มนุษย์เริ่มสร้างบ้าน มักใช้ไม้ ใบไม้ มาซ้อนทับกันเพื่อกันแดดกันฝน แต่ปัจจุบันไม้จริงลดน้อยลง จึงมีการแปรรูปไม้หรือวัสดุเลียนแบบเนื่องจากหลังคาให้ความรู้สึกเป็นธรรมชาติ พบง่ายในแบบบ้านทรงไทย (Nucifer, 2012) |
| 9 | <br>**ภาพที่ 35** ไม้เทียม | **ไม้เทียม** หลังคาไม้เทียม วัสดุลอกเลียนไม้ มีส่วนผสมของซีเมนต์และใยไม้ ให้รูปลักษณ์ไม่ต่างจากไม้จริง แต่มีความทนทานที่สูงกว่า (บริษัท ไอดี รูฟ เทรดดิ้ง จำกัด, 2559) |
| 10 | <br>**ภาพที่ 36** หลังคาโลหะหรือเหล็ก<br>(ที่มา : Mike’s roofing LLC, 2017) | **โลหะ** วัสดุหลังคาโลหะมีหลากหลายชนิด ทั้งเหล็ก อะลูมิเนียม สังกะสี เป็นต้น มักที่เหมาะกับบ้านพักอาศัยที่มี รูปลักษณ์ทันสมัย ยกตัวอย่างแผ่นเมทัลชีทหรือแผ่นเหล็กรีดลอน เป็นวัสดุไม่กันเสียง สามารถก่อสร้างโดยใช้องศาหลังคาได้ลาดเอียงต่ำสุดถึง 2 องศา เหมาะกับอาคารที่มีพื้นที่ช่วงเสากว้างๆ |
| 11 | <br>**ภาพที่ 37** ฉนวนหลังคา<br>(ที่มา : สุวนัย, 2554) | **ฉนวน** วัสดุสำเร็จรูป สำหรับหลังคาฉนวนมีความสำคัญมากต่อการกรองอุณหภูมิจากหลังคา หรือกันน้ำรั่วซึมเข้าสู่บ้าน ฉนวนมีหลายรูปแบบทั้งฉนวนอากาศ ฉนวนกันความร้อนโฟม ใยหิน ฉนวนที่ท้อนความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการก่อสร้างและวัสดุมุงหลังคา |

**5. ประเภทของวัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร : พื้น**

วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นฐานของบ้าน ทั้งนี้วัสดุที่ทำการศึกษาเป็นวัสดุทั้งภายในและภายนอก แบ่งออกเป็น 11 ประเภท ได้แก่ คอนกรีตสำเร็จรูป, ไม้จริง, ไม้ปาร์เกต์, ไม้เทียม, พลาสติก, กระเบื้องเคลือบ/กระเบื้องดินเผา, กระเบื้องยาง, เซรามิค, กระเบื้องพอร์ตเลน, หินธรรมชาติและวัสดุเคลือบผิว

**ตารางที่ 6** ตารางวัสดุประเภทพื้น

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 1 | **ภาพที่ 38** ภาพคอนกรีตสำเร็จรูป | **คอนกรีตสำเร็จรูป**หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นวัสดุขนาดใหญ่ แข็งแรงทนทานสูง ทำให้ประหยัดเวลาในการก่อสร้าง มีคุณสมบัติสามารถรับน้ำหนักได้ดี (Yuinoukin, 2017) |
| 2 | **ภาพที่ 39** ภาพวัสดุพื้นไม้จริง | **ไม้จริง** วัสดุธรรมชาติ ซึ่งลักษณะของแผ่น ขนาด และคุณสมบัติขึ้นอยู่กับประเภทของไม้ (พัชรินทร์, 2558) |
| 3 | **ภาพที่ 40** พื้นไม้ปาร์เกต์ | **ไม้ปาร์เกต์** วัสดุไม้จริงชิ้นเล็กที่นำมาปูพื้นด้วยการเรียงต่อกัน มีทั้งรูปแบบไม้ที่มีลิ้นต่อกันและไม้เปล่าประสานด้วยกาวแล้วขัดให้เป็นพื้นเรียบระนาบเดียวกัน (อภิณห์พร, 2558) |
| 4 |  **ภาพที่ 41** ภาพพื้นไม้เทียม (ที่มา : WPChungary, 2017) | **ไม้เทียม** วัสดุทนแทนไม้ สำหรับพื้นหมายรวมถึงวัสดุคอมโพสิตต่างๆที่มีรูปแบบทดแทนไม้จริงหรือที่เรียกว่าไม้สังเคราะห์ เช่น ไม้เทียมไฟเบอร์ซีเมนต์ ไม้อัดซีเมนต์ เป็นต้น |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 5 | <br>**ภาพที่ 42** พื้นพลาสติก<br>(ที่มา : Fotovika, 2017) | **พลาสติก** หรือวัสดุที่มีส่วนพลาสติกเป็นหลัก เป็นวัสดุจำพวกพื้นประเภทวัสดุเลียนแบบไม้และพื้นทนน้ำที่นิยมใช้บริเวณริมน้ำ บางแบบเป็นวัสดุที่สามารถผลิตซ้ำได้ |
| 6 | <br>**ภาพที่ 43** พื้นกระเบื้องดินเผา<br>(ที่มา : บริษัท เฮ้งมุ่ยหลี อิฐ บ.ป.ก. จำกัด, 2560) | **การเบื้องดินเผาหรือกระเบื้องดินเผา** พื้นกระเบื้องที่วัสดุเป็นดินเหนียว ปั้น อัดเป็นแผ่น ผลิตโดยใช้การเผา มีพื้นทั้งผิวด้านและผิวเคลือบ |
| 7 | <br>**ภาพที่ 44** พื้นกระเบื้องยาง<br>(ที่มา : Ira, 2017) | **กระเบื้องยาง**หรือกระเบื้องไวนิล สามารถติดลงบนพื้นงานเก่าได้โดยไม่ต้องรื้อออก |
| 8 | <br>**ภาพที่ 45** พื้นกระเบื้องเซรามิค<br>(ที่มา : Carter, 2017) | **กระเบื้องเซรามิค** กระเบื้องดินเผารูปแบบหนึ่ง มีรูปแบบและพื้นผิวที่หลากหลาย ติดตั้งด้วยวิธีการฉาบกาวบนพื้นคอนกรีต |
| 9 | <br>**ภาพที่ 46** กระเบื้องพอร์ตเลน | **กระเบื้องพอร์ซเลน** กระเบื้องที่มีส่วนผสมของเซรามิคเนื้อขาว ส่วนใหญ่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ (ศศิ, 2559) |

| ลำดับ | ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 10 | <br>**ภาพที่ 47** กระเบื้องหินธรรมชาติ (ที่มา : Yunfu Weijie Stone Co.,LTD, 2017) | **หินธรรมชาติ** ปรับแต่งให้เป็นทรง มีหลายชนิด เช่น หินอ่อน บะซอลต์ แกรนิต เป็นต้น |
| 11 | <br>**ภาพที่ 48** วัสดุเคลือบพื้นผิว | **วัสดุเคลือบผิว** สำหรับทาพื้นจะขึ้นอยู่กับวัสดุปู เช่น ไม้ เคลือบผิวด้วยน้ำยาเคลือบไม้ กันซึม เป็นต้น (TKS chemical(Thailand) Co.) Co.,LTD., 2558) |

**6. คุณสมบัติความทนทานของวัสดุก่อสร้างต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

6.1 คุณสมบัติทนร้อน

สำหรับคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่ออากาศร้อนหรือความร้อน โดยใช้รูปแบบที่สามารถวัดค่าอากาศร้อนได้คืออุณหภูมิ ซึ่งคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างที่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงที่การศึกษานี้ใช้จะประกอบไปด้วย ค่าประสิทธ์ถ่ายเทความร้อนหรือ U-Value หน่วยคือวัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน ($W/m^2K$), ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหรือ K-Value หน่วยคือวัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/mK) และค่าต้านทานความร้อนหรือ R-Value หน่วยคือตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ ($m^2K/W$) ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์ในการคำนวณหา OTTV หรือ RTTV ซึ่งเป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ทำให้ทราบถึงการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร มีผลต่อสภาวะการอยู่อาศัยและการใช้พลังงานภายในบ้าน

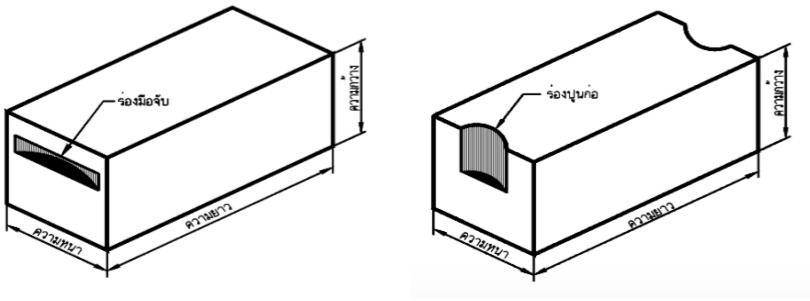
6.2 คุณสมบัติทนน้ำ

คุณสมบัติความทนทานต่อน้ำที่เลือกใช้คือ ค่าการดูดซึมของน้ำ (Water Absorption หน่วยคือร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ %) ค่าการยอมให้น้ำผ่าน (Water penetration หน่วยคือร้อยละ) และการผ่านการทดสอบการบวมตัว (Swell test หน่วยคือร้อยละ) ตัวแปรทั้งสามตัวนี้มีผลต่อการเปลี่ยนรูปของวัสดุโดยเฉพาะค่า swell test มักปรากฏการทดสอบนี้กับมาตรฐานวัสดุต่างประเทศ

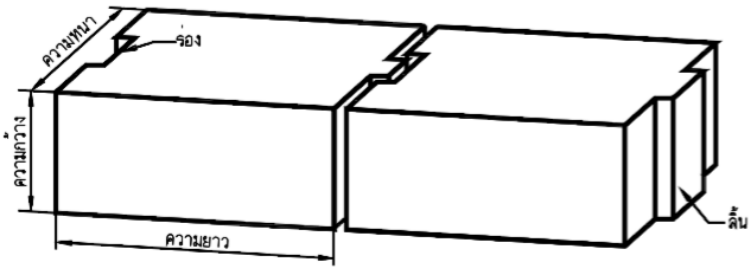
**7. คุณลักษณะและมาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ**

7.1 มาตรฐานอุตสาหกรรม 1505-2541 : ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ

มาตรฐานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505-2541 ระบุให้มีร่อง และลิ้นของคอนกรีตมวลเบาได้ โดยควรมีขนาดไม่เล็กกว่าหนึ่งส่วนเจ็ดและไม่ควรเกินสองส่วนห้าของความหนาต่อหนึ่งก้อนคอนกรีตมวลเบา ซึ่งแต่ละด้านสามารถมีร่องและลิ้นได้หลายแนว




**ภาพที่ 49** ภาพตัวอย่างข้อกำหนดร่องก่อและร่องมือจับ




**ภาพที่ 50** ภาพตัวอย่างข้อกำหนดลิ้นและร่องของคอนกรีตมวลเบา

ขนาดที่แนะนำคือกว้าง 200 มิลลิเมตร 300 มิลลิเมตรและ 400 มิลลิเมตร ความยาวคือ 600 มิลลิเมตร สามารถคาดเคลื่อนได้เล็กน้อย ความหนาคือ 75, 90, 100, 125, 150, 175, 200 และ 250 มิลลิเมตร โดยมุมฉากแนวฉากไม่ควร 1 มิลลิเมตรเมื่อวัสดุกว้าง 300 มิลลิเมตร

7.2 มาตรฐานอุตสาหกรรม 2601-2556 คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ

สำหรับมาตรฐานคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มีข้อกำหนดขนาดและเกณฑ์ความคาดเคลื่อนดังนี้ คอนกรีตความมีความสูง 200 มิลลิเมตร คาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร ความยาว 300, 400, 500 และ 600 มิลลิเมตร คาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ความหนาให้เป็นไปตามที่ระบุบนฉลาก คาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตรความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศคือความหนาแน่นเชิงปริมาณในสภาพแห้ง สามารถแบ่งออกเป็นชั้นคุณภาพ ตั้งแต่ C6 ถึง C16 เริ่มตั้งแต่ 501 ถึง 600 ไปจนถึง 1401 ถึง 1600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

7.3 มาตรฐานอุตสาหกรรม 878-2532 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

แผ่นไม้อัดความหนาแน่นสูงนี้มีความหนาแน่นตั้งแต่ 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดที่แนะนำคือ ความกว้าง 600, 900 และ 1200 มิลลิเมตร ความยาวคือ 1200, 1800 และ

2,400 มิลลิเมตร ความหนาไม่ควรหนาน้อยกว่า 6 และแนะนำความหนาตั้งแต่ 6, 12 และ 20 คาด เคลื่อนไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

**8. หลักการในการออกแบบ**

8.1 นิยามของวัสดุ

นิยามของวัสดุก่อสร้างที่ดี โดยคลาร์ก สเนล (Clarke Snell) สถาปนิก นักออกแบบและนักวิจัยเกี่ยวกับที่อยู่อาศัย ได้ให้นิยามความหมายของวัสดุก่อสร้างที่ดีไว้ในหนังสือ The Good House Book คือต้องมีสิ่งสำคัญ 3 ข้อ คือ 1. หาได้ง่าย 2. สามารถใช้งานได้ง่าย 3. วัสดุนั้นสามารถใช้งานได้สมประโยชน์หรือไม่

“หาได้ง่าย หมายถึง มีอยู่ในพื้นที่อย่างเพียงพอ ใช้งานได้ง่าย หมายถึงไม่ต้องมีกระบวนการผลิตมากมายก่อนที่จะนำไปใช้งานได้ ใช้งานได้สมประโยชน์ หมายถึงความสามารถที่จะตอบสนองต่อการใช้งานอย่างได้ผล และผ่านการทดสอบมาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน” (สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ (asa), 2560)

8.2 แนวคิดยอมรับและปรับตัว

แนวคิดยอมรับและปรับตัว คือแนวความคิดที่ยอมรับต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้น โดยวัสดุที่สร้างจากแนวคิดนี้ จะสามารถปรับตัวเข้ากับเหตุการณ์โดยที่ไม่ฝืนต่อแรงธรรมชาติ อาจเป็นไปในรูปแบบของวัสดุที่เบาไม่ทนต่อแรงต่างๆ เช่น วัสดุก่อสร้างที่ลอยน้ำได้ เป็นต้น นอกจากวัสดุก่อสร้างแล้วยังมีการออกแบบที่อยู่อาศัยลอยน้ำได้ที่ใช้แนวคิดการปรับตัวให้สามารถเข้ากับปัญหา โดยบริษัท FDN จากประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งได้ออกแบบบ้านลอยน้ำและบ้านต้านภัยต่างๆ โดยออกแบบตามหลักอุทกพลศาสตร์ เพื่อให้สามารถอาศัยอยู่ได้จริงและลดความเสียหายที่มักเกิดจากภัยอุทกภัย

**ภาพที่ 51** ภาพบ้านลอยน้ำที่ออกแบบมาเพื่อรับมือกับสถานการณ์น้ำท่วม

(ที่มา : มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย, 2557)

8.3 แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกใช้หรือเลือกซื้อวัสดุของผู้บริโภค

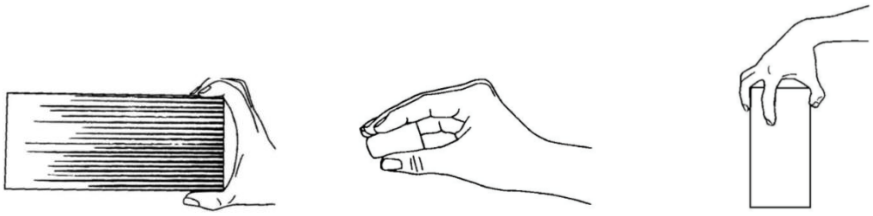
แนวคิดในการตัดสินใจของผู้บริโภค มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยเนื่องจาก ในการออกแบบผู้ออกแบบต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้าง ซึ่งความต้องการของผู้บริโภคมีผลต่อการออกแบบอย่างมาก ดังนั้นจึงศึกษาการตัดสินใจเลือกซื้อเลือกใช้ของผู้บริโภคเพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบและการให้ข้อเสนอแนะ

แนวคิดทางการตลาดของ ฟิลลิป คอตเลอร์ (Philip Kotler) ผู้นำเสนอแนวคิดหลักการทางการตลาด (Marketing Mix : 4P) ซึ่งประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ (Product), ราคา (Price), ช่องทางการจำหน่าย (Place) และการส่งเสริมการจำหน่าย (Promotion) โดยประเด็นสำคัญที่การศึกษานี้นำทฤษฎีข้างต้นไปใช้ คือผลิตภัณฑ์หรือสินค้า (Product) การศึกษานี้เห็นความสำคัญของเกณฑ์คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่ออากาศร้อนและน้ำท่วม ในส่วนของราคา (Price) และช่องทางการจำหน่าย (Place) เป็นปัจจัยที่ไม่ได้ทำการศึกษา ปัจจัยสุดท้ายคือ การส่งเสริมการจำหน่าย (Promotion) การศึกษานี้รวบรวมปัจจัยดังกล่าวร่วมกับข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งต้องพบในช่วงการลงพื้นที่รวบรวมข้อมูล ทั้งจากการโฆษณาที่ตัวบรรจุภัณฑ์และการสอบถามข้อมูลจากพนักงานขาย (ส.อ.ถนอม, 2557)

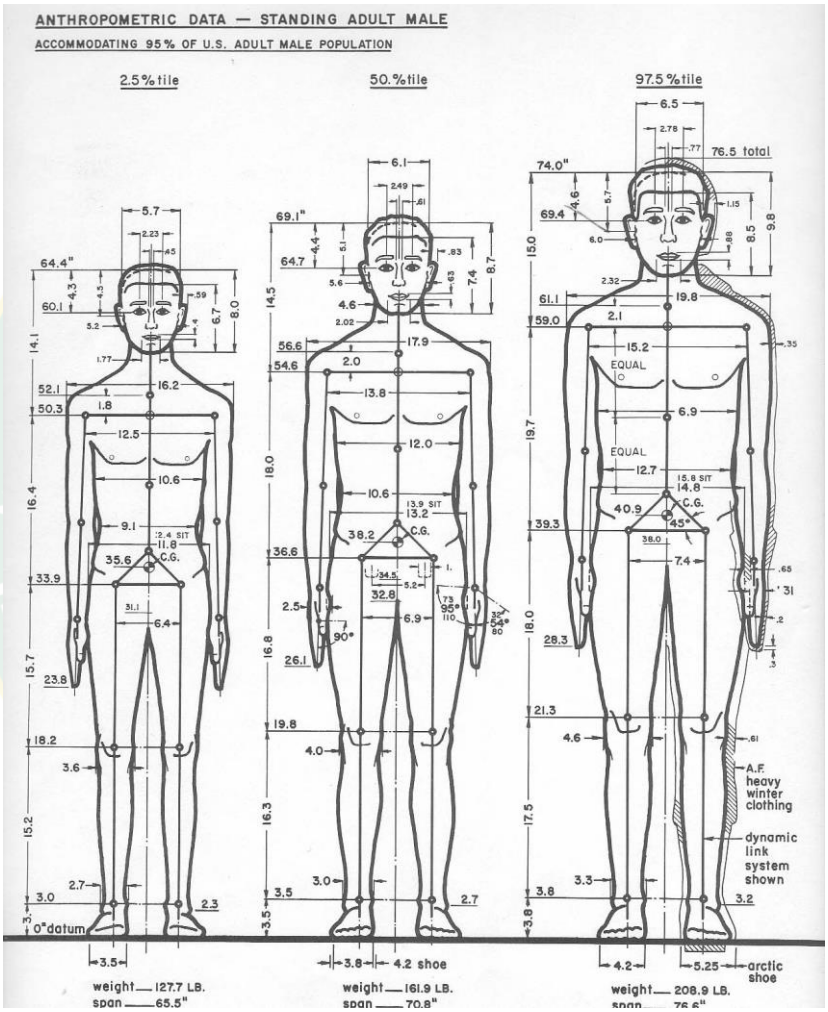
8.4 การยศาสตร์ (Ergonomics)

หลักการที่อธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายของคนขณะทำงาน โดยสมาคมวิชาการที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์การทำงานของระบบร่างกายและการทำงาน เช่น Ergonomics Research Society ได้อธิบายถึงความหมายของศาสตร์นี้ว่า เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม เชื่อมโยงกับการปฏิบัติงานของคน เพื่อหาลักษณะของการทำงานของร่างกายที่เหมาะสม ทั้งขนาดของรูปร่างและสัดส่วน เพื่อให้เกิดการออกแบบที่เหมาะสมกับการทำงานและเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

หลักการยศาสตร์ที่การศึกษานี้นำมาใช้คือ สัดส่วนของร่างกายมนุษย์ โดยใช้สัดส่วนของคนเอเชียทั้งชายและหญิงในวัยทำงาน ส่วนแรกที่นำมาใช้คือสัดส่วนของการหยิบจับสิ่งของ ผู้ชายเอเชียมีขนาดฝ่ามือประมาณ 4 นิ้ว ช่วงขนาดที่นิ้วสามารถทำงานได้อย่างถนัดคือการหยิบจับในช่วง 1.03 โดยประมาณ ความกว้างของช่วงแขนและไหล่มีผลต่อการออกแบบเช่นกัน โดยคนเอเชียมีช่วงความกว้างของการทำงานที่เหมาะสมกับช่วงไหล่กว้างประมาณ 60 ถึง 80 เซนติเมตร



**ภาพที่ 52** ภาพตัวอย่างข้อกำหนดลิ้นและร่องของคอนกรีตมวลเบา



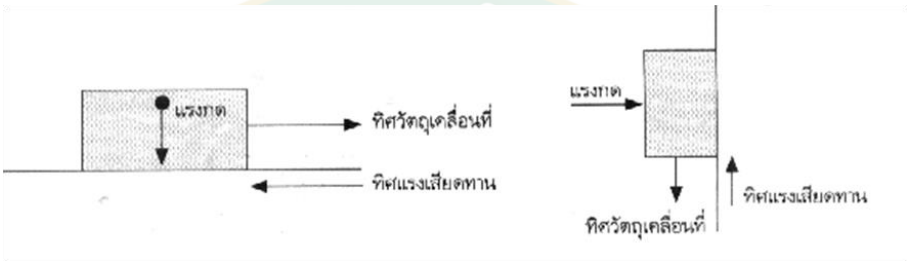

**ภาพที่ 53** ภาพขนาดสัดส่วนของผู้ชาย

(ที่มา : bodypart.science, 2018)

8.5 หลักของแรงเสียดทาน

หลักของแรงเสียดทาน คือหลักการอธิบายแรงที่กระทำกับวัตถุเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของพื้นผิวของวัตถุสองอย่างที่สัมผัสกัน ณ ทิศทางตรงกันข้ามกัน ปัจจัยต่อไปนี้มีผลต่อแรงเสียดทาน ดังนี้ ลักษณะของพื้นผิวมีผลต่อแรงเสียดทาน ผิวเรียบมีแรงเสียดทางน้อยกว่าผิวขรุขระ หากแรงกดที่พื้นผิวสัมผัสมากแรงเสียดทานก็จะมากตาม ชนิดของผิวสัมผัสที่ต่างกัน ให้แรงเสียดทางที่ต่างกัน เช่น วัสดุลื่นและวัสดุผิวหยาบมีแรงเสียดทานต่างกัน กล่าวคือ พื้นผิวที่ลื่นมีแรงเสียดทานที่ต่ำ

ดังนั้น พื้นผิวที่มีแรงเสียดทานต่ำย่อมเกิดการยึดเกาะของฝุ่นผงและคราบสกปรกได้ยาก จึงเป็นข้อแนะนำในส่วนของการออกแบบในเรื่องของพื้นผิว (ศิริรัตน์, 2552)




**ภาพที่ 54** ภาพลักษณะของแรงเสียดทาน

8.6 หลักการอนุรักษ์พลังงาน ของเจมส์ เพรสคอต จูล (Thermal energy)

หลักการที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของพลังงาน ซึ่งความร้อนถือเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูลของหลักการดังกล่าวมาเพื่อสนับสนุนในการแนะนำการเลือกใช้วัสดุเท่านั้น โดยมีหลักการการเกิดความร้อนและไฟคือ ไฟไหม้เกิดจากเชื้อเพลิงและออกซิเจน ดังนั้นวัสดุหรือวัตถุดิบที่เลือกใช้จะต้องไม่ใช่วัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง จึงจะช่วยลดการเกิดอัคคีภัย (DG, 2017)

8.7 หลักการดูดซึม (Absorption)

การดูดซึมคือการที่วัสดุชนิดหนึ่ง มีการดูดซึมแก๊ส ของเหลว หรือของแข็งเข้าไปในตัววัสดุ จัดเป็นกระบวนการทางเคมีหรือฟิสิกส์รูปแบบหนึ่ง ชนิดของวัสดุหรือวัตถุมีผลต่อปริมาณการดูดซึม ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วในการไหลผ่านหรือไหลซึม ดังนั้น วัตถุดิบของวัสดุก่อสร้างจะมีผลต่อการดูดซึม ทั้งนี้ความพรุนของวัสดุดังกล่าวก็มีผลต่อการดูดซึมเช่นกัน (Diffen, 2017)

8.8 หลักการมอดูลัส (Young's modulus)

คือหลักการวัดความยืดหยุ่นหรือความแข็งแกร่งของวัตถุ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเครียด (Stress) ที่วัตถุต้องเจอ สัมพันธ์กับค่าความหนาแน่น การศึกษานี้ไม่ได้มีการคำนวณค่าหรือวิเคราะห์ค่าการต้านแรงอัดหรือค่าความแข็งแรงของวัตถุโดยตรง แต่ศึกษาหลักการนี้เบื้องต้นเพื่อเพิ่มความเข้าใจและ

ที่มีของค่าความหนาแน่น ค่าแรงอัด ที่มักปรากฏในการแสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งใช้ประกอบในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความหนาแน่นสูงหรือค่าความยืดหยุ่นสูง (James, 2016)

8.9 หลักการหักเหของสเนล (Snell's Law)

การหักเหของแสงมีผลต่อวัสดุ ส่งผลต่อการดูดซึมความร้อน วัสดุผิวเรียบมีมุมการตกกระทบรังสีสะท้อนที่เรียงตัวเป็นระนาบ ทำให้สะท้อนแดดได้ดีซึ่งตรงกันข้ามกับผิวขรุขระ หลักการนี้มีผลในการตัดสินใจหรือให้คำแนะนำในการเลือกใช้วัสดุที่เกี่ยวข้องกับพื้นผิว กล่าวคือ วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบจะสะท้อนแสงได้ดีดังนั้นจะดูดความร้อนต่ำ (ดร.ศรัณย์, 2558)

**9. หลักการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์**

9.1 ทฤษฎีการหาช่องว่าง (Gap Analysis)

ทฤษฎีการหาช่องว่าง เป็นทฤษฎีที่มีการคิดค้นโดย อิกอร์ แอนซอฟฟ์ (Igor Ansoff) ทฤษฎีการหาช่องว่างคือทฤษฎีที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการเกิดช่องว่าง เป็นวิธีการหาที่มาของช่องว่างดังกล่าวว่าเกิดจากอะไร ทำไมถึงเกิด เมื่อได้คำตอบแล้วจึงมีการพัฒนาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปิดช่องว่างดังกล่าว สมมุติฐานของทฤษฎีนี้สามารถปรับใช้ได้กับหลายแนวทาง ช่องว่างของผลิตภัณฑ์ (Gap Analysis) คือหนึ่งรูปแบบของทฤษฎีที่การศึกษานี้นำมาใช้

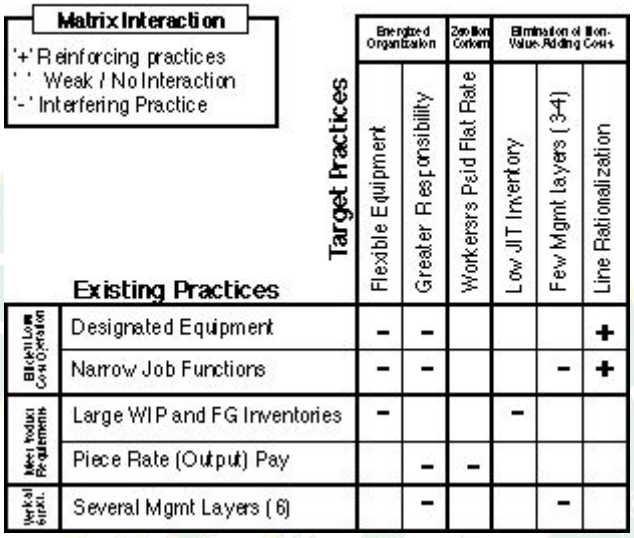
9.2 หลักการวิเคราะห์โดยการใช้แผนผังเมตริกซ์ (Matrix Diagrams)

แผนผังเมตริกซ์มีหลายชนิด สำหรับการศึกษานี้ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนผังที่ประกอบไปด้วยข้อความในแนวตั้งและแนวนอน หรือที่เข้าใจง่ายว่า ตาราง การวิเคราะห์ด้วยการใช้ตารางหรือแผนผังเมตริกซ์สามารถทำได้ด้วยวิธีการจัดเรียงข้อมูลในแนวตั้งและแนวนอน แล้วกรอกข้อมูล ณ จุดตัดของทั้งแนวตั้งและแนวนอน วิธีนี้เป็นวิธีที่ช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนใหญ่ข้อความที่ระบุในแนวนอน จะเป็นข้อความหรือปัจจัยที่ค่อนข้างมีความสำคัญ มักเป็นตัวกำหนดค่าที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อความในแนวตั้ง ในส่วนของแนวตั้งจะเป็นข้อความที่สามารถเพิ่มเติมไม่สิ้นสุด ทั้งนี้รูปแบบการสร้างตารางหรือกำหนดหัวข้อปัจจัยจะสามารถสลับและปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับแต่ละจุดประสงค์ของการศึกษา (สุนีรัตน์, 2559)

หลักการวิเคราะห์โดยใช้ตารางเมตริกซ์รูปแบบหนึ่งคือ การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค หรือ Quality Function Deployment คือหลักการวิเคราะห์รูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภคเพื่อนำไปสู่แนวทางในการวางแผน ออกแบบและควบคุม เพื่อให้ได้ความหมายของความต้องการของผู้บริโภคที่ชัดเจน การศึกษานี้ใช้หลักการวิเคราะห์ดังกล่าวมาใช้เพื่อแปลความ

ต้องการของลูกค้ามาเป็นคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์จะถูกเรียกว่า บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมสร้างให้เป็นรูปแบบตาราง (Erik & Marshall) ที่แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างหลายปัจจัย รูปแบบตารางที่เรียบง่ายที่สุดคือรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย 2 ทาง คือแนวตั้งและแนวนอนชั้นเดียว ทั้งนี้รูปแบบตารางอาจมีความซับซ้อนเป็นตารางหลายชั้นเชื่อมโยงกัน ขึ้นอยู่กับแต่ละรูปแบบที่ผู้จัดทำต้องการ (Trizit, 2556)

*Transition Matrix*




**ภาพที่ 55** ภาพตัวอย่างเมตริกซ์ จากบทความ “The Matrix of Change: A Tool for Business Process Reengineering”
(ที่มา : Erik, 1997)

## 10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร (2550) ผู้วิจัยการพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในทาวน์เฮาส์ โดยนำเสนอการจัดทำหลักเกณฑ์และแนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือการพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำในการเลือกใช่วัสดุเปลือกอาคารเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารที่พักทาวน์เฮาส์ 2 ชั้น โดยรวบรวมข้อมูลด้านลักษณะการออกแบบอาคาร ช่องหน้าต่างและวัสดุเปลือกอาคารเพื่อนำมาจำลองลักษณะการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม DOE-2.1E เพื่อปรับปรุงให้อาคารสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 10 ผลจากการศึกษาและจำลองการลดพลังงานดังกล่าวคือการนำค่าความต้านทานความร้อนรวมของเปลือกอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก มาให้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำในการออกแบบ ซึ่งการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน

อนาคต เนื่องจากมีวิธีการรวบรวมข้อมูลและพยายามแสดงผลการรวบรวมในรูปแบบตารางเพื่อหาเกณฑ์ใหม่ที่เหมาะสมในการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร เป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์มุ่งไปในทิศทางเดียวกัน (ผศ.ดร.อรรจน์, 2007)

10.2 แนวทางการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐในประเทศไทย หัวข้อวิจัยของจิราพรชร เลิศศักดิ์วิมาน ที่มีวัตถุประสงค์ศึกษาแนวทางการเลือกปฏิบัติตามหัวข้อเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว โดยรวบรวมความคิดเห็นของบุคลากรในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร แล้วประเมินโดยให้คะแนนจากสูงไปต่ำ พบว่าอาคารราชการของไทยจำนวนกว่าร้อยละ 50 สามารถปฏิบัติตามเกณฑ์ดังกล่าวได้ และได้ทำการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งพบว่ามีการลดการใช้ไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 42 อีกทั้งยังวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการทำปฏิบัติตามเกณฑ์ต่างๆ อาคารระดับ CERTIFY SILVER และ GOLD จะคืนทุนในระยะเวลาประมาณ 1 ถึง 5 ปี อาคารขนาดใหญ่ พื้นที่มากกว่า 10,000 ตารางเมตร จะมีระยะคืนทุน 10 ปี ทั้งนี้หลังจากการเสนอแนวทางการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวแล้ว บุคคลากรในองค์กรภาครัฐมีความคิดเห็นว่าการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินทำให้การปฏิบัติงานง่ายขึ้น ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่คล้ายคลึงกับงานวิจัยช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่พัฒนาเกณฑ์มาตรฐานให้มีการใช้งานที่ง่ายขึ้น ผู้บริโภคหรือผู้ใช้งานสามารถเข้าใจเกณฑ์ดังกล่าวและนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น (จิราพัชร, 2017)

10.3 Oluwole P.Akadiri MSc (2011) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการก่อสร้าง โดยการสร้างเครื่องมือ SAC (Sustainable Assessment Criteria) เพื่อคัดกรองหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกณฑ์สำหรับวัสดุที่เหมาะสม โดยรวบรวมหลักการและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวัสดุ ทำการรวบรวมวัสดุก่อสร้างแล้วใช้การวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process) ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสามารถของนักออกแบบและสถาปนิกในการตระหนักสิ่งแวดล้อม ด้วยการหาปัจจัยและให้คะแนน สร้างความพันธ์พร้อมกับเครื่องมือ SPSSและExcel ร่วมกับการวิเคราะห์การคัดเลือกวัสดุก่อสร้าง เชื่อมโยงกับการวิเคราะห์ดัชนีที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คะแนนกับการเลือกใช้วัสดุและหาวัสดุที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ค่าเกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ดังนี้ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือผลค่าดัชนีสูงสุด ($0.8 \leq RI \leq 1$) รองลงมาค่าดัชนีสูงถึงปานกลาง ($0.6 \leq RI \leq 0.8$) ค่าปานกลาง ($0.4 \leq RI \leq 0.6$) ปานกลางถึงต่ำ ($0.2 \leq RI \leq 0.4$) และต่ำสุดคือ ($0 \leq RI \leq 0.2$) ซึ่งสองปัจจัยที่มีค่าความสัมพันธ์สูงสุดคือเศรษฐกิจและสังคม กล่าวคือเมื่อจะต้องสร้างเกณฑ์สำหรับวัสดุเหมาะสมควร

ต้องคำนึงถึงสองปัจจัยนี้ จากการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลว่า ความรู้ของนักออกแบบและสถาปนิกไม่สามารถแปลงความทนทานของวัสดุก่อสร้างที่อาจได้รับผลเสียหรือสร้างผลเสียกับสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับการเลือกความสัมพันธ์ของการเกณฑ์วัดวัสดุที่เหมาะสม (MSc, 2011)

10.4 เสาวนีย์ ณรงค์ฤทธิ์เดโช (เสาวนีย์) ได้ทำการศึกษาในหัวข้อเรื่อง การเลือกวัสดุก่อสร้างและวัสดุตกแต่งภายในตามเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวสำหรับประเทศไทย : กรณีศึกษา บ้านเดี่ยวพักอาศัยในโครงการบ้านจัดสรร มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและวัสดุตกแต่งสำหรับบ้านเดี่ยว โดยการประเมินและให้คะแนนวัสดุในแต่ละประเภท ร่วมกับเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ LEED (ในหมวดวัสดุ) โดยได้ผลสรุปคือ การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและตกแต่งภายในบางส่วนยังไม่สอดคล้องตามเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว ซึ่งเป็นผลสอดคล้องกับผลการรวบรวมข้อมูลผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตและเทคโนโลยีในประเทศไทย ที่พบว่ามีวัสดุก่อสร้างเพียงร้อยละ 41 ที่ผ่านเกณฑ์อาคารสีเขียว แต่ไม่ผ่านประเมินตามเกณฑ์วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งร้อยละ 41 นั้นไม่ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคเท่าที่ควร หมายถึงมีผู้บริโภคจำนวนน้อยที่เลือกใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศไทยที่ผ่านเกณฑ์อาคารเขียวและผ่านเกณฑ์วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลมาจากวัสดุพื้นถิ่น (วัสดุที่ควรสนับสนุนให้มีการผลิตสูง แต่ไม่สามารถผลิตได้เนื่องจากเทคโนโลยีและผู้ผลิตยังไม่มีประสิทธิภาพหรือมีความก้าวหน้ามากพอ) จึงทำให้มีจำนวนวัสดุที่ผ่านเกณฑ์อาคารเขียวและวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่ต่ำตาม (เสาวนีย์, 2555)

10.5 ดนุพล ตันนโยภาส ได้ทำการศึกษาวิจัยกระเบื้องเซรามิคมวลเบาชนิดใหม่ทำจากหางดินขาวและเถ้าลอยไม้ยางพารา โดยใช้วัสดุหางแร่ดินขาวเป็นวัสดุหลักแล้วเติมเถ้าลอยไม้ยางพาราซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของกระเบื้อง จากการทดลองทั้งหมดแผ่นกระเบื้องสูตรผสมหางแร่ดินขาวร้อยละ 90 และเถ้าลอยไม้ยางพาราร้อยละ 10 โดยใช้ไฟเผาที่ 1150 องศาเซลเซียสจะได้ส่วนผสมกระเบื้องที่ดีที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักเบาเนื่องจากเถ้าลอยไม้ยางพาราที่ช่วยลดความหนาแน่นของกระเบื้อง และสามารถดูดซับความชื้นได้อยู่ในช่วงร้อยละ 7.95-29.81 โดยขึ้นอยู่กับองศาที่ใช้เผาอุณหภูมิที่สูงขึ้นการดูดซึมจะสูงขึ้นตาม งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุก่อสร้างให้มีความทนทานต่อการดูดซึมน้ำ เช่นเดียวกับที่งานวิจัยช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตนี้ พยายามพัฒนาเกณฑ์ของวัสดุให้สูงขึ้นเพื่อที่วัสดุจะสามารถทนต่อการแช่น้ำได้ดีขึ้น

10.6 ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต (เสาวนีย์) ได้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการลดและถ่ายเทความร้อนจากหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านเพื่อลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศในบ้าน การศึกษาพบว่า การผสมเส้นใยจากธรรมชาติสองประเภทลงในสัดส่วนอัตราส่วนร้อยละ 5 จากน้ำหนักส่วนผสมซีเมนต์ ส่งผลให้กระเบื้องซีเมนต์ดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุมถึงร้อยละ 66 และมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์ตามที่มาตรฐาน ASTM และมาตรฐาน JIS กำหนด (ภูษิต & อัญชิสา, 2555)

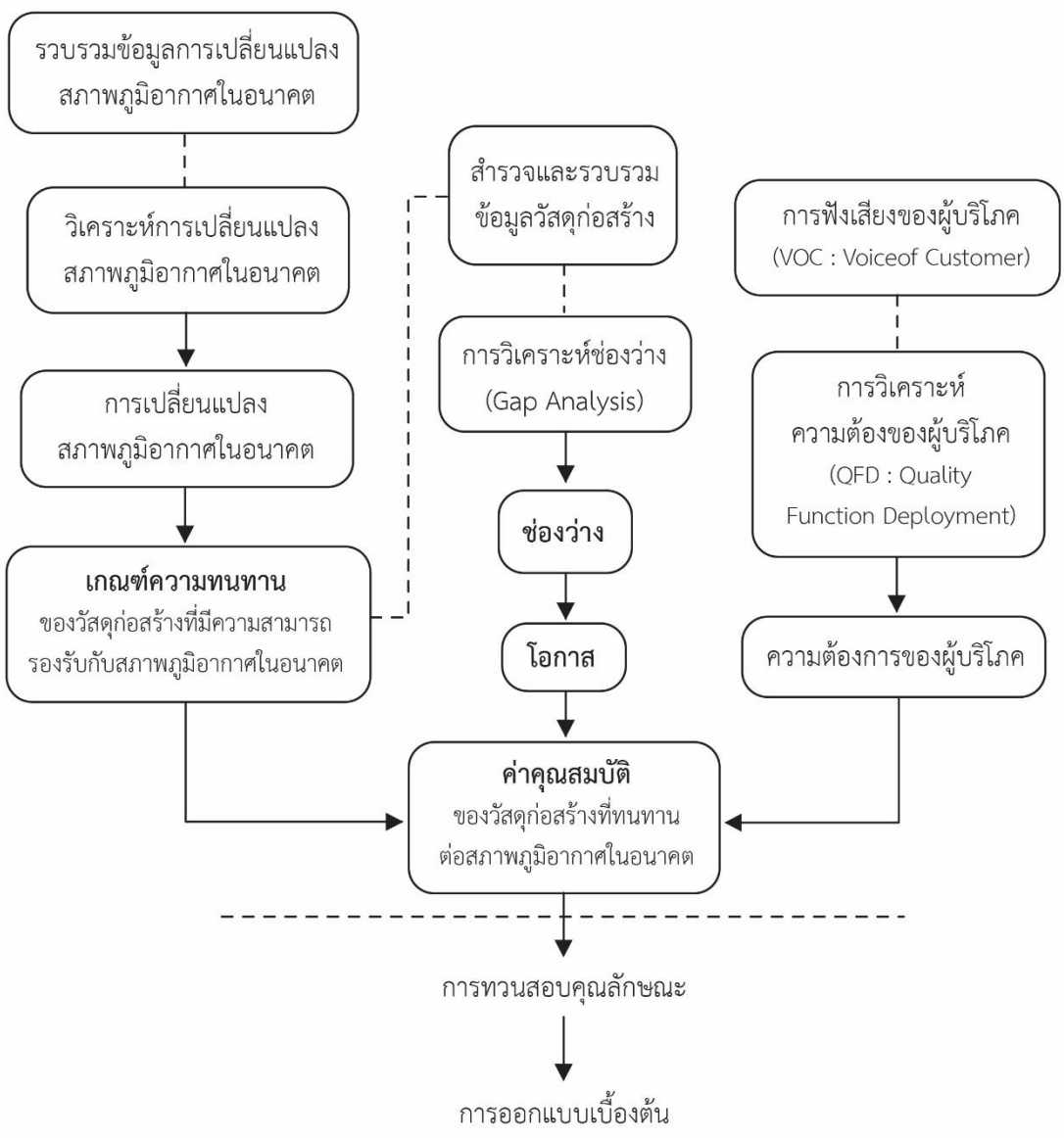
10.7 ชัชชติภัช เดชจิรณี และ พรชัย ขันทะวงศ์ ได้ศึกษาพัฒนาการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยใช้ขยะพลาสติก ด้วยวิธีการคัดแยกเฉพาะพลาสติกแล้วนำมาปั่นและกรองเพื่อแยกเศษขยะชนิดอื่นๆออก จากนั้นรีดร้อนพลาสติก พร้อมผนึกด้วยแผ่นพลาสติกใส อัดร้อนด้วยอุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ผลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นฉนวนกันความร้อนดังกล่าวคือ มีอัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.21 นำความร้อนไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร มีค่าความแข็งแรงสามารถต้านแรงอัดได้มากกว่า 1,200 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังนั้นแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากขยะพลาสติกสมควรที่จะนำมาผลิตใช้จริงเนื่องจากประหยัดทรัพยากรและผ่านทุกการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) (ชัชชติภัช, 2557)

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง แนวทางการออกแบบและพัฒนาสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่ในประเทศไทยเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตการศึกษา
    1.1. วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง
    1.2. วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา
    1.3. วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น
2. ตัวแปรที่ศึกษา
    2.1. ตัวแปรการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    2.2. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้าง
3. การรวบรวมข้อมูล
    3.1. การรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    3.2. การรวบรวมข้อมูลความทนทานของวัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    3.3. การรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน
4. การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค
    4.1. การสำรวจเสียงของผู้บริโภค (VOC)
    4.2. เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ
5. วิธีการสรุปผลการวิเคราะห์
    5.1. การวิเคราะห์ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง
    5.2. การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค
6. การทวนสอบคุณลักษณะ
    6.1. สำรวจความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
    6.2. เครื่องมือที่ใช้ในการสอบถาม
7. การออกแบบ
    7.1. การเลือกตัวแทนวัสดุ
    7.2. การรวบรวมข้อมูลหลักการการออกแบบ

**ระเบียบวิธีวิจัย**

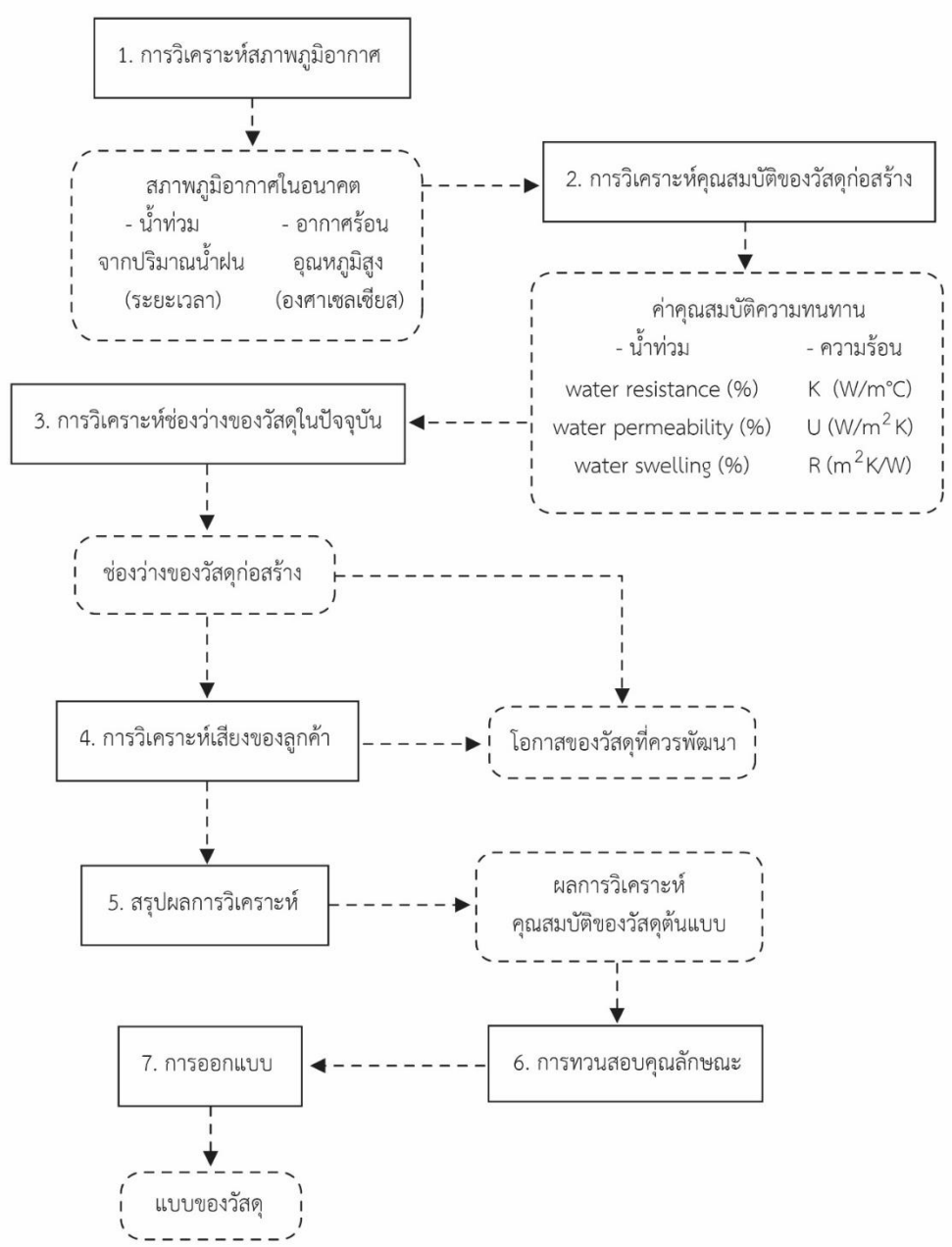



**ภาพที่ 56** ภาพแผนผังระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยของการศึกษานี้ คือการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคต เชื่อมโยงกับการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างเพื่อหาค่าเกณฑ์คุณสมบัติความทนทานของวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในอนาคต จากนั้นรวบรวมคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างที่มีในปัจจุบันเทียบกับค่าเกณฑ์ความทนทานดังกล่าว โดยใช้การวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis) เพื่อหาช่องว่างของวัสดุก่อสร้างที่มีในปัจจุบันและเพื่อให้เห็นโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง พร้อมทั้งรวบรวมความต้องการของผู้บริโภค (VOC : Voice of Customer) และวิเคราะห์ตามทฤษฎี (QFD : Quality Function Deployment) ร่วมกับการใช้ตารางบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ

: House of Quality) เพื่อหาลำดับความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค จากนั้นได้ทำการทวนสอบคุณลักษณะและนำเสนอค่าคุณสมบัติของวัสดุตัวแทนที่สามารถรับมือกับสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้พร้อมทั้งเลือกออกแบบวัสดุเพื่อเป็นตัวอย่างให้เห็นแนวทางของการออกแบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแผนผังดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย**




**ภาพที่ 57** ภาพแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

**1. ขอบเขตการศึกษา**

1.1 ขอบเขตด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพอุณหภูมิในประเทศไทย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยใน โดยศึกษาภาพรวมของทั้งประเทศ กำหนดระยะเวลาที่ทำการรวบรวมคือ 100 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2643 โดยแบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 25 ปี ในส่วนของอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของอุณหภูมิ โดยใช้หน่วยเป็นองศาเซลเซียส สำหรับน้ำท่วม เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ปริมาณน้ำฝนหน่วยเป็นมิลลิเมตร จากเครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและการอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (SEA START RC, 2560) และกรมอุตุนิยมวิทยา

1.2 ขอบเขตด้านวัสดุ

ขอบเขตในงานวิจัยนี้ จะรวบรวมวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ วัสดุผนัง วัสดุหลังคาและวัสดุพื้น ซึ่งรวบรวมจากร้านค้าจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง เว็บไซต์ ฐานข้อมูลงานวิจัยและข้อมูลลิขสิทธิ์

1.2.1 วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

วัสดุก่อสร้างประเภทผนังภายนอก สามารถแบ่งออกเป็น 21 ประเภท ได้แก่ 1. อิฐขาว 2. อิฐมอญหรืออิฐแดง 3. อิฐมวลเบา 4. บล็อกคอนกรีต 5. ไม้จริง 6. ไม้เทียม 7. พีวีซี/พลาสติก 8. แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป 9. โลหะผสม/เมทัลชีท 10. เหล็ก/โลหะ 11. อลูมิเนียม 12. กระจก 13. ยิปซัม 14. ไฟเบอร์บอร์ด 15. เซรามิค 16. กระเบื้องดินเผา 17. กระเบื้องแกรนิต 18. กระเบื้องพอร์ตเลน 19. ฉนวน 20. สี และ 21. น้ำยาเคลือบ

1.2.2 วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาหรือวัสดุมุงหลังคา 11 แบ่งออกเป็น ประเภท ได้แก่ 1. กระเบื้องดินเผา 2. กระเบื้องคอนกรีต 3. กระเบื้องซีเมนต์ (กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน) 4. กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 5. กระเบื้องเซรามิค 6. พลาสติก (ไฟเบอร์กลาส/โพลีคาร์บอเนต) 7. กระจก 8. ไม้จริง 9. ไม้เทียม 10. โลหะ/เหล็ก 11. ฉนวน

1.2.3 วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น 11 แบ่งออกเป็น ประเภท ได้แก่ 1. คอนกรีตสำเร็จรูป 2. ไม้จริง 3. ไม้ปาร์เกต์ 4. ไม้เทียม 5. พลาสติก 6. กระเบื้องเคลือบ/กระเบื้องดินเผา 7. กระเบื้องยาง 8. เซรามิค 9. กระเบื้องพอร์ตเลน 10. หินธรรมชาติ 11. เคลือบผิว

**2. ตัวแปรที่ศึกษา**

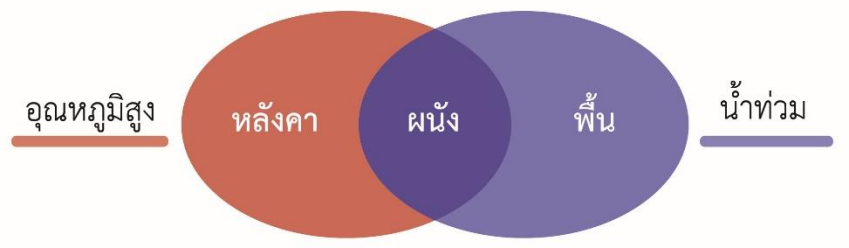
2.1 ตัวแปรการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการศึกษาช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะเวลา 100 ปี แบ่งเป็นการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในแต่ละปี (หน่วยเป็นองศาเซลเซียส), จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงสุด และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม คือ ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี (มิลลิเมตร), จำนวนวันที่น้ำท่วมขัง ซึ่งมีผลต่อการเกิดท่วม

2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้าง

ศึกษาความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม ในรูปแบบตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเชิงวิชาการ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความร้อน ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน(U-Value หน่วยคือ $W/m^2K$), ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K-Value หน่วยคือ W/mK) และค่าต้านทานความร้อน (R-Value หน่วยคือ $m^2K/W$) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม ได้แก่ ค่าการดูดซึมของน้ำ (Water Absorption, %) ค่าการยอมให้น้ำผ่าน (Water penetration) และการผ่านการทดสอบการบวมตัว (Swell test)

กรอบอาคารหรือส่วนประกอบของที่อยู่อาศัยทั้ง 3 ส่วนซึ่งประกอบไปด้วย ผนัง หลังคาและพื้น ควรมีค่าความทนทานตามที่แต่ละส่วนประกอบที่ต้องเผชิญ โดยส่วนผนัง ควรรับมือกับทั้งอุณหภูมิสูงและน้ำท่วม หลังคา ควรรับมือกับอุณหภูมิสูง พื้นควรรับมือกับน้ำท่วม ทั้งนี้เนื่องจากน้ำท่วมที่เกิดในประเทศไทยมักสร้างความเสียหายต่อพื้นบ้านและผนังบ้านเท่านั้น โดยที่หลังคาไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากน้ำท่วม หลังคาจะรับผลกระทบจากรังสีความร้องจากดวงอาทิตย์โดยตรง

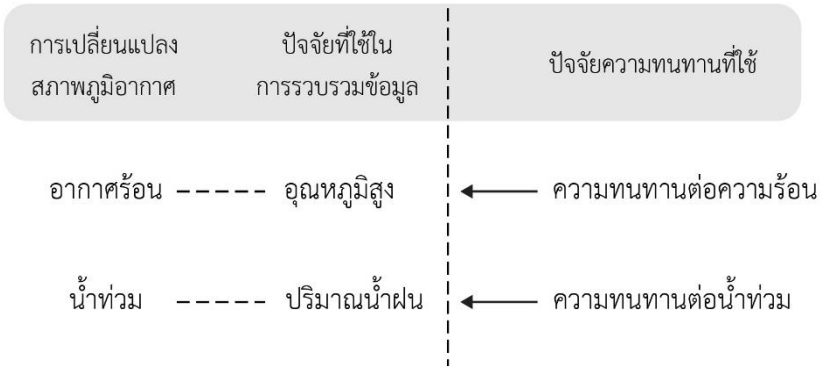



**ภาพที่ 58** ภาพแผนปัจจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและส่วนประกอบของบ้านที่ต้องรับมือ

**3. การรวบรวมข้อมูล**

3.1 การรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รวบรวมสถิติข้อมูลในช่วงระยะเวลา 100 ปี โดยที่แบ่งช่วงเวลาออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 25 ปี จัดเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2643 ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2567 ช่วงที่ 2 พ.ศ.2568 ถึง พ.ศ.2592 ช่วงที่ 3 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2618 ถึง พ.ศ.2642 และช่วงที่ 4 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2618 ถึง พ.ศ.2642




**ภาพที่ 59** ภาพแผนผังปัจจัยที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

3.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเด็นอากาศร้อน

รวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (SEA START RC) โดยใช้เครื่องมือ Data Distribution System และข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

นำข้อมูลมาจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เนื่องจากฐานข้อมูลอุณหภูมิของ SEA START RC แสดงค่าอุณหภูมิเป็นค่าอุณหภูมิรายวันต่อตารางกิโลเมตรซึ่งเป็นค่าในรูปแบบตาราง แล้วจึงทำการหาค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุดในแต่ละวัน และกำหนดวันที่มีอุณหภูมิที่ต้องการศึกษาคือ วันที่มีอุณหภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียสขึ้นไป ซึ่งถือเป็นอุณหภูมิที่สูงและร้อน โดยที่อุณหภูมิที่ 40 องศาขึ้นไปถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ร้อนจัด โดยแบ่งช่วงอุณหภูมิออกเป็น 14 ช่วง ดังนี้ 35-39.99, 40-40.99, 41-41.99, 42-42.99, 43-43.99, 44-44.99, 45-45.99, 46-46.99, 47-47.99, 48-48.99, 49-49.99, 50-50.99, 51-51.99 และ 52-52.99 โดยแสดงผลออกเป็น ค่าอุณหภูมิแต่ละช่วงในแต่ละปี มีจำนวนวันที่อุณหภูมิอยู่ในแต่ละช่วงที่กล่าวข้างต้น ดังนี้

**ตารางที่ 7** ตารางแสดงอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละปี ดัดแปลงจากตารางการเรียบเรียงข้อมูลของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | 35-39.99 | 40-40.99 | 41-41.99 | 42-42.99 | 43-43.99 | 44-44.99 | 45-45.99 | 46-46.99 | 47-47.99 | 48-48.99 | 49-49.99 | 50-50.99 | 51-51.99 | 52-52.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ช่วงที่ 1 | 326 | 121 | 106 | 85 | 61 | 46 | 40 | 34 | 25 | 17 | 10 | 4 | 4 | 0 |
| ช่วงที่ 2 | 344 | 128 | 100 | 87 | 79 | 58 | 42 | 31 | 29 | 20 | 13 | 6 | 6 | 0 |
| ช่วงที่ 3 | 532 | 223 | 161 | 120 | 100 | 76 | 67 | 55 | 42 | 35 | 25 | 18 | 18 | 3 |
| ช่วงที่ 4 | 359 | 268 | 218 | 148 | 105 | 88 | 73 | 56 | 47 | 33 | 21 | 15 | 15 | 7 |

(ที่มา : ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (SEA START RC, 2560)

วิธีการอ่านตารางคือ ช่องสดมภ์แรกแสดงค่า ช่วงอุณหภูมิ ซึ่งตารางข้างต้นแสดง 14 ช่วง ในส่วนของแถว ตารางแสดง 4 แถว แถวแรกแสดงช่วงระยะปี ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง พ.ศ.2567 ช่วงที่ 2 พ.ศ.2568 ถึง พ.ศ.2592 ช่วงที่ 3 ปี พ.ศ.2593 ถึง พ.ศ.2617 และช่วงที่ 4 ตั้งแต่ พ.ศ.2618 ถึง พ.ศ.2642 โดยในแต่ละสดมภ์ที่ถัดไปในแถวจะแสดงจำนวนวันที่ในแต่ละช่วงอุณหภูมินั้นๆมียกตัวอย่างโดยการอ่านช่วงแรกได้ดังต่อไปนี้

จากตารางแสดงช่วงที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง พ.ศ.2567 ในช่วงอุณหภูมิ 35-35.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 326 วัน ช่วงอุณหภูมิ 40-40.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 121 วัน ช่วงอุณหภูมิ 41-41.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 106 วัน ช่วงอุณหภูมิ 42-42.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 85 วัน ช่วงอุณหภูมิ 43-43.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 61 วัน ช่วงอุณหภูมิ 44-44.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 46 วัน ช่วงอุณหภูมิ 45-45.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 40 วัน ช่วงอุณหภูมิ 46-46.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 34 วัน ช่วงอุณหภูมิ 47-47.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 25 วัน ช่วงอุณหภูมิ 48-48.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 17 วัน ช่วงอุณหภูมิ 49-49.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 10 วัน ช่วงอุณหภูมิ 50-50.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 4 วัน ช่วงอุณหภูมิ 51-51.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 4 วันและช่วงอุณหภูมิ 52-52.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 0 วัน

จากนั้น จัดทำตารางเปรียบเทียบร้อยละที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงอุณหภูมิเพื่อหาอุณหภูมิที่สูงและที่มีจำนวนวันที่เพิ่มสูงขึ้น จากสมการที่ (1) เพื่อให้ได้ความต่างของแต่ละช่วงอุณหภูมิและสามารถเลือกช่วงอุณหภูมิที่มีจำนวนวันและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการออกแบบ

$$\left(\frac{\text{จำนวนวันที่ของช่วงที่ 2 - จำนวนวันที่ของช่วงที่ 1}}{\text{จำนวนวันที่ของช่วงที่ 2}}\right) \times 100 \qquad (1)$$

สมการ 1 สมการการหาร้อยละ จากทฤษฎีร้อยละ (theoretical yield)

(ที่มา : Rooruepao, 2016)

**ตารางที่ 8** ตารางจำนวนวันในแต่ละช่วงอุณหภูมิและช่วงปีที่แปลงเป็นร้อยละ

| ช่วงปี/อุณหภูมิ | ช่วงที่ 1 | ช่วงที่ 2 | ช่วงที่ 3 | ช่วงที่ 4 | ช่วงที่ 1 | ช่วงที่ 2 | ช่วงที่ 3 | ช่วงที่ 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35-35.99 | 326 | 344 | 532 | 359 | | 5% | 35% | -48% |
| 40-40.99 | 121 | 128 | 223 | 268 | | 5% | 43% | 17% |
| 41-41.99 | 106 | 100 | 161 | 218 | | -6% | 38% | 26% |
| 42-42.99 | 85 | 87 | 120 | 148 | | 2% | 28% | 19% |
| 43-43.99 | 61 | 79 | 100 | 105 | | 23% | 21% | 5% |
| 44-44.99 | 46 | 58 | 76 | 88 | | 21% | 24% | 14% |
| 45-45.99 | 40 | 42 | 67 | 73 | | 5% | 37% | 8% |
| 46-46.99 | 34 | 31 | 55 | 56 | | -10% | 44% | 2% |
| 47-47.99 | 25 | 29 | 42 | 47 | | 14% | 31% | 11% |
| 48-48.99 | 17 | 20 | 35 | 33 | | 15% | 43% | -6% |
| 49-49.99 | 10 | 13 | 25 | 21 | | 23% | 48% | -19% |
| 50-50.99 | 4 | 6 | 18 | 15 | | 33% | 67% | -20% |
| 51-51.99 | 4 | 6 | 18 | 15 | | 33% | 67% | -20% |
| 52-52.99 | 0 | 0 | 3 | 7 | | 0% | 100% | 57% |

หมายเหตุ : จำนวนวันในแต่ละช่วงอุณหภูมิและช่วงปี(ซ้าย) จำนวนวันรูปแบบร้อยละที่เพิ่มขึ้น(ขวา)

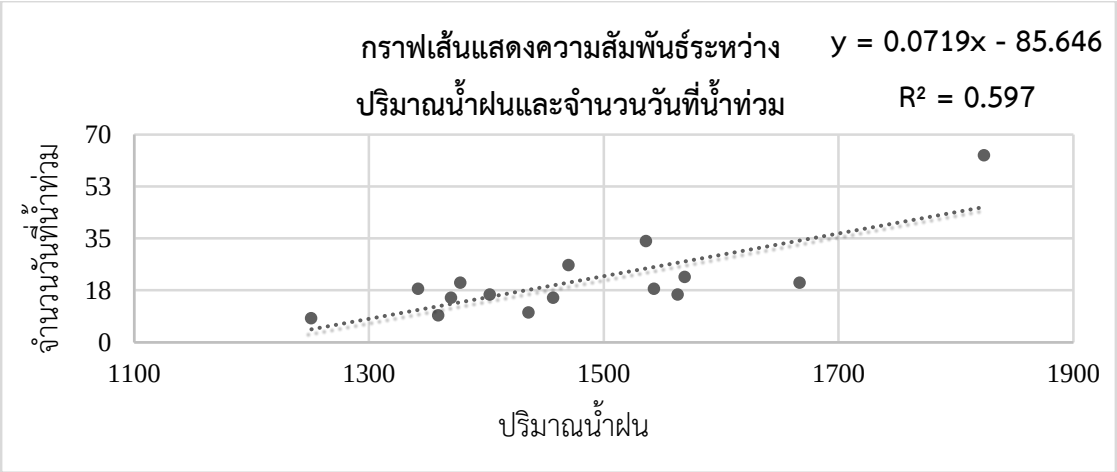
จากตารางในช่วงปีที่ 2 และ 3 มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาปีที่ 1 และ 2 จะสามารถเห็นจำนวนวันที่เพิ่มขึ้นของช่วงอุณหภูมิ เป็นร้อยละที่ค่อนข้างสูงกว่าช่วงอื่นคือช่วงอุณหภูมิที่ 43-43.99 องศาเซลเซียสถึง 44-44.99 องศาเซลเซียส โดยดูควบคู่กับจำนวนวันที่ในตารางซ้าย จากนั้นเรียบเรียงข้อมูลด้วยการสร้างกราฟ และนำไปเทียบกับกราฟแสดงน้ำท่วม เพื่อนำไปสู่การเลือกช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อนำไปเป็นตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณความทนทาน

3.1.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเด็นน้ำท่วม

รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่วมจากกรมอุตุนิยมวิทยา, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), สำนักงานสถิติแห่งชาติ และคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)

โดยใช้วิธีหาหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) และจำนวนวันเกิดน้ำท่วมขังในอดีต แต่เนื่องจากการเกิดน้ำท่วมขังมีสาเหตุมาจากหลายตัวแปรซึ่งแปรผันไม่แน่นอน จึงจัดทำออกมาในรูปแบบสมการและสร้างความสัมพันธ์กราฟเส้น (Linear graph)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านน้ำท่วม ศึกษาจากข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีแนวโน้มที่จะเกิดในอนาคตโดยใช้ข้อมูลในอดีต เลือกศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ฝนตกและน้ำท่วม แต่การคาดการณ์สถานการน้ำท่วมที่ดีจะใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์ไม่ได้ การคาดการณ์ที่ดีต้องรวบรวมหลายๆปัจจัยและสามารถใช้คาดการณ์น้ำท่วมได้ในระยะเวลาอันใกล้เท่านั้น (ทวิดา, 2559) แต่ปริมาณน้ำฝนถือเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดน้ำท่วม จึงแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและวันที่น้ำท่วมในกราฟที่ 2 จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าในปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณน้ำฝนที่สูงที่สุด มีวันที่ฝนตกมากที่สุดและมีวันที่น้ำท่วมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทุติยภูมิเบื้องต้น คือประเทศไทยประสบปัญหาน้ำท่วมรุนแรงในปี 2554 โดยมีหลายพื้นที่ที่มีการท่วมขังของน้ำนาน 60 วัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้น ที่น้ำท่วมแช่ขังนาน 2 เดือน




**ภาพที่ 60** ภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำฝน
จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา
และสถิติการเกิดน้ำท่วมขังจากสำนักงานสถิติแห่งชาติและคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ

จากตาราง ค่าความน่าเชื่อถือจากสมการ 0.0719X-85.646 คือ 0.597 ซึ่งเป็นตัวเลขที่ไม่สูงมากนักแต่ก็เชื่อมโยงกับข้อมูลที่ว่า การเกิดน้ำท่วมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย จากนั้นนำสมการข้างต้นสร้างกราฟเช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิ

3.2 การรวบรวมข้อมูลความทนทานของวัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3.2.1 ความทนทานต่อความร้อน

วัสดุก่อสร้างประเภทผนังและหลังคาควรมีคุณสมบัติที่ทนทานต่อความร้อนดังนี้ วัสดุทำผนังมีความเชื่อมโยงกับการถ่ายเทความร้อนด้านนอกอาคารหรือค่า OTTV ของกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 กำหนดให้อาคารที่มีขนาดมากกว่า 2,000 ตารางเมตร ในหมวด ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ซึ่งถือเป็นหมวดที่เน้นการอยู่อาศัยเป็นหลัก โดยต้องมีค่าถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 วัตต์ต่อตารางเมตร

วัสดุหลังคามีความเชื่อมโยงกับการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารหรือ RTTV ตามข้อกำหนดในกฎกระทรวง พ.ศ.2552 ที่กำหนดค่า RTTV ของโรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุดมีค่าไม่เกิน 10 วัตต์ต่อเมตร ทั้งนี้มีสมการที่เกี่ยวข้อง 3 สมการ ที่เป็นสมการการคำนวณการถ่ายเทความร้อนพื้นฐาน โดย วิลเฮล์ม นุสเลท (Wilhelm Nusslet) นักวิศวกร ชาวเยอรมัน ผู้คิดค้นสร้างสมการ

และวิธีคิดวิเคราะห์หลายวิธีที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของพลังงานความร้อนผ่านวัตถุต่างๆ (Heinz, 2016) การศึกษานี้เลือกใช้สมการการคำนวณหาความทนความร้อนของทั้งผนังและหลังคาดังนี้

สมการที่ 1 (2)

หาค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U)

$$\text{สมการ } Q = U \times A \times \Delta T \qquad (2)$$

สมการ 2 สมการการอัตราการนำความร้อน

Q แทนค่าถ่ายเทความร้อน

U แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

A แทนพื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด

ΔT แทนค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกกับภายใน

สมการที่ 2 (3)

หาค่าการนำความร้อน (K) โดยใช้สมการการหาค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) เพื่อเป็นส่วนกลับใน

$$\text{สมการ } U = \frac{1}{R} \qquad (3)$$

สมการ 3 สมการการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

การหาค่าต้านทานความร้อน (R)

U แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

R แทนค่าความต้านทานความร้อน

สมการที่ 3 (4)

$$\text{สมการ } R = \frac{\Delta X}{K} \qquad (4)$$

สมการ 4 สมการการหาค่าต้านทานความร้อน

R แทนค่าต้านทานความร้อน

$\Delta x$ แทนความหนาของวัสดุ หน่วยเป็นเมตร

K แทนค่าการนำความร้อน

3.2.2 ความทนทานต่อน้ำท่วม

ส่วนประกอบของอาคารที่ควรคำนึงถึงความทนทานต่อน้ำท่วมคือ ผนังและพื้น จากคุณสมบัติการทนน้ำ มีความเชื่อมโยงกับความชื้นและความคงทนต่อการแช่น้ำ โดยมีค่าคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้ ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption), ค่าความต้านทานน้ำ ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน (water penetration) และค่าการบวมตัว (swelling test) เป็นต้น ซึ่งค่าคุณสมบัติความทนทานน้ำท่วม มีข้อมูลข้อจำกัดที่เป็นลักษณะเชิงพรรณนา จากการค้นคว้าข้อมูลพบข้อจำกัดความทนทานน้ำของวัสดุเป็นตัวเลขเชิงปริมาณในรูปแบบของวัสดุแต่ละประเภท จึงจัดทำข้อมูลของคุณสมบัติความทนทานต่อน้ำท่วมในรูปแบบรวบรวมค่าที่แสดงจริงในการขายสินค้า จากนั้นรวบรวมข้อมูลงานวิจัย ข้อมูลมาตรฐานที่แสดงค่ามาตรฐานของคุณสมบัติความทนทานน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการหาค่าเกณฑ์คุณสมบัติของความทนทาน โดยทั้งผนังและพื้นใช้ค่าความทนทานของวัสดุเหมือนกัน

3.3 การรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน

การรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันจากการลงพื้นที่และการจัดเก็บข้อมูลจากเว็บไซต์และจากฐานข้อมูลงานวิจัยรวมถึงข้อมูลลิขสิทธิ์ของวัสดุก่อสร้าง ข้อมูลสินค้าที่มีอยู่ในท้องตลาด โดยสร้างแบบสำรวจสำหรับการเก็บข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจวัสดุก่อสร้างและการสำรวจข้อมูลจากเว็บไซต์ เช่น HomePro (บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด), ไทวัสดุหรือ baan & BEYOND (บริษัท ซีอาร์ซี ไทวัสดุ จำกัด), ร้านวัสดุในเครือบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (SCG) วีระพานิช, บริษัท สยามโกลบอลเฮ้าส์ จำกัด และจากเว็บไซต์ โดยใช้วิธีการวิจัยแบบทุติยภูมิคือ การรวบรวมข้อมูลแล้วใช้ตารางในการจำแนกข้อมูล ด้วยโปรแกรม Microsoft Word และ Microsoft Excel

3.3.1 การรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากร้านค้า

ใช้คุณสมบัติทางเทคนิคที่ได้จากการรวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติความทนร้อนและทนน้ำท่วมของวัสดุก่อสร้าง มาเป็นส่วนหนึ่งในการจัดทำหัวตาราง ดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 9** ตัวอย่างตารางการจัดเก็บข้อมูลวัสดุในท้องตลาด

ตารางการจัดเก็บข้อมูล

| ลำดับ | ชื่อสินค้า | สังกัด | ขนาด | คุณสมบัติทั่วไป | ทนร้อน | | | | ทนน้ำท่วม | | | | มาตรฐาน | หมายเหตุ | ที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | เชิงคุณภาพ | เชิงปริมาณ | | | เชิงคุณภาพ | เชิงปริมาณ | | | | | |
| | | | | | | U | R | K | | water absorption | water penetration | swelling test | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางแสดงข้อมูลดังต่อไปนี้ ลำดับ, ชื่อสินค้า, สังกัดหมายถึง, ขนาด, คุณสมบัติทั่วไปหมายถึง คุณสมบัติพื้นฐาน, คุณสมบัติเชิงคุณภาพทนร้อน, คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ ได้แก่ U,R และK , คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณด้านอื่นๆ, คุณสมบัติทนน้ำเชิงท่วมคุณภาพ, คุณสมบัติทนน้ำท่วมเชิงปริมาณ ได้แก่ water absorption, water penetration และ swelling test, คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณด้านอื่นๆ, มาตรฐาน, หมายเหตุและที่มา โดยมีคำจำกัดความ รายละเอียดและความหมายตามตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 10** ตารางแสดงรายละเอียด ความหมาย คำจัดกัดความของหัวตารางการจัดเก็บข้อมูล

| คำศัพท์หัวตาราง | รายละเอียดและความหมาย |
|---|---|
| 1. ลำดับ | ลำดับของสินค้าซึ่งแสดงถึงจำนวนวัสดุสินค้าประเภทนั้นๆด้วย |
| 2. ชื่อสินค้า | ชื่อสินค้า ชื่อรุ่นของสินค้าที่ร้านค้าระบุ |
| 3. สังกัด | บริษัทที่ผลิตสินค้า |
| 4. ขนาด | ขนาดของสินค้าพร้อมระบุหน่วยวัด |
| 5. คุณสมบัติทั่วไป | คุณสมบัติทั่วไปของสินค้าที่แสดง เช่น มีความแข็งแรง, ทนทาน, อายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี |
| 6. คุณสมบัติเชิงคุณภาพทนร้อน | ความทนทานต่อความร้อนทั่วไป คำโฆษณา เช่น ทนร้อนได้ดี, สามารถกรองแสงยูวีได้ |
| 7. คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ U-Value | ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน หน่วยคือ $W/m^2K$ |
| 8. คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ R-Value | ค่าความต้านทานความร้อน หน่วยคือ $m^2K/W$ |
| 9. คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ K-Value | ค่าการนำความร้อน หน่วยคือ W/mK |

| | |
|---|---|
| 10. คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ อื่นๆ | ค่าความทนร้อนอื่นๆนอกเหนือ U,R และ K อาจแสดงเป็นร้อยละ เช่น กันความร้อนได้ 65% |
| 11. คุณสมบัติเชิงคุณภาพทนน้ำท่วม | ความทนทานต่อความน้ำทั่วไป คำโฆษณา เช่น กันน้ำซึม, ทนน้ำ |
| 12. คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ water absorption | ค่าการดูดซึมน้ำ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) |
| 13. คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ water penetration | ค่าการไม่ยอมให้น้ำผ่าน หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) |
| 14. คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ swelling test | ค่าทดสอบการบวมน้ำ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) |
| 15. คุณสมบัติทนน้ำท่วมเชิงปริมาณ อื่นๆ | ค่าความทนน้ำอื่นๆเช่น ค่าการหดตัว ค่าที่เป็นร้อยละต่างๆ เช่น ผ่านทดสอบการทนน้ำ 28 วัน, ค่าการหดตัวน้อยกว่า 5% |
| 16. มาตรฐาน | มาตรฐานที่สินค้านั้นๆผ่านหรือได้รับ เช่น ผ่าน ASTM D2240 |
| 17. หมายเหตุ | ข้อมูลพิเศษอื่นๆ เช่น เป็นสินค้าที่สามารถรีไซเคิลได้ |
| 18. ที่มา | ที่มาจากร้านค้าจัดจำหน่ายหรือจากเว็บไซต์ |

หมายเหตุ : หากไม่พบค่าที่แสดง จะใช้สัญลักษณ์ N/A แทนการไม่พบข้อมูล

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากงานวิจัย

การสร้างแบบเครื่องมือแบบสำรวจข้อมูลงานวิจัย สร้างด้วยวิธีจัดทำตารางและแผนภูมิรูปภาพเพื่อแสดงข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีในท้องตลาดและงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยจัดกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1. กลุ่มที่เกี่ยวกับการผลิต ออกแบบวัสดุก่อสร้างผนังที่มีความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม 2. กลุ่มที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบวัสดุประเภททั่วไป 3. กลุ่มที่ให้คำแนะนำ แนวทางเกี่ยวกับการผลิต ออกแบบวัสดุก่อสร้างหรือเกี่ยวกับการทนความร้อนและน้ำท่วม จากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์และผลงานวิจัย ThaiLIS ในเครือสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาและฐานข้อมูลลิขสิทธิ์ กรมทรัพย์สินทางปัญญา โดยจัดทำตารางดังนี้

**ตารางที่ 11** ตัวอย่างตารางการจัดเก็บข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง

| ลำดับ | ชื่องานวิจัย | ชื่อผู้วิจัย | เนื้อหาสำคัญโดยย่อ | กลุ่มที่ 1 | กลุ่มที่ 2 | กลุ่มที่ 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้วจึงทำการนับจำนวนประเภทวัสดุแต่ละประเภทพร้อมเพิ่มประเภทอื่นๆที่นอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้ แล้วเตรียมวิเคราะห์โดยการทำกราฟและแผนภูมิ

**4. การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค**

4.1 สำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อวัสดุก่อสร้าง

ศึกษาผู้บริโภค โดยเลือกพื้นที่ตัวแทนที่จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่และมีร้านค้าจำหน่ายวัสดุก่อสร้างพื้นฐาน ผู้บริโภคภายในจังหวัดเชียงใหม่ต้องเผชิญกับทั้งสภาวะน้ำท่วมและอากาศร้อนเช่นเดียวกับที่ระดับภูมิภาคต้องเผชิญ ดังนั้นจึงเลือกใช้ผู้บริโภคในจังหวัดเชียงใหม่เป็นตัวแทน โดยใช้กลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเจ้าของที่อยู่อาศัย และใช้สูตรของ W.G.Cochran (W.G.Cochran) ดังสมการที่ (5) เพื่อหากลุ่มตัวอย่างของประชากร

$$n = \frac{p\,(1 - p)\,z^{2}}{d^{2}} \qquad (5)$$

สมการ 5 สมการของ W.G.Cochran สมการการหากลุ่มตัวอย่างประชากร

(ที่มา : W.G.Cochran, 1953)

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม (โดยใช้สัดส่วน 30% หรือ 0.30)

Z คือ ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ 0.05 เท่ากับ 1.96 (ดร.อัจฉราวรรณ, 2554)

d คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ 5% (0.50) คือระดับความเชื่อมั่น95%

$$n = \frac{0.3\,(1 - 0.3)(1.96)^{2}}{(0.05)^{2}}$$

$$n = \frac{0.3\,(0.7)(3.84)}{(0.0025)}$$

$$n = 322.56$$

ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ต้องเก็บข้อมูลคือ 323 คน ผู้วิจัยจึงเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากรเพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลเป็น 350 คน โดยเลือกกลุ่มเป้าหมายเป็น กลุ่มวัยกลางคนหรือวัยทำงาน มีช่วงอายุประมาณ 23-60 ปี เป็นกลุ่มอายุที่มีกำลังซื้อและมีศักยภาพสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้างได้และใช้วิธีการสุ่มเลือกผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคออกเป็นดังนี้

1) กลุ่มวัยทำงานทั่วไป ในพื้นที่สาธารณะ (จำนวน 200 คน)

2) กลุ่มวัยทำงานข้าราชการ สำนักงาน ในสำนักงานต่างๆ (จำนวน 100 คน)

3) กลุ่มวัยทำงานที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบ สถาปัตยกรรม ส่งแบบสอบถามทางอินเทอร์เน็ต (จำนวน 50 คน)

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจคือการแบบสอบถาม โดยการสอบถามผู้บริโภคถึงปัญหาที่ผู้บริโภคเคยพบเจอและสอบถามความต้องการของผู้บริโภคโดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อเลือกใช้จากงานวิจัยดังต่อไปนี้ (1) ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าวัสดุก่อสร้างจากร้าน ซีเมนต์ไทยโฮมมาร์ท ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร และ (2) งานวิจัย ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อวัสดุก่อสร้างในช่องทางการจำหน่ายแนวใหม่ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ ได้แก่ รูปลักษณ์สินค้า, ขนาดและน้ำหนัก และคุณสมบัติ เป็นต้น โดยใช้ตัวอย่างของแบบสอบถามที่แสดงในภาคผนวก

**5. วิธีการสรุปผลการวิเคราะห์**

5.1 การวิเคราะห์ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง

5.1.1 การวิเคราะห์ความทนทานของวัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

วิธีสรุปการวิเคราะห์ความทนทานของวัสดุทั้งความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) อธิบายด้วยกราฟเส้น (Linear graph) และแบ่งช่วงกราฟออกเป็นสี่ช่วงตามการรวบรวมข้อ 3.1 แล้วหาช่วงที่มีค่าความชันที่สุดเพื่อใช้เป็นตัวแปรตั้งต้น นำผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้มาคำนวณหาค่าความทนทาน ตามข้อ 3.2

5.1.2 การวิเคราะห์ช่องว่างของวัสดุในปัจจุบัน

สำหรับงานวิจัยนี้ผลจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต ถือเป็นโอกาสที่ควรพัฒนาวัสดุให้ดีขึ้น เมื่อพบโอกาสในการพัฒนาวัสดุแล้วจึงจำเป็นต้องสืบค้นและวิเคราะห์ช่องว่างที่มีอยู่เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาอย่างเหมาะสม สำหรับวิธีการวิเคราะห์ช่องว่างของวัสดุที่มีอยู่ในปัจจุบันด้วยการใช้ผลของการหาค่าคุณสมบัติความทนทานมาเป็นตัวแปร จากข้อ 5.1.1 ร่วมกับเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างในข้อ 4.2

ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเมื่อสำรวจแล้วใช้หลักการวิเคราะห์หาช่องว่าง (Gap Analysis) ร่วมกับการใช้ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อวิเคราะห์หาช่องว่างหรือจุดอ่อนที่ยังขาดหาย เสริมในส่วนของจุดแข็งที่พบและหาส่วนที่เหมาะสมที่ควรพัฒนา จากการสัมภาษณ์ความต้องการของผู้บริโภค ข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากงานวิจัยและลิขสิทธิ์ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีเชื่อมโยงความสัมพันธ์ (Affinity Diagram : KJ method) เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสนับสนุนช่องว่างและโอกาสที่ได้พบและใช้เครื่องมือตารางแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ทั้งช่องว่างและโอกาสที่ควรพัฒนา

5.2 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค (VOC)

การวิเคราะห์เสียงของลูกค้าด้วยวิธีเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย ด้วยวิธีการจัดระเบียบข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative information) และวิธีการจัดกลุ่มเชื่อมโยงความสัมพันธ์ (Affinity Diagram) โดยกรองปัจจัยที่ได้จากการสำรวจด้วยเครื่องมือข้อ 4.2 ที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างของวัสดุที่จะเลือกใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบ จากนั้นใช้เครื่องมือบ้านแห่งคุณภาพ (Quality of house) และเครื่องมือ Quality function deployment (QFD) การแปลงความต้องการของผู้บริโภค เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาและออกแบบ โดยมีตัวอย่างเครื่องมือบ้านแห่งคุณภาพดังนี้

**ตารางที่ 12** ตัวอย่างตารางเครื่องมือการแปลงเสียงของผู้บริโภค

| | | | Engineering Metrics | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Customer Requirements / Needs | Relative Importance | %-Area of Recycled Materials | Area of Opening | Exterior Volume | Collector Plate Area | Price of Unit | Reflector Present | Set up Time | Temperature Gain Rate (30 min) | Removable pieces | Time to Reach Pasteurization Temperature | WAPI | Weather Resistant | Weight |
| End User | Low Cost | 9 | 9 | | 3 | | 9 | 3 | | 3 | | 1 | 3 | 1 | 1 |
| | Reaches Cooking Temperature Quickly | 9 | | | | 9 | | 3 | | 9 | | | | | |
| | Able to Pausterize Water and Measure | 9 | | | | | | | | | | 9 | 9 | | |
| | Easy to Use | 3 | | 1 | | | | | 9 | | | | | | |
| | Durable | 3 | | | | | | | | | | | | 9 | |
| | Capable of cooking large meals | 3 | | 1 | | 9 | | | | | | | | | |
| | Easy to clean | 1 | | 3 | | 1 | | | | | 9 | | | | |
| | Light-Weight | 1 | | | 3 | | | | | | | | | | 9 |
| | Easy to Store / Portable | 1 | | | 9 | | | | | | | | | | 3 |
| | Made of eco-friendly materials | 3 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| Measurement Units | | | $\%\sim in^2$ | $in^2$ | $in^3$ | $in^2$ | USD | y/n | sec | $^{\circ}C/_{min}$ | y/n | min | y/n | y/n | lb |
| Object Target Values | | | 20 | 200 | 4500 | 250 | 35.00 | y | 26.2 | 1.00 | n | 80 | n | y | 20.0 |
| Raw Score | | | 108 | 9 | 39 | 109 | 81 | 54 | 27 | 108 | 9 | 90 | 108 | 36 | 21 |
| Relative Weight (%) | | | 13.52 | 1.13 | 4.88 | 13.64 | 10.14 | 6.76 | 3.38 | 13.52 | 1.13 | 11.26 | 13.52 | 4.51 | 2.63 |

(ที่มา : Brian K., 2016)

## 6. การทวนสอบคุณลักษณะความทนทาน

การทวนสอบคุณลักษณะความทนทาน คือขั้นตอนการทวนสอบความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบหรือผลิตวัสดุก่อสร้างในประเด็นของความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม เพื่อเป็นการทวนความคิดเห็นหรือต้องการของลูกค้ารูปแบบหนึ่ง ขั้นตอนนี้เป็นเพียงการทวนสอบคุณลักษณะเพื่อนำเสนอเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง

6.1 สำรวจความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

การสำรวจความคิดเห็นในขั้นตอนการทวนสอบคุณลักษณะเป็นขั้นตอนหลังจากสรุปผลของช่องว่างที่พบแล้ว โดยนำผลของช่องว่างที่พบนั้นมาใช้สร้างเครื่องมือ เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางการนำผลคุณลักษณะไปใช้ได้ชัดเจนมากขึ้นและสามารถนำไปต่อยอดในการออกแบบได้ สำหรับการสัมภาษณ์นี้เป็นคือการรวบรวมความคิดเห็นของนักออกแบบ สถาปนิก วิศวกร และผู้บริโภคทั่วไป ซึ่งการสัมภาษณ์จะเป็นการสอบถามความคิดเห็นของบุคคลดังกล่าวว่ามีความต้องการให้เกิดการพัฒนาวัสดุในระดับคุณภาพใด

6.2 เครื่องมือที่ใช้สำรวจความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

เครื่องมือทวนสอบคุณลักษณะของวัสดุที่ควรพัฒนาความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วมของวัสดุก่อสร้าง หลังจากสรุปผลของช่องว่างที่พบแล้วจึงทำการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการซื้อขาย การออกแบบและการผลิต ว่าจากช่องว่างดังกล่าว ผู้ถูกสัมภาษณ์มีความคิดเห็นว่าช่องว่างใน

ระดับใดน่าจะมีโอกาสที่จะนำไปพัฒนามากที่สุด (ในเชิงของความทนทานต่อสภาพอากาศ) โดยมีตัวอย่างการรวบรวมความคิดเห็นลงตารางดังนี้

**ตารางที่ 13** ตัวอย่างตารางการสอบถามความคิดเห็นของช่องว่าง

| ลำดับ | ช่องว่าง / โอกาส | ความทนทานต่อความร้อน | ความทนทานต่อน้ำท่วม |
|---|---|---|---|
| | | ช่องว่างที่พบ | ช่องว่างที่พบ |
| 1 | | | |

**7. การออกแบบ**

7.1 การเลือกตัวแทนวัสดุ

การวิเคราะห์หาตัวแทนวัสดุก่อสร้างเพื่อนำไปออกแบบ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยการสืบค้นข้อมูล ศึกษาข้อมูลของประเภทวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด ถึงความนิยม หรือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด แล้วจัดลำดับความสำคัญ เพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำไปออกแบบและพัฒนา

7.2 การออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบ เบื้องต้นงานวิจัยนี้ทำการออกแบบในส่วนของรูปร่างและลักษณะของวัสดุก่อสร้าง โดยใช้แนวทาง คุณสมบัติของวัสดุ จากความทนทานที่เป็นผลจากช่องว่างที่พบ เพื่อกำหนดค่ามาตรฐานและความทนทานให้วัสดุนั้นๆ พร้อมใช้หลักการออกแบบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการออกแบบ

# บทที่ 4
# การวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ เป็นการรายงานผลของการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากดำเนินงานตามขั้นตอนในบทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย โดยสามารถรายงานมีผลได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติความทนทานของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    1.1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    1.2. ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง : ความทนทานความร้อน
    1.3. ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง : ความทนทานน้ำท่วม
2. การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีในปัจจุบัน
    2.1. วัสดุก่อสร้างที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน
    2.2. งานวิจัยและลิขสิทธิ์ของวัสดุก่อสร้าง
3. การวิเคราะห์ช่องว่าง
    3.1. วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง
    3.2. วัสดุกอสร้างประเภทหลังคา
    3.3. วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น
4. การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค
    4.1. การสำรวจเสียงของผู้บริโภค (VOC)
    4.2. การหาตัวแทน
5. การวิเคราะห์การทวนสอบคุณลักษณะ
    5.1. วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง
    5.2. วัสดุกอสร้างประเภทหลังคา
    5.3. วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น
6. การออกแบบ
    6.1. การเลือกวัสดุตัวแทน
    6.2. การออกแบบลักษณะและคุณสมบัติ
    6.3. การออกแบบ

**1. การวิเคราะห์คุณสมบัติความทนทานของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศประเด็นอากาศร้อน : คุณสมบัติความทนร้อน

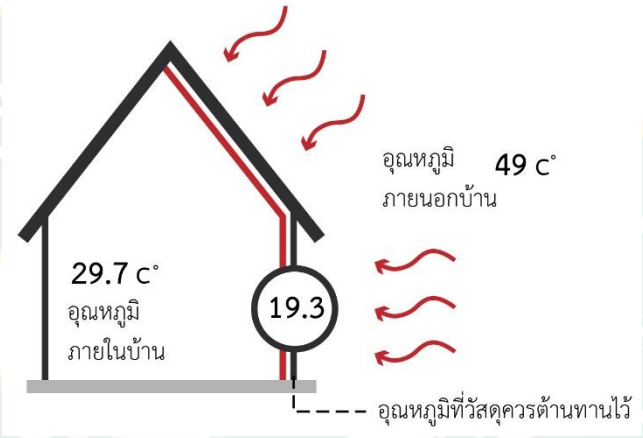
จากสถิติข้อมูลอุณหภูมิในช่วงระยะเวลา 100 ปี โดยที่แบ่งช่วงเวลาออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 25 ปี สามารถแสดงจำนวนวันในรูปแบบตารางในแต่ละช่วงอุณหภูมิและอัตราร้อยละการเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละช่วงปี พบว่าช่วงปีที่ 2 เป็นช่วงอนาคตที่เหมาะสมในการเลือกศึกษาเนื่องจากเป็นช่วงปี พ.ศ.2568 ถึง พ.ศ.2592 ซึ่งเป็นอนาคตอันใกล้และมีแนวโน้มความแม่นยำมากที่สุด อีกทั้งจากผลการรวบรวมสถิติอุณหภูมิสูงสุดของกรมอุตุนิยมวิทยา สอดคล้องกับสถิติของ SEA START RC โดยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงที่ 2 ที่เลือกศึกษาเป็นค่าอุณหภูมิที่ 44.75 ในปี 2586 ตามภาพกราฟต่อไปนี้

**ภาพที่ 61** กราฟแสดงอุณหภูมิสูงสุดรายปีตั้งแต่พ.ศ. 2543-2642 จากกรมอุตุนิยมวิทยาและ SEA START

เมื่อได้ช่วงค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุดและจำนวนวัน จึงทำการจัดอันดับค่าอุณหภูมิและจำนวนวัน 5 อันดับ โดยใช้ค่าช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 44 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื่องจากเป็นช่วงอุณหภูมิที่ร้อนจัด โดยมีจำนวนวันที่ตามแต่ละช่วงดังนี้ คือ 44-44.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 58 วัน, 45-45.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 42 วัน, 46-46.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 31 วัน, 47-47.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 29 วัน, 48-48.99 องศาเซลเซียส มีจำนวน 20 วัน ทั้งนี้ การตั้งค่าอุณหภูมิที่สูงไว้ก่อนจะให้ผลค่าทางบวกมากกว่าเนื่องจากอุณหภูมิที่สูง เมื่อลบกับค่าอุณหภูมิสภาวะสบาย จะให้ค่าอุณหภูมิความต่างที่สูงกว่า หากอุณหภูมิที่ต้องการลดมีค่ามาก ตัวบ้านจะสามารถป้องกันความร้อนได้สูง ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ค่า 49 องศาเซลเซียส

เมื่อผลการวิเคราะห์อุณหภูมิในอนาคตคือ 49 องศาเซลเซียส และสภาวะสบายคือ 29.7 อ้างอิงจากคุณชาคริต ฉัตรศาสนติกุล ที่ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพใน

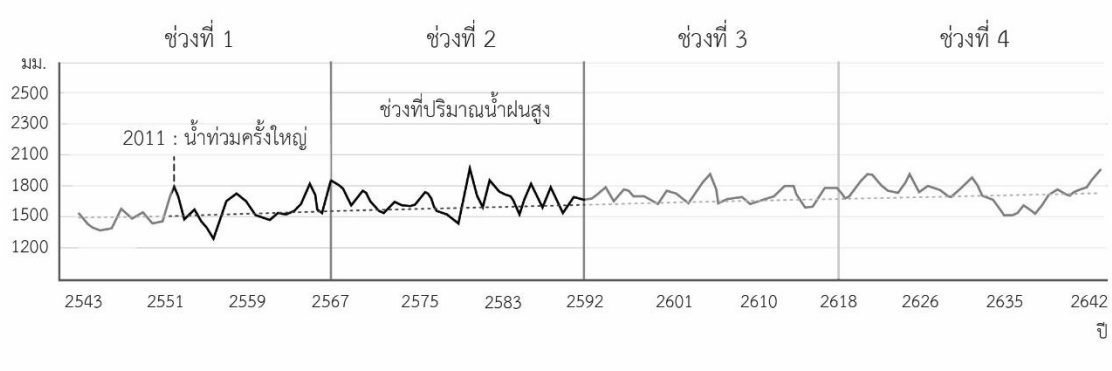
อาคารบ้านพักอาศัยสาหรับประเทศไทย วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัด การพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิสบายที่สูงที่สุดที่คนไทยสามารถยอมรับได้ หากภายในตัวบ้านมีค่าอุณหภูมิมากกว่า 29.7 องศาเซลเซียสจะถือว่าเป็นสภาวะที่ไม่สบาย เกินขีดจำกัดของความสบายที่ยอมรับได้ อีกทั้งการสร้างสภาวะความสบายในบ้านมีความเชื่อมโยงกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ช่องทางเดินอากาศ, ปริมาณหน้าต่างและการปลูกต้นไม้เพื่อกรองแสง เป็นต้น ซึ่งถือเป็นปัจจัยเสริมที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิได้ (ธนาวุฒิ, 2558) หลังจากได้ค่าอุณหภูมิตั้งต้นแล้วจึงหาความต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก จึงให้ผลค่าอุณหภูมิที่วัสดุควรสามารถต้านเอาไว้ได้คือ 19.3 องศาเซลเซียส (จากส่วนต่างของอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายใน) ดังนี้ภาพต่อไปนี้




**ภาพที่ 62** ภาพแสดงค่าอุณหภูมิภายนอก ภายใน
และค่าอุณหภูมิที่วัสดุผนังและหลังคาควรต้านทานได้

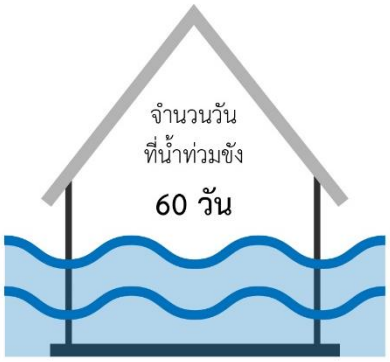
1.1.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเด็นน้ำท่วม : คุณสมบัติการทนน้ำท่วม

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านน้ำท่วม ศึกษาจากข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีแนวโน้มที่จะเกิดในอนาคตโดยใช้ข้อมูลในอดีตเชื่อมโยงกับปริมาณน้ำฝน พบว่าในปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณน้ำฝนที่สูงที่สุด มีวันที่ฝนตกมากที่สุดและมีวันที่น้ำท่วมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ได้พบในบทที่ 3 ข้อ 4.1 ใน (2) มีสมการคือ $y = 0.0719x - 85.646$ ซึ่งสามารถคำนวณและเขียนกราฟได้ดังนี้



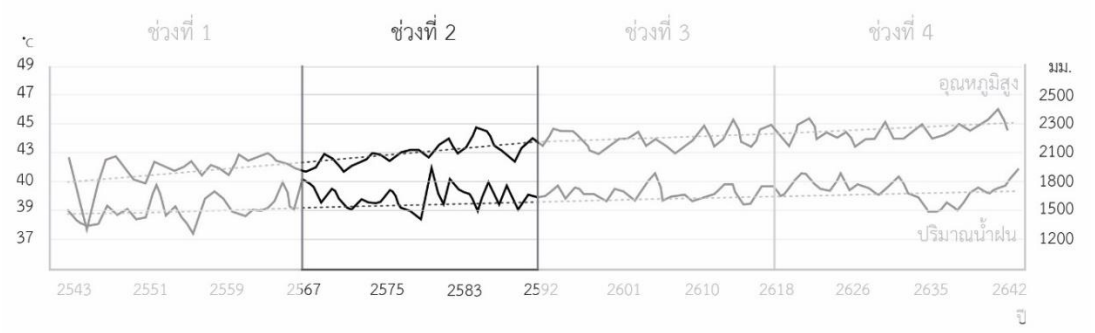

**ภาพที่ 63** กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนรายปีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543-2642

จากกราฟข้างต้น แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนที่มีสาเหตุหนึ่งในการเกิดน้ำท่วมขัง ซึ่งผลที่ได้คือช่วงที่ 2 โดยมีแนวโน้มที่จะเกิดน้ำท่วมสูงในช่วงประมาณปี 2039 หรือพ.ศ.2528 ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าความทนทานขั้นต่ำ จากเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตที่มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกัน คือปี 2554 ที่ประเทศไทยประสบปัญหาน้ำท่วมรุนแรง โดยมีหลายพื้นที่ที่มีการท่วมขังของน้ำนาน 60 วัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์ที่แย่ที่สุดที่เคยเกิดขึ้นคือ น้ำท่วมแช่ขังนาน 2 เดือน ซึ่งประตูและหน้าต่างซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของผนังที่ได้รับผลกระทบเช่นกัน ดังภาพ




**ภาพที่ 64** ภาพแสดงจำนวนวันที่น้ำท่วมที่วัสดุผนังและพื้นควรรับมือได้

เมื่อนำกราฟของทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนหรือน้ำท่วมมาเปรียบเทียบกัน จะพบว่าในช่วงที่ 2 เส้นกราฟของอุณหภูมิมีความชันกว่าช่วงอื่น ในส่วนของเส้นกราฟน้ำท่วม มีความแตกต่างกันไม่มากนัก แต่ในช่วงที่ 2 มีจุดที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูง ดังนั้นจึงเลือกออกแบบคุณสมบัติความทนทานที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ที่ทั้งน้ำท่วมและอุณหภูมิสูงสอดคล้องและอยู่ในช่วงเดียวกัน คือช่วงที่ 2




**ภาพที่ 65** กราฟเส้นแสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543-2642

1.2 ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง : ความทนทานต่อความร้อน

1.2.1 วัสดุผนัง

สำหรับวัสดุผนัง กำหนดค่าที่ต้องการทราบคือ ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U), ค่าต้านทานความร้อน (R) และค่าการนำความร้อน (K) โดยใช้ค่าถ่ายเทความร้อนด้านนอกอาคารหรือค่า OTTV ของกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 กำหนดให้อาคารที่มีขนาดมากกว่า 2,000 ตารางเมตร ในหมวด ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ซึ่งถือเป็นหมวดที่เน้นการอยู่อาศัยเป็นหลัก โดยต้องมีค่าถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 วัตต์ต่อตารางเมตร และทำการคำนวณตามสมการดังนี้

สมการที่ 1

หาค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U)

$$\text{สมการ } Q = U \times A \times \Delta T$$

Q แทนค่าถ่ายเทความร้อน

U แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

A แทนพื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด

ΔT แทนค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกกับภายใน

ในที่นี้ OTTV = Q = 30 (จากกฎกระทรวง)

U คือค่าที่ต้องการทราบ

A คือพื้นที่ที่ใช้ 1 ตารางเมตร (เพื่อใช้เทียบบัญญัติไตรยางศ์)

ΔT คือค่าความต่างของอุณหภูมิ 49-29.7 = 19.3

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$30 = U \times 1 \times 19.3$$

$$\frac{30}{19.3} = U$$

$$U = 1.55$$

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) มีค่าเท่ากับ 1.55 แต่ต้องการผนังที่สามารถถ่ายเทความร้อน ได้ดีจึงกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับตารางเป็น U มากกว่าเท่ากับ 1.55

สมการที่ 2

หาค่าการนำความร้อน (K) โดยใช้สมการการหาค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนรวม (U) เพื่อเป็นส่วนกลับใน การหาค่าต้านทานความร้อน (R)

$$\text{สมการ } U = \frac{1}{R}$$

U แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

R แทนค่าความต้านทานความร้อน

สมการที่ 3

$$\text{สมการ } R = \frac{\Delta X}{K}$$

R แทนค่าต้านทานความร้อน

$\Delta x$ แทนความหนาของวัสดุ หน่วยเป็นเมตร

K แทนค่าการนำความร้อน

$$R = \frac{\Delta X}{K}$$

$$R = \frac{0.1}{0.155}$$

$$R = 0.64$$

แทนค่าสมการที่ 3 ในสมการที่ 2

$$R = \frac{\Delta X}{K}$$

$$R = \frac{0.1}{K} \quad \Big| \quad U = \frac{1}{R}$$

$$1.55 = \frac{\frac{1}{0.1}}{K}$$

$$1.55 = \frac{1\,(K)}{0.1}$$

$$1.55 \times 0.1 = K$$

$$K = 0.155$$

ดังนั้น ค่าการนำความร้อน (K) มีค่าเท่ากับ 0.155

แทนค่าในสมการที่ 2

ดังนั้น ค่าต้านทานความร้อน (R) มีค่าเท่ากับ 0.64

สรุปข้อมูลเชิงคุณสมบัติความทนต่ออุณหภูมิสูงของผนังคือ

ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) ≥ 1.55

ค่าต้านทานความร้อน (R) ≥ 0.64

ค่าการนำความร้อน (K) ≤ 0.155

1.2.2. วัสดุหลังคา

วัสดุหลังคามีความเชื่อมโยงกับการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารหรือ RTTV ตามข้อกำหนดในกฎกระทรวง พ.ศ.2552 ที่กำหนดค่า RTTV ของโรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุดมีค่าไม่เกิน 10 วัตต์ต่อเมตร

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$10 = U \times 1 \times 19.3$$

$$\frac{10}{19.3} = U$$

$$U = 0.52$$

$$R = \frac{\Delta X}{K}$$

$$0.52 = \frac{1\ (K)}{0.1}$$

$$K = 0.52 \times 0.1$$

$$K = 0.052$$

$$R = \frac{\Delta X}{K}$$

$$R = \frac{0.1}{0.052}$$

$$R = 1.92$$

สรุปข้อมูลเชิงคุณสมบัติความทนต่ออุณหภูมิสูงของหลังคาคือ

ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) ≥ 0.52

ค่าต้านทานความร้อน (R) ≥ 1.92

ค่าการนำความร้อน (K) ≤ 0.052

1.3 ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง : ความทนทานน้ำท่วม

ค่าความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุซึ่งหมายถึงวัสดุผนังและพื้น ค่าความทนทานจะขึ้นอยู่กับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนและเหตุการณ์น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้น ผลคือมีระยะเวลาแช่น้ำที่นาน 60 วันจากเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นที่น้ำท่วมแช่ขังนาน 2 เดือน โดยค่าทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วมคือ จากคุณสมบัติการทนน้ำมีความเชื่อมโยงกับความชื้น ความคงทนต่อการแช่น้ำ โดยมีค่าคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้ ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption), ค่าความต้านทานน้ำ ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน (water penetration) และค่าการบวมตัว (swelling test) เป็นต้น ซึ่งค่าคุณสมบัติความทนทานน้ำท่วม มีข้อมูลข้อจำกัดที่เป็นลักษณะเชิงพรรณนา

จากการค้นคว้าข้อมูลพบข้อจำกัดความทนทานน้ำของวัสดุเป็นตัวเลขเชิงปริมาณในรูปแบบของวัสดุแต่ละประเภท จึงรวบรวมงานวิจัยและค่ามาตรฐานต่างๆลงในรูปแบบตาราง ตามหัวตารางที่ได้ออกแบบไว้ในข้อที่ 4.2 ของบทที่ 3 หลังจากนั้นจึงสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าคุณสมบัติความ

ทนทานต่อน้ำท่วมที่เป็นมาตรฐานใหม่เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยมีรายละเอียดข้อมูลดังนี้

**ตารางที่ 14** ตารางการรวบรวมงานวิจัยและค่ามาตรฐานต่างๆที่แสดงค่าคุณสมบัติความทนทานต่อน้ำท่วม

| ชื่อ | water absorption (ดูดซึมน้ำ) | ที่มา | water penetration (ค่าการยอมให้น้ำผ่าน) | ที่มา | swelling test (การบวมตัว) | ที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **อิฐขาว** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **อิฐมอญ** | 13% - 18% | บริษัท ไซมิส อีโล ไลท์จำกัด | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ไม่ดูดฐ้ำเกิน 10 % ของฐ้ำหนักอิฐเมื่อแช่ฐ้ำไว้ 24 ชั่วโมง | ภราดร ชุไชยสงค์ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **อิฐมวลเบา** | 30% - 40% | บริษัท ไซมิส อีโล ไลท์จำกัด | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **บล็อกคอนกรีต** | < 10% เป็นคอนกรีตคุณภาพดี | RM.Senthamarai | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ไม่เกิน 15 % มอก.57 – 2530 ไม่เกิน 25 % มอก.59 – 2516 | กระทรวง อุตสาหกรรม | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | คอนกรีตทั่วไปที่มีค่าอยู่ระหว่าง 3-5% | Twothousand Progress Co.,Ltd. | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **ไม้จริง** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **ไม้เทียม** | < 12 % มอก878-2537 | วิบูลย์วัฒน อุตสาหกรรม จำกัด | N/A | N/A | Thickness Swelling ตามความหนาไม่เกิน ไม่เกิน 12% | ผกามาศ ชูสิทธ์ |
| | การดูดซึมน้ำ 10 -35 % | กิตติวุฒิ เฉลยถ้อย | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **พีวีซี/พลาสติก** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **โลหะเมทัลชีท** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **โลหะ เหล็ก** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **อลูมิเนียม** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

| ชื่อ | water absorption (ดูดซึมน้ำ) | ที่มา | water penetration (ค่าการยอมให้น้ำผ่าน) | ที่มา | swelling test (การบวมตัว) | ที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กระจก** | เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Haruehansapong) = 0% | sangwat.com | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **ยิปซัม** | ไม่เกินร้อยละ 5 มอก.291-2552 | กระทรวงอุตสาหกรรม | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **ไฟเบอร์ซีเมนต์** | N/A | N/A | N/A | N/A | ไม่เกิน 12% มอก.876 2547 | นิตยา |
| **เซรามิค** | ดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 10 มอก.2508-2555 | กระทรวงอุตสาหกรรม | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | การดูดซึมน้ำคุณภาพสูง Ab < 3% คุณภาพปานกลาง 3% < Ab < 4% | C.Medina | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **กระเบื้องดินเผา** | ดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 10 | กระทรวงอุตสาหกรรม | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **กระเบื้องแกรนิต** | เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Haruehansapong) ≤ 0.1% | sangwat.com | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **กระเบื้องพอร์ตเลน** | เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Haruehansapong) < 0.5% ASTM C373 | irp-cdn.multiscreensite.com | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **ฉนวน** | มาตรฐาน EN 12087 ทดสอบความทนทานของการแช่น้ำ 28 วัน ให้ผลการทดสอบที่ความชื้นในวัสดุของวัสดุฉนวน < 2% | Toni A.Pakkala | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **สี** | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| **น้ำยาเคลือบ** | N/A | N/A | ไม่เกิน 3% | บริษัท ฟาสต์ ขมิกซ์ จำกัด | N/A | N/A |
| **วัสดุสระว่ายน้ำ** | N/A | N/A | resistance water penetration = 0 | Din 1048 Part 5 : 1991 | N/A | N/A |

ตารางข้างต้นแสดงค่าความทนทานต่อน้ำทั้ง 3 ตัวแปร แต่ค่าที่แสดงแตกต่างกันไปตามประเภทของวัสดุ จึงใช้วิธีสังเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption)

จากตารางการรวบรวมข้อมูล ค่าคุณสมบัติการดูดซึมน้ำมีความแตกต่างกันไปตามประเภทของวัสดุ แต่มีค่า EN 12087 ที่เป็นการมาตรฐานที่วัดโดยการนำวัสดุแช่น้ำ 28 วัน ซึ่งเป็นค่าการแช่น้ำที่นานที่สุดเมื่อเทียบกับค่าการวัดการดูดซึมอื่นที่มีในตาราง ดังนั้นจึงกำหนดค่ามาตรฐานการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 2

ค่าความยอมให้น้ำผ่าน (water penetration)

ค่าความยอมให้น้ำผ่าน มีระบุค่าใน 2 ประเภทวัสดุ โดยมีประเภทวัสดุน้ำยาเคลือบ มีค่าการยอมให้น้ำผ่านไม่เกินร้อยละ 3 และวัสดุเพิ่มเติมคือวัสดุสำหรับสระว่ายน้ำ ที่แสดงค่าการยอมให้น้ำผ่านเท่ากับ 0 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งสองค่า ซึ่งเท่ากับ 1.5 โดยเลือกให้ค่าการยอมให้น้ำผ่านไม่เกินร้อยละ 1.5

ค่าการบวมตัว (swelling test)

ค่าการบวมตัว ในที่นี้พบเพียงค่าเดียวคือ ไม่เกิน 12% ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือ มอก. 876 2547 ซึ่งเป็นหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ จึงใช้ค่าการบวมตัวไม่เกินร้อยละ 12

1.4 สรุปค่าความทนทานของวัสดุก่อสร้าง

จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ผลของการวิเคราะห์ทำให้เกิดค่าเกณฑ์คุณสมบัติความทนทานใหม่ที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต ซึ่งเกณฑ์ความทนทานที่วัสดุควรมีคือ

**ตารางที่ 15** ตารางแสดงคุณสมบัติทนร้อนและทนน้ำของวัสดุผนัง

| ชื่อข้อมูลเชิงเทคนิค | ค่าความทนทาน | หน่วย |
|---|---|---|
| คุณสมบัติทนร้อน U-Value | ≥ 1.55 | $W/m^2K$ |
| คุณสมบัติทนร้อน R-Value | ≥ 0.64 | $m^2K/W$ |
| คุณสมบัติทนร้อน K-Value | ≤ 0.155 | W/mK |

| | | |
|---|---|---|
| คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ water absorption | ≤ 2 | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ water penetration | ≤ 1.5 | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ swelling test | ≤ 12 | เปอร์เซ็นต์ (%) |

**ตารางที่ 16** ตารางแสดงคุณสมบัติทนร้อนของวัสดุหลังคา

| ชื่อข้อมูลเชิงเทคนิค | ค่าความทนทาน | หน่วย |
|---|---|---|
| คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ U-Value | ≥ 0.52 | $W/m^2K$ |
| คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ R-Value | ≥ 1.92 | $m^2K/W$ |
| คุณสมบัติทนร้อนเชิงปริมาณ K-Value | ≤ 0.052 | W/mK |

**ตารางที่ 17** ตารางแสดงคุณสมบัติทนน้ำของวัสดุพื้น

| ชื่อข้อมูลเชิงเทคนิค | ค่าความทนทาน | หน่วย |
|---|---|---|
| คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมา water absorption | ≤ 2 | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ water penetration | ≤ 1.5 | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| คุณสมบัติทนน้ำเชิงปริมาณ swelling test | ≤ 12 | เปอร์เซ็นต์ (%) |

**2. การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีในปัจจุบัน**

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง ทั้งจากร้านค้า เว็บไซต์ และข้อมูลงานวิจัยจากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์และงานวิจัย เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลสถานภาพปัจจุบันของวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง ซึ่งสามารถแบ่งเป็นข้อย่อยได้ 2 ข้อดังนี้ 1) ข้อมูลสินค้าวัสดุก่อสร้างประเภทผนังและ 2) ข้อมูลงานวิจัย

2.1 วัสดุก่อสร้างที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

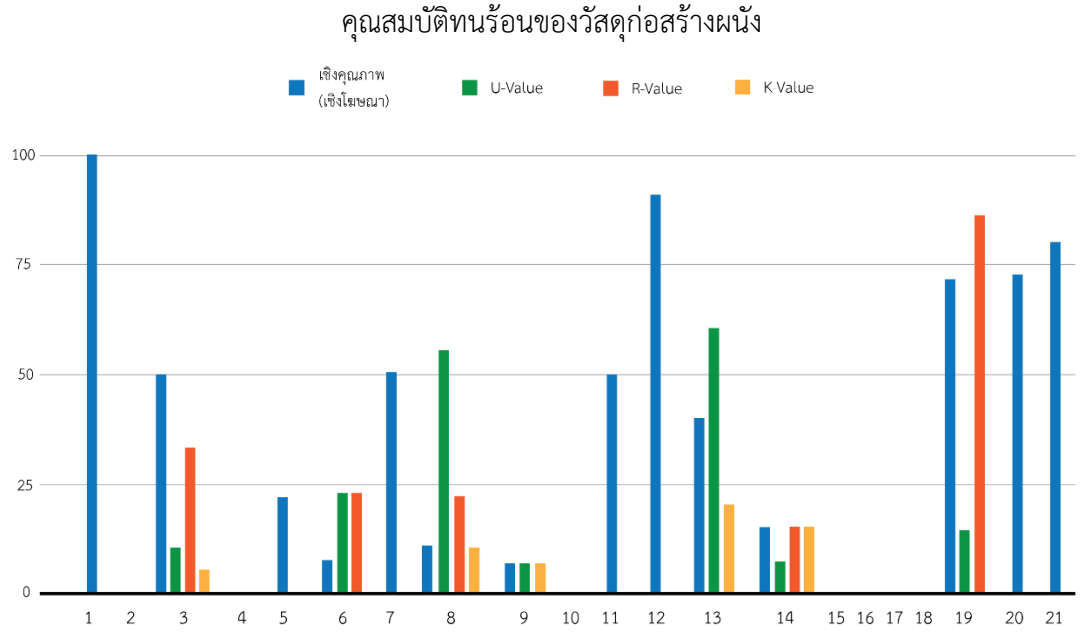
2.1.1 ข้อมูลสินค้าวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

การรวมข้อมูลและสร้างแผนภาพและแผนภูมิ ทำให้เห็นความแตกต่างการบอกคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภูมิแท่งโดยมีตารางแนะนำตัวแปรแต่ละตัวในตาราง ดังนี้

**ตารางที่ 18** ตารางแสดงข้อมูลตัวแปรที่แสดงในแผนภูมิ

| ตัวแปร | แทนค่าด้วย | ตัวแปร | แทนค่าด้วย |
|---|---|---|---|
| อิฐขาว | 1 | กระจก | 12 |
| อิฐมอญ | 2 | ยิปซัม | 13 |
| อิฐมวลเบา | 3 | ไฟเบอร์ซีเมนต์ | 14 |
| บล็อกคอนกรีต | 4 | เซรามิค | 15 |
| ไม้จริง | 5 | กระเบื้องดินเผา | 16 |
| ไม้เทียม | 6 | กระเบื้องแกรนิต | 17 |
| พลาสติก | 7 | กระเบื้องพอร์ตเลน | 18 |
| แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป | 8 | ฉนวน | 19 |
| โลหะผสม/เมทัลชีท | 9 | สี | 20 |
| เหล็ก | 10 | น้ำยาเคลือบ | 21 |
| อลูมิเนียม | 11 | | |

จากการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง ทั้ง 21 ประเภท จากข้อมูลร้านค้า เว็บไซต์ ซึ่งสามารถสร้างแบ่งเป็นการรายงานผลออกเป็น 2 กราฟดังนี้ 1) คุณสมบัติทนร้อนวัสดุก่อสร้างผนัง และ 2) คุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างผนัง โดยสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้




หมายเหตุ : เชิงคุณภาพ หมายถึง ความทนทานต่อความร้อนทั่วไป คำโฆษณา เช่นทนร้อนได้ดี

U-Value : ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน

R-Value : ค่าความต้านทานความร้อน

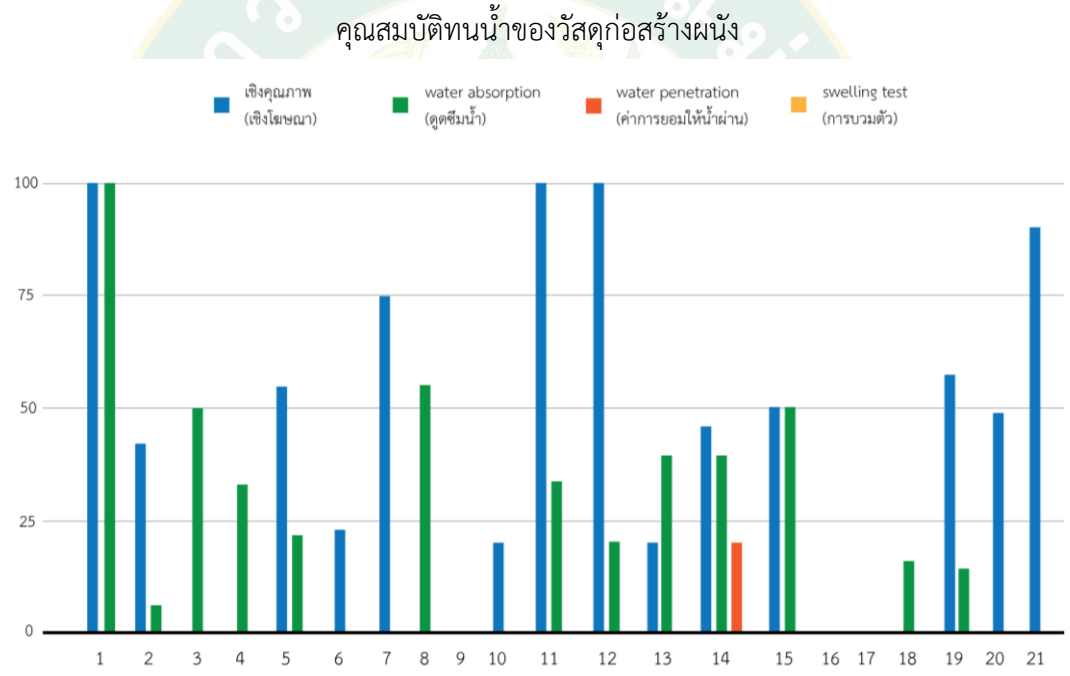
K-Value : ค่าการนำความร้อน

**ภาพที่ 66** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนร้อนวัสดุก่อสร้างผนังจากการรวบรวมข้อมูลทั้ง 21 ประเภท

จากแผนภูมิแสดงค่าดังต่อไปนี้ (1) อิฐขาว ค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 100, (3) อิฐมวลเบา มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 50 ค่า U-Value ร้อยละ 11.11 ค่า R-Value ร้อยละ 33.33 และค่า K-Value ร้อยละ 5.55, (5) ไม้จริง มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 22.22, (6) ไม้เทียม มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 7.69 ค่า U-Value ร้อยละ 23.07 และค่า R-Value ร้อยละ 23.07, (7) พลาสติก มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 11.11, (8) แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 11.11 ค่า U-Value ร้อยละ 55.55 ค่า R-Value ร้อยละ 22.22 และค่า K-Value ร้อยละ 11.11, (9) โลหะผสม/เมทัลชีท มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 7.14 ค่า R-Value ร้อยละ 7.14 และค่า K-Value ร้อยละ 7.14, (11) อลูมิเนียม

มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 50, (12) กระจก มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 90, (13) ยิปซัม มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 40 ค่า U-Value ร้อยละ 60 ค่า R-Value ร้อยละ 20, (14) ไฟเบอร์ซีเมนต์ มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 15 ค่า U-Value ร้อยละ 7.69 ค่า R-Value และ K-Value มีร้อยละ 15.38, (19) ฉนวน มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 71.42 ค่า U-Value ร้อยละ 14.28 ค่า K-Value ร้อยละ 85.71, (20) สี มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 72.22, (80) น้ำยาเคลือบ มีค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 80

คุณสมบัติทนร้อนวัสดุก่อสร้างผนัง มีสินค้าที่บอกค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพมากที่สุด 14 ประเภท รองลงมาคือค่า U-Value มีสินค้าแสดงข้อมูลดังกล่าว 7 ประเภท ค่า K-Value มีสินค้าแสดงข้อมูล 5 ประเภท และค่า R-Value มีสินค้าแสดง 5 ประเภท




หมายเหตุ : เชิงคุณภาพ หมายถึง ความทนทานต่อความน้ำท่วมทั่วไป คำโฆษณา เช่น ทนชื้นได้ดี กันน้ำ

**ภาพที่ 67** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างผนัง

จากแผนภูมิแสดงค่าดังต่อไปนี้ (1) อิฐขาว มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 100 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 100, (2) อิฐมอญ มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 41.93 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 6.45, (3) อิฐมวลเบา มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 73.33, (4) บล็อกคอนกรีต มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 33.33 (5) ไม้จริง มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 55.55 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 22.22, (6) ไม้เทียม มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 23.07, (7)

พลาสติก มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 75, (8) แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 55.55, (10) เหล็ก มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 20, (11) อลูมิเนียม มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 100 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 33.33, (12) กระจก มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 100 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20, (13) ยิปซัม มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 20 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 40, (14) ไฟเบอร์ซีเมนต์ มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 46.15 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 38.46 ค่าการไม่ยอมให้น้ำผ่านร้อยละ 15.38, (15) เซรามิค มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 50 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 50, (18) กระเบื้องพอร์ตเลน มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 16.66, (19) ฉนวน มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 57.14 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 14.28, (20) สี มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 50 และ (21) มีค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 90

ค่าคุณสมบัติทนน้ำของวัสดุก่อสร้างผนัง พบจำนวนประเภทของสินค้า 14 ประเภทแสดงค่าความทนทานน้ำเชิงคุณภาพ 13 ประเภท แสดงค่าการดูดซึมน้ำ และ 1 ประเภทแสดงค่าการไม่ยอมให้น้ำผ่าน

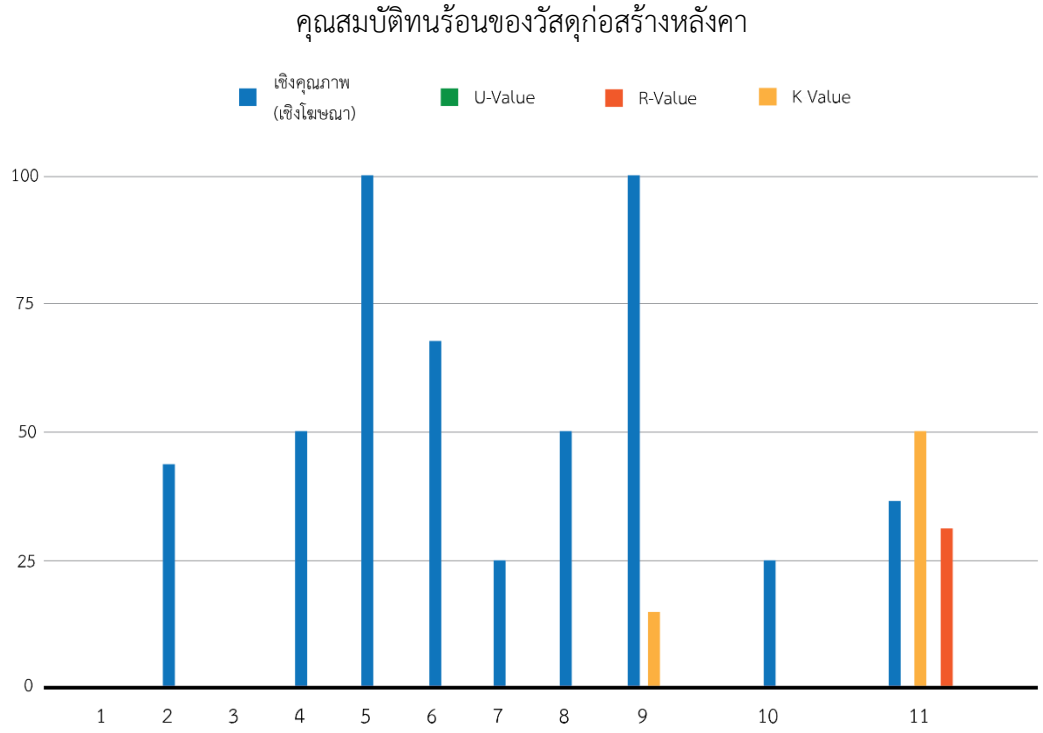
2.1.2 ข้อมูลสินค้าวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

การรวมข้อมูลและสร้างแผนภาพและแผนภูมิ ทำให้เห็นความแตกต่างการบอกคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภูมิแท่งโดยมีตารางแนะนำตัวแปรแต่ละตัวในตาราง ดังนี้

**ตารางที่ 19** ตารางแสดงข้อมูลตัวแปรที่แสดงในแผนภูมิ

| ตัวแปร | แทนค่าด้วย | ตัวแปร | แทนค่าด้วย |
|---|---|---|---|
| กระเบื้องดินเผา | 1 | กระจก | 7 |
| กระเบื้องคอนกรีต | 2 | ไม้จริง | 8 |
| กระเบื้องซีเมนต์ | 3 | ไม้เทียม | 9 |
| กระเบื้องไฟเบอร์ | 4 | โลหะ/เหล็ก | 10 |
| กระเบื้องเซรามิค | 5 | ฉนวน | 11 |
| พลาสติก | 6 | | |

จากการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา ทั้ง 11 ประเภท ซึ่งสามารถสร้างแบ่งเป็นการรายงานผลออกเป็น 2 กราฟดังนี้ 1) คุณสมบัติทนร้อนวัสดุก่อสร้างหลังคา และ 2) คุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างหลังคา โดยสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้




**ภาพที่ 68** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนร้อนของวัสดุก่อสร้างหลังคา

จากแผนภูมิแสดงค่าดังต่อไปนี้ (2) กระเบื้องหินแกรนิต แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 40, (4) กระเบื้องไฟเบอร์ แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 50, (5) กระเบื้องเซรามิค แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 100, (6) พลาสติก แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 66.66, (7) กระจก แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 25, (8) ไม้จริง แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 50, (9) ไม้เทียม แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 100 และมีค่า K-Value ร้อยละ 14.28, (10) โลหะ/เหล็ก แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 27.27, (11) ฉนวน แสดงค่าคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพร้อยละ 37.5 มีค่า K-Value ร้อยละ 50 และค่า R-Value ร้อยละ 31

ค่าคุณสมบัติทนร้อนของวัสดุก่อสร้าง พบมีจำนวนสินค้า 9 ประเภทแสดงคุณสมบัติทนร้อนเชิงคุณภาพ แสดงค่า K-Value 2 ประเภท และแสดงค่า R-Value เพียง 1 ประเภท

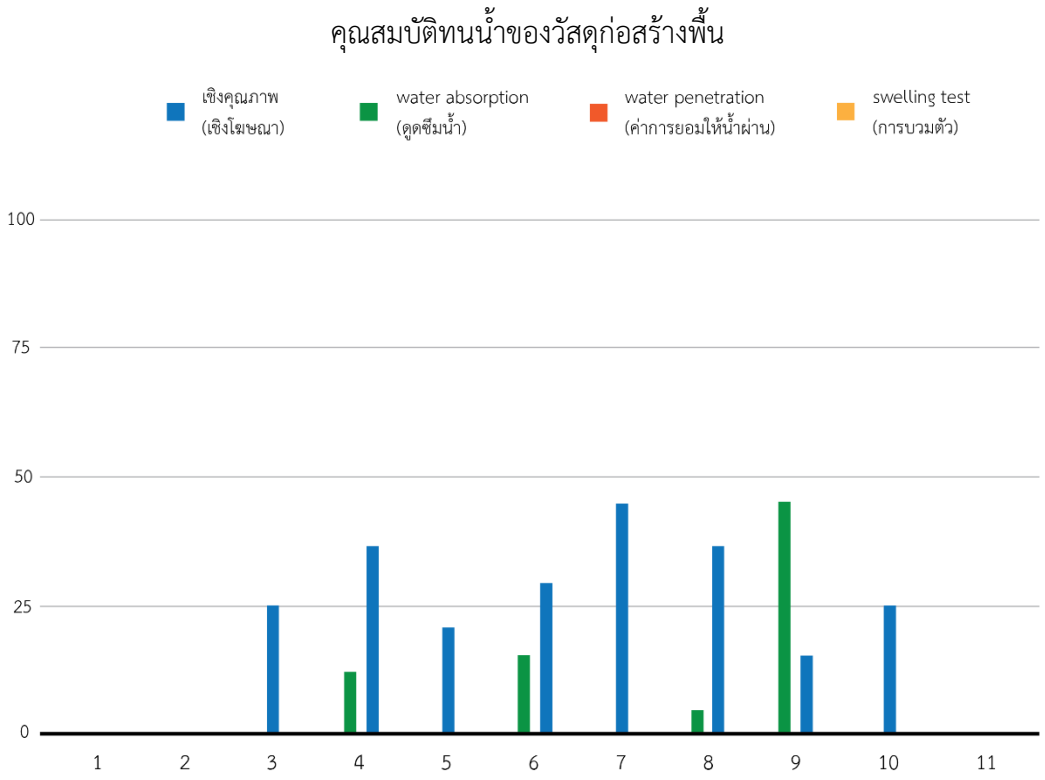
2.1.3 ข้อมูลสินค้าวัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

การรวมข้อมูลและสร้างแผนภาพและแผนภูมิ ทำให้เห็นความแตกต่างการบอกคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภูมิแท่งโดยมีตารางแนะนำตัวแปรแต่ละตัวในตาราง ดังนี้

**ตารางที่ 20** ตารางแสดงข้อมูลตัวแปรที่แสดงในแผนภูมิ

| ตัวแปร | แทนค่าด้วย | ตัวแปร | แทนค่าด้วย |
|---|---|---|---|
| คอนกรีตสำเร็จรูป | 1 | กระเบื้องยาง | 7 |
| ไม้จริง | 2 | เซรามิค | 8 |
| ไม้ปาร์เกต์ | 3 | กระเบื้องพอร์ตเลน | 9 |
| ไม้เทียม | 4 | หินธรรมชาติ | 10 |
| พลาสติก | 5 | เคลือบผิว | 11 |
| กระเบื้องเคลือบ/ดินเผา | 6 | | |

จากการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างประเภทพื้น ทั้ง 11 ประเภท ซึ่งสามารถสร้างแบ่งเป็นการรายงานผลออกเป็น 2 กราฟดังนี้ 1) คุณสมบัติทนร้อนวัสดุก่อสร้างพื้น และ 2) คุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างพื้น โดยสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



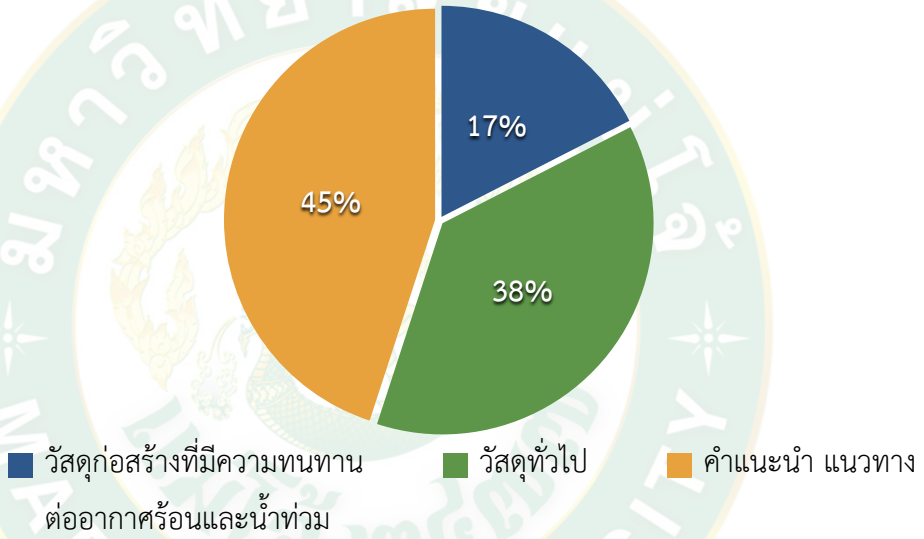

**ภาพที่ 69** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคุณสมบัติทนน้ำวัสดุก่อสร้างพื้น

จากแผนภูมิแสดงค่าดังต่อไปนี้ (3) ไม้ปาร์เกต์ แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 25, (4) ไม้เทียม แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 35.29 และแสดงค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 11.76, (5) พลาสติก แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 20, (6) กระเบื้องดินเผาหรือกระเบื้องดินเคลือบ แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 28.57 และแสดงค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 14.28, (7) กระเบื้องยาง แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 42.86, (8) เซรามิค แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 14.28 และแสดงค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 4, (9) กระเบื้องพอร์ตเลน แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 12 แสดงค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 42.86, (10) หินธรรมชาติ แสดงค่าคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพร้อยละ 25%

ค่าคุณสมบัติทนน้ำของวัสดุก่อสร้าง พบมีจำนวนสินค้า 8 ประเภทแสดงคุณสมบัติทนน้ำเชิงคุณภาพ แสดงค่าแสดงค่าการดูดซึมน้ำ 4 ประเภท และไม่พบสินค่าที่แสดงค่าการยอมให้น้ำผ่านและค่าการทดสอบการบวมตัวหดตัวหลังแช่น้ำ

2.2 งานวิจัยและลิขสิทธิ์ของวัสดุก่อสร้าง

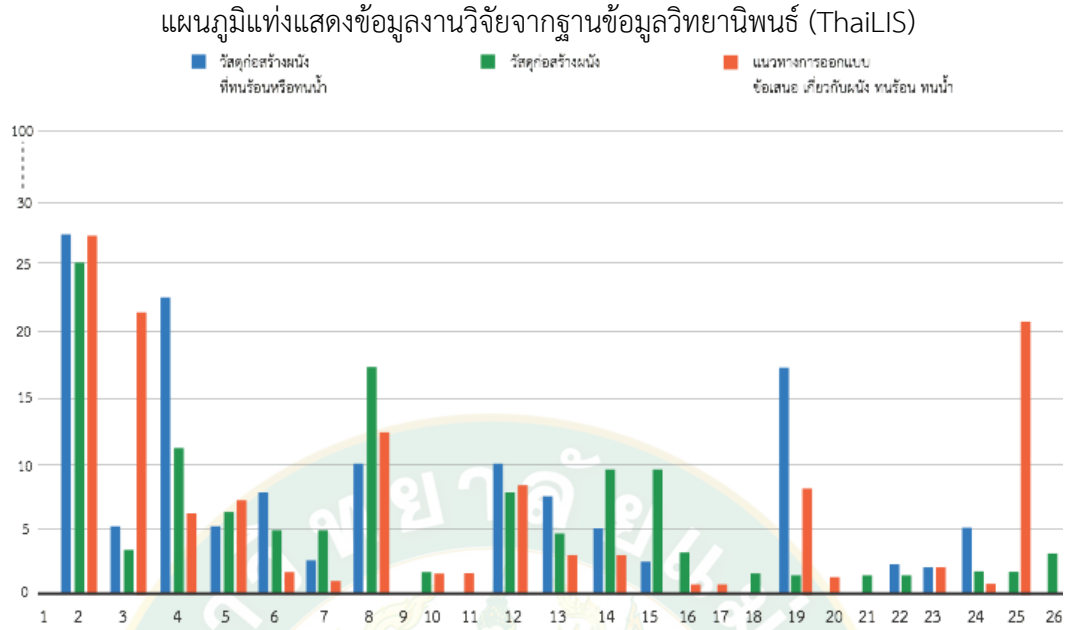
จากการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้าง จากข้อมูลงานวิจัยจากทั้งฐานข้อมูลงานวิจัยและลิขสิทธิ์เป็นงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบันทั้งหมด 309 งานวิจัย จากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์และผลงานวิจัย ThaiLIS จำนวน 235 งานวิจัยและจากลิขสิทธิ์กรมทรัพย์สินทางปัญญา 74 ลิขสิทธิ์ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1. กลุ่มที่เกี่ยวกับการผลิต ออกแบบวัสดุก่อสร้างที่มีความทนทานต่ออากาศร้อนและน้ำท่วม จำนวน 54 งาน 2. กลุ่มที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบวัสดุทั่วไป จำนวน 116 งาน 3. กลุ่มที่ให้คำแนะนำ แนวทางเกี่ยวกับการผลิต ออกแบบวัสดุก่อสร้างหรือเกี่ยวกับการทนความร้อนและน้ำท่วม จำนวน 139 งาน ดังภาพแผนภูมิวงกลมต่อไปนี้




**ภาพที่ 70** ภาพแผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนแต่ละประเภทงานวิจัย

จากแผนภูมิ งานวิจัยประเภทแนะนำแนวทางการออกแบบหรือผลิตวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการทนความร้อน ทนน้ำ มีจำนวนมากที่สุด โดยที่รองลงมาคืองานวิจัยประเภทวัสดุทั่วไป ที่มีวัตถุประสงค์ต้องการพัฒนาคุณสมบัติด้านอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับความทนร้อนหรือทนน้ำ และงานวิจัยประเภทวัสดุที่ทนร้อน ทนน้ำโดยตรง มีเพียงร้อยละ 17 โดยคุณสมบัติที่พบจะเป็นแนวทางการออกแบบวัสดุเพื่อต้องการลดการใช้พลังงานในบ้านเป็นส่วนใหญ่

นอกจากนี้ยังศึกษาวัสดุก่อสร้างเฉพาะประเภทผนัง เนื่องจากเป็นส่วนที่ได้รับผลกระทบจากทั้งความร้อนและน้ำท่วม โดยมีรายละเอียดของแต่ละประเภทผนังดังนี้

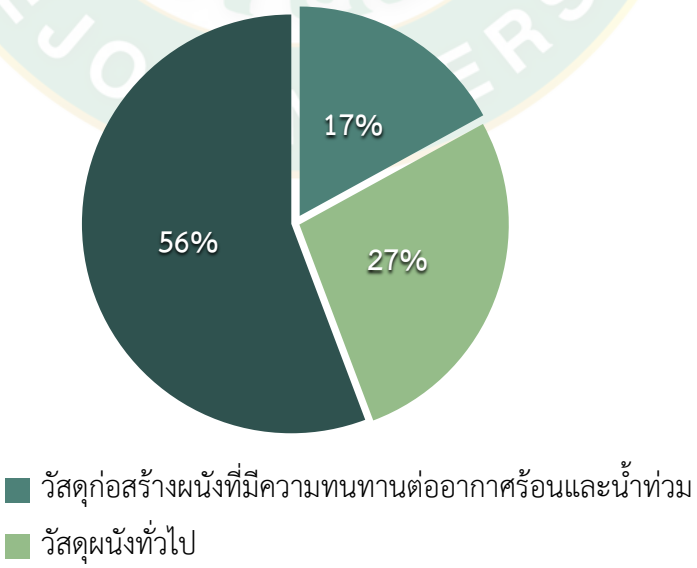



**ภาพที่ 71** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงข้อมูลงานวิจัย จาก ThaiLIS

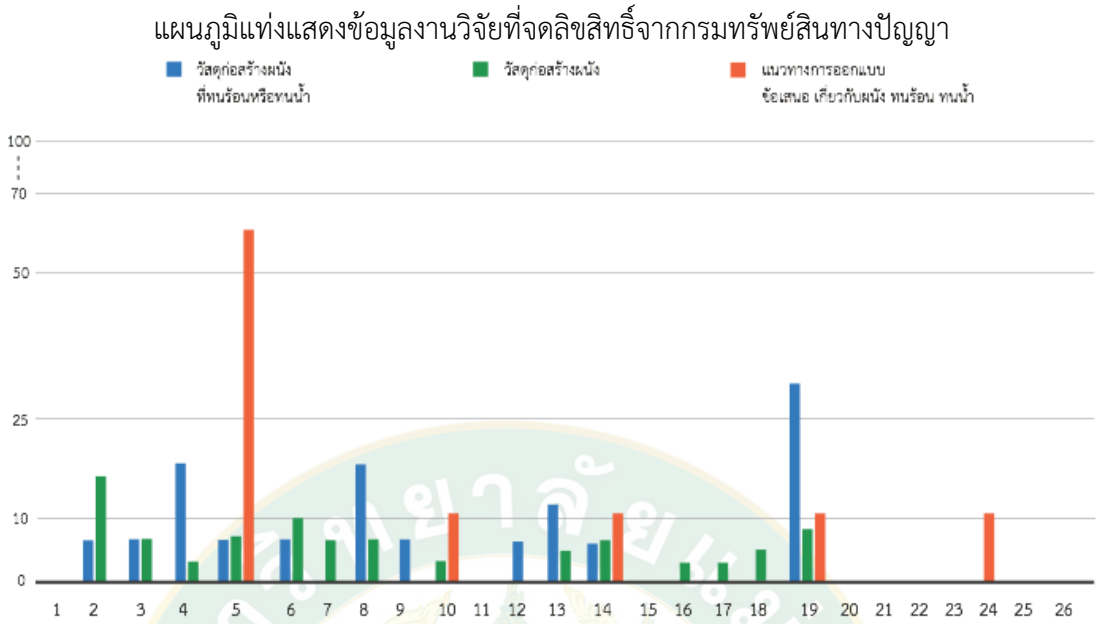
จากแผนภูมิ แสดงค่าดังต่อไปนี้ (2) อิฐมอญ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรง ร้อยละ 27.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 25 และแนวทางร้อยละ 27.58, (3) อิฐมวลเบา มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรง ร้อยละ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 3.12 และแนวทางร้อยละ 21.37, (4) บล็อกคอนกรีต มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 22.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 10.93 และแนวทางร้อยละ 6.1, (5) ไม้จริง มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 6.2 และแนวทางร้อยละ 6.87, (6) ไม้เทียม มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 4.68 และแนวทางร้อยละ 1.52, (7) พลาสติก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 4.68 และแนวทางร้อยละ 0.76, (8) แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างโดยตรงร้อยละ 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 17.18 และแนวทางร้อยละ 12, (10) เหล็ก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 1.56 และแนวทางร้อยละ 1.52, (11) อลูมิเนียม มีงานวิจัยที่แนะแนวทางร้อยละ 1.52, (12) กระจก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างโดยตรงร้อยละ 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 7.81 และแนวทางร้อยละ 8.39, (13) ยิปซัม มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 4.68 และแนวทางร้อยละ 3.05, (14) ไฟเบอร์ซีเมนต์ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ

9.37 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 3.12 และแนวทางร้อยละ 3.05, (15) เซรามิค มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป มีร้อยละ 9.73, (16) กระเบื้องดินเผา มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 3.2 และแนวทางร้อยละ 0.75, (17) กระเบื้องแกรนิต มีงานวิจัยที่แนะแนวทางร้อยละ 0.76, (18) กระเบื้องพอร์ตเลน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 1.56, (19) ฉนวน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 17.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป มีร้อยละ 1.56 และแนวทางร้อยละ 8.39, (20) สี มีงานวิจัยที่แนะแนวทางร้อยละ 1.52, (21) น้ำยาเคลือบ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 1.56, (22) ดิน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 1.56, (23) ต้นไม้ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 2.5 และแนวทางร้อยละ 2.29, (24) น้ำ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 1.56 และแนวทางร้อยละ 0.76, (25) ผนังโดยรวม มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 1.56 และแนวทางร้อยละ 20.61 และ(26) โซลาร์เซล มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 3.12

ข้อมูลงานวิจัยวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ เป็นงานวิจัยเชิงแนะแนวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.74 จากทั้งหมด 235 งานวิจัย รองลงมาคืองานวิจัยวัสดุก่อสร้างทั่วผนังไป ร้อยละ 27.34 และน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 17.02 คืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานความร้อนและน้ำโดยตรง ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังนี้




**ภาพที่ 72** ภาพแผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนข้อมูลงานวิจัย

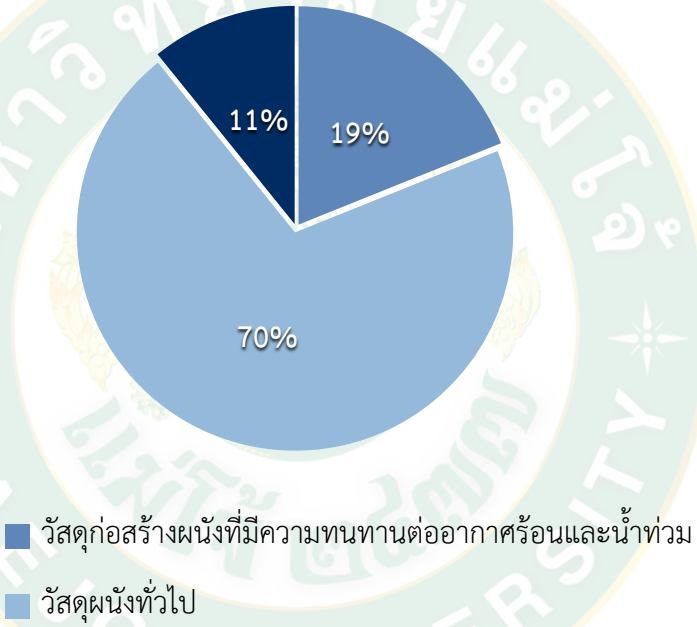



**ภาพที่ 73** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงข้อมูลงานวิจัยที่จดลิขสิทธิ์ จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา

จากแผนภูมิ แสดงค่าดังต่อไปนี้ (2) อิฐมอญ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรง ร้อยละ 7.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 19.23, (3) อิฐมวลเบา มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรง ร้อยละ 7.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 7.69, (4) บล็อกคอนกรีต มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 21.42 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 3.84, (5) ไม้จริง มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 7.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 7.69 และแนวทางร้อยละ 62.5, (6) ไม้เทียม มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 7.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 11.53, (7) พลาสติก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 7.69, (8) แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 21.42 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 7.69, (9) เมทัลชีท มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับวัสดุก่อสร้างผนังที่ทนทานความร้อนและน้ำท่วม ร้อยละ 7.14, (10) เหล็ก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 3.84 และแนวทางร้อยละ 12.5, (12) กระจก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 7.14, (13) ยิปซัม มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 14.28 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 5.76, (14) ไฟเบอร์ซีเมนต์ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 7.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 7.69 และแนวทางร้อยละ 3.05, (15) เซรามิค มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 12.5, (16) กระเบื้องดินเผา มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังทั่วไปร้อยละ 3.84 , (17) กระเบื้องแกรนิต งานวิจัยที่

เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังทั่วไปร้อยละ 3.84 , (18) กระเบื้องพอร์ตเลน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังทั่วไปร้อยละ 5.76, (19) ฉนวน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนังโดยตรงร้อยละ 35.71 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีร้อยละ 9.16 และแนวทางร้อยละ 12.5, (24) น้ำ มีงานวิจัยที่แนะนำ แนวทางเกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างและความทนร้อนทนน้ำคิดเป็นร้อยละ 12.5

ซึ่งงานวิจัยที่จดลิขสิทธิ์ส่วนใหญ่เป็นงานเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป ร้อยละ 70.27 รองลงมาคือวัสดุก่อสร้างประเภทที่เกี่ยวข้องกับความทนร้อนทนน้ำโดยตรง คิดเป็นร้อยละ 18.91 และที่เหลือร้อยละ 10.81 คืองานวิจัยที่ให้คำแนะนำและชี้แนวทางเกี่ยวกับความทนร้อน ทนน้ำ การออกแบบวัสดุก่อสร้าง โดยมีภาพสัดส่วนตามแผนภูมิดังนี้




**ภาพที่ 74** ภาพแผนภูมิวงกลมแสดงข้อมูลงานวิจัยที่จดลิขสิทธิ์จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา

หากเทียบสัดส่วนจากทั้งหมด 309 งานวิจัย พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อความร้อนคือร้อยละ 98.3 และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำร้อยละ 1.61

**3. การวิเคราะห์ช่องว่าง**

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงงานวิจัย บทความที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ช่องว่าง GAP ANALYSIS ร่วมกับการใช้ข้อมูลเชิงสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาช่องว่าง จุดอ่อนที่ยังขาดหาย เสริมจุดแข็ง และพัฒนาในส่วนที่เหมาะสม โดยการใช้ตารางแสดงค่าคุณสมบัติของความทนทาน โดยใช้ตารางในข้อ 4.2 ของบทที่ 3 ที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งเกณฑ์ค่าความทนทานจากข้อมูลผลการวิเคราะห์ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการวิเคราะห์ช่องว่างของวัสดุที่มีให้ปัจจุบัน ได้มีการเพิ่มช่วงระดับค่าความทนทาน เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งได้มีการแบ่งระดับค่าความทนทานไว้ 3 ระดับ คือระดับความทนทานสูง ความทนทานกลางและความทนทานต่ำ ดังนี้

(1) ความทนทานต่อความร้อน

ค่าความทนทานต่อความร้อน คำนวณจากการหาระดับการต้านทานอุณหภูมิของวัสดุก่อสร้างที่ระดับดีที่สุดคือ การต้านอุณหภูมิได้มากกว่าหรือเท่ากับ 23 องศาเซลเซียส จากการใช้ค่าอุณหภูมิสภาวะสบายที่ 26 องศาเซลเซียส (ภัทรนันท์, 2548) นั่นคืออุณหภูมิในอนาคตคือ 49 องศาเซลเซียส ต่างกับค่าอุณหภูมิสภาวะสบายที่ 26 องศาเซลเซียส อยู่ที่ 23 องศาเซลเซียส ( 49-26 = 23)

ระดับความทนทานกลางคือ วัสดุสามารถต้านอุณหภูมิไว้ที่ระหว่าง 19.3 ถึง 23 องศาเซลเซียส ระดับนี้เป็นการใช้ค่าสภาวะสบายที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ถึงค่าอุณหภูมิสภาวะสบายที่ยอมรับได้สูงที่สุดคือ 29.7 องศาเซลเซียส ( 49-29.7=19.3 ) ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับเกณฑ์ความทนทานที่ได้จากการวิเคราะห์ที่สามารถยอมรับค่าความทนทานในระดับนี้ได้เป็นอย่างต่ำ

ระดับความทนทานต่ำ คือ วัสดุสามารถต้านทางอุณหภูมิได้น้อยกว่า 19.3 จากการใช้ค่าอุณหภูมิสภาวะสบายที่สูงที่สุดที่สามารถยอมรับได้คือ 29.7 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 21** ตารางระดับความทนทานของความร้อน

| ระดับความทนทาน | ค่าความทนทาน |
|---|---|
| ความทนทานสูง | ≥ 23 องศาเซลเซียส |
| ความทนทานกลาง | 23 – 19.3 องศาเซลเซียส |
| ความทนทานต่ำ | < 19.3 องศาเซลเซียส |

จากนั้นใช้ค่าความทนทานข้างต้น เป็นค่าตั้งต้นเพื่อคำนวณหาค่าความทนต่อความร้อนทั้งของวัสดุผนังและหลังคา โดยมีการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ของบทที่ 4 โดยมีผลระดับความทนทานในรูปแบบของคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

**ตารางที่ 22** ตารางระดับความทนทานต่อความร้อนของวัสดุผนัง

| ระดับความทนทาน | ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) หน่วย $W/m^2K$ | ค่าต้านทานความร้อน (R) หน่วย $m^2K/W$ | ค่าการนำความร้อน (K) หน่วย W/mK |
|---|---|---|---|
| ความทนทานสูง | > 1.3 | > 0.77 | < 0.13 |
| ความทนทานกลาง | 1.3 – 1.55 | 0.64 - 0.77 | 0.13 – 0.155 |
| ความทนทานต่ำ | < 1.55 | < 0.64 | > 0.155 |

**ตารางที่ 23** ตารางระดับความทนทานต่อความร้อนของวัสดุหลังคา

| ระดับความทนทาน | ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) หน่วย $W/m^2K$ | ค่าต้านทานความร้อน (R) หน่วย $m^2K/W$ | ค่าการนำความร้อน (K) หน่วย W/mK |
|---|---|---|---|
| ความทนทานสูง | > 0.43 | > 2.32 | < 0.043 |
| ความทนทานกลาง | 0.43 – 0.52 | 1.92 – 2.32 | 0.043 – 0.052 |
| ความทนทานต่ำ | < 0.52 | < 1.92 | > 0.052 |

ความทนทานต่อน้ำท่วม

ความต้านทานต่อน้ำท่วม จากข้อมูลในบทที่ 2 วัสดุที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายน้อยที่สุดคือวัสดุประเภทอิฐมอญ คอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ หินธรรมชาติและกระเบื้องเซรามิค ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าคุณสมบัติความทนทานของวัสดุดังกล่าว โดยใช้ตารางการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับความทนทานต่อน้ำท่วม ในข้อ 1.3 ของบทที่ 4 ซึ่งวัสดุผนังและพื้นจะใช้ค่าความทนทานเดียวกัน โดยเลือกใช้ค่าความทนทานจากมาตรฐานและงานวิจัยที่สูงที่สุด มีระดับความทนทานมีดังนี้

ความทนทานสูงระดับ คือ วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ค่าการยอมให้น้ำผ่านน้อยกว่าร้อยละ 1.5 และค่าการทดสอบการบวมตัวค่าควรน้อยกว่าร้อยละ 6 (ค่าที่ดีกว่ามาตรฐานเดิมหนึ่งเท่าตัว : มอก.876-2547)

ความทนทานระดับกลาง วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.5 ถึง 2 ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรอยู่ระหว่างร้อยละ 1.5 ถึง 3 สำหรับค่าการทดสอบการบวมตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 6 ถึง 12 ค่าความทนทานระดับกลางส่วนหนึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ความทนทานของงานวิจัยนี้ เว้นแต่ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรอยู่ที่ระดับความทนทานสูง สำหรับความทนทานระดับกลางจะถือว่าเป็นเพียงค่าที่พอยอมรับได้เท่านั้น

ความทนทานระดับต่ำ คือ วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 2 ค่าการยอมให้น้ำผ่านที่มากกว่าร้อยละ 3 สำหรับค่าการทดสอบการบวมตัวมากกว่าร้อยละ 12

**ตารางที่ 24** ตารางระดับความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุผนังและพื้น

| ระดับความทนทาน | ค่าการดูดซึมน้ำ | ค่าการยอมให้น้ำผ่าน | ค่าการทดสอบการบวมตัว |
|---|---|---|---|
| ความทนทานสูง | < 0.5 % | < 1.5 % | < 6 % |
| ความทนทานกลาง | 0.5 – 2 % | 1.5 – 3 % | 6 – 12 % |
| ความทนทานต่ำ | > 2 % | > 3 % | > 12 % |

3.1 วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง ข้อมูลที่แสดงคุณสมบัติวัสดุก่อสร้างที่ได้จากการสำรวจและเลือกค่าความทนทานที่ตรงกับแต่ละระดับของความทนทานในแต่ละประเภท ทั้งหมด 21 ประเภท โดยที่แสดงค่าคุณสมบัติความทนทานของวัสดุผนังที่มีในท้องตลาด พร้อมแสดงตัวเลขหนาสีแดงเฉพาะที่ค่าคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้ตั้งไว้ตามแต่ละระดับ N/A หมายถึงไม่พบหรือไม่มีการแสดงข้อมูล **โดยตารางจะแสดงเฉพาะวัสดุที่ปรากฏค่าความทนทานผ่านในแต่ละระดับเท่านั้น

**ตารางที่ 25** (1) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างผนังที่มีค่าความทนทานในระดับสูง

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | ทนร้อน | | | ทนน้ำ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | U > 1.3 | R > 0.77 | K < 0.13 | water absorption < 0.5 % | water penetration < 1.5 % | swelling test < 6 % |
| 1 | อิฐมวลเบา | 0.156 | 1.5 | 0.089 | 0.3 | N/A | N/A |
| 2 | ไม้เทียม | 1.854 | 0.539 | N/A | N/A | N/A | N/A |

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | ทนร้อน | | | ทนน้ำ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | U > 1.3 | R > 0.77 | K < 0.13 | water absorption < 0.5 % | water penetration < 1.5 % | swelling test < 6 % |
| 3 | แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป | 0.88 | 1.14 | 0.175 | 13 | N/A | 0.2 |
| 4 | ยิปซัม | 0.191 | 5.592 | 0.027 | ≤ 2 | N/A | N/A |
| 5 | ไฟเบอร์ซีเมนต์ | 1.854 | 0.539 | 0.083 | 30 | < 5 | N/A |
| 6 | ฉนวน | 0.025 | 2.679 | N/A | 0.00015 | N/A | N/A |

จากการรวบรวมข้อมูลวัสดุที่ผ่านเกณฑ์ที่ระดับความทนทานสูง 6 ชนิดจาก 21 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 28.57 โดยพบมี 6 ชนิดที่ผ่านเกณฑ์ความทนทานต่อความร้อน คิดเป็นร้อยละ 28.57 และอีก 3 ชนิดที่ผ่านเกณฑ์ความทนทานต่อน้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 9.52

**ตารางที่ 26** (2) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างผนังที่มีค่าความทนทานในระดับกลาง

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | ทนร้อน | | | ทนน้ำ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | U | R | K | water absorption | water penetration | swelling test |
| | | 1.3–1.55 | 0.64-0.77 | 0.13-0.155 | 0.5 - 2 % | 1.5 - 3 % | 6 - 12 % |
| 1 | อิฐมวลเบา | 0.98 | 1.5 | 0.13 | 30 | N/A | N/A |
| 2 | ยิปซัม | 0.191 | 5.592 | 0.027 | ≤ 2 | N/A | N/A |
| 3 | กระเบื้องพอร์ตเลน | N/A | N/A | N/A | 0.05 | N/A | N/A |

วัสดุผนังจำนวน 3 ชนิดจาก 21 คิดเป็นร้อยละ 14.28 ชนิดที่มีความทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วมอยู่ในระดับความกลาง โดยมีค่าความทนร้อนอยู่ในระดับนี้เพียง 1 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 4.76 และอีก 2 ชนิด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 9.52 คือวัสดุที่มีค่าความทนทานต่อน้ำท่วมอยู่ในระดับกลาง

**ตารางที่ 27** (3) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างผนังที่มีค่าความทนทานในระดับต่ำ

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | ทนร้อน | | | ทนน้ำ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | U<br>**< 1.55** | R<br>**< 0.64** | K<br>**> 0.155** | water absorption<br>**> 2 %** | water penetration<br>**> 3 %** | swelling test<br>**> 12 %** |
| 1 | อิฐขาว | 0.75 | N/A | N/A | < 18 | N/A | N/A |
| 2 | อิฐมอญ | N/A | N/A | N/A | ≤ 18 | N/A | N/A |
| 3 | อิฐมวลเบา | 0.98 | 1.5 | **0.13** | 30 | N/A | N/A |
| 4 | บล็อกคอนกรีต | N/A | N/A | N/A | ≤ 5 | N/A | N/A |
| 5 | ไม้เทียม | 0.10 | 0.539 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 6 | แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป | 0.88 | 1.14 | 0.175 | 13 - 14 | N/A | N/A |
| 7 | กระจก | 0.024 | N/A | N/A | < 5 | N/A | N/A |
| 8 | ยิปซัม | 0.191 | 5.592 | 0.027 | ≤ 2 | N/A | N/A |
| 9 | ไฟเบอร์ซีเมนต์ | 1.854 | 0.1 | 0.083 | 30 | < 5 | N/A |
| 10 | เซรามิค | N/A | N/A | N/A | 10 | N/A | N/A |
| 11 | ฉนวน | 0.025 | 2.679 | N/A | 0.00015 | N/A | N/A |

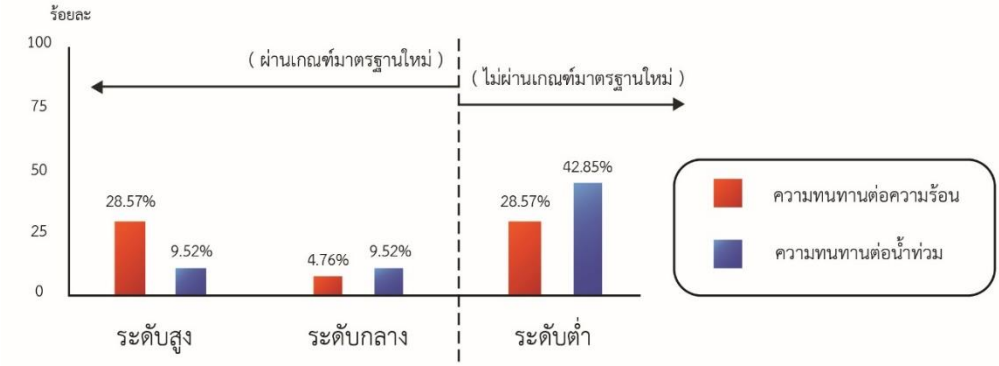
ในระดับค่าความทนทานต่ำ พบมีวัสดุจำนวน 11 ชนิดจากทั้งหมด 21 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 52.38 มีวัสดุที่มีค่าความทานร้อนอยู่ในระดับความทนทานต่ำ 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 28.57 โดยมี 9 ชนิดที่มีค่าความทนทานต่อน้ำอยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 42.38

3.1.1 ช่องว่างของวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

สำหรับช่องว่างที่พบในวัสดุประเภทผนัง ส่วนแรกคือค่าความทนทานต่อความร้อน แม้วัสดุประเภทผนังจะมีวัสดุส่วนหนึ่งที่มีความสามารถทนทานต่อความร้อนในอนาคตได้ แต่เมื่อเทียบสัดส่วนของวัสดุประเภทผนังทั้งหมดแล้ว พบว่าวัสดุก่อสร้างผนังที่จำหน่ายในตลาดมีทั้งที่มีค่าความทนทานสูงและความทนทานต่ำในปริมาณที่เท่าๆกัน โดยวัสดุที่มีค่าความทนทานผ่านเกณฑ์ใหม่ คือ

ค่าความทนทานต้องอยู่ในระดับสูงกว่าค่าความทนทานระดับกลางขึ้นไป พบมีสัดส่วนการผ่านเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ นั่นคือมีจำนวนวัสดุเพียง 7 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนประเภทผนังทั้งหมด โดยวัสดุที่มีค่าความทนทานในระดับที่สูง คือวัสดุประเภท อิฐมวลเบา ไม้เทียม แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ยิปซัม ไฟเบอร์ซีเมนต์และฉนวน ซึ่งจัดเป็นวัสดุที่มีค่าความนิยมสูง อีกทั้งยังมีปริมาณการผลิตที่สูงเช่นกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากซีเมนต์หรือคอนกรีต

จากความทนทานต่อน้ำท่วมทั้ง 3 ระดับ พบว่าวัสดุส่วนใหญ่มีค่าความทนทานต่อการน้ำท่วมในระดับที่ต่ำ โดยมีวัสดุที่อยู่ในระดับกลางที่พอยอมรับได้และในระดับสูงอยู่เพียงระดับละ 2 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 9.52 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ความทนทานใหม่เพียงร้อยละ 19.04 โดยช่องว่างที่พบทั้งการทนต่อความร้อนและน้ำท่วมสามารถแสดงเป็นแผนภูมิแท่งได้ดังนี้




**ภาพที่ 75** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงผลการรวบรวมวัสดุผนัง ที่ผ่านค่าความทนทานในแต่ละระดับ

อีกทั้งจากการลงพื้นที่รวบรวมข้อมูล พบว่าส่วนใหญ่แสดงค่าเพียงค่าเดียว โดยหากมีความต้องการทราบข้อมูลอื่นๆ สามารถสอบถามพนักงานเพิ่มเติมได้ ซึ่งพนักงานก็ยินดีให้ข้อมูลในส่วนที่ขาดหายไป แต่ข้อมูลที่ได้ก็ยังไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อ ซึ่งนอกเหนือจากความสวยงามและคุณสมบัติความคงทนในรูปแบบคำโฆษณาทั่วไป จากคำบอกเล่าของพนักงานยังพบว่ามีความคิดเห็นของลูกค้าชาวต่างชาติที่แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับค่าคุณสมบัติความทนทานต่อความร้อนและน้ำที่ไม่ชัดเจน ด้วยข้อมูลเชิงเทคนิคของความทนทานที่แสดงไม่ครบถ้วน ทำให้อาจเกิดความเข้าใจผิดต่อผู้บริโภคที่ไม่มีความรู้เพียงพอ

3.2 วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

วัสดุหลังคาหรือวัสดุมุงหลังคาจำนวน 11 ประเภท แสดงค่าคุณสมบัติความทนทานของวัสดุที่มีในท้องตลาด โดยวัสดุหลังคาจะใช้เฉพาะค่าความทนทานต่อความร้อนเท่านั้น พร้อมแสดงตัวเลขหนาสีแดงเฉพาะที่ค่าคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้ตั้งไว้ตามแต่ละ

ระดับ N/A หมายถึงไม่พบหรือไม่มีการแสดงข้อมูล **โดยตารางจะแสดงเฉพาะวัสดุที่ปรากฏค่าความทนทานผ่านในแต่ละระดับเท่านั้น

**ตารางที่ 28** (1) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างหลังคาที่มีค่าความทนทานในระดับสูง

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | U<br>**> 0.43** | R<br>**> 2.32** | K<br>**< 0.043** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | พลาสติก | 0.55 | N/A | N/A |
| 2 | ไม้เทียม | 1.9780 | N/A | N/A |

จากการรวบรวมข้อมูลลงในตาราง พบวัสดุเพียง 2 ชนิดจากทั้งหมด 11 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 18.18 ที่ผ่านค่าความทนทานต่อความร้อนในระดับสูง โดยไม่พบข้อมูลความทนทานต่อความร้อนที่อยู่ในระดับกลาง

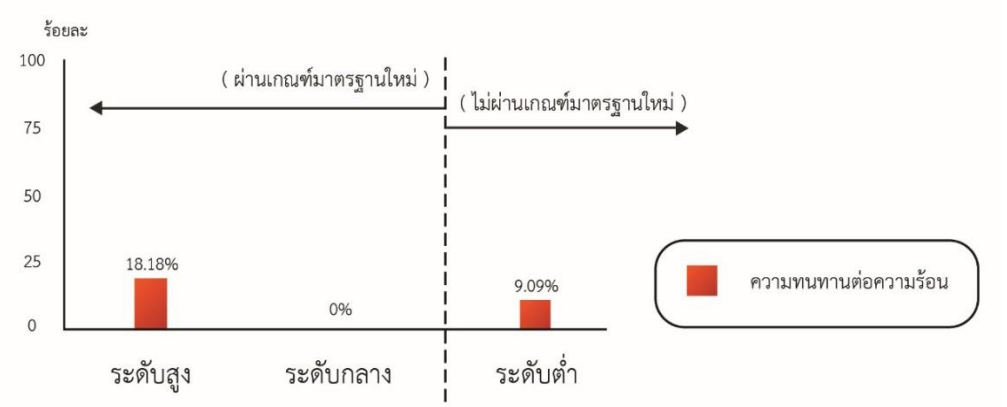
**ตารางที่ 29** (2) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างหลังคาที่มีค่าความทนทานในระดับต่ำ

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | U<br>**< 0.52** | R<br>**< 1.92** | K<br>**> 0.052** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ฉนวน | 0.025 | 1.190 | N/A |

จากการรวบรวมข้อมูลพบวัสดุหลังคาเพียง 1 ชนิดที่มีค่าความทนทานอยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 9.09

3.2.1 ช่องว่างของวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาหรือวัสดุมุงหลังคา ได้ถูกทำการศึกษาเฉพาะด้านความทนทานที่ต้องรับมือโดยตรง คือความร้อน ช่องว่างที่เกิดขึ้น คือการที่มีวัสดุประเภทนี้มีการแสดงค่าความทนทานต่อความร้อนที่น้อย และมีเพียงวัสดุเพียง 2 ชนิดที่ผ่านค่าความทนทานต่อความร้อนในระดับที่สูง โดยที่ไม่พบค่าความทนทานที่อยู่ในระดับกลาง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ช่องว่างของวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาคือ ปริมาณของประเภทวัสดุที่ผ่านการค่าเกณฑ์ความทนทานใหม่ของการศึกษานี้ มีจำนวนน้อยมาก ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการเข้าถึงข้อมูลที่ยากและการไม่แสดงค่าคุณสมบัติ ซึ่งมีผลทำให้เกิดความลังเล เมื่อต้องเลือกใช้ ถือเป็นช่องว่างอีกประการที่วัสดุหลังคาควรพัฒนา โดยระดับค่าความทนทานและสัดส่วนปริมาณของวัสดุหลังคาที่พบสามารถสร้างเป็นแผนภูมิภาพได้ดังนี้




**ภาพที่ 76** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงผลการรวบรวมวัสดุหลังคา ที่ผ่านค่าความทนทานในแต่ละระดับ

3.3 วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

วัสดุพื้นจำนวน 11 ประเภท แสดงค่าคุณสมบัติความทนทานของวัสดุที่มีในท้องตลาด วัสดุพื้นจะสำรวจความทนทานต่อน้ำท่วมเท่านั้น พร้อมแสดงตัวเลขหนาสีแดงเฉพาะที่ค่าคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้ตั้งไว้ตามแต่ละระดับ N/A หมายถึงไม่พบหรือไม่มีการแสดงข้อมูล **โดยตารางจะแสดงเฉพาะวัสดุที่ปรากฏค่าความทนทานผ่านในแต่ละระดับเท่านั้น

**ตารางที่ 30** (1) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างพื้นที่มีค่าความทนทานในระดับกลาง

| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | water absorption **< 0.5 %** | water penetration **< 1.5 %** | swelling test **< 6 %** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | กระเบื้องพอร์ตเลน | **≤ 0.5%** | N/A | N/A |

จากทั้งหมด 11 ชนิดพบเพียง 1 คิดเป็นร้อยละ 9.09 ชนิดที่ผ่านเกณฑ์ความทนทานต่อน้ำท่วมในระดับกลาง โดยไม่พบวัสดุที่อยู่ในระดับความทนทานสูง

**ตารางที่ 31** (2) ตารางข้อมูลวัสดุก่อสร้างพื้นที่มีค่าความทนทานในระดับต่ำ

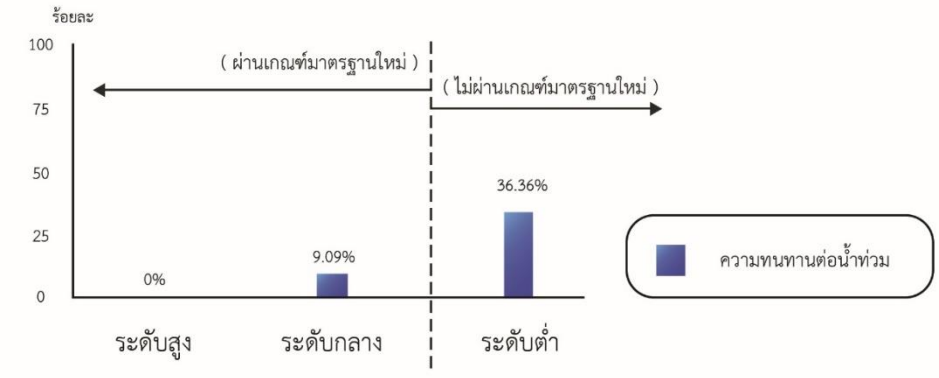
| ลำดับ | ชื่อวัสดุ | water absorption **> 2 %** | water penetration **> 3 %** | swelling test **> 12 %** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ไม้เทียม | **30%** | N/A | N/A |
| 2 | กระเบื้องเคลือบ/ กระเบื้องดินเผา | **≤ 6%** | N/A | N/A |
| 3 | เซรามิค | **≤ 6%** | N/A | N/A |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | กระเบื้องพอร์ตเลน | ≤ 0.5% | N/A | N/A |

จากทั้งหมด 11 ชนิด พบจำนวนวัสดุ 4 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 36.36 ที่ผ่านเกณฑ์ความทนทานต่อน้ำท่วมในระดับต่ำ

3.3.1 ช่องว่างของวัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

พื้นคือส่วนประกอบของบ้านที่ต้องเผชิญกับความเสียหายมากที่สุดเมื่อเกิดน้ำท่วม จากการรวบรวมข้อมูลไม่พบวัสดุประเภทพื้นที่จัดว่าเป็นวัสดุที่มีความทนทานสูง พบเพียงวัสดุที่มีความทนทานอยู่ในระดับกลางและต่ำ ซึ่งความทนทานในระดับต่ำพบว่ามีมากเมื่อเทียบกับระดับอื่น ซึ่งส่วนใหญ่พบเพียงค่าการดูดซึมน้ำเท่านั้นที่สามารถรอบรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต อาจเป็นผลมาจากการแสดงข้อมูล ณ ร้านขายสินค้าที่พบในปริมาณที่น้อย ส่วนใหญ่แสดงเพียงราคาและคำโฆษณาที่ไม่บอกปริมาณใดๆ โดยรายละเอียดที่สืบค้นพบ จะเป็นในส่วนของข้อมูลสินค้าจากเว็บไซต์ โดยจะระบุค่าคุณสมบัติอย่างละเอียดไว้ในหน้าเว็บไซต์และส่วนใหญ่เป็นสินค้าในเครือบริษัทขนาดใหญ่ โดยค่าความทนทานน้ำจะแสดงค่าการดูดซึมน้ำเป็นหลักและบอกว่าผ่านมาตรฐานใดบ้าง ซึ่งค่าความคงทน การบวมตัว หดตัว หดตัวจะรวมอยู่ในลิขสิทธิ์ที่ผ่าน แต่ไม่ระบุค่าเชิงปริมาณ จากตารางจะพบว่ามีเพียงค่าการดูดซึมน้ำเท่านั้นที่บอกค่าเป็นตัวเลขและผ่านเกณฑ์ความทนทานที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นการยืดหดตัว การพองบวมตัวของวัสดุหลังจากแช่น้ำจึงถือเป็นคุณสมบัติที่เป็นช่องว่าง ยังไม่พบการแสดงค่าเชิงปริมาณ โดยหากเทียบกับเกณฑ์ใหม่ของการวิเคราะห์จะพบว่า มีจำนวนวัสดุประเภทเดียวที่ผ่านค่าเกณฑ์ความทนทานใหม่ สามารถสร้างเป็นแผนภูมิรูปภาพได้ดังนี้




**ภาพที่ 77** ภาพแผนภูมิแท่งแสดงผลการรวบรวมวัสดุพื้น ที่ผ่านค่าความทนทานในแต่ละระดับ

**4. การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค**

4.1 การสำรวจเสียงของผู้บริโภค

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม ในขั้นแรกเมื่อรวบรวมข้อมูลแล้วเลือกใช้วิธีการจัดระเบียบข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative information) ในการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างผนัง ได้แก่ น้ำหนัก, ขนาด, พื้นผิว, ความทนทานต่อน้ำ/อัตราการดูดน้ำ, และความทนทานต่อความร้อน (U,R และ K-Value)

การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าโดยการเรียบเรียงข้อมูลลงตารางแปลงเสียง วิเคราะห์ลงตาราง (Matrix Diagram) คือเครื่องมือบ้านแห่งคุณภาพ House of Quality และเครื่องมือ Quality function deployment (QFD) การแปลงความต้องการของผู้บริโภคซึ่งเป็นเชิงคุณภาพให้เป็นรูปธรรม โดยคัดกรองและแยกประเด็นปัญหาและความต้องการของผู้บริโภคไว้ดังนี้

**ตารางที่ 32** ตารางปัญหาและความต้องการของผู้บริโภค

| ปัญหา | ความต้องการ |
|---|---|
| 1. มีรูปลักษณ์และรูปแบบให้เลือกน้อย | 1. สวยงาม ไม่ต้องตกแต่งเพิ่ม |
| 2. เป็นคราบได้ง่าย ทำความสะอาดยาก | 2. สามารถปรับเปลี่ยนได้หลายรูปแบบ ตัวต่อหรือข้อต่อยืดหยุ่นได้ |
| 3. น้ำหนักมาก | 3. มีฟังก์ชันการใช้งานที่แปลกใหม่ |
| 4. ขนส่งยาก | 4. ก่อเสร็จ ไม่เหลือเป็นเศษขยะ |
| 5. น้ำซึมผ่านได้ ผนังชื้น เกิดเชื้อรา | 5. สามารถดูดซับกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ได้ |
| 6. รูปทรงไม่คงทน หดตัว บวมตัว | 6. สามารถผลิตพลังงานได้ในตัว |
| 7. ไม่แข็งแรงทนทาน แตกร้าว ผุกร่อน เปราะหักง่าย | 7. กักเก็บความอบอุ่นเมื่อหน้าหนาวและโปร่งระบายอากาศเมื่อหน้าร้อน |
| 8. อมความร้อน ไม่ทนต่อความร้อน แดด | 8. สามารถปลูกต้นไม้ได้ในตัว |
| 9. ราคาแพง | 9. ป้องกันเสียงได้ดีมากขึ้นโดยเฉพาะเสียงเครื่องบิน |
| 10. หีบห่อไม่สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์ได้ | 10. สามารถกันฝุ่น กันแมลงได้ |
| 11. วัสดุเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม | |
| 12. ไม่มีมาตรฐาน มาตรฐานไม่ชัดเจน | |
| 13. ซ่อมแซมยาก | |
| 14. แมลงทำลายวัสดุก่อสร้าง อาศัยอยู่ในวัสดุ | |
| 15. ผิวสัมผัสและรูปลักษณะของวัสดุก่อให้เกิดอันตราย เช่น พื้นผิวมันลื่นเกินไป พื้นผิวขรุขระเกินไป มีขอบหรือสันคม | |

จากนั้นให้ค่าคะแนนความสัมพันธ์ โดยช่องที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดมากที่สุดคือ 3 คะแนน สัมพันธ์ปานกลางคือ 2 คะแนน สัมพันธ์กันน้อยที่สุดคือ 1 คะแนนและไม่มีความสัมพันธ์คือว่างเปล่า พร้อมทั้งตรวจสอบกับผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการออกแบบ โดยได้ผลค่าความสัมพันธ์ตามตารางบ้านแห่งคุณภาพ ดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 33** ตารางการแปลงเสียงของลูกค้า (QFD)

| ลำดับ | **คุณสมบัติ (แถว) / ปัญหาและความต้องการ (สตมภ์)** | **น้ำหนัก** | **ขนาด** | **รูปร่าง / รูปทรง** | **พื้นผิว** | **ทนทานต่อน้ำ / อัตราการดูดซึมน้ำ** | **ทนทานต่อความร้อน / (U,R,K-Value)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | มีรูปลักษณ์และรูปแบบให้เลือกน้อย | | | 3 | 2 | | |
| 2 | เป็นคราบได้ง่าย ทำความสะอาดยาก | | | 2 | | 1 | |
| 3 | น้ำหนักมาก | 3 | 2 | 1 | | | |
| 4 | ขนส่งยาก | 1 | 2 | 3 | | | |
| 5 | น้ำซึมผ่านได้ ผนังชื้น เกิดเชื้อรา | | | 1 | | 3 | |
| 6 | รูปทรงไม่คงทน หดตัว บวมตัว | | | | | 2 | 1 |
| 7 | ไม่แข็งแรงทนทาน แตกร้าว ผุกร่อน เปราะหักง่าย | | | 1 | | | |
| 8 | อมความร้อน ไม่ทนต่อความร้อน แดด | | | | 1 | | 3 |
| 9 | ราคาแพง | | | | | 1 | 1 |
| 10 | หีบห่อไม่สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์ได้ดี | 2 | 1 | 3 | | | |
| 11 | สวยงาม ไม่ต้องฉาบเพิ่ม | | | 2 | 3 | | |
| 12 | วัสดุเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม | | | | 1 | 1 | 1 |
| 13 | สามารถปรับเปลี่ยนได้หลายรูปแบบ | | 1 | 3 | 2 | | |
| 14 | ไม่มีมาตรฐาน มาตรฐานไม่ชัดเจน | | 1 | 1 | | 3 | 3 |
| 15 | ซ่อมแซมยาก | 2 | 2 | 2 | | | |
| 16 | แมลงทำลายวัสดุ อาศัยอยู่ในวัสดุ | | | 2 | | | |
| 17 | ผิวสัมผัสและรูปลักษณะของวัสดุก่อให้เกิดอันตราย เช่น พื้นผิวมันลื่นเกินไป พื้นผิวขรุขระเกินไป มีขอบหรือสันคม | | | | 3 | | |
| 18 | สวยงาม ไม่ต้องตกแต่งเพิ่ม | | | 1 | 3 | | |
| 19 | สามารถปรับเปลี่ยนได้หลายรูปแบบ ตัวต่อหรือข้อต่อยืดหยุ่นได้ | | | 3 | | | |

| ลำดับ | คุณสมบัติ (แถว) / ปัญหาและความต้องการ (สดมภ์) | น้ำหนัก | ขนาด | รูปร่าง / รูปทรง | พื้นผิว | ทนทานต่อน้ำ / อัตราการดูดซึมน้ำ | ทนทานต่อความร้อน / (U,R,K-Value) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | มีฟังก์ชันการใช้งานที่แปลกใหม่ | | 2 | | 1 | | |
| 21 | ก่อเสร็จ ไม่เหลือเป็นขยะ | | 1 | 3 | | | |
| 22 | สามารถดูดซับกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ | | | 1 | 1 | 2 | |
| 23 | สามารถผลิตพลังงานได้ในตัว | | | | | | 2 |
| 24 | กักเก็บความอบอุ่นเมื่อหน้าหนาว / โปร่งระบายอากาศเมื่อหน้าร้อน | | | 1 | | 1 | 3 |
| 25 | ปลูกต้นไม้ได้ในตัว | | | 1 | | 3 | |
| 26 | ป้องกันเสียงได้ดีมากขึ้นโดยเฉพาะเสียงเครื่องบิน | | 1 | 1 | 1 | | |
| 27 | สามารถกันฝุ่นกันแมลงได้ | | | | 2 | | |
| | **ผลรวม** | **8** | **13** | **35** | **19** | **17** | **14** |

ตารางการแปลงเสียงข้างต้น แสดงผลที่ได้คือ รูปแบบและรูปทรง สำคัญอันดับที่หนึ่ง รองลงมาคือ พื้นผิว อันดับถัดมาคือ ความทนทานต่อน้ำ, และสองอันดับถัดมาคือ ความทนทานต่อความร้อนและขนาด อันดับสุดท้ายคือน้ำหนัก

**5. การทวนสอบคุณลักษณะความทนทาน**

การทวนสอบคุณลักษณะความทนทานจะใช้เครื่องมือตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย โดยใช้ผลจากการวิเคราะห์ช่องว่างร่วมกับการสัมภาษณ์เพื่อหาคุณลักษณะที่เป็นที่ต้องการจากช่องว่าง ในการวิเคราะห์หาคุณลักษณะที่เป็นที่ต้องการนี้ เป็นการเรียบเรียงคุณลักษณะที่ได้จากการสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้และความสนใจในการออกแบบหรือพัฒนา ได้แก่นักออกแบบ สถาปนิก วิศวกรและผู้บริโภคทั่วไป จำนวนหนึ่งเพื่อเป็นแนวทางให้เห็นถึงคุณลักษณะจากความต้องการของผู้บริโภคในการพัฒนาวัสดุที่ชัดเจน แล้วเรียบเรียงความเห็นดังกล่าวลงในตารางโดยให้ความสำคัญกับความแตกต่างที่แต่ละวัสดุต้องรับมือ โดยมีรายละเอียดของตารางดังต่อไปนี้

คำชี้แจงตาราง : หัวตารางแนวนอน คือช่องว่างที่พบ มีการแบ่งระดับคุณภาพของวัสดุออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่วัสดุคุณระดับสูง, ระดับกลางและระดับต่ำ ตัวเลขร้อยละที่แสดงในแต่ละระดับช่องว่างหมายถึงร้อยละของวัสดุที่พบและผ่านเกณฑ์ ยิ่งค่าร้อยละน้อยนั่นหมายถึงช่องว่างที่มาก แนวตั้งคือความคิดเห็น ความต้องการจากการสัมภาษณ์และเรียบเรียงความคิดเห็นดังกล่าว เชื่อมโยงกับช่องว่างในแนวนอน สัญลักษณ์ x แสดงถึงความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ว่าช่องว่างนั้นๆมีโอกาสที่จะพัฒนา

5.1 วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

จากช่องว่างที่พบในวัสดุผนังที่มีในปัจจุบัน ซึ่งถูกแบ่งระดับความทนทานออกเป็น 3 ระดับ พบว่าในคุณสมบัติความทนทานต่อความร้อน วัสดุผนังมีช่องว่างในคุณภาพระดับกลางมากที่สุด เนื่องจากพบวัสดุที่ผ่านค่าอยู่ในระดับความทนทานเพียงร้อยละ 4.76 ตามมาด้วยคุณภาพระดับต่ำ และช่องว่างน้อยที่สุดคือคุณภาพความทนทานระดับสูง ตารางต่อไปนี้แสดงถึงโอกาสของวัสดุผนังในเรื่องความทนทานต่อความร้อนจากความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์พบว่า คุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุดที่ควรพัฒนาคือ วัสดุผนังที่มีค่าคุณสมบัติความทนทานต่อความร้อนในระดับกลาง ซึ่งรายละเอียดส่วนหนึ่งของผลการสัมภาษณ์ได้ถูกแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 34** ตารางความคิดเห็นที่เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อความร้อนของวัสดุผนัง

| ลำดับ | ช่องว่าง / คุณลักษณะ | ความทนทานต่อความร้อน | | |
|---|---|---|---|---|
| | | คุณภาพระดับสูง 28.57% | คุณภาพระดับกลาง 4.76% | คุณภาพระดับต่ำ 9.53% |
| 1 | ผนังควรมีความทนทานต่อความร้อนได้ในระดับกลาง สามารถเลือกสีและฉนวนเข้ามาช่วยลดอุณหภูมิได้ | | x | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | ควรพัฒนาวัสดุคุณภาพต่ำ ให้มีความทนทานต่อความร้อนให้อยู่ในระดับที่พอรับได้ เท่าที่ราคาต้นทุนจะทำให้คุ้มค่าที่สุด | | | x |
| 3 | พัฒนาให้ทนต่อความร้อนได้ดี คุณสมบัติความทนความร้อนไม่ต้องสูงมาก ใช้ต้นไม้ สี หรือก่อผนังให้หนาเพื่อลดอุณหภูมิ | | x | |
| 4 | การผลิตวัสดุผนัง มีความเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย การทำให้ผนังมีความทนความร้อนสูง อาจมีกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและราคาที่สูงตาม ซึ่งอาจไม่จำเป็นที่สุดที่จะต้องพัฒนาให้วัสดุมีความทนทานสูงที่สุด เพราะการก่อสร้างจริงอาจใช้สี จำนวนหน้าต่าง หรือเทคโนโลยีอื่นๆ เข้ามาเสริม | | x | |
| 5 | วัสดุผนังต้องต้านความร้อนให้ได้มากที่สุดและไม่ควรอมความร้อน เพราะบางชนิดเป็นทั้งตัวดูดความร้อนและคลายออก ทำให้ด้านในของบ้านร้อนเมื่อถึงเวลาที่วัสดุคลายความร้อนออก | x | | |

คุณสมบัติความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุผนัง มีช่องว่างที่คือวัสดุที่ทนน้ำท่วมได้ในระดับสูงและระดับกลาง ทั้งสองระดับความทนทานนี้พบวัสดุที่อยู่ในเกณฑ์เท่ากันคือ ร้อยละ 9.52 โดยที่โอกาสที่ได้จากการสัมภาษณ์คือ วัสดุผนังที่มีค่าคุณสมบัติความทนทานต่อน้ำท่วมในระดับสูง ซึ่งรายละเอียดส่วนหนึ่งของผลการสัมภาษณ์ได้ถูกแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 35** ตารางความคิดเห็นที่เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุผนัง

| ลำดับ | ช่องว่าง / คุณลักษณะ | ความทนทานต่อน้ำท่วม | | |
|---|---|---|---|---|
| | | คุณภาพระดับสูง 9.52% | คุณภาพระดับกลาง 9.52% | คุณภาพระดับต่ำ 42.38% |
| 1 | ควรทนน้ำได้นานที่สุด ควรแข็งแรงและมีอายุการใช้นานที่มากที่สุด ลดความเสียหายหลังจากน้ำท่วม | x | | |
| 2 | ควรพัฒนาระดับต่ำให้มีคุณภาพดีขึ้นเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากมองที่ราคาซื้อเป็นหลัก อยากซื้อวัสดุราคาถูก | | | x |
| 3 | ในบางพื้นที่ผนังต้องโดนทั้งแดดและฝนในเวลาเดียวกันหรือสลับกันไปมา น้ำลดก็เสี่ยงกับการเกิดเชื้อรา จึงต้อง | x | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ทำให้ผนังมีความทนน้ำท่วมได้ดีที่สุด เพื่อเป็นการป้องกันความเสี่ยงหายสูงสุด | | | |
| 4 | กระบวนการผลิตของวัสดุผนังมีผลต่อคุณภาพ วัตถุดิบและราคาก็เช่นกัน ราคาคือปัจจัยสำคัญที่ทำให้สินค้าที่มีความทนทานสูงไม่เป็นที่นิยม สำหรับประเทศไทยยังพอมีวิธีเลี่ยงต่อการปลูกบ้านในพื้นที่น้ำท่วม ควรพัฒนาวัสดุที่มีความทนทานและราคาที่คนสามารถเอื้อมถึง | | x | |
| 5 | การมีผนังที่ทนน้ำได้ดี จะช่วยยกระดับมาตรฐานให้ความทนทานของผนังสูงขึ้นตาม ผนังที่ทนน้ำได้ดีเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยให้การออกแบบบ้านก้าวหน้าไปอีก ช่วยลดข้อแม้ต่างๆที่เป็นอุปสรรคในการออกแบบ | x | | |
| 6 | ยิ่งวัสดุผนังทนทานได้มาก ก็เป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคมีทางเลือกมากขึ้น | x | | |
| 7 | ใช้การออกแบบเข้ามามีส่วนช่วย เช่น มีช่องระบายน้ำ ตรวจสอบพื้นที่ก่อนการก่อสร้างเพื่อลดการเผชิญหน้ากับน้ำท่วม | | x | |

5.1.1 คุณลักษณะของวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

คุณลักษณะที่เหมาะสมที่ควรพัฒนาของวัสดุผนังที่พบในด้านความทนทานต่อความร้อน คือ ผนังควรทนความร้อนได้ในระดับกลาง คือควรทนได้ในปริมาณที่ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U-Value) อยู่ในระหว่าง 1.3 ถึง 1.55 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน ($W/m^2K$) ค่าต้านทานความร้อน (R-Value) 0.64 ถึง 0.77 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ ($m^2K/W$) และค่าการนำความร้อน (K-Value) 0.13 ถึง 0.155 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/mK) จากโอกาสที่พบส่วนใหญ่ วัสดุผนังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิในบ้านได้ โดยไม่ต้องสิ้นเปลืองพลังงานและทรัพยากร เช่น การจัดการต้นไม้ในบริเวณบ้าน เป็นต้น (Thomas, 2017)

ในส่วนของความทนทานต่อน้ำท่วม คุณลักษณะที่เหมาะสมที่ควรพัฒนาคือ ความทนทานต่อน้ำท่วมในระดับสูง ซึ่งค่าความทนทานคือค่าการดูดซึมน้ำควรน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรน้อยกว่าร้อยละ 1.5 และค่าการทดสอบการบวมตัวควรน้อยกว่าร้อยละ 6 สำหรับความทนทานต่อน้ำท่วมผนัง คือส่วนที่ต้องรับมือกับความเสียหายโดยตรง ดังนั้นการมีวัสดุที่มีประสิทธิภาพสามารถทนทานต่อน้ำท่วมได้จะสามารถช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น (Aaron, 2017) และควรมีการรับมือด้วยวิธีการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำในส่วนพื้นที่ของผนังตั้งแต่ 1.8 เมตรลงมา

5.2 วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

คุณสมบัติความทนทานต่อความร้อนของวัสดุหลังคา มีช่องว่างของความทนทานต่อความร้อนที่มากที่สุดคือช่องว่างในส่วนของคุณภาพความทนทานระดับกลาง นั่นคือไม่พบวัสดุอยู่ในเกณฑ์ความทนทานระดับกลางเลย ช่องว่างลำดับต่อไปคือความทนทานในระดับต่ำและระดับสูงตามลำดับ แต่ขัดแย้งกับคุณลักษณะที่ได้จากการสัมภาษณ์คือ คุณลักษณะที่เหมาะสมที่ควรพัฒนาที่สุดคือ คุณภาพระดับสูง ซึ่งรายละเอียดส่วนหนึ่งของผลการสัมภาษณ์ได้ถูกแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 36** ตารางความคิดเห็นที่เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อความร้อนของวัสดุหลังคา

| ลำดับ | ช่องว่าง / คุณลักษณะ | ความทนทานต่อความร้อน | | |
|---|---|---|---|---|
| | | คุณภาพระดับสูง 18.8% | คุณภาพระดับกลาง 0% | คุณภาพระดับต่ำ 9.09% |
| 1 | หลังคาคือสิ่งแรกที่ต้องทนร้อน ควรใช้หลังคาทนความร้อนได้ในระดับกลางแล้วใช้การออกแบบเข้ามาช่วยเสริมความทนร้อน เช่น หน้าจั่ว ฝ้าเพดาน | | x | |
| 2 | หลังคาเป็นวัสดุที่ไม่ได้เปลี่ยนบ่อย ควรต้องมีอายุการใช้งานนาน ควรทนทานความร้อนสูง หากใช้ของที่มีความทนทานปานกลางหรือต่ำ อาจจะเสียค่าบำรุงรักษาหรือรื้อถอนที่แพงและบ่อยขึ้น | x | | |
| 3 | หากต้องพัฒนาคุณภาพจริงๆควรทำให้มีความทนทานสูงสุด ถึงแม้จะต้องสู้กับต้นทุนที่สูงตาม แต่ในอนาคตจะต้องมีการคิด ค้นคว้าวิจัยวัตถุดิบ การผลิตอีกหลากหลายวิธี ที่เข้ามาช่วยให้ต้นทุนถูกลง | x | | |
| 4 | การทนต่อความร้อนในทุกวัสดุควรทำให้มีคุณภาพดีที่สุด เมืองไทยเป็นเมืองร้อนและในอนาคตมีแนวโน้มว่าจะร้อนขึ้นอีก เป็นค่าคุณสมบัติที่ควรลงทุนพัฒนา | x | | |

5.2.1 คุณลักษณะของวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

วัสดุประเภทหลังคา คือวัสดุที่ต้องรับมือกับความร้อนโดยตรง จากคุณลักษณะที่พบหลังการสัมภาษณ์ วัสดุหลังคาควรพัฒนาให้มีค่าความทนทานสูงที่สุด ถึงแม้คุณลักษณะที่เหมาะสมที่การพัฒนาจะตรงข้ามกับช่องว่างที่พบ แต่ความขัดแย้งดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงทิศทางของการพัฒนาวัสดุหลังคาในเชิงของความร้อนว่ามีทิศทางที่ถูกต้อง แต่ควรพัฒนาความทนทานดังกล่าวให้สูงขึ้นไปอีก

โดยที่ค่าความทนทานที่ควรพัฒนาที่เหมาะสมคือ ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U-Value) ควรมากกว่า 0.43 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน ($W/m^2K$) ค่าต้านทานความร้อน (R-Value) ควรมากกว่า 2.32 ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ ($m^2K/W$) และค่าการนำความร้อน (K-Value) ควรน้อยกว่า 0.043 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/mK)

5.3 วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

วัสดุประเภทพื้น เป็นส่วนที่ต้องรับมือกับน้ำท่วมโดยตรง ช่องว่างของความทนทานต่อน้ำท่วมที่พบมากที่สุดคือ ช่องว่างในระดับความทานทานสูง นั่นคือไม่พบวัสดุที่มีค่าความทนทานอยู่ในระดับสูงเลย รองลงมาคือความทนทานระดับกลางและต่ำตามลำดับ ซึ่งคุณลักษณะที่เหมาะสมที่ควรพัฒนามากที่สุดคือ คุณภาพความทนทานในระดับสูง โดยมีรายละเอียดส่วนหนึ่งของผลการสัมภาษณ์ได้ถูกแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 37** ตารางการสัมภาษณ์เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพัฒนาความทนทานต่อน้ำท่วมของวัสดุพื้น

| ลำดับ | ช่องว่าง / คุณลักษณะ | ความทนทานต่อน้ำท่วม | | |
|---|---|---|---|---|
| | | คุณภาพระดับสูง 0% | คุณภาพระดับกลาง 9.09% | คุณภาพระดับต่ำ 36.36% |
| 1 | คุณภาพในระดับกลางควรพัฒนาเพราะว่าเป็นระดับที่สามารถยอมรับได้ทั้งในเรื่อง ราคา ความสวยงาม และคุณภาพ | | X | |
| 2 | สามารถใช้ปัจจัยอื่นเข้ามาแก้ไขเรื่องความทนทานได้ สามารถปรับแต่ง รื้อได้ ปรับปรุงได้ให้พออยู่ในความคุ้มค่า | | X | |
| 3 | นอกจากน้ำท่วม พื้นต้องเผชิญกับความชื้นจากดินหรือฝนอยู่แล้ว การพัฒนาให้พื้นมีความทนน้ำหรือทนชื้นสูงสุดจะช่วยให้พื้นมีอายุการใช้งานนานขึ้น ไม่ต้องเปลี่ยนวัสดุพื้นบ่อยๆ | X | | |
| 4 | หากเกิดน้ำท่วม พื้นคือส่วนแรกๆที่ต้องเจอกับน้ำ ดังนั้นควรต้องมีคุณสมบัติการทนต่อน้ำในระดับสูง เพื่อเป็นการเพิ่มตัวเลือกให้ผู้บริโภค ถึงแม้ราคาอาจจะสูงขึ้น แต่สำหรับผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อ ราคาไม่มีผลต่อการตัดสินใจเท่ากับคุณภาพที่ดี | X | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | วัสดุพื้น ไม่ใช้วัสดุที่ต้องทนกับน้ำท่วมเท่านั้น แต่ในบางส่วนก็ต้องทนกับน้ำในตัวบ้านเอง เช่นในส่วนของห้องน้ำ สระว่างน้ำ การมีวัสดุพื้นที่ทนน้ำสูงจะยิ่งทำให้เกิดการคิดค้นวัสดุที่ทนทานสูงขึ้นไปอีก | x | | |

5.3.1 คุณลักษณะของวัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

สำหรับคุณลักษณะที่ควรการพัฒนาของวัสดุพื้น คือ การพัฒนาให้วัสดุพื้นมีความทนทานต่อน้ำท่วมในระดับที่สูง ซึ่งค่าความทนทานคือค่าการดูดซึมน้ำควรน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรน้อยกว่าร้อยละ 1.5 และค่าการทดสอบการบวมตัวควรน้อยกว่าร้อยละ 6 โดยค่าคุณสมบัติที่น่าสนใจและควรให้ความสำคัญคือ ค่าการพองตัว หดตัวของวัสดุ เพื่อให้วัสดุสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตจึงควรใช้ค่าการบวมตัว พองตัวและหดตัว (swelling test) ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือค่าที่ยอมรับได้คือน้อยกว่าร้อยละ 12 หรือดีที่สุดคือไม่มีค่าการบวมตัวหรือหดตัว จากวัสดุทั้งหมด 11 ชนิด วัสดุที่ควรพัฒนาตามค่าความนิยมคือผลิตภัณฑ์จากซีเมนต์ ได้แก่ ไฟเบอร์ซีเมนต์ คอนกรีต ซึ่งในปัจจุบัน แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปถือว่ากำลังได้รับความนิยม

**6. การออกแบบ**

6.1 การเลือกตัวแทนวัสดุ

6.1.1. วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

จากการศึกษาเบื้องต้น วัสดุก่อสร้างผนังที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ วัสดุคอนกรีต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนาคารกรุงศรีอยุธยา ที่ว่าประเทศไทยผลิตวัสดุปูนซีเมนต์มากที่สุด รองลงมาคือคอนกรีตผสมเสร็จ และผลิตภัณฑ์จากคอนกรีต อีกทั้งจากการสอบถามความนิยมของผู้บริโภค วัสดุประเภทคอนกรีตมวลเบาเป็นที่นิยมมากที่สุด ดังนั้นคอนกรีตมวลเบาจึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจและนำมาเป็นวัสดุต้นแบบ

วัสดุอีกหนึ่งชนิดที่เหมาะสมที่จะเป็นต้นแบบในการออกแบบคือ ไฟเบอร์ซีเมนต์ เนื่องจากไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นหนึ่งในวัสดุที่ผลิตมาเพื่อทดแทนไม้จริง ที่กำลังได้รับความนิยม และเป็นวัสดุที่สามารถปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตได้หลากหลาย มีส่วนผสมของเยื่อไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นของประเทศไทย สามารถรีไซเคิลได้ นอกจากนี้ ไฟเบอร์ซีเมนต์ยังเป็นวัสดุที่ควรได้รับการพัฒนาเพื่อให้มีความทนทานต่อสภาพอากาศมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะคุณสมบัติที่ทนทานต่อความน้ำท่วมและความชื้น

6.1.2. วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

สำหรับวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาหรือวัสดุมุงหลังคา วัสดุกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ คือวัสดุต้นแบบที่นำมาเป็นตัวอย่างในการออกแบบลักษณะและคุณสมบัติ เนื่องจากเป็นวัสดุในกลุ่มกระเบื้องลอนต่างๆที่เป็นที่นิยม มีน้ำหนักเบากว่ากระเบื้องคอนกรีต ทนทานกว่าวัสดุประเภทพลาสติก ก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าวัสดุดินเผา เป็นวัสดุที่ควรได้รับการพัฒนาให้มีความทนทานต่อความร้อน แดด อุณหภูมิสูงที่วัสดุหลังคาต้องเผชิญในอนาคต

6.1.3. วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

วัสดุประเภทพื้น เป็นวัสดุที่ต้องมีความทนทานต่อน้ำมากที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของบ้านที่ต้องเผชิญกับความชื้นจากพื้นดินและเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ดังนั้นไฟเบอร์ซีเมนต์จึงเป็นวัสดุตัวอย่างที่นำมาเป็นต้นแบบในการออกแบบลักษณะและคุณสมบัติ เนื่องจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลวัสดุในท้องตลาด วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นหนึ่งในหลายชนิดวัสดุที่ไม่มีการบอกค่าความทนทานที่ชัดเจน วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ เป็นวัตถุดิบชนิดเดียวกันที่สอดคล้องกับการเลือกตัวอย่างของวัสดุประเภทผนังและหลังคา

6.2 การออกแบบลักษณะและคุณสมบัติ

การออกแบบลักษณะของวัสดุคือการรวบรวมข้อมูลมาตรฐาน ข้อบังคับ กฎเกณฑ์และรวมถึงหลักการในการออกแบบ โดยใช้ตัวแทนวัสดุที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาเป็นตัวอย่างในการกำหนดคุณลักษณะและคุณสมบัติ ปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบคุณลักษณะและคุณสมบัติพื้นฐานมี 6 ข้อดังนี้ 1) น้ำหนัก, 2) ขนาด, 3) รูปร่างรูปทรง, 4) พื้นผิว, 5) ความทนทานต่อความร้อนและ 6) ความทนทานต่อน้ำท่วม โดยที่ค่าความทนทานต่อทั้งความร้อนและน้ำท่วม จะใช้เกณฑ์ใหม่ที่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าตั้งต้น พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในส่วนของปัจจัยอื่นที่นอกเหนือปัจจัยข้างต้น

6.2.1. วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

ตัวแทนชนิดของวัสดุก่อสร้างประเภทผนังคือ คอนกรีตมวลเบาและไฟเบอร์ซีเมนต์ ซึ่งมีรายละเอียดของคุณสมบัติดังนี้

**คอนกรีตมวลเบา**

**(1) รูปทรง**

1.1) รูปทรงสามเหลี่ยม

หลักการของดร.อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ (Dr.Alexander Graham Bell) หลักการที่ว่าด้วยเรื่องของเตรตระฮีรอน (Tetrahedron) เป็นโครงสร้างสมมาตรที่มีความแข็งแรงทีสุดที่เกิดในธรรมชาติ เป็นรูปทรงที่มีอัตราส่วนของกำลังต่อน้ำหนักมากหรือ เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงแต่น้ำหนักเบา

1.2) รูปทรงปริมาตรปริซึม

สี่เหลี่ยม วัสดุที่มีมุมประกอบด้วยพื้นระนาบ เป็นเส้นขนานคือไม่มีทางบรรจบหรือสัจพจน์เส้นขนานแบบยูคลิด สามารถวางแนบกันได้ รูปทรงสี่เหลี่ยมเป็นรูปทรงที่สามารถวางซ้อนกันได้โดยแรงที่กระจายลงมาสามารถกระจายทั่วทั้งปริมาตร ในกรณีที่วาง ณ จุดกึ่งกลาง และพื้นผิวของวัสดุสามารถแนบกันมากที่สุด

1.3) รูปทรงที่มีหลายเหลี่ยมไปจนถึงรูปทรงกระบอก

หลักการกระจายของแรงของนิวตัน รูปทรงที่มีเหลี่ยมมุมเพื่อรองรับน้ำหนักมาก จะสามารถกระจายน้ำหนักและแรงได้มาก ทั้งนี้รวมไปถึงรูปทรงที่มีส่วนโค้งหรือรูปทรงกระบอก(รูปทรงกระบอกเกิดจากสามเหลี่ยม) ยิ่งสามารถน้ำหนักทั่วทั้งปริมาตรเท่าๆกัน

**(2) ขนาด**

หลักการยศาสตร์ (Ergonomics) ขนาดของวัตถุมีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก ควบคู่กับมาตรฐานอุตสาหกรรม

2.1) ความยาว

โดยยกจากปลายของสิ่งของ ค่าความยาวสูงสุดวัตถุจะต้องมีขนาดยาวกว่าความกว้างหัวไหล่เล็กน้อย ค่าเฉลี่ยความยาวหัวไหล่คือ 16 นิ้วหรือ 40.6 เซนติเมตร ***ความยาวของวัตถุจะอยู่ในช่วงประมาณ 50-70 เซนติเมตร มาตรฐาน มอก. กำหนดให้ยาว 60 เซนติเมตร***

2.2) ความกว้าง

ไม่ควรเกินจากการยืดแขนขึ้นลง โดยที่วัตถุไม่บดบังการมองเห็นในขณะยก คือ ***ไม่ควรเกิน 91.4 เซนติเมตร***

2.3) ความหนา

ความหนาในลักษณะการหยิบที่เหมาะสม***ไม่ควรเกิน 4.5 นิ้ว หรือ 11.5 เซนติเมตร มาตรฐานอุตสาหกรรมหรือมอก.กำหนดให้หนา 7.5 เซนติเมตรขึ้นไป***

**(3) น้ำหนัก**

หลักการยศาสตร์ (ergonomics) การจับสิ่งของ วัตถุขึ้นอยู่กับรูปทรง ต้องมีจุดให้ยึด เกาะ หรือขนาดและน้ำหนักที่สามารถยก ถือได้ โดยน้ำหนักที่ผู้ชายยกได้ ไม่ควรเกิน 55 กิโลกรัม ผู้หญิง 25 กิโลกรัม จึงใช้ค่าเฉลี่ยของผู้ปฏิบัติงานทั้งเพศหญิงและชาย ***ได้ค่าน้ำหนักคือ 40 กิโลกรัม***

**(4) พื้นผิว**

1) หลักของแรงเสียดทาน นิวตัน

ความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดกับวัตถุ หรือหลักของแรงเสียดทาน (Friction) สมบัติของแรงเสียดทานคือ แรงเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส ผิวสัมผัสหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทางมากกว่าผิวเรียบลื่น โดยที่แรงเสียดทางจะไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ ***การลดแรงเสียดทานสามารถทำได้โดยการทำให้พื้นผิวเรียบ ลื่น*** หลักการนี้มีผลต่อการทำความสะอาด การเกาะของคราบสกปรก

2) หลักสมการของแมกซ์เวล

ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลาสสิก แสงถูกจัดให้เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง สามารถสะท้อนและหักเหได้ ***พื้นผิวที่มันและลื่นเป็นพื้นผิวที่คลื่นแม่เหล็กสามารถสะท้อนได้ดีและหักเป็นระเบียบ***

**(5) ความทนทานต่อความอุณหภูมิสูง (ความทนทาน : ระดับกลาง)**

1) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

หลักของโจเซฟ ฟูจริเยร์ อัตราการถ่ายเทความร้อนแปรผันตามพื้นที่และวัสดุ (คุณสมบัติการนำพาความร้อนของวัสดุนั้นๆ)

ตามหลักการพื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนคือ ความหนาของวัตถุ, ปริมาณพื้นที่ทั้งหมดในการถ่ายเท, ความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน และปริมาณการเคลื่อนที่ของอากาศ ณ พื้นผิวของวัตถุ จากการคำนวณ ***ค่าความสัมประสิทธิ์อยู่ระหว่าง 1.3-1.55 W/m$^2$K (เมื่อวัตถุหนา 10 เซนติเมตร)***

2) ค่าต้านทานความร้อน (R-Value)

หลักการพื้นฐานของค่าต้านทานความร้อน จะแปรผันตามความหนาและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (U-Value) ค่า***ความต้านทานความร้อนอยู่ระหว่าง 0.64-0.77 m$^2$K/W (เมื่อวัตถุหนา 10 เซนติเมตร)***

3) ค่าการนำความร้อน (K-Value)

หลักการของเจมส์ จูล การถ่ายเทความร้อน การแผ่รังสี การแผ่พลังงานไปกระทบกับวัตถุ ส่วนหนึ่งรังสีจะถูกสะท้อน ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้ โดยพลังงานความร้อนที่วัตถุรับเข้าหรือคายออกนั้นจะเรียกว่า ความร้อนจำเพาะ หมายถึงพลังงานความร้อนที่มีผลต่อวัตถุทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลง แต่ไม่เปลี่ยนรูป ซึ่งมีผลต่อความหนาแน่นมาก ความหนาแน่นมากหมายถึงการนำความร้อนได้มาก ***ค่าการนำความร้อนควรอยู่ระหว่าง 0.13-0.155 W/mK (เมื่อวัตถุหนา 10 เซนติเมตร)***

**(6) ความทนทานต่อน้ำ (ความทนทาน : ระดับสูง)**

1) ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption)

หลักกฎแห่งการไหลของดาร์ซี่ การไหลของเหลวผ่านวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของมวล ความหนืดของของเหลวที่ซึมผ่าน (ในที่นี้คือน้ำ) และอัตราส่วนของช่องว่าง กล่าวคือค่าการดูดซึมของน้ำมีผลกับค่าการยอมให้น้ำผ่าน พื้นผิว และความหนาแน่น โดยค่า***การดูดซึมน้ำต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 0.5***

2) ค่าการยอมให้น้ำผ่าน (water penetration)

หลักกฎแห่งการไหลของดาร์ซี่ การไหลของเหลวผ่านวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของมวล ความหนืดของของเหลวที่ซึมผ่านและอัตราส่วนของช่องว่าง กล่าวคือค่าการยอมให้น้ำผ่านมีผลกับค่าการดูดซึมน้ำและพื้นผิว และความหนาแน่น ***ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1.5***

3) ค่าการบวมตัว (swelling test)

การบวมตัว คือสภาวะที่วัตถุมีการสะสมของของเหลวในเนื้อเยื้อ ทั้งนี้ค่าการบวมตัวจะขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใยของวัตถุ พื้นผิวที่สัมผัสกับน้ำ อุณหภูมิและปริมาณรูพรุน ***ค่าการบวมตัวควรน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6***

**(7) ความหนาแน่น**

1) หลักการของค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity)

คือความจุของความร้อน ความจุความร้อนขึ้นอยู่กับมวลและคุณสมบัติของวัตถุแต่ละชนิด โดยมีค่าความหนาแน่นเท่ากับมวลต่อปริมาตร หากใช้ความหนาแน่นจริงของคอนกรีตมวลเบาจะหมายถึงความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มากตาม คอนกรีตมวลเบาคือวัตถุที่มีฟองอากาศอยู่ในวัตถุดิบ อากาศคือฉนวนความร้อนอย่างหนึ่งที่ยอมให้ความร้อนผ่านได้ยาก ต่างจากวัสดุที่มีอิเล็กตรอนเป็นส่วนผสม วัสดุเหล่านั้นจะนำความร้อนได้ดี เช่น โลหะ เงิน ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

2) หลักการต้านทานแรงอัด ของแบลซ ปาสกาล

ความหนาแน่นมีผลกับการด้านทานแรงอัด โดยมาตรฐานที่ให้วัดความทนต่อแรงดันของวัตถุจะใช้ค่าหน่วยแรงอัดและค่าความหนาแน่นของตัวอย่างวัตถุ ซึ่งเชื่อมโยงกับแรงโน้มถ่วงที่ 9.806 นิวตัน โดยค่าความหนาแน่นที่เหมาะสมคือ***ค่าความหนาแน่นแห้งประมาณ 410-500 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร(ก่อนการใช้งาน) และค่าความหนาแน่นใช้งานประมาณ 550-600 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่ารับแรงอัดไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร*** ตามมาตรฐานต่อไปนี้ มอก.1505-2541 : ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ และ DIN 4165-1986 : Autoclaved Aerated Concrete Blocks and Flat Elements (German Standard)

**(8) อัตราการทนไฟ**

องค์ประกอบของการเกิดไฟคือ ออกซิเจน, เชื้อเพลิง และความร้อน โดยมีวิธีการติดวงจรการเกิดไฟที่เป็นที่นิยมคือการตัดเชื้อเพลิง หรือใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟหรือติดไฟได้ยาก โดนค่าการทนไฟที่พบในท้องตลาดคือมีความสามารถ***ทนไฟได้ 1,100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง***

**(9) อัตราการกันเสียง**

กฎการหักเหของสเนลล์ (Snell's law)

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลมาจากความถี่ ในที่นี้ผนังเป็นตัวกลางที่เสียงต้องเผชิญ ทำให้เกิดการหักเหของเสียง ลดความเร็วของคลื่นเสียงซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเหของสเนลล์ การกันเสียงขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของเสียงในของแข็ง ซึ่งเชื่อมโยงกับค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งแรงและค่าความ

หนาแน่น อัตราเร็วของเสียงจะเพิ่มขึ้นตามความแข็งแกร่งของวัสดุและลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดนค่าการกันเสียงที่พบในคือ ***อัตราการกันเสียง ( STC Rating ) 43 เดซิเบล***

**(10) วัตถุดิบ**

วัสดุคอนกรีตมวลเบาสามารถปรับเปลี่ยนวัตถุดิบได้หลากหลาย ส่วนหนึ่งจากหลายงานวิจัยสนับสนุนให้ใช้วัสดุเหลือใช้ อาทิ ผงฝุ่นหิน เถ้าแกลบ ดินตะกอนกระเบื้องหลังคาเซรามิค เป็นต้น เป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบา

**ไฟเบอร์ซีเมนต์**

**(1) รูปทรง**

สี่เหลี่ยม วัสดุที่เหมาะแก่การเป็นผนัง มีมุมประกอบด้วยพื้นระนาบ เป็นเส้นขนานสามารถวางแนบกันได้ รูปทรงสี่เหลี่ยมเป็นรูปทรงที่สามารถวางซ้อนกันได้โดยแรงที่กระจายลงมาสามารถกระจายทั่วทั้งปริมาตร พื้นผิวของวัสดุสามารถแนบกันมากที่สุด สำหรับวัสดุไฟเบอร์ที่สามารถโค้งงอได้และสามารถตัดเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการได้ สามารถปรับเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมสมมาตรได้

**(2) ขนาด**

วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ไม่มีมาตรฐานกำหนดที่ชัดเจน แต่สามารถใช้ค่าการทดสอบหรือข้อกำหนดกับวัสดุที่ใกล้เคียงได้

2.1) ความยาว

โดยยกจากปลายของสิ่งของ ค่าความยาวสูงสุดวัตถุจะต้องมีขนาดยาวกว่าความกว้างหัวไหล่เล็กน้อย ค่าเฉลี่ยความยาวหัวไหล่คือ 16 นิ้วหรือ 40.6 เซนติเมตร ***ความยาวของวัตถุที่แนะนำคือ 1200,1800 และ 2400 มิลลิเมตร*** ตามหลัก มอก.878-2532 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

2.2) ความกว้าง

ไม่ควรเกินจากการยืดแขนขึ้นลง โดยที่วัตถุไม่บดบังการมองเมื่อยกคือ ***ไม่ควรเกิน 91.4 เซนติเมตร*** และขนาด***ความกว้างที่แนะนำคือ 600,900 และ 1200 มิลลิเมตร*** ตามหลัก มอก.878-2532 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

2.3) ความหนา

ความหนาในลักษณะการหยิบที่เหมาะสม***ไม่ควรเกิน 4.5 นิ้ว หรือ 11.5 เซนติเมตร*** มาตรฐาน มอก.878-2532 ***กำหนดให้หนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตรขึ้นไป***

**(3) น้ำหนัก**

หลักการยศาสตร์ (ergonomics) การจับสิ่งของ วัตถุขึ้นอยู่กับรูปทรง ต้องมีจุดให้ยึด เกาะ หรือขนาดและน้ำหนักที่สามารถยก ถือได้ ***ค่าไม่ควรเกินน้ำหนักคือ 40 กิโลกรัม***

**(4) พื้นผิว**

***การลดแรงเสียดทานสามารถทำได้โดยการทำให้พื้นผิวเรียบ ลื่น*** หลักการนี้มีผลต่อการทำความสะอาด การเกาะของคราบสกปรก ***พื้นผิวที่มันและลื่นเป็นพื้นผิวที่คลื่นแม่เหล็กสามารถสะท้อนได้ดีและหักเป็นระเบียบ*** หมายถึงวัสดุจะสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี

**(5) ความทนทานต่อความอุณหภูมิสูง**

1) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

***ค่าความสัมประสิทธิ์ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.3-1.55 $W/m^2K$***

2) ค่าต้านทานความร้อน (R-Value)

***ค่าความต้านทานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.64-0.77 $m^2K/W$***

3) ค่าการนำความร้อน (K-Value)

***ค่าการนำความร้อนควรน้อยกว่าเท่ากับ 0.13-0.155 W/mK***

**(6) ความทนทานต่อน้ำ**

1) ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption)

จากการวิเคราะห์เพื่อให้วัสดุสามารถทนต่อน้ำท่วมได้

***ค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 0.5***

2) ค่าการยอมให้น้ำผ่าน (water penetration)

***ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1.5***

3) ค่าการบวมตัว (swelling test)

***ค่าการบวมตัวควรน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6***

**(7) ความหนาแน่น**

ความหนาแน่นตาม มอก.878-2532 คือ***ตั้งแต่ 1100 ถึง 1300 กิโลต่อลูกบาศก์เมตร***

**(8) อัตราการทนไฟ**

***ทนไฟได้ 1,100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง***

**(9) อัตราการกันเสียง**

***อัตราการกันเสียง ( STC Rating ) 43 เดซิเบล***

**(10) วัตถุดิบ**

วัสดุสำหรับผนัง ไฟเบอร์ซีเมนต์ มีงานวิจัยหลากหลายที่สนับสนุนให้ใช้เส้นใยที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นมาเป็นส่วนผสม เช่น ผสมเส้นใยจากมะพร้าวและเส้นใยปาล์ม ซึ่งหลังจากงานวิจัยพบว่าวัสดุดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ

6.2.2. วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

ตัวแทนชนิดของวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาคือ กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ซึ่งมีรายละเอียดของคุณสมบัติดังนี้

**(1) รูปทรง**

สำหรับรูปทรงของวัสดุหลังคา สี่เหลี่ยมคือรูปทรงที่เหมาะสม เนื่องจากวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ที่เป็นสี่เหลี่ยม เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จรูปทรงสี่เหลี่ยมจะทำให้วัสดุแต่ละแผ่นแนบกับสนิท มีช่องรูรั่วน้อยกว่าวัสดุแผ่นกระเบื้องรูปทรงอื่น เช่นรูปทรงว่าวที่มักเป็นสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม

**(2) ขนาด**

ขนาดกระเบื้องในรูปแบบกระเบื้องลอน ตามมาตรฐาน มอก.1407-2540 ระบุเพียงให้ขนาดเป็นไปตามที่ระบุบนฉลาก คลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และตามหลักการยศาสตร์

2.1) ความยาว

โดยยกจากปลายของสิ่งของ ค่าความยาวสูงสุดวัตถุจะต้องมีขนาดยาวกว่าความกว้างหัวไหล่เล็กน้อย ค่าเฉลี่ยความยาวหัวไหล่คือ 16 นิ้วหรือ 40.6 เซนติเมตร ***ความยาวของวัตถุจะอยู่ในช่วงประมาณ 50-70 เซนติเมตร***

2.2) ความกว้าง

ไม่ควรเกินจากการยืดแขนขึ้นลง ***ไม่ควรเกิน 91.4*** เซนติเมตร

2.3) ความหนา

ความหนาในลักษณะการหยิบที่เหมาะสมโดย***ความหนาไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร*** ตามมาตรฐานมอก.1407-2540

**(3) น้ำหนัก**

วัสดุกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานน้ำหนัก แต่จากหลักการยศาสตร์***ไม่ควรหนักเกิน 40 กิโลกรัม***

**(4) พื้นผิว**

***การลดแรงเสียดทานสามารถทำได้โดยการทำให้พื้นผิวเรียบ ลื่น*** หลักการนี้มีผลต่อการทำความสะอาด การเกาะของคราบสกปรก ***พื้นผิวที่มันและลื่นเป็นพื้นผิวที่คลื่นแม่เหล็กสามารถสะท้อนได้ดีและหักเป็นระเบียบ*** หมายถึงวัสดุจะสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี

**(5) ความทนทานต่อความอุณหภูมิสูง (ความทนทาน : ระดับสูง)**

1) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

***ค่าความสัมประสิทธิ์ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.43 $W/m^2K$***

2) ค่าต้านทานความร้อน (R-Value)

***ค่าความต้านทานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ 2.32 $m^2K/W$***

3) ค่าการนำความร้อน (K-Value)

***ค่าการนำความร้อนควรน้อยกว่าเท่ากับ 0.043 W/mK***

**(6) ความหนาแน่น**

***ความหนาแน่นตั้งแต่ 1100 ถึง 1300 กิโลต่อลูกบาศก์เมตร***

**(7) การทำมุมของการปูหลังคา**

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยพบว่า ***สามารถปรับองศาของหลังคาได้ตั้งแต่ 7-35 องศา***

**(8) วัตถุดิบ**

จากงานวิจัยกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยบะซอลต์ ช่วยเสริมความแข็งแรงคงทนให้แก่วัสดุกระเบื้อง นอกจากนี้ยังมีวัสดุจากงานวิจัยไฟเบอร์ซีเมนต์ที่ผสมเส้นใยจากมะพร้าวและเส้นใยปาล์มที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ

6.2.3. วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

ตัวแทนชนิดของวัสดุก่อสร้างประเภทพื้นคือ ไม้เทียมหรือไฟเบอร์ซีเมนต์ ซึ่งมีรายละเอียดคุณสมบัติดังนี้

**(1) รูปทรง**

สำหรับรูปทรงของวัสดุพื้น สี่เหลี่ยมคือรูปทรงที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นรูปทรงที่ทำให้วัสดุแต่ละแผ่นแนบกับสนิท การก่อสร้างสามารถปรับได้ตามขนาดของพื้นที่ที่ต้องการปูพื้น

**(2) ขนาด**

วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ไม่มีมาตรฐานกำหนดที่ชัดเจน แต่สามารถใช้ค่าการทดสอบหรือข้อกำหนดกับวัสดุที่ใกล้เคียงได้

2.1) ความยาว

โดยยกจากปลายของสิ่งของ ค่าความยาวสูงสุดวัตถุจะต้องมีขนาดยาวกว่าความกว้างหัวไหล่เล็กน้อย ค่าเฉลี่ยความยาวหัวไหล่คือ 16 นิ้วหรือ 40.6 เซนติเมตร ***ความยาวของวัตถุที่แนะนำคือ 1200,1800 และ 2400 มิลลิเมตร*** ตามหลัก มอก.878-2532 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

2.2) ความกว้าง

ไม่ควรเกินจากการยืดแขนขึ้นลง โดยที่วัตถุไม่บดบังการมองเมื่อยกคือ ***ไม่ควรเกิน 91.4 เซนติเมตร*** และขนาด***ความกว้างที่แนะนำคือ 600,900 และ 1200 มิลลิเมตร*** ตามหลัก มอก.878-2532 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

2.3) ความหนา

ความหนาในลักษณะการหยิบที่เหมาะสม***ไม่ควรเกิน 4.5 นิ้ว หรือ 11.5 เซนติเมตร*** มาตรฐานมอก.878-2532 ***กำหนดให้หนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตรขึ้นไป***

**(3) น้ำหนัก**

หลักการยศาสตร์ (ergonomics) การจับสิ่งของ วัตถุขึ้นอยู่กับรูปทรง ต้องมีจุดให้ยึด เกาะ หรือขนาดและน้ำหนักที่สามารถยก ถือได้ ***ค่าไม่ควรเกินน้ำหนักคือ 40 กิโลกรัม***

**(4) พื้นผิว**

***การลดแรงเสียดทานสามารถทำได้โดยการทำให้พื้นผิวเรียบ ลื่น*** หลักการนี้มีผลต่อการทำความสะอาด การเกาะของคราบสกปรก ***พื้นผิวที่มันและลื่นเป็นพื้นผิวที่คลื่นแม่เหล็กสามารถสะท้อนได้ดีและหักเป็นระเบียบ*** หมายถึงวัสดุจะสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี

**(5) ความทนทานต่อน้ำ (ความทนทาน : ระดับสูง)**

1) ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption)

จากการวิเคราะห์เพื่อให้วัสดุสามารถทนต่อน้ำท่วมได้

***ค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 0.5***

2) ค่าการยอมให้น้ำผ่าน (water penetration)

***ค่าการยอมให้น้ำผ่านควรน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1.5***

3) ค่าการบวมตัว (swelling test)

***ค่าการบวมตัวควรน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6***

**(6) ความหนาแน่น**

ความหนาแน่นตาม มอก.878-2532 คือ***ตั้งแต่ 1100 ถึง 1300 กิโลต่อลูกบาศก์เมตร***

**(7) อัตราการทนไฟ**

***ทนไฟได้ 1,100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง***

**(8) วัตถุดิบ**

วัสดุสำหรับพื้นไฟเบอร์ซีเมนต์หรือไม้เทียม สามารถใช้ส่วนผสมเส้นใยท้องถิ่น เช่น ผสมเส้นใยจากมะพร้าวและเส้นใยปาล์ม ซึ่งหลังจากงานวิจัยพบว่าวัสดุดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ

6.3 **การออกแบบ**

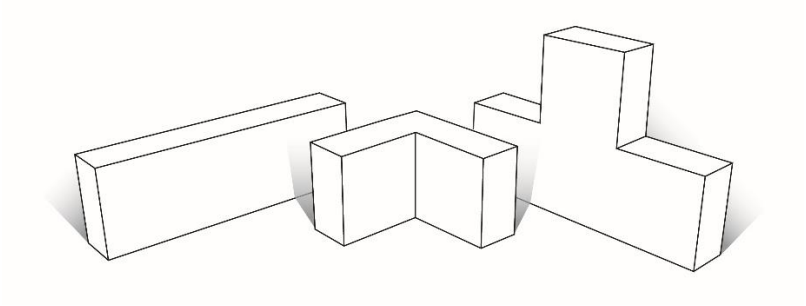
งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับการทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม ดังนั้นจึงเลือกออกแบบวัสดุก่อสร้างประเภท ผนัง เนื่องจากเป็นวัสดุที่ต้องรับมือจากทั้งความทนทานต่อความร้อนและน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

คุณลักษณะของวัสดุผนัง : คอนกรีตมวลเบา 2 รูปแบบ

**ตารางที่ 38** ตารางคุณลักษณะของคอนกรีตมวลเบา

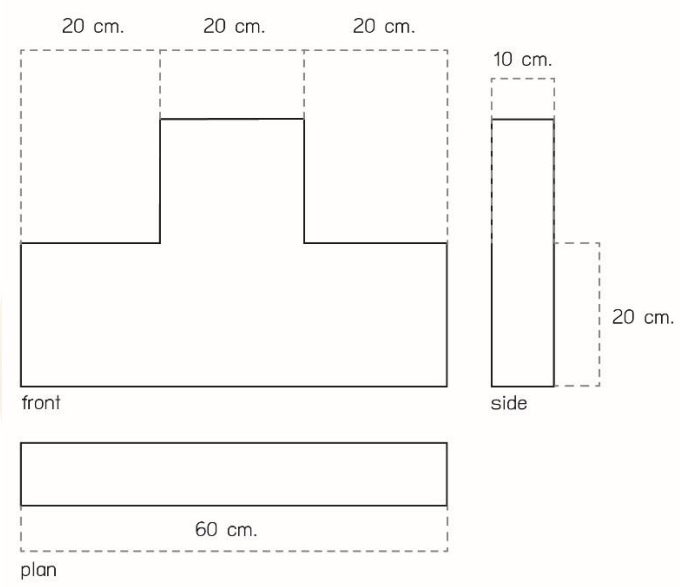
| ปัจจัยคุณลักษณะ | | | คุณลักษณะที่กำหนด | | | | | | | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | แบบที่ 1 | | | แบบที่ 2 | | | | |
| จากข้อมูลคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับอิฐมวลเบา | รูปร่าง/รูปทรง | | รูปทรงสี่เหลี่ยม | | | ปริมตรปริซึม / รูปทรงสี่เหลี่ยม | | | | |
| | ขนาด | กว้าง | 30 | 40 | 40 | 20 | 20 | 20 | | เซนติเมตร |
| | | ยาว | 30 | 60 | 30 | 20 | 40 | 60 | | เซนติเมตร |
| | | หนา | 10 | 10 | 30 | 20 | 20 | 20 | | เซนติเมตร |
| | น้ำหนัก | | ยกด้วยสองมือ | | หยิบถนัดโดยใช้มือข้างเดียว | หยิบถนัดโดยใช้มือข้างเดียว | ใช้สองมือกว้างกว่าช่วงหัวไหล่เล็กน้อย | | | กิโลกรัม / ก้อน |
| | ความหนาแน่น | | ความหนาแน่น 600 | | | | | | | ลบ.ซม. |
| | | | | | | | | | | ลบ.ซม. |
| | พื้นผิว | | พื้นผิวเรียบ ด้าน | | | พื้นผิวเรียบ ด้าน | | | | |
| | อัตราการทนไฟ | | ทนไฟ 1,100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง | | | | | | | ชั่วโมง/องศาเซลเซียส |
| | อัตราการกันเสียง | | วัสดุกันเสียงอยู่ในเกณฑ์คุณภาพ กันได้มากกว่า 43 เดซิเบล | | | | | | | STC Rating/ dB |
| จากการวิเคราะห์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ | ความทนทานต่ออุณหภูมิสูง | U-value | 1.3 - 1.55 | | | | | | | $W/m^2K$ |
| | | R-value | 0.64 - 0.77 | | | | | | | $m^2K/W$ |
| | | K-value | 0.13 - 0.155 | | | | | | | W/m°C |
| | ความทนทานต่อน้ำท่วม | ค่าการดูดซึมน้ำ | ≤ 0.5 | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| | | ค่าการไม่ยอมให้น้ำผ่าน | ≤ 1.5 | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| | | ค่าทดสอบการบวมน้ำ | ≤ 16 | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ (%) |

**รูปแบบที่ 1**



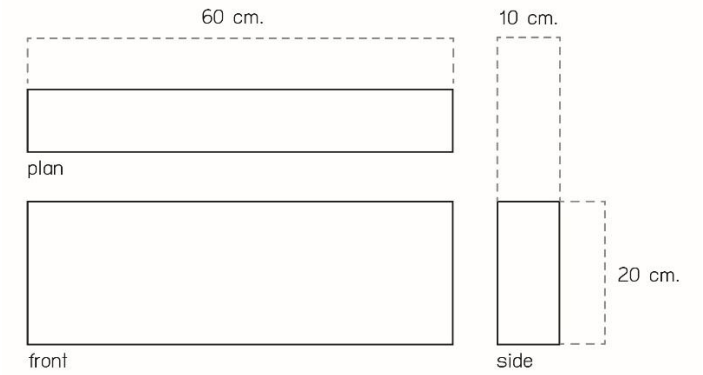
**ภาพที่ 78** ภาพสามมิติของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1

แบบที่ 1.1



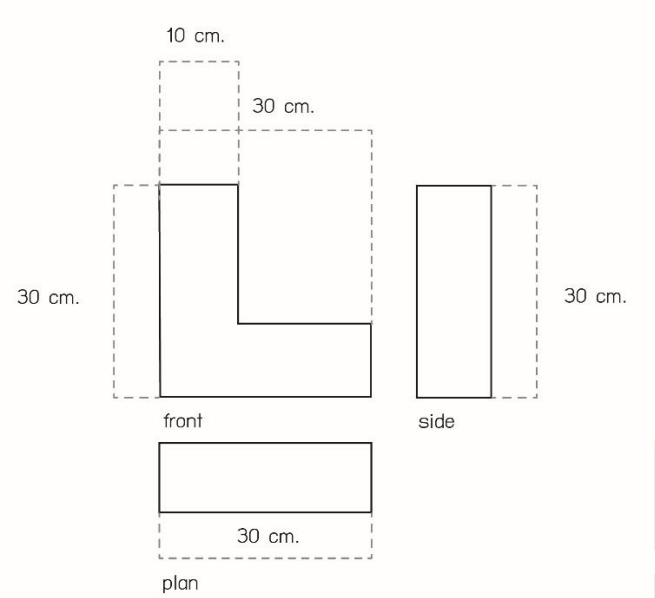

**ภาพที่ 79** ภาพแปลนขนาดของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1.1

แบบที่ 1.2



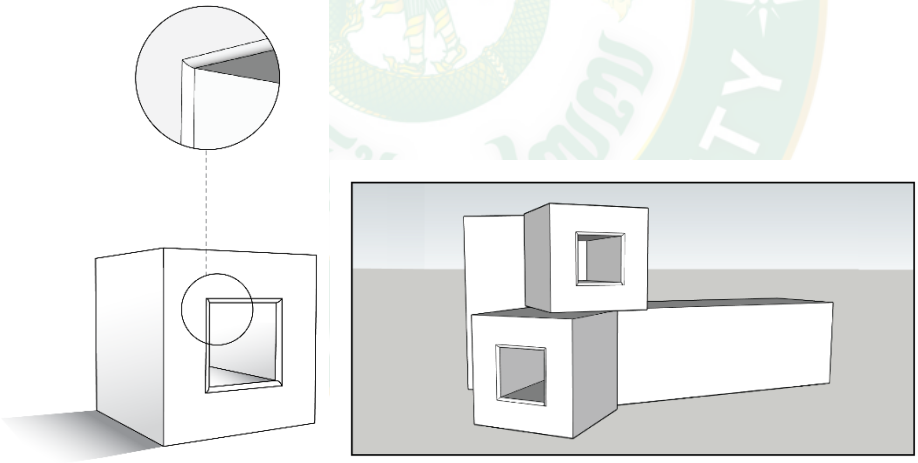

**ภาพที่ 80** ภาพแปลนขนาดของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1.2

แบบที่ 1.3



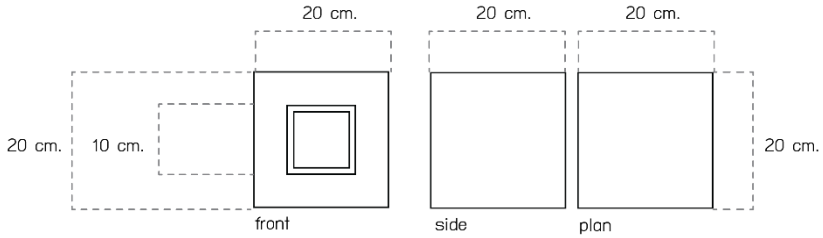

**ภาพที่ 81** ภาพแปลนขนาดของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 1.3

**รูปแบบที่ 2**



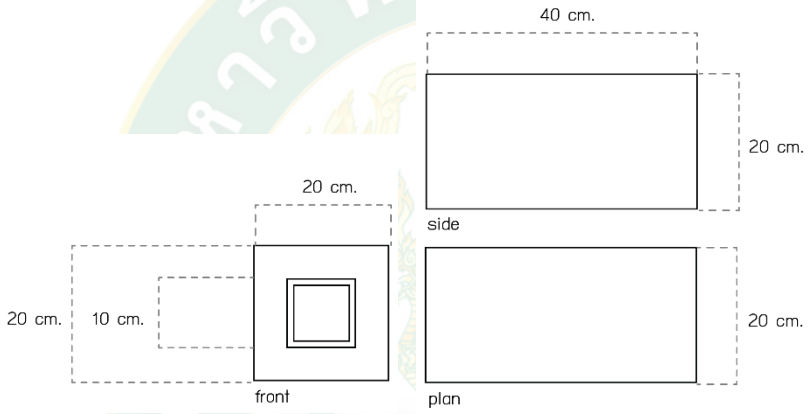
**ภาพที่ 82** ภาพสามมิติของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2

แบบที่ 2.1



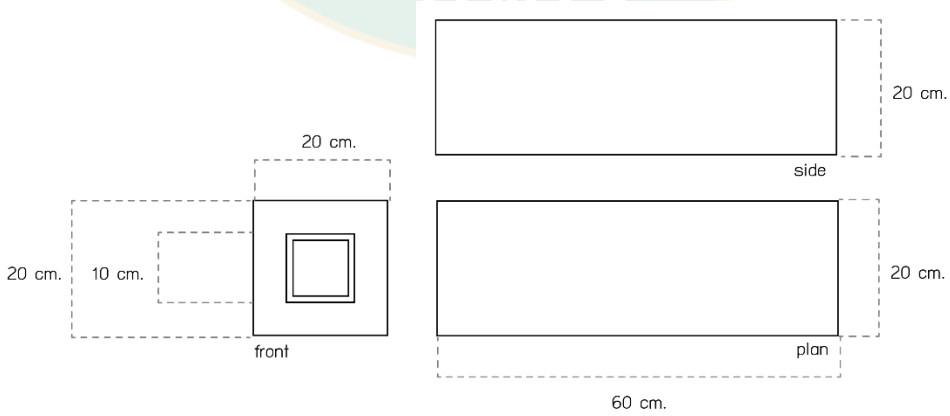

**ภาพที่ 83** ภาพแปลนของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2.1

แบบที่ 2.2




**ภาพที่ 84** ภาพแปลนของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2.2

แบบที่ 2.3




**ภาพที่ 85** ภาพแปลนของวัสดุคอนกรีตมวลเบารูปแบบที่ 2.2

# บทที่ 5
# สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การศึกษาช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยเพื่อการรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จัดทำขึ้นเพื่อตอบวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ประเทศไทย ที่มีแนวโน้มเกิดขึ้นในอนาคต ในประเด็นอุณหภูมิสูงและน้ำท่วม
2. เพื่อรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติวัสดุก่อสร้างประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและในพื้นที่ประเทศไทย
3. เพื่อรวบรวมข้อมูลการศึกษาและพัฒนาเกณฑ์คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต
4. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล หาช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศประเทศไทยในอนาคต
5. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทผนัง หลังคาและพื้นที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยและในอนาคต

การศึกษานี้จัดทำเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้างต้น ซึ่งวัตถุประสงค์ส่วนหนึ่งได้ตอบแล้วในบทที่ 4 จึงเรียบเรียงเฉพาะส่วนสำคัญที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ โดยการอธิบายสรุปผล อภิปรายข้อมูล ปัญหาและข้อเสนอแนะตามลำดับดังนี้

1. สรุปผล
    - 1.1 การรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    - 1.2 การรวบรวมข้อมูลและเกณฑ์ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง
    - 1.3 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง
2. การอภิปรายผล
    - 2.1 ช่องว่างและโอกาสของวัสดุก่อสร้าง
    - 2.2 ความต้องการของผู้บริโภค
3. ข้อเสนอแนะ
4. ปัญหาและอุปสรรค

**1. การสรุปผล**

1.1 การรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการรวบรวมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ในประเด็นอุณหภูมิที่สูงขึ้นพบว่าจากข้อมูลระยะเวลา 100 ปี (ตั้งแต่ปีพ.ศ.2543 ถึง พ.ศ.2642) ที่ได้ทำการแบ่งออกเป็นสี่ช่วง ช่วงละ 25 ปี ช่วงปีที่สองคือช่วงระหว่างปี พ.ศ.2568 ถึงพ.ศ.2592 มีค่าความชันของอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูง โดยปีที่สูงที่สุดคือ 2586 ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ 44.75 องศาเซลเซียส พบจำนวนวันที่ค่าอุณหภูมิสูงกว่า 48.99 องศาเซลเซียส 20 วัน จึงใช้ค่าอุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียสเป็นตัวแปรในการคำนวณความทนทาน

สำหรับปริมาณฝนที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์น้ำท่วม ช่วงปีที่สองค่าความชันของการเพิ่มปริมาณน้ำฝนสูงกว่าช่วงอื่น ผลการคาดการณ์พบว่าพ.ศ.2582 มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกับปี พ.ศ.2554 ที่ในบางพื้นที่น้ำท่วมขังนาน 2 เดือนหรือ 60 วัน จึงใช้จำนวนวันดังกล่าวเป็นตัวแปรเพื่อหาค่าความทนทานต่อน้ำท่วม

1.2 การรวบรวมข้อมูลและเกณฑ์ความทนทานของวัสดุก่อสร้าง

การรวบรวมข้อมูลและเกณฑ์ความทนทาน คือการนำค่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในอนาคตมาเป็นตัวแปรในการหาค่าความทนทาน ซึ่งค่าความทนทานที่พบเป็นค่าความทนทานที่ยอมรับได้และสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้

1.2.1 วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

วัสดุผนัง เป็นวัสดุที่รับมือจากทั้งอุณหภูมิสูงและเสี่ยงต่อสภาวะน้ำท่วม จึงจำเป็นต้องมีความทนทานทางเทคนิคขั้นต่ำดังนี้ ดังนี้ ความทนทานต่อความร้อนในระดับปานกลาง คือค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) มากกว่าหรือเท่ากับ 1.55 $W/m^2K$, ค่าต้านทานความร้อน (R) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.64 $m^2K/W$ และค่าการนำความร้อน (K) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.155 W/mK และค่าความทนทานต่อน้ำท่วม โดยมีค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ไม่เกินร้อยละ 2, ค่าความยอมให้น้ำผ่าน (water penetration) ไม่เกินร้อยละ 1.5 ค่าการบวมตัว (swelling test) ไม่เกินร้อยละ 12

ผลการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างประเภทผนังพบว่า ค่าความทนทานต่อความร้อนของทุกวัสดุในหมวดของผนัง พบวัสดุบางชนิดได้ผ่านเกณฑ์ความทนทานต่ออุณหภูมิในอนาคต สำหรับค่าความทนทานต่อน้ำพบวัสดุที่ผ่านเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำและไม่พบการผ่านเกณฑ์ค่าการยอมให้น้ำผ่านและ

ค่าการทดสอบการบวมตัว จากการรวบรวมงานวิจัยสำหรับวัสดุผนัง พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อความร้อนร้อยละ 98.3 พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนน้ำร้อยละ 1.61

วัสดุประเภทผนังพบวัสดุที่มีความนิยมมากที่สุดคือ คอนกรีตมวลเบา โดยผลจากการใช้เครื่องมือบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) และการแปลงความต้องการของผู้บริโภค (QFD) พบว่า รูปแบบและรูปทรงคือปัจจัยที่ต้องคำนึงในการออกแบบมากที่สุด รองลงมือคือพื้นผิวและความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

1.2.2 วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

วัสดุหลังคา เป็นวัสดุที่รับมือจากทั้งอุณหภูมิสูง วัสดุหลังคาควรมีค่าความทนทานขั้นต่ำดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน (U) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.52 $W/m^2K$, ค่าต้านทานความร้อน (R) มากกว่าหรือเท่ากับ 1.92 $m^2K/W$ และค่าการนำความร้อน (K) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.052 W/mK จากผลการรวบรวมวัสดุประเภทหลังคา ซึ่งเป็นวัสดุที่คำนึงถึงความทนทานต่อความร้อนเท่านั้น พบการแสดงค่าที่ผ่านความทนทานต่อความร้อนเพียง 2 ชนิด โดยมีการแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่านั้น สำหรับค่าต้านทานความร้อนและค่าการนำความร้อนไม่พบค่าที่ผ่านเกณฑ์

1.2.3 วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น

วัสดุพื้น ควรมีค่าความทนทานต่อน้ำท่วมขั้นต่ำ ดังนี้ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ไม่เกินร้อยละ 2, ค่าความยอมให้น้ำผ่าน (water penetration) ไม่เกินร้อยละ 1.5 ค่าการทดสอบการบวมตัว (swelling test) ไม่เกินร้อยละ 12 ผลการรวบรวมวัสดุประเภทพื้น เป็นวัสดุที่คำนึงถึงความทนทานต่อความน้ำเท่านั้นสำหรับความทนทานต่อน้ำพบค่าที่ผ่านเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำ ไม่พบค่าการยอมให้น้ำผ่านและค่าการทดสอบการบวมตัวหลังแช่น้ำ

1.3 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง

ช่องว่างสำหรับวัสดุทุกประเภท ในเชิงค่าคุณสมบัติความทนทานต่อความร้อน พบบางส่วนมีคุณสมบัติที่ผ่านเกณฑ์ความทนทานที่พอรับได้ ซึ่งหมายถึงว่าเป็นวัสดุที่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ แต่ค่าที่ผ่านนั้น ยังไม่สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้มากนัก แต่ผลสำรวจพบว่าวัสดุผนังไม่จำเป็นต้องพัฒนาให้มีค่าความทนทานต่อความร้อนสูงมากที่สุด เนื่องจากผนังเป็นวัสดุที่มีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องต่อการควบคุมอุณหภูมิภายในตัวบ้าน ในส่วนของหลังคาควรพัฒนาให้สูงที่สุดเนื่องจากเป็นวัสดุที่รับมือกับความร้อนโดยตรง สำหรับความทนทานต่อน้ำท่วม มีจำนวนวัสดุที่

ผ่านเกณฑ์ค่อนข้างน้อย หรือส่วนหนึ่งไม่มีการแสดงค่าที่ชัดเจนเพียงพอ อีกทั้งสำหรับงานวิจัย พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วมในปริมาณที่น้อยมาก

โอกาสที่ควรพัฒนาที่สำคัญคือ ความทนทานต่อน้ำท่วม ทั้งในส่วนของวัสดุและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม โดยที่ผลของการรวบรวมหรือสัมภาษณ์ ปัจจัยอื่นๆมีผลต่อโอกาสในการพัฒนาวัสดุเช่นการผลิต การออกแบบรวมไปถึงการตลาด การศึกษานี้เน้นการรวบรวมและวิเคราะห์เกี่ยวกับความทนทานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเท่านั้น ปัจจัยเสริมอื่นๆเป็นเพียงข้อเสนอแนะ ซึ่งผลวิจัยนี้ทำให้เกิดเกณฑ์ความทนทานใหม่ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่ทนทานต่อทั้งความร้อนและน้ำท่วมในอนาคต

**2. การอภิปรายผล**

2.1 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาวัสดุก่อสร้าง

2.1.1 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสำหรับงานวิจัย

ผลของการรวบรวมงานวิจัย พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุทนความร้อนอยู่ร้อยละ 98.38 กล่าวคือวัสดุที่ทนทานต่อความร้อนเป็นที่สนใจของนักวิจัย ซึ่งคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ได้เห็นความสำคัญของการศึกษาการวิจัยเกี่ยวกับการรับมือการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและนับเป็นอีกหนึ่งวิธีในการรับมือและเตรียมพร้อมให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตได้ในอนาคต ทั้งนี้ความทนทานต่อความร้อนมีความสัมพันธ์กับการประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นหนึ่งในนโยบายของกระทรวงพลังงานเช่นกัน การทนทานต่อความร้อนพบมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุให้มีความทนร้อนให้มากขึ้น โดยนักวิจัยมักใช้แนวคิดหลักในการออกแบบวัสดุที่ลดการใช้พลังงานและทรัพยากร เช่น ประชุม คำพุฒ รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา นักวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เห็นความสำคัญของแนวคิดดังกล่าว จึงได้มีการวิจัยและค้นคว้าเพื่อออกแบบวัสดุก่อสร้างสีเขียว โดยใช้วัสดุยางพาราในคอนกรีตบล็อกโดยเน้นความเป็นฉนวนกันความร้อนและการรับกำลังเป็นหลัก

ในทางตรงกันข้าม ความทนทานต่อน้ำท่วมหรือความชื้น ยังไม่เป็นที่สนใจมากนัก จากการศึกษางานวิจัย 309 งานวิจัย พบเพียงร้อยละ 1.61 ที่ศึกษาเกี่ยวกับความทนทานต่อน้ำท่วมต่อความชื้นหรือต่อการแช่น้ำ หนึ่งในบทความทางวิชาการเรื่อง ถอดบทเรียนจากโครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งด้านการบริหารจัดการสำหรับผู้บริหารระดับสูงจากภาครัฐ ดร.เสรี ศุภราทิตย์ ได้ให้กล่าวถึงความสำคัญของการรับมือ 2P 2R ซึ่งการเตรียมการ (Preparation) เป็นหนึ่งในวิธีการที่จะลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายจากอุทกภัย สำหรับประเทศไทยควรพัฒนาการก่อสร้างและวัสดุเพื่อรับมือกับน้ำท่วมในอนาคต ทั้งนี้มีวิธีการรับมือหลายรูปแบบ เช่น การรับมือด้วยการออกแบบให้ที่อยู่อาศัยสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ทั้งนี้ในส่วนของบทความ พบความพยายามในการออกแบบวัสดุที่มีความทนทานต่อน้ำโดยตรง อาธิเช่น ผลงานของผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.อุทัย มีคำ ที่เห็นโอกาสในการพัฒนาวัสดุให้มีความทนทานต่อน้ำสูงขึ้น จึงวิจัยและออกแบบวัสดุไม้เชิงวิศวกรรมสมรรถนะสูง เพื่อรองรับกับการที่วัสดุต้องแช่น้ำได้นานเป็นเดือน นี่แสดงถึงศักยภาพในการพัฒนาวัสดุให้มีความทนทานสูง ซึ่งขัดแย้งกับค่าเกณฑ์ที่มีอยู่ เมื่อการพัฒนาวัสดุที่ทนทานต่อการแช่น้ำและต่ออุณหภูมิสูงมีความก้าวหน้าขึ้นเรื่อยๆ แต่ค่าเกณฑ์ความทนทานไม่สูงตาม นั่นหมายถึงเกณฑ์เดิมที่มีอยู่ไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะบ่งชี้ว่าวัสดุนั้นๆมีความทนทาน ได้มาตรฐานหรือเหมาะสมกับการใช้งาน

2.1.2 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสำหรับเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้กับวัสดุก่อสร้าง

ถึงแม้ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นกับประเทศไทยจะสร้างความเสียหายน้อยกว่าบางประเทศที่ประสบภัยรุนแรง แต่การมีเกณฑ์มาตรฐานของค่าความทนทานที่สูงมากขึ้น เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถลดความเสียหายจากภัยพิบัติในอนาคตที่ไม่อาจคาดเดาได้ ในประเด็นความทนทานต่อน้ำ จากการรวบรวมข้อมูลพบวัสดุก่อสร้างที่มีค่าความทนทานน้ำผ่านเกณฑ์ที่น้อยมากและมีการแสดงค่าความทนทานที่น้อย เช่นกัน สำหรับค่าการดูดซึมน้ำ เกณฑ์ใหม่คือควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 2 จะถือว่าเป็นวัสดุทนน้ำที่มีคุณภาพดี ซึ่งค่าเกณฑ์ที่ได้จากการวิจัยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย ยกตัวอย่างสำหรับวัสดุอิฐบล็อกคอนกรีต ค่าความทนทานอิฐบล็อกคอนกรีตที่มาตรฐานอุตสาหกรรมแนะนำคือไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่มีการอ้างอิงมาจากมาตรฐานอเมริกา ASTM C140 และ ASTM C90 ซึ่งอาจเพียงพอสำหรับการรับมือสภาพอากาศในปัจจุบัน แต่อนาคตสภาพอากาศมีแนวโน้มรุนแรงขึ้น ค่าดังกล่าวอาจไม่เพียงพอ นอกจากนี้ความทนทานที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือค่าการทดสอบการบวมตัวและหดตัวหลังจากการแช่น้ำ โดย Florian Rauh เจ้าของบทความ The powder swelling test - advantages and limitations ซึ่งเห็นความจำเป็นของการทดสอบการบวมตัวของวัสดุตั้งแต่การบวมตัวของวัตถุดิบในการนำมาเป็นผลิตวัสดุ ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างพบการแสดงค่าความทนทานนี้น้อยมาก โดยส่วนใหญ่พบเพียงว่าผ่านเกณฑ์เท่านั้นแต่ไม่ระบุค่าว่าผ่านหรือมีค่าเท่าไหร่ การเตรียมความพร้อมจึงจะช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นการปรับค่าเกณฑ์ให้สูงขึ้นจะช่วยให้เกิดการพัฒนาวัสดุที่มีความทนทานสูงขึ้น เพื่อรับมือกับภัยพิบัติในอนาคตที่มีแนวโน้มรุนแรงและสูงขึ้น สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่ร้อนชื้นและปัจจุบันยังไม่มีการจัดการหรือวิธีการป้องกันการเกิดน้ำท่วมที่เห็นผลชัดเจน

ซึ่งจากเกณฑ์ค่าความทนทานใหม่ที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอื่นๆที่เป็นเกณฑ์การก่อสร้าง ออกแบบที่อยู่อาศัย ค่าเกณฑ์ความทนทานใหม่นี้สูงกว่าค่าเกณฑ์ที่ที่อื่นกำหนด ยกตัวอย่างเกณฑ์มาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 (กฎกระทรวง, 2552)เป็นการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนมวลรวมของ (OTTV) กล่าวคือค่าการถ่ายเทดังกล่าว เป็นค่าที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆร่วมด้วย แต่สำหรับเกณฑ์ความทนทานที่งานวิจัยนี้วิเคราะห์ออกมา เกณฑ์ที่ได้จากเป็นการคำนวณหาค่า OTTV เฉพาะสำหรับวัสดุเท่านั้น ไม่รวมค่าปัจจัยอื่นๆ ดังนั้น ค่าความสามารถความทนทานของวัสดุจะสูงกว่า เพราะเป็นค่าความทนทานขั้นต่ำที่ยังไม่คำนวณรวมกับปัจจัยอื่น

2.1.3 ช่องว่างและโอกาสในการพัฒนาสำหรับวัสดุก่อสร้างที่มีในท้องตลาด

สำหรับวัสดุที่จำหน่ายในท้องตลาด จากการสำรวจการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดและเว็บไซต์ พบมีการระบุความทนทานในรูปแบบการโฆษณาที่ไม่มีการระบุค่าค่อนข้างสูงและบางส่วนมีการโฆษณาเกินจริง จากการรวบรวมสถิติการร้องเรียนของผู้บริโภค ของสำนักงานกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค ที่มีรายงานการร้องเรียนของผู้บริโภค ในประเภทอสังหาริมทรัพย์และที่อยู่อาศัย ซึ่งหนึ่งในรายละเอียดการร้องเรียนคือ การไม่ดำเนินการตามโฆษณาในประเภทสินค้าอุปโภคและบริโภค พบสินค้าในหมวดวัสดุก่อสร้าง ไม่ได้มาตรฐาน จากการศึกษาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยมีโอกาสในการพัฒนาวัสดุทั้งด้านการทนทานต่อความร้อนและน้ำท่วม แต่เนื่องจากวัสดุที่มีจำหน่ายทั่วไป มีวัสดุที่ระบุวัสดุที่ทนต่อน้ำโดยตรงน้อย อีกทั้งจากการลงพื้นที่รวบรวมข้อมูล พบการให้ข้อมูลของพนักงานขาย ที่ระบุถึงความต้องการทราบข้อมูลของผู้บริโภคบางรายที่มีความสงสัยในคุณสมบัติของวัสดุ แต่ตัวสินค้าไม่มีข้อมูลที่ผู้บริโภคต้องการทราบ

สอดคล้องกับผลการสำรวจที่พบการแสดงค่าที่ผ่านเกณฑ์น้อยมาก ซึ่งค่าที่มีความสำคัญที่สุดคือค่าการทดสอบการบวมตัวของน้ำ ที่แสดงเพียงว่าผ่านเกณฑ์ต่างๆแต่ไม่ระบุว่าผ่านเท่าไหร่ ทำให้ผู้บริโภคไม่สามารถทราบค่าความทนทานหรือนำค่านั้นๆมาเปรียบเทียบกับวัสดุต่างยี่ห้อเพื่อหาวัสดุที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมกับความต้องการที่สุดได้

2.2 ความต้องการของผู้บริโภค

ผลการรวบรวมความต้องการของผู้บริโภคและการวิเคราะห์ข้อมูลบ้านแห่งคุณภาพ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบและมีค่าความสัมพันธ์สูงสุดกับความต้องการของผู้บริโภค คือ รูปทรงและรูปแบบ ซึ่งมีผลต่อการออกแบบเพื่อตอบโจทย์ความต้องการและลักษณะการใช้งานของผู้บริโภค

สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการศึกษางานออกแบบที่มีลักษณะเรียบง่าย ของนางสาวรัษฎากร ชัยเรืองรัชต์ แต่ขัดแย้งกับหลายงานวิจัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการผลิตวัสดุก่อสร้างที่ว่า ปัจจัยด้านราคามีผลต่อการออกแบบวัสดุ ในประเด็นด้านราคางานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับราคาของวัตถุดิบแต่ศึกษาประเด็นความทนทานต่ออุณหภูมิสูงและน้ำท่วม ซึ่งวัสดุที่มีค่าความทนทานสูงมีผลต่อต้นทุนในการผลิตจริง แต่ในระยะยาววัสดุที่มีความทนทานสูงจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าวัสดุคุณภาพหรือความทนทานต่ำ

**3. ข้อเสนอแนะ**

วัสดุก่อสร้างทีมีในประเทศไทยควรมีการพัฒนาให้มีความทนทานที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของเกณฑ์คุณสมบัติความทนทาน ควรมีการออกกฎหมายให้มีการแสดงค่าคุณสมบัติที่ใช้ตัวแปรเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงของข้อมูล ทั้งนี้เกณฑ์ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกซื้อวัสดุ หรือพัฒนาวัสดุก่อสร้างได้

สำหรับข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป คือการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่นอกเหนือจากความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการการผลิต เชื่อมโยงเข้ากับเกณฑ์ความทนทานและแนวทางในการออกแบบที่การศึกษานี้ได้นำเสนอไว้ เพื่อเป็นการพัฒนาวัสดุให้ครอบคลุมในทุกๆด้าน ยิ่งไปกว่านั้นควรพัฒนาเกณฑ์ความทนทานให้กลายเป็นเครื่องมือที่สามารถเข้าถึงง่าย อาจพัฒนาโดยการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงและใช้งานได้สะดวก

**4. ปัญหาและอุปสรรค**

ปัญหาและอุปสรรคของการรวบรวมข้อมูลความทนทานของวัสดุกรอบอาคารมีความเชื่อมโยงกับการรวบรวมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยปัญหาแรกคือค่า ผลการเปลี่ยนแปลงในประเด็นน้ำท่วม จากการค้นคว้าไม่มีการเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์โดยตรง ที่พบคือการเก็บข้อมูลความเสียหาย ซึ่งทั่วทั้งประเทศไทยไม่พบข้อมูลที่ตรงกัน ดังนั้นจึงใช้วิธีสร้างความสัมพันธ์เพื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาสัมพันธ์กับข้อมูลน้ำท่วม

สำหรับการลงพื้นที่พบปัญหาคือบางห้างร้านไม่ยินดีให้ถ่ายรูปและจัดเก็บข้อมูล และปริมาณสินค้าที่มากและการจัดเรียงหมวดหมู่ไม่ตรงกับความต้องการที่วางแผนไว้ ทำให้การเก็บข้อมูลยากลำบาก แต่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดเรียงสินค้า ว่าไม่พบการจัดวางสินค้าที่ใช้ค่าความทนทานเป็นเกณฑ์ นอกจากนี้ การเข้าถึงข้อมูลความทนทานในลักษณะการแสดงค่า U R และK หรือค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการยอมให้น้ำผ่านและค่าการทดสอบการบวมตัว ต้องอาศัยวิธีการที่ซับซ้อน

ต้องสอบถามพนักงานและต้องสืบค้นข้อมูลผ่านเว็บไซต์ของตราสินค้านั้นๆ ซึ่งบางวัสดุแสดงค่าความทนทาน แต่บางวัสดุระบุเพียงว่าผ่านเกณฑ์ เช่น ผ่านเกณฑ์การทดสอบของ มอก. หรือ ASTM เป็นต้น แต่ไม่ระบุว่าผ่านเกณฑ์ดังกล่าวเท่าไหร่ หรือมีค่าคุณสมบัตินั้นเท่าไหร่

# บรรณานุกรม


กฎกระทรวง. 2552. **กำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.**

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2559. **สถิติอุณหภูมิที่สูงที่สุดในฤดูร้อนของประเทศไทย พ.ศ. 2549-2558.** *www.tmd.go.th*. แหล่งที่มา https://www.tmd.go.th/programs/uploads/tempstat/max_stat_latest.pdf

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. **ภูมิอากาศของประเทศไทย.** กรมอุตินิยมวิทยา. แหล่งที่มา https://www.tmd.go.th/info/climate_of_thailand-2524-2553.pdf

กอร์, อ. 2008. **แนวคิดใหม่ในเรื่องปัญหาวิกฤติสภาวะอากาศ.**

กันทะวาด, ป. (2560, มกราคม 10). **ภูเขาไฟระเบิด.** ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ *ndwc*. แหล่งที่มา http://www.ndwc.go.th/web/index.php?option=com_content&view=article&id=280:2011-06-27-05-41-49&catid=53:2011-06-27-05-35-17

คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ. (2554). **บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554.** http://www.thaiwater.net/current/flood54.html

จงรัก, ว. 2554. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกกับการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ต้นไม้. **แก่นเกษตร 39** ฉบับพิเศษ 2, 27-30.

จำกัด, บ. เ. อ. บ. ป. ก. (2560). **ภาพกระเบื้องดินเปาผูพื้**น. In T. ก. x. บ. S. กรุงเทพฯ (Ed.). bpkbrick.co.th: บริษัท เฮ้งมุ่ยหลี อิฐ บ.ป.ก. จำกัด.

จำกัด, บ. แ. โ. (2559). **รับติดตั้งผนังอาคารไม้สังเคราะห์**. บริษัท แมกซิส โปรดักส์ จำกัด แหล่งที่มา http://www.ไม้สังเคราะห์.com/รับติดตั้งผนังอาคารไม้สังเคราะห์+85854.html

จำกัด, บ. ไ. ร. เ. (2560). **หลังคาไม้ซีดาร์รุ่นผิวคลื่น Cedar shakes.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท ไอดีรูฟ เทรดดิ้ง จำกัด. แหล่งที่มา

จำกัด, บ. ก. (2560). **กระเบื้องดินเผาปูผนัง**. บริษัท กระเบื้องบ้านไทย จำกัด https://www.baanthaitiles.com/content/8867/กระเบื้องดินเผาปูผนัง

จำกัด, บ. บ. (2560). **แคตตาล็อคกระเบื้อง.** https://www.boonthavorn.com/boonthavorn-wall-floor/shop-by-type/granito

จำกัด, บ. บ. เ. อ. บ. (2559). **Quality Function Deployment – QFD.** Retrieved from http://topofquality.com/sqfd/indexqfd.html

จิราพัชร, เ. (2017). **แนวทางการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ ในประเทศไทย**. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 4.

ชัชชติภัช, เ. พ., ขันทะวงค์. (2557). **การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยใช้ขยะพลาสติก.**

ดร. ศรัณย์, ส. (2558). **การหักเหของแสง**. แหล่งที่มา https://www.gotoknow.org/posts/207155

ดร.อัจฉราวรรณ, ง. 2554. อันเนื่องมาแต่สูตรของยามาเน่. วารสารบริหารธุรกิจ, 34.

ทวิดา, ก. 2559. **ถอดบทเรียนจากโครงการเสริมสร้างความเข้มแข็ง ด้านการบริหารจัดการสำหรับผู้บริหารระดับสูง.**

ธนาวุฒิ, ข. 2558. การใช้ร่มเงาพรรไม้เพื่อลดอุณหภูมิของกรอบอาคาร. ว**ารสารวิจัยราชภัฏพระนคร**, 10(2), 68-84.

บริษัท มติชน จำกัด มหาชน. (2559). **ไทย 'แชมป์ร้อนอาเซียน' กรุงเทพฯเมืองหลวงอุณหภูมิสูงที่สุด.** มติชน. แหล่งที่มา https://www.matichon.co.th/news/71463

บัญญัติ, พ. 2553. การศึกษาโดยการทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเร็วลมผ่านช่องว่างของหลังคาเหล็กเคลือบโลหะ. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 14-25.

บางใหญ่ค้าวัสดุภัณฑ์, ห. (2560). **กระเบื้องลอนคู่: หจก. บางใหญ่ค้าวัสดุภัณฑ์.**

ผศ.ดร.อรรจน์, เ. (2007). **การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในทาวน์เฮ้าส์**. *Architectual / Planing Research and Studies.,* 5(1).

ผู้จัดการออนไลน์. (2551). **ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงอาจกระทบกับแหล่งวัตถุดิบอุตสาหกรรมวัสดุ.** แหล่งที่มา http://www2.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9510000111052

พจน์ชววัฒน์, เ. (2556). การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูง กรณีศึกษา : ระบบปรับอากาศโรงแรมโนโวเทบ แพลตินั่ม กรุงเทพ. **วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต,** 3, 48.

พวงทองซีเมนต์บล็อก. (2556). **ภาพตัวอย่างอิฐบล็อกก่อผนัง.** http://www.อิฐบล็อก.com/product2.php

พัชรินทร์, ว. (2558). **แนวทางการตรวจวัสดุตกแต่งปิดผิวบ้านเก่าก่อนรีโนเวท**. Retrieved 23 กุมภาพันธ์ 2560, บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด http://www.scgbuildingmaterials.com/th/HomeConsult/Blog/improve-care/แนวทางการตรวจวัสดุตกแต่งปิดผิวบ้านเก่า-ก่อนรีโนเวท.aspx

ภัทรนันท์, ท. (2548). **สภาวะน่าสบาย : พื้นฐานและแบบจำลองสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสถาปัตยกรรม, 21.**

ภูษิต, เ., & อัญชิสา, ส. (2555). **คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ จากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง.**

มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย. (2557). **FDN สร้างสรรค์ตึกลอยน้ำ ทางรอดใหม่จากภัยโลกร้อนและสึนามิ.** แหล่งที่มา http://www.thaiappraisal.org/webboard/showtopic.php?topic=351

ยอดเยี่ยม, เ. (Producer). (2545, ตุลาคม 14). **21 ประการซ่อมหลังน้ำท่วม 20 ประการ เตรียมบ้านก่อนน้ำท่วม.** *http://www.arch.ku.ac.th/*. แหล่งที่มา http://www.arch.ku.ac.th/2010/attachments/%E0%B8%9A%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%97%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%A1.pdf

รัชด, ช. (2555). **20 คำถามกับบ้านใหม่หลังน้ำท่วม.**

รัตนาวดี. (2557). **กระเบื้องดี อย่างหนา ต้องห้าห่วง.**

วนารัตน์, ก. แ. (2556). **โครงการ แนวทางการวางแผนด้านผังเมืองเพื่อรองรับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาปัญหาฐ้าท่วมและแนวทางการจัดการ ฐ้าท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี.** แหล่งที่มา http://www.thailandadaptation.net/pdf/pdf2/5.pdf

วิกานดา, ว. (2558). **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : ผลกระทบต่อประเทศไทย.**

ศฤงศารค้าไม้. (2557). **การรักษาเนื้อไม้.** ศฤงศารค้าไม้ http://saringkarnwood.com/index.php?name=news&file=readnews&id=2

ศศิ, พ. (2559). **กระเบื้องพอร์ซเลนคือ.** http://the.southfloridabusinessnetwork.info/54a891bf-9efd-483e-a9e6-bd0cb0d9a5d3?zone=7101b6ad3136aedfaaaf2d6a8d6e933a&source=dvdaddict.info&keyword=กระเบื้+อง+พอ+ร+ซ+เลน+คือ&cost=0.001

ศิริรัตน์, ว. ร., รัตน์วิจิตต์เวช. (2552). **หนังสือเรียน อญ.** วิทยาศาสตร์ ป.5.

ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์. (2553). **รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2.**

ส.อ.ถนอม, บ. (2557). **แนวคิดทฤษฎีทางการตลาด (*Marketing Theory*).** แหล่งที่มา https://fifathanom.wordpress.com/2014/12/07/บทที่-1-แนวคิดทฤษฎีทางกา/

สถานีวิทยุโทรทัศน์แห่งประเทศไทยขอนแก่น (Producer). (2558). **ข่าวเด่น NBT Khonkaen**. Retrieve

สาธิต, ว. (2555). **วิกฤตน้ำท่วมประเทศไทย ปี 2554.** *file://mac/Home/Downloads/knowledge_ 50.pdf*. Retrieved from https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=19&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiXseWn75zUAhVLRY8KHdN5Dgk4ChAWCE8wCA&url=http%3A%2F%2Fwater.dwr.go.th%2Fwrro4%2Findex.php%2Fth%2F2014-07-04-07-42-37%2Fcategory%2F5-%25E0%25B8%2584%25E0%25B8%25A7

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). **แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.** แหล่งที่มา https://www.deqp.go.th/media/36631/แผนแม่-บท_2558_2593.pdf

สิรินทรเพพ, เ. (2554). **รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1.** แหล่งที่มา http://climatechange.jgsee.org/Admin/spaw2/uploads/files/CC%20Book/Thailand%27sFirstAssessmentReportonClimateChange2011Volume3.pdf

สิริพรรณ, น. ( 2560). **อิฐมอญ.** แหล่งที่มา http://www.material.chula.ac.th/RADIO48/March/radio3-2.htm

สุนีรัตน์, ช. (2559). **เครื่องมือสำหรับการบริหาร.** แหล่งที่มา https://www.gotoknow.org/posts/326439

สุรเดช, บ. (2557). **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้านซีเมนต์ไทยโฮมมาร์ท ของผู้บริโภค** แหล่งที่มา http://www.research-system.siam.edu/2013-12-20-04-25-20/1360-2013-12-20-05-58-229

สุวนัย. (2554). **รับติดตั้งงานหลังคา metal sheet, เปลี่ยนกระเบื้องหลังคา, งานโครงสร้างเหล็ก: หจก.พฤกปกรณ์ อินเตอร์เทรด.**

สุวิมล. (2560). **ทาสีผนังหรือติดวอลล์เปเปอร์ เลือกแบบไหนดี แบบไหนเหมาะ.** แหล่งที่มา https://www.sanook.com/home/14817/

เสาวนีย์, ณ. (2555). **การเลือกวัสดุก่อสร้างและวัสดุตกแต่งภายในตามเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวสำหรับประเทศไทย: กรณีศึกษา บ้านเดี่ยวพักอาศัยในโครงการบ้านจัดสรร.** ธรรมศาสตร์. แหล่งที่มา http://203.131.219.242/cdm/singleitem/collection/thesis/id/32751/rec/1

อภิณห์พร, อ. (2558). **ไม้ปาร์เกต์ ไม้พื้นเพิ่มเสน่ห์ให้บ้าน**. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด http://www.scgbuildingmaterials.com/th/HomeConsult/Blog/new-home/ไม้ปาร์เกต์-ไม้พื้นเติมเสน่ห์ให้บ้าน.aspx

อัศมน, ล. (2554). **สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.** *search.library.tu.ac.th*. แหล่งที่มา http://search.library.tu.ac.th/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=592548&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20อัศมน

อัศมน, ล., & แสงจันทร์, ล. (2558). **บทความวิชาการ**. *library.senate.go.th*. แหล่งที่มา http://library.senate.go.th/document/Ext10567/10567795_0002.PDF

ฮานาน, ซ. (2015). หลังคาที่เหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัยในเขตอากาศร้อนชื้น **วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 1(23), 50-59.

Aaron, S., Bonnie Berkowitz, Armand Emamdjomeh and William Neff. (2017). **How water damages a flooded house — and which parts can be saved.**

DG, E. a. C. (2017). Biography: **James Prescott Joule**. Retrieved from https://www.uni-flensburg.de/fileadmin/content/projekte/satm/biographies-eng/biography-joule-eng.pdf

bodypart.science. (2018). **Body assessment Diagram Best Of Ergonomics.** Retrieved from https://bodypart.science/2018/02/08/body-assessment-diagram/body-assessment-diagram-best-of-ergonomics/

Carter, S. (2017). **Description for Coolest Caring for ceramic tile floors - Cleaning ceramic tile floors anf grout.** (Vol. 445x338). timothykurek.com.

Dehtile.com. (2017). **mother of pearl tile backsplash pearl wall stickers shell mosaic tiles natural seashell tile SW00201 bathroom mirror wall tiles.** http://www.dehtile.com/product/mother-of-pearl-tile-backsplash-pearl-wall-stickers-shell-mosaic-p100.html

Diffen. (2017). **Absorption vs. Adsorption.** https://www.diffen.com/difference/Absorption_vs_Adsorption

Erik, B. A., Austin; Renshaw, & Marshall. (1997). **The Matrix of Change: A Tool for Business Process Reengineering**

Eve, S. (2017). **Headerboard.** from Zhejiang Headerboard Building Materials Co., Ltd. https://french.alibaba.com/p-detail/newest-coming-factory-sale-fiber-cement-decorative-wall-board-60419302934.html

Fotovika. (2017). **Timber floor.** In i. o. t. f. w. d. c. o. parquet (Ed.), (Vol. 800x600). Dreamstime.com.

GISTDA, G.-I. a. S. T. D. A. P. O.-. (2000). **Thailand Flood Monitoring System.** http://flood.gistda.or.th

Government, Q. (2011). **What factors contribute to floods?** *Understanding floods*(What factors contribute to oods?), 9.

Griffith, A. (2015). **Gottlieb Paludan completes four contemporary brick additions to old industrial buildings**. 5 *April* 2015.

Haruehansapong, S. (2017). Effect of Nanosilica Particle Size on the Water Permeability, Abrasion Resistance, Drying Shrinkage, and Repair Work Properties of Cement Mortar Containing Nano-SiO2. ***Advances in Materials Science and Engineering****, Volume* 2017, 11. doi:https://doi.org/10.1155/2017/4213690

Heinz, H. (2016). **What Exactly is the Nusselt Number in Convective Heat Transfer Problems and are There Alternatives?** Retrieved from https://tubdok.tub.tuhh.de/bitstream/11420/1420/1/entropy-18-00198-v2.pdf

IPCC (Producer). (2007). **climate change 2007 impacts, adaptation and vulnerability**. *www.ipcc.ch*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf

Ira, D. (2017). **Mesmerizing image vinyling planks hoe to lay vinyling planks.**, from batmakymba http://www.batmakumba.com/OA/38714/36xpdz-mesmerizing-image-lay/38708/

James, R. R. (2016). **Mechanics of solids.** https://www.britannica.com/science/mechanics-of-solids#ref611513

Jualairsoftgunmurah. (2017). **Colored Twin Wall Polycarbonate Heat Resistant Sheet For Carport Roof Panels.** https://www.jualairsoftgunmurah.com/1799360/4-6mm-colored-twin-wall-polycarbonate-heat-resistant-sheet-for-carport-roof-panels-superb-carport-roof-sheets-7/

K., B. (2016). ***User-driven design of low-cost, low environmental impact solar ovens for rural populations in developing countries.*** Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/314096297_User-driven_design_of_low-

cost_low_environmental_impact_solar_ovens_for_rural_populations_in_developing_countries

Kai, M. (2015). **Armadale House 2 by Mitsuori Architects.** from caandesign https://www.caandesign.com/armadale-house-2-by-mitsuori-architects/

Keely, D. (2009). Climate Variability and Climate Change ; What is the difference? ***Michigan Sea Grant.***

LLC, M. s. r. (2017). **Type of metal panels.** http://www.mikesroofingnm.com/metal-roofing-albuquerque-nm/

Ltd, A. C. P. (2017). **Solid wall panels. from Ashwatha Contracts Pvt. Ltd** https://www.indiamart.com/ashwathacontracts/solid-wall-panels.html

Marchal. (2017). **Terras Veranda.**

MSc, O. P. A. (2011). ***Deverlopment od Multi-Criteria Approach for The Selection of Sustainable Materials for Building Project.*** Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/1933267.pdf

No.028. (2559). **กระเบื้องหลังคาแบบไหนกันความร้อนได้ดีที่สุด.** Retrieved from https://dsignsomething.com/2016/04/07/ร้อนตับแตก-เลือกหลังคาแ/

Nucifer. (2012). **ประเภทของหลังคาและวัสดุมุงหลังคา.** http://www.nucifer.com/2012/11/05/roof-k/

SEA START RC, ศ. จ. S. S. (2569). **Climate Data Distribution System. from ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและอบรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (SEA START RC)** http://ccs.gms-eoc.org/climatechange/home/index.html

www.naibann.com http://www.naibann.com/prefab-beach-house-green-roof/

Rooruepao. (2016). **เปอร์เซ็นต์ ร้อยละ กำไร ขาดทุน : ตอนที่1** Retrieved from http://www.rooruepao.com/%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C-%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0-%E0%B8%81%E0%B8%B3%E0%B9%84%E0%B8%A3

Thomas, V. (2017). Using nature in architecture: Building a living house with mycelium and trees. ***Frontiers of Architectural Research,*** 6(3), 318-328. doi:https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.05.003

TKS chemical(Thailand) Co., L. (2558). **การลงสีไม้พื้นและไม้บันได.** from TKS chemical(Thailand) Co.,LTD. http://www.tkschemical.co.th/tip/การทำสีไม้พื้นและไม้บันได/5/th

Trizit, B. (2556). **บ้านแห่งคุณภาพ.** https://plus.google.com/105946574826885250469/posts/CRwmV8JXXAG

Vina, B. g. c. l. c. (2017). **Adobe brick.** http://cementechvina.vn/san-pham/gach-aac-699.html

W.G.Cochran. (1953). **สูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง**. edu.ru.ac.th: มหาลัยรามคำแหง.

WPChungary. (2017). **Mi is az a WPC?** (Vol. 1920x960). wpchugary.hu: WPChungary.

Wu, H. (Producer). (2016). Mercury rising: India records its highest temperature ever. Retrieved from https://edition.cnn.com/2016/05/20/asia/india-record-temperature/index.html

Yuinoukin. (2017). **Concrete Slab For House Waffle Slab Construction By Form Concrete Concrete Slab House Design.** from Yuinoukin http://www.yuinoukin.com/concrete-slab-for-house/concrete-slab-for-house-waffle-slab-construction-by-form-concrete-concrete-slab-house-design/

Yunfu Weijie Stone Co., L. (2017). **Marble.** Retrieved 22 March, from alibaba.com https://thai.alibaba.com/product-detail/guangxi-white-marble-24x24-floor-tiles-852073250.html

**ภาคผนวก**

**ภาคผนวก ก**

**การลงพื้นที่รวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้าง**

**1. ภาพการลงพื้นที่รวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้าง**

วัสดุก่อสร้างประเภท : ผนัง

ภาพวัสดุก่อสร้างประเภทผนังจากร้านจำหน่ายสินค้า

วัสดุก่อสร้างประเภท : หลังคา

ภาพวัสดุก่อสร้างประเภทหลังคาจากร้านจำหน่ายสินค้า

วัสดุก่อสร้างประเภท : พื้น

ภาพวัสดุก่อสร้างประเภทพื้นจากร้านจำหน่ายสินค้า

## 2. ตัวอย่างตารางรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้าง : วัสดุผนัง

ตารางข้อมูลสินค้า จากการสำรวจ ( อิฐมอญ อิฐแดง )

| ลำดับ | ชื่อสินค้า | สังกัด | ขนาด | คุณสมบัติทั่วไป | ทนร้อน | | | | | | ทนน้ำ | | | | | | มาตรฐาน | หมายเหตุ | ที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | เชิงคุณภาพ | เชิงปริมาณ | | | | | เชิงคุณภาพ | เชิงปริมาณ | | | | | | | |
| | | | | | | U | K | R | อื่นๆ | | | water absorption | water penetration | swelling test | อื่นๆ | | | | |
| 1 | ผนังกันแห้ง true nature rustic brick | SCG | 6.5x21 x1.5 | น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | https://www.scgbuildingmaterials.com/th/Products/SCG-Wall-Tile-TRUE-TOUCH-Two-Tone-Series-Mixs-(2)/8851740019355/ วันที่ค้น |
| 2 | ผนังกันแห้ง true nature old brick | SCG | 6x18.5 x1.5 | น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | https://www.scgbuildingmaterials.com/th/Products/SCG-Wall-Tile-True-Nature-Old-Brick-Series-Siz-(2)/8851740036130/ วันที่ค้น |
| 3 | ผนังกันแห้ง true nature rough | SCG | 6x15x2 | น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | วันที่ค้น |
| 4 | อิฐ มอก. | โรงอิฐปูนบางคล้า | 6x14.5 x4 ซม. | อิฐมอญดี อิฐมอญแกร่ง ราคาไม่แพง | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | อิฐมอญ มอก. 77-2545 | - | http://www.ittang2009.com/อิฐ-เสก-อิฐมอญ-84424.html |
| 5 | อิฐมอญ 4 รู | บริษัท อิฐ แดง2009 จำกัด | 5.5X5.5X15 ซม./ 6X6X15 ซม. | 1. มีความแข็งแกร่งทนทานกว่าอิฐมวลเบา ค่าเฉลี่ยแรงอัด อยู่ที่ 4-6 MPa (มอก. อยู่ที่ 10-21) 2. กันชื้นได้ดีกว่าอิฐมวลเบา 3. ราคาของอิฐมอญแดงจะ ถูกกว่า อิฐมวลเบา | - | - | - | - | - | กันชื้นได้ดีกว่าอิฐมวลเบา | - | - | - | - | - | - | - | - | https://www.ittang2009.com/15529873/อิฐมอญ-4-รู |
| 6 | อิฐมอญ 4 รู ใหญ่ | | 6X6X15 ซม. | | - | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | | - | - | https://www.ittang2009.com/15529881/อิฐมอญ-4-รู-ใหญ่ |
| 7 | อิฐมอญ 2 รู | | 3X6X14 ซม. | | - | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | | - | - | https://www.ittang2009.com/15529886/อิฐมอญ-2-รู |
| 8 | อิฐมอญ 2 รู ใหญ่ | | 3X6X15 ซม. | | - | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | | - | - | https://www.ittang2009.com/15529889/อิฐมอญ-2-รู-ใหญ่ |
| 9 | อิฐตัดมือ | | 3X6X14 ซม. | | - | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | | - | - | https://www.ittang2009.com/15529892/อิฐตัดมือ |
| 10 | อิฐตันแกร็ดเจ | | 3X6X14 ซม. | | - | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | | - | - | https://www.ittang2009.com/15529898/อิฐตันแกร็ดเจ |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | ชิฐ 2 รู พิเศษ | | 6X6.5X16 ซม. | 4. ก่อสร้างได้ช้า กว่าอิฐมวลเบา แต่อิฐมอญ มีการพัก ผลกำหลายขนาด | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | https://www.itdang2009.com/15525939/ชิฐ-2-รู-พิเศษ |
| 12 | ชิฐมอญ 3 รู | | 6 X 10 X 19 ซม./ 6.5X10.5X2 1.5ซม. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | https://www.itdang2009.com/16641239/ชิฐมอญ-3-รู-10x19cm |
| 13 | ชิฐมอญ 3 รู ใหญ่ มอก. 153-2545 | | 6.5X10.5X2 1ซม. | ผลกำหลายรู ตาม ความต้องการของ ผู้ใช้งาน 5. ยึดเกาะผนังได้ดี ทำ ให้ดีกว่าอิฐมวลเบา 6. สามารถก่อตกแต่ง โค้ง มุมต่างๆ และ บริเวณงานประดับ หน้าต่างได้ง่าย เพราะ มีขนาด ที่เล็ก และ ปรับแต่งได้ง่าย | - | - | - | - | - | - | - | - | มอก. 153-2545 | - | - | https://www.itdang2009.com/16604093/ชิฐมอญ-3-รู-ใหญ่-มอก-153-2545 |
| 14 | ชิฐมอก. 77-2545 (ตัน) | | 6X6.5X14 ซม. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | มอก. 77-2545 | - | - | https://www.itdang2009.com/15525918/ชิฐมอก-77-2545-ตัน |
| 15 | ชิฐบังสาย หรือ ชิฐ มอก. 153-2540 2รู | | 6X6.5X16 ซม. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | มอก. 153-2540 | - | - | https://www.itdang2009.com/15525922/ชิฐมอก-153-2540-2รู |
| 16 | ชิฐ มอก.153-2540 (4 ช่อง) | | 6X11X25 ซม. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | มอก.153-2540 | - | - | https://www.itdang2009.com/15525936/ชิฐ-มอก-153-2540-4-ช่อง |
| 17 | ชิฐทอไฮร์ | | 6x5x16 ซม. 5.5x7.5x1 8 ซม. 7x11x23 5x10x20 5x15x30 | แกร่งรับน้ำหนักได้ดี | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ชิฐทอไฮร์คือ ชิฐที่ทำจากดิน เหนียว ใกล้เคียงกับชิฐ โบราณ แต่จะ ใช้เครื่องจักรให้ เป็นรูปร่าง | https://www.itdang2009.com/15487536/300-ชิฐทอไฮร์ | |
| 18 | ชิฐทนไฟ MOT เหมือนเลียงผา | | 7x11x13 6.5x11 x23 | มีคุณสมบัติทนไฟ ตั้งแต่ 900-1,300 C , 1,300-1,500C ID501-ID503 ทนความร้อน ได้ 900 องศา ID504-ID506 ทนความร้อน ได้ 1,300 องศา ทนความร้อน ได้นาน ถึง 24 ชั่วโมง | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ลักษณะการรวมตัวของ ดินเหนียวและทราย ผสม น้ำและสารเคมีอื่นๆ ผสม กันจนได้ส่วนผสม (เนื้อ) ตามที่ต้องการ แล้วนำไปขึ้นรูป | - | https://www.itdang2009.com/15487539/600-ชิฐทนไฟ |

**3. ตัวอย่างตารางรวบรวมข้อมูลงานวิจัย**

3.1 จากโครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย ThaiLIS – Thai Library Integrated System สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

3.1.1 ตัวอย่างตารางรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากข้อมูลงานวิจัย (ทนร้อน)

| ลำดับ | ชื่องานวิจัย | ผู้วิจัย | ใจความสำคัญ |
|---|---|---|---|
| 1 | โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิคที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร | ชานนท์ ตันประวัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2552 | เซรามิกบล็อกมีค่า R = 0.694 m2 K/W ค่า K ชั้นที่ 1 = 0.111 อากาศ = 0.149 ชั้นที่ 2 = 0.111 ค่า U สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อน = 1.44 และค่าดูดซึมน้ำ 7.5% |
| 2 | การวิจัยเชิงทดลองเรื่องการป้องกันความร้อนผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนสัมพันธ์กับการระบายอากาศ | ชูพงษ์ ทองคำสมุทร มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2547 | ฉนวนนำความร้อน มีค่านำความร้อนต่ำกว่าผนังที่ไม่มีการติดตั้งฉนวน 2-3 องศา |
| 3 | รายงานการวิจัยการพัฒนารูปแบบผนังกระจกของอาคารประหยัดพลังงานสำหรับประเทศไทย | จรัล รัตนโชตินันท์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม สถาบันวิจัยและพัฒนา 2557 | ลดลงวัดอุณหภูมิภายในภายนอก บ้านติดกระจกปกติอุณหภูมิลดลงในช่วงกลางวัน 1.63 องศา ติดกระจกปล่องรังสีอาทิตย์ ลด 4.3 (หน้าฝน) ลดค่าไฟได้ 9-14% |
| 4 | แนวทางการพัฒนาผนังคอนกรีตบล็อกร่วมกับวัสดุประกอบเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร | ปนวัฒน์ สุทธิกุญชร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2552 | อาคารบ้านพักอากาศที่มีการปรับอากาศควรพิจารณา ผนังคอนกรีตบล็อกที่ใช้ร่วมกับฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว ติดตั้งด้านนอกของผนัง วิธีดังกล่าวจะช่วยลดอุณหภูมิได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ |
| 5 | การพัฒนาผนังทรอมบ์แบบปรับปรุงเพื่อลดภาระความเย็นของอาคาร | วีรวัฒน์ เทศเกตุ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2549 | คอนกรีตมวลเบา ฉาบปูน เพิ่มในส่วนของผนังปล่องระบายอากาศ บ้านผนังทรอมบ์แบบปรับปรุงสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศได้ดีกว่าผนังธรรมดาทั้งในฤดูหนาวและฤดูร้อน สามารถประหยัดประหยัดค่าไฟได้ดีกว่าผนังธรรมดา 5.88% และ 4.71% ตามลำดับ |

3.1.2 ตัวอย่างตารางรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากข้อมูลงานวิจัย (ทนน้ำท่วม)

| ลำดับ | ชื่องานวิจัย | ผู้วิจัย | ใจความสำคัญ |
|---|---|---|---|
| 1 | การศึกษารูปแบบของรอยต่อระบบผนังสำเร็จรูปเพื่อแก้ปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน | วรวิทย์ ตีรณะวาณิช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2553 | รอยต่อผนังแบบบังใบมีประสิทธิภาพในการต้านทานการรั่วซึมของน้ำฝนได้ดีกว่าแบบเข้าลิ้นประมาณ 15%-30% รอยต่อแบบบังใบและแบบเข้าลิ้นสามารถต้านทานการรั่วซึมได้ 3.5 เท่าและ 2.5 เท่า |
| 2 | ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำ ของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ | ชาตรี หอมเขียว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (2558) | ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการดูดซับน้ำ คือ ปริมาณผงไม้ สายพันธุ์ของไม้ ขนาดผงไม้ สารปรับปรุงสมบัติ อุณหภูมิ และชนิดของพลาสติก การเติมผงไม้เป็นส่วนผสมมากขึ้น ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้มีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงไม้ การดูดซับน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของน้ำเพิ่มขึ้นและผลจากการดูดซับน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อสมรรถนะทางกลและทางกายภาพ คือความแข็งแรงและความแข็งแกร่งของวัสดุเชิงประกอบจะลดลง แต่การบวมของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น |
| 3 | การศึกษาลักษณะรูปแบบของสันกระจกบริเวณรอยต่อของโครงสร้างผนังกระจกเพื่อแก้ปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน | บัณฑิต รัตนแก้ว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2558 | การจัดวางกระจกในรูปแบบชนมุม เป็นรูปแบบรอยต่อของกระจกที่สามารถลดการรั่วซึมของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการรั่วซึมในรอยต่อแนวตั้งได้ 79.98%, แนวนอน 57.37% และรอยต่อรวม 68.67% เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบสันกระจกแบบเรียบที่มีระยะของสันกระจก 1.3 เซนติเมตร มีปริมาณการรั่วซึมสูงสุด |

3.2 จาก DIP : Department of Intellectual Property กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์

3.2.1 ตัวอย่างตารางรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากข้อมูลงานลิขสิทธิ์

| ลำดับ | ชื่องานวิจัย | ผู้วิจัย | ใจความสำคัญ |
|---|---|---|---|
| 1 | อิฐก่อสร้างที่มีช่องอากาศภายในเป็นฉนวน | นายบุญยิ่ง เจริญฐิติวงศ์ | อิฐก่อสร้างที่มีช่องอากาศภายในเป็นฉนวน เป็นอิฐดินเผา รูปทรงสี่เหลี่ยมขึ้นรูปภายในเป็นช่องทะลุผ่าน โดยช่องทะลุผ่านดังกล่าวเป็นส่วนช่องว่างภายในอิฐดินเผาเป็นฉนวนป้องกัน |
| 2 | ระบบผนังกันความร้อน | นายกฤษฎา กัมปนาท แสนยากร และ นายพิฑูร โอศิริ | ระบบผนังกันความร้อน ชั้นแรกของคอนกรีตกลวง มีฉนวนกันความร้อนคือยิปซัมบอร์ด อีกด้านคือฉนวนโฟม ESP โดยยึดกับชั้นตาข่ายใยแก้วที่มีสารยึดเหนี่ยว (กาวซีเมนต์) |
| 3 | บล็อกผนังกลวง | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย | บล็อกคอนกรีตด้านในเป็นโพรง ทำให้เป็นฉนวนในตัว สามารถก่อโดยใช้การหยอดน้ำปูน มีเดือยที่ก้อนบล็อกช่วยในการยึดเกาะและการเรียงบล็อก |
| 4 | ผนังปูนฉาบสำเร็จรูปกันความร้อนแบบเสริมตาข่าย | นายวรงค์ ฉัตรอุทัย | ผนังปูนฉาบสำเร็จ กันความร้อนด้วยฉนวนแผ่นโฟม ทาบด้วยวัสดุสังเคราะห์ที่เป็นตาข่ายช่วงลดการยืดและหดตัว ฉาบทับด้วยปูนซีเมนต์ผสมน้ำ |
| 5 | แผ่นบล็อกโฟมสำหรับงานก่อสร้างผนัง | ร.ต.หญิงสุวิมล จันทจร และนายโธมัส ไมเนิลช มิดท์ | แผ่นบล็อกโฟม ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีช่องว่างตรงกลางยึดด้วยเหล็กเส้นฉาบด้วยคอนกรีต เนื้อในมีโฟมลิสไตรีน ทำให้น้ำหนักเบา |

3.2.2 ตัวอย่างตารางรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างจากข้อมูลงานลิขสิทธิ์ (ทนน้ำ)

| ลำดับ | ชื่องานวิจัย | ผู้วิจัย | ใจความสำคัญ |
|---|---|---|---|
| 1 | กระเบื้องปูพื้นประเภทดูดซึมน้ำต่ำที่ใช้อุณหภูมิเผาต่ำ | นางสาวจิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ, นางแสงโสม จิตต์วารี, นางสาวนันทน์ถาวรังกูรและนางสาวลดาพันธ์สุขุมธนา | กระเบื้องพอร์ตแลนด์ ปูพื้นใช้อุณหภูมิต่ำในการเผา ส่วนผสมคือ หินผุ หรือหินพอทเทอรี่ (Pottery Stone) บดและเศษแก้วบด ดิน เกลือโซเดียมและสารประกอบลิเทียม เนื้อที่ได้หลังการเผามีการดูดซึมต่ำกว่าร้อยละ 0.5 หดตัวหลังเผาไม่มากกว่าร้อยละ10 และมีค่าความ ขาวมากกว่าร้อยละ 70 |

**ภาคผนวก ข**

**1. ตัวอย่างเครื่องมือแบบสอบถาม**

**ตัวอย่างแบบสอบถาม**

ภายใต้การศึกษาภายใต้โครงการช่องว่างและโอกาสการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทย

เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

**ส่วนที่ 1 ความต้องการทางด้านกายภาพของวัสดุก่อสร้างผนังที่รองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

1. ปัญหาใดต่อไปนี้ ที่ท่านพบเมื่อใช้วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

(โดยเฉพาะในประเด็นที่วัสดุต้องเผชิญกับสภาวะอากาศที่ร้อนมากและน้ำท่วม)

☐ รูปลักษณ์สินค้า ความสวยงาม ☐ ขนาดและรูปทรงไม่ตรงกับความต้องการ

☐ ความยากลำบากในการขนส่ง ☐ ความยากลำบากในการก่อสร้าง

☐ ไม่ทนทานความร้อน ☐ คุณสมบัติไม่ทนทาน อายุการใช้งานสั้นกว่าที่ระบุ

☐ ไม่ทนทานต่อน้ำ ความชื้น

ระบุปัญหาอื่นๆที่พบ.....

2. ปัญหาใดต่อไปนี้ ที่ท่านพบเมื่อใช้วัสดุก่อสร้างประเภทหลังคา

(โดยเฉพาะในประเด็นที่วัสดุต้องเผชิญกับสภาวะอากาศที่ร้อนมาก)

☐ รูปลักษณ์สินค้า ความสวยงาม ☐ ขนาดและรูปทรงไม่ตรงกับความต้องการ

☐ ความยากลำบากในการขนส่ง ☐ ความยากลำบากในการก่อสร้าง

☐ ไม่ทนทานความร้อน ☐ คุณสมบัติไม่ทนทาน อายุการใช้งานสั้นกว่าที่ระบุ

ระบุปัญหาอื่นๆที่พบ.....

3. ปัญหาใดต่อไปนี้ ที่ท่านพบเมื่อใช้วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง

(โดยเฉพาะในประเด็นที่วัสดุต้องเผชิญกับน้ำท่วม)

☐ รูปลักษณ์สินค้า ความสวยงาม ☐ ขนาดและรูปทรงไม่ตรงกับความต้องการ

☐ ความยากลำบากในการขนส่ง ☐ ความยากลำบากในการก่อสร้าง

☐ ไม่ทนทานต่อน้ำ ความชื้น ☐ คุณสมบัติไม่ทนทาน อายุการใช้งานสั้นกว่าที่ระบุ

ระบุปัญหาอื่นๆที่พบ.....

**ส่วนที่ 2 คำแนะนำ**

4. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความต้องการวัสดุก่อสร้างที่ต้องการในอนาคต

.....

.....

# ประวัติผู้วิจัย

| | | |
|---|---|---|
| **ชื่อ** | พชรวรรณ บุตรแก้ว | |
| **เกิดเมื่อ** | 31 สิงหาคม 2535 | |
| **ประวัติการศึกษา** | พ.ศ. 2558 | หลักสูตรศิลปบัณฑิต ภาควิชาศิลปะไทย สาขาการออกแบบ คณะวิจิตรศิลป์ |