รหัสโครงการ SUT7-704-55-24-37

รายงานการวิจัย

การประเมินด้านการประหยัดพลังงานของการออกแบบและการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย

(The Evaluation of Energy Saving for Home Design And Construction Materials)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-704-55-24-37

รายงานการวิจัย

การประเมินด้านการประหยัดพลังงานของการออกแบบและการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย

(The Evaluation of Energy Saving for Home Design and Constructions Materials)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

นางกาญจน์กรอง สุอังคะ

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุดนิรันดร์ เพชรัตน์

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห

นางสาวรุ่งอรุณ บุญถ่าน

นางสาวมัตติกา บุญมา

นายพิพัฒน์ พิพัฒน์พงศานนท์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2557

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอย่างมากในการทำงานวิจัย และการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2555 - 2556

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการตอบแบบสอบถาม หน่วยงาน และองค์กรต่าง ๆ ที่มีส่วนในการหาข้อมูลครั้งนี้ ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ร่วมวิจัย และผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมงานในการทำงานวิจัย เป็นผู้ร่วมงานที่ได้ให้การช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำวิจัย ช่วยค้นคว้าข้อมูล วิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้ และที่จะลืมไม่ได้คือครอบครัวที่อบอุ่น ซึ่งมีส่วนร่วมในการเป็นกำลังใจในการทำงานตลอดมา หากมีข้อผิดพลาดขออภัย ณ ที่นี้ด้วย และหากมีข้อเสนอแนะในการแก้ไขติดต่อ E-mail: kankrong@sut.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การประเมินผลกระทบจากวัสดุก่อสร้างต่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลจากการใช้วัสดุก่อสร้างต่อการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย รวมถึงจัดทำฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารวัสดุก่อสร้างผนัง วัสดุหลังคาที่มีจำหน่ายในประเทศไทย และจัดทำแบบบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานเพื่อเผยแพร่แก่ประชาชนทั่วไป การวิเคราะห์สมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารด้วยการสร้างแบบจำลอง และคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง และหลังคา โดยใช้หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน พ.ศ.2552

ผลการศึกษาพบว่า วัสดุผนังที่ป้องกันความร้อนได้ดีสุด คือ เซลโลกรีตโฟม แต่เป็นวัสดุที่มีราคาแพง ส่วนวัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดีและได้รับความนิยมมาก คือ คอนกรีตมวลเบา สำหรับวัสดุมุงหลังคาแต่ละชนิดมีค่าการถ่ายเทความร้อนไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงสามารถเลือกใช้ตามความพึงพอใจส่วนบุคคล และข้อจำกัดของงบประมาณ วัสดุฝ้าเพดานที่ป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด คือ ไม้ก๊อก แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้สำหรับงานก่อสร้างในเมืองไทย ฉนวนที่สามารถลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีที่สุด คือ โฟมโพลียูรีเทน ในส่วนของฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารที่จัดทำขึ้น ประกอบด้วย วัสดุผนังจำนวน 28 รายการ วัสดุมุงหลังคา จำนวน 8 รายการ วัสดุฝ้าเพดาน จำนวน 20 รายการ และวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนจำนวน 17 รายการ สำหรับแบบบ้านพักอาศัยประหยัดพลังงานเพื่อเผยแพร่แก่ประชาชน เป็นบ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร วัสดุผนังประหยัดพลังงานที่เลือกใช้ คือ คอนกรีตมวลเบา วัสดุหลังคาประกอบด้วย กระเบื้องซีแพคโมเนีย แผ่นยิปซั่ม และฉนวนโฟมโพลียูริเทนหนา 2.5 เซนติเมตร งบประมาณก่อสร้าง 1,152,000.64 บาท ซึ่งช่วยลดรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้ ร้อยละ 43 และลดอุณหภูมิในบ้านพักอาศัยได้ประมาณ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างบ้านด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป

คำสำคัญ: บ้านประหยัดพลังงาน, วัสดุก่อสร้าง, วัสดุสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน

Abstract

The analysis of construction materials for their ability to save energy for households is intended to determine the amount of energy saved as a result of material selection. The aim is to assess the benefits that are created from using energy saving construction materials, creating a database of materials used for building's exterior and also to further design energy saving house plans with energy saving material options for the general public. Analysis of the ventilation properties of the building envelop materials was performed using a model and calculating the heat ventilation through walls and rooftop. The calculation was based on the criteria and building design calculation of each system, the total energy consumption of the building and the renewable energies in the different systems of the building. This was in accordance with the Ministerial Gazette from the Ministry of Energy B.E. 2552 on assessing benefits occurring from energy saving construction materials using economic analysis tool and the benefits that is visible from the decreased heat in households

Analysis results show that the best heat resistant material for walls is cellocrete foam but it is very expensive and is not popular for housing construction. A more popularly-used material that is also good for heat reduction is Autoclaved Aerated Concrete (AAC). Roofing materials does not make much difference in heat ventilation therefore it can be selected based on personal preference and budget. For ceiling lining, the material that best keeps out heat is the ones made of cork but it is not popularly used in construction practices in Thailand. The insulator that decreases the amount of heat entering the building is polyurethane foam. The database for the building envelop includes 28 items for walls, 8 items for roofing, 20 items for ceiling and 17 items for heat-resistant insulators. The energy saving house designs for distribution to the general public are houses with a living area of 125 m^2. The material chosen are ACC for walls, CPAC Monia tiles for roofing, gypsum sheets and 2.5 centimeters polyurethane foam insulators which put the budget to a total of 1,152,000.64 THB. The designed model shows that using the materials selected will help to decrease the energy consumption and electricity cost from air conditioning up to 43% and decrease internal temperature by 4 degree Celsius when compared to general housing construction materials.

Keywords: Energy Saving House, Construction Materials, Energy Saving Building Materials

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**5**
2.1 ภาพรวมการใช้พลังงานในประเทศไทย	5
2.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในอาคาร	8
2.3 ปัจจัยในการเลือกบ้านประหยัดพลังงาน	9
2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน	14
2.5 วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน	21
2.6 วัสดุประกอบอาคารภายนอก หรือวัสดุเปลือกอาคาร	21
2.7 ทฤษฎีสำหรับใช้สร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ค่าการประหยัดพลังงานจากการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง	23
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน	**40**
3.1 วัสดุผนัง	40
3.2 วัสดุมุงหลังคา	47
3.3 วัสดุฝ้าเพดาน	51
3.4 วัสดุฉนวนกันความร้อน	55

หน้า

บทที่ 4 สมบัติการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุ **61**
4.1 วัสดุผนัง 61
4.2 วัสดุมุงหลังคา 63
4.3 วัสดุฝ้าเพดาน 65
4.4 วัสดุฉนวนกันความร้อน 67
บทที่ 5 การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน **69**
5.1 จำนวนตัวอย่างในการสำรวจ 69
5.2 การสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้วัสดุก่อสร้าง 70
5.3 สรุปผลการสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง 82
บทที่ 6 การออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบและวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน **83**
6.1 บ้านพักอาศัยต้นแบบ 83
6.2 การสำรวจความพึงพอใจการออกแบบบ้านพักอาศัยและการใช้วัสดุเปลือกอาคาร 89
6.3 ผลกระทบจากการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน 91
6.4 การวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 96
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา **104**
7.1 สมบัติการถ่ายเทความร้อน 105
7.2 การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน 107
7.3 ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 108
บรรณานุกรม 109
ภาคผนวก 111
ภาคผนวก ก แบบบ้านประหยัดพลังงาน 112
ภาคผนวก ข รายการวัสดุก่อสร้าง และการประมาณราคา 136
ภาคผนวก ค แบบสอบถาม 142
ภาคผนวก ง ฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคาร 147
ประวัติผู้วิจัย 199

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามภาค ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2556 6
ตารางที่ 2.2 จังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศในปี พ.ศ.2556 6
ตารางที่ 2.3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศของอาคารแต่ละประเภท 24
ตารางที่ 2.4 วัสดุก่อสร้างและสมบัติของวัสดุ 36
ตารางที่ 5.1 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่พิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ในการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้าง 76
ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง 77
ตารางที่ 5.3 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกใช้วัสดุผนังชนิดต่าง ๆ 77
ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของวัสดุผนังที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้ 78
ตารางที่ 5.5 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกใช้วัสดุหลังคาชนิดต่าง ๆ 79
ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของวัสดุหลังคาที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้ 79
ตารางที่ 5.7 จำนวนประชาชนที่ตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยวิธีต่าง ๆ เมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 80
ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของวิธีการแก้ปัญหาเมื่อผู้ตอบแบบตอบถามมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 81
ตารางที่ 6.1 งบประมาณก่อสร้างบ้านพักอาศัยในกรณีที่ใช้และไม่ใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 88
ตารางที่ 6.2 ผลการสำรวจความพึงพอใจการออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 90
ตารางที่ 6.3 พื้นที่ผนัง หน้าต่างโปร่งแสง ประตู ของบ้านต้นแบบ (ส่วนที่เป็นเปลือกอาคาร) 92
ตารางที่ 6.4 พื้นที่หลังคาของบ้านต้นแบบ (ส่วนที่เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพักต้นแบบ) 92

หน้า

ตารางที่ 6.5 การถ่ายเทความร้อนของผ่านผนังแต่ละด้าน ($OTTV_i$) 93
และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ($OTTV_i$) ของผนังคอนกรีตมวลเบา
ตารางที่ 6.6 การถ่ายเทความร้อนของผ่านผนังแต่ละด้าน ($OTTV_i$) 93
และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ($OTTV_i$) ของผนังคอนกรีตบล็อก
ตารางที่ 6.7 ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้าน ($RTTV_i$) 94
และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)
ในกรณีที่ใช้โฟมโพริยูเทนหนา 2.5 ซม. เป็นฉนวนกันความร้อน
ตารางที่ 6.8 ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้าน ($RTTV_i$) 94
และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)
ในกรณีที่ไม่ใช้ฉนวนกันความร้อน
ตารางที่ 6.9 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพักอาศัยในกรณีที่ใช้วัสดุก่อสร้างผนัง 95
และฉนวนกันความร้อนแตกต่างกัน
ตารางที่ 6.10 ผลการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เครื่องปรับอากาศ 97
และรายจ่ายค่าไฟฟ้าต่อเดือน
ตารางที่ 6.11 การวิเคราะห์งบลงทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น 97
จากรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง
ตารางที่ 6.12 งบลงทุนและผลประโยชน์ตอบแทนเมื่อเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 100
ตารางที่ 6.13 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 101
ตารางที่ 6.14 ความร้อนภายในอาคารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากอัตราการถ่ายความร้อน 103
ตารางที่ 7.1 ค่าความร้อนผ่านผนังของวัสดุ 105
ตารางที่ 7.2 แสดงค่าความร้อนผ่านหลังคาของวัสดุมุงหลังคา 106
ตารางที่ 7.3 ค่าความร้อนผ่านหลังคาของวัสดุฝ้าเพดาน 106
ตารางที่ 7.4 ค่าความร้อนผ่านหลังคาของวัสดุฉนวน 107

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในประเทศไทยจำแนกตามสาขาเศรษฐศาสตร์ปี พ.ศ. 2555 7
รูปที่ 2.2 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามสาขาเศรษฐศาสตร์ ปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 7
รูปที่ 2.3 ลักษณะการถ่ายโอนความร้อนแต่ละประเภท 16
รูปที่ 2.4 การถ่ายโอนความร้อนด้วยการนำความร้อน 17
รูปที่ 2.5 ลักษณะการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อน 18
รูปที่ 2.6 การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ 20
รูปที่ 2.7 วัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ 22
รูปที่ 2.8 ลักษณะของผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด 26
รูปที่ 2.9 ลักษณะของผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดและมีช่องว่างอากาศภายในผนังอาคาร 27
รูปที่ 2.10 ภาพหนาจอหลักของโปรแกรม OTTVEE 1.0a 31
รูปที่ 2.11 ภาพหน้าจอหลักการนำเข้าข้อมูลของโปรแกรม OTTVEE 1.0a 31
รูปที่ 2.12 ภาพหน้าการแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม OTTVEE 1.0a 32
รูปที่ 2.13 ภาพหน้าจอหลักของโปรแกรม BCE 33
รูปที่ 2.14 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม BCE 34
รูปที่ 3.1 ลักษณะของอิฐมอญ 41
รูปที่ 3.2 ลักษณะของอิฐบล็อก 42
รูปที่ 3.3 คอนกรีตมวลเบา 43
รูปที่ 3.4 ไม้แปรรูปที่นิยมใช้ในการก่อสร้างอาคาร 44
รูปที่ 3.5 เซลโลกรีตธรรมดา 45
รูปที่ 3.6 เซลโลกรีตชนิดโฟม 45
รูปที่ 3.7 งานก่อสร้างที่ใช้เซลโลกรีตเป็นวัสดุก่อผนัง 46
รูปที่ 3.8 การใช้กระจกในการทำผนังอาคาร 47
รูปที่ 3.9 กระเบื้องหลังคาคอนกรีต 48
รูปที่ 3.10 การใช้กระเบื้องคอนกรีตเป็นวัสดุมุงหลังคา 48

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน้า

รูปที่ 3.11 ลักษณะของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินประเภทต่าง ๆ 50
รูปที่ 3.12 หลังคาที่มุงด้วยวัสดุแอสฟัลต์ 51
รูปที่ 3.14 ลักษณะของแผ่นยิปซั่ม 52
รูปที่ 3.15 ลักษณะของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ 53
รูปที่ 3.16 ลักษณะของไม้อัด 54
รูปที่ 3.17 ลักษณะของไม้ก๊อก 54
รูปที่ 3.18 การใช้เซลโลกรีตสำหรับงานฝ้าเพดานโดยการวางบนคร่าวไม้ 55
รูปที่ 3.19 ลักษณะของฉนวนใยแก้ว 56
รูปที่ 3.20 ลักษณะของฉนวนใยหิน 57
รูปที่ 3.21 ลักษณะของฉนวนโฟมโพลิสไตลีน 58
รูปที่ 3.22 ลักษณะของโฟมโพลีเอทีลีน 58
รูปที่ 3.23 ลักษณะของโฟมโพลียูริเทน 59
รูปที่ 3.24 การใช้เซลโลกรีตสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อน 60
รูปที่ 4.1 แบบจำลองของวัสดุผนังที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง 61
รูปที่ 4.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังรวมของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ 62
รูปที่ 4.3 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายความร้อนผ่านหลังคา 63
รูปที่ 4.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุหลังคาชนิดต่าง ๆ 64
รูปที่ 4.5 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนโดยใช้วัสดุหลังคา ร่วมกับการติดตั้งฝ้าเพดาน 65
รูปที่ 4.6 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุฝ้าเพดานชนิดต่าง ๆ ที่มีความหนา 1 ซม. เมื่อใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา 66
รูปที่ 4.7 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนโดยใช้วัสดุหลังคาร่วมกับ ฉนวนความร้อน และวัสดุฝ้าหลังคา 67
รูปที่ 4.8 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ ที่มีความหนา 5 ซม. เมื่อใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา และใช้แผ่นยิปซั่มเป็นฝ้าเพดาน 68
รูปที่ 5.1 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ 71
รูปที่ 5.2 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามอายุ 72

หน้า

รูปที่ 5.3 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับการศึกษา 72
รูปที่ 5.4 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประสบการณ์ทำงาน 72
รูปที่ 5.5 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามอาชีพ 73
รูปที่ 5.6 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามการครอบครองที่พักอาศัย 73
รูปที่ 5.7 ความต้องของผู้ตอบแบบสอบถามในการวางแผนซื้อหรือสร้างบ้านในอนาคต 74
รูปที่ 5.8 ขนาดบ้านพักอาศัยที่ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครต้องการก่อสร้าง 81
รูปที่ 5.9 ความต้องการใช้วัสดุฝ้าเพดาน และวัสดุฉนวนในการสร้างบ้านพักอาศัย 81
รูปที่ 6.1 แบบบ้านพักอาศัยต้นแบบสำหรับงานวิจัยนี้ 84
รูปที่ 6.2 มุมมองทางด้านทิศใต้ และทิศตะวันตกของบ้านพักต้นแบบ 85
รูปที่ 6.3 มุมมองทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออกของบ้านพักต้นแบบ 86
รูปที่ 6.4 ผังการจัดพื้นที่ใช้สอยขอบบ้านต้นแบบ 87
รูปที่ 6.5 แผนภูมิกระแสเงินสด (Cash Flow) เมื่อใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 98
รูปที่ 6.6 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการใช้วัสดุก่อสร้างกรณีต่างๆ 101
รูปที่ 6.7 งบประมาณก่อสร้างที่เพิ่ม และความร้อนที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้วัสดุก่อสร้างแต่ละกรณี เทียบกับการก่อสร้างด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป 103
รูปที่ 7.1 การวิเคราะห์งบลงทุนและผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน 108

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัญหาพลังงานที่มีแนวโน้มราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อทั้งภาครัฐและเอกชน เนื่องจากต้นทุนทรัพยากรในการผลิตไฟฟ้ามีราคาสูงขึ้น แม้ว่ารัฐมีนโยบายในการช่วยเหลือผู้บริโภค ไม่ได้หมายความว่าราคา และปริมาณการใช้จะไฟฟ้าลดลง แต่รัฐจะสิ้นเปลืองงบประมาณมากขึ้นในการช่วยรับภาระจากผู้บริโภค กอปรกับสภาพอากาศในปัจจุบัน ทำให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่อคนเพิ่มปริมาณมากขึ้น เพราะสภาพอากาศภายนอกที่ร้อนมากขึ้นในปัจจุบัน คนส่วนใหญ่จะเปิดเครื่องปรับอากาศทันทีเมื่อกลับถึงบ้านพักอาศัย เพื่อเปลี่ยนอากาศร้อนที่อยู่ภายในบ้านพักอาศัยให้เป็นอากาศเย็น ตามที่ผู้อยู่อาศัยต้องการ พฤติกรรมดังกล่าว ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณสูง การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานในที่พักอาศัย เป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาเพื่อลดปริมาณความร้อนสะสมภายในบ้านพัก ซึ่งจะช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง นอกจากนี้ ยังช่วยทำให้อากาศภายในบ้านไม่ร้อนมากเกินไป จึงอาจไม่จำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ

การออกแบบบ้านพักอาศัยมีการพัฒนา และออกแบบแตกต่างกันออกไปตามความเชื่อ ลัทธิ วัสดุพื้นถิ่น ลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศ เมื่อกล่าวถึง บ้านประหยัดพลังงาน ในปัจจุบันนั้น อาจหมายถึง การออกแบบบ้านเพื่อทำให้ผนัง ประตู หน้าต่างและหลังคา ถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ในตัวบ้านน้อยที่สุด จากเหตุผลนี้ จึงเกิดการพัฒนาวัสดุผนัง วัสดุหลังคา หรือส่วนประกอบอื่น ของบ้าน เพื่อป้องกันแสงแดด และความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Direct sun) ที่เข้าสู่ตัวบ้าน ซึ่งมีผลกระทบกับอุณหภูมิภายในบ้าน และส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อปรับลดอุณหภูมิ นอกจากนี้ การออกแบบบ้านตามหลักการทางด้านสถาปัตยกรรมเพื่อให้ประหยัดพลังงาน และป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่บ้าน เช่น การออกแบบชายคาที่ยาวเพื่อบังแดด การให้มีการระบายลมและความร้อนออกจากบ้าน รวมทั้งการวางผังให้มีส่วนที่รับความร้อนเข้ามาน้อย รวมทั้งการประสานกับการออกแบบภูมิสถาปัตย์ ในการใช้สวน ต้นไม้ หรือบ่อน้ำ จะช่วยลดปริมาณถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพักอาศัย

บ้านประหยัดพลังงานนั้น จำเป็นต้องมีการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน เพื่อลดการถ่ายเทความร้อน และลดปริมาณความร้อนสะสมภายในตัวบ้าน หรือมีการถ่ายเทความร้อนออกจากภายในบ้านได้อย่างรวดเร็ว โดยส่วนมากวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ ได้มีการพัฒนาและใช้สร้างจริงตามแต่ละท้องที่ต่าง ๆ แต่มีราคาขายตามท้องตลาดค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับวัสดุที่ใช้สร้างบ้านทั่วไปใน

ปัจจุบัน แต่เมื่อเทียบกับความร้อนภายในบ้านพักอาศัยที่ลดลง และการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศที่ลดลงเป็นอย่างมากในระยะยาว การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน จะมีความคุ้มค่ามากกว่าการใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เน้นการประหยัดพลังงานในที่พักอาศัย
2. เพื่อจัดทำแบบบ้านที่ใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานเพื่อเผยแพร่แก่ประชาชนทั่วไป
3. เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการประหยัดพลังงานระหว่างบ้านที่ใช้วัสดุสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน กับบ้านที่ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป
4. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เน้นการประหยัดพลังงาน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. การสำรวจวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่มีการผลิตและจัดจำหน่ายภายในประเทศ โดยทำการสุ่มสำรวจตามร้านขายวัสดุก่อสร้างทั่วไป
2. เน้นที่พักอาศัยในการวิจัยนี้เป็นที่พักอาศัยประเภท บ้านเดี่ยว ขนาดพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 200 ตารางเมตร
3. การสำรวจปริมาณความต้องการใช้วัสดุประเภทดังกล่าว โดยทำการสำรวจจากผู้ที่ต้องการสร้างบ้านหรือต่อเติมบ้านเดิม
4. เน้นการออกแบบบ้านและการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน และความแตกต่างของต้นทุนในการก่อสร้างบ้านด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน

1.4 สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลที่เกิดจากการป้องกันความร้อนให้กับตัวอาคาร ที่เป็นผลมาจากสมบัติของการต้านทานความร้อน หรือ ค่า R-Value ของวัสดุประกอบอาคาร โดยใช้ทฤษฎีของการถ่ายโอนความร้อน และกำหนดสมมุติฐานในการวิจัย คือ แหล่งกำเนิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารเป็นความร้อนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายนอกอาคารเป็นหลัก ซึ่งหมายถึงความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของรังสีจากดวงอาทิตย์ และคิดว่าแหล่งกำเนิดความร้อนจากภายในอาคารทำให้ภายในตัวอาคารมีความร้อนเพิ่มขึ้นน้อยกว่าแหล่งกำเนิดความร้อนจากภายนอก

วัสดุประกอบอาคารภายนอก หรือ วัสดุเปลือกอาคาร แบ่งเป็น วัสดุผนัง และวัสดุหลังคา พบว่า มีหลายชนิด หลายยี่ห้อ ที่มีการจำหน่ายในร้านจำหน่วยวัสดุก่อสร้าง ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการต้านความร้อนแตกต่างกัน นอกจากนั้นแล้วความแตกต่างของวัสดุก็เป็นผลทำให้ค่าการเทความร้อนรวมผ่านผนัง และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา ของอาคารพักอาศัยแตกต่างกัน สำหรับวัสดุก่อสร้างทั่วไปจะมีคุณสมบัติในการต้านความร้อนต่ำ แต่มีราคาถูก ส่วนวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานงาน จะมีคุณสมบัติในการต้านความร้อนสูง แต่ก็มีราคาสูงกว่าวัสดุก่อสร้างทั่วไป

อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุประหยัดพลังในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดต่ำกว่าการใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป การที่อุณหภูมิภายในอาคารพักอาศัยลดลงนั้นเป็นผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลง และรายจ่ายที่เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศก็ลดลงตามไปด้วยเช่นกัน

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อบังบ้านประหยัดพลังงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านประหยัดพลังงาน รวมทั้งศึกษาทบทวนวรรณกรรมทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับประเทศไทย

2. การสำรวจข้อมูล โดยการจัดทำแบบสอบถาม โดยประเด็นหลักจะถูกแบ่งเป็น ความรู้ความเข้าใจ ความต้องการในการเลือกซื้อวัสดุที่ใช้สำหรับบ้านประหยัดพลังงาน กับอีกประเด็นคือราคาที่เหมาะสมและรับได้สำหรับวัสดุที่ใช้สำหรับบ้านประหยัดพลังงาน ส่วนคำถามทั่วไปที่จำเป็นในการวิเคราะห์ เช่น พื้นที่ของตัวบ้านที่ต้องการสร้าง งบประมาณในการก่อสร้าง

3. การออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน ขนาดและรูปแบบอ้างอิงตามข้อมูลที่สำรวจได้ และทำการเปรียบเทียบอัตราการประหยัดพลังงาน ระหว่างการใช้วัสดุสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน กับการใช้วัสดุที่ใช้ในการสร้างบ้านทั่วไป

4. จัดทำฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

5. จัดทำแบบสอบถามเพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากประชาชน

6. วิเคราะห์ความคุ้มค่าของการสร้างบ้านโดยใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ และผลประโยชน์ที่เกิดจากการลดความร้อนภายในบ้านพักอาศัย

7. เผยแพร่ผลงานการวิจัยในรูปแบบบทความทางวิชาการ 1 บทความ

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

จัดทำผลการศึกษาในรูปแบบของรายงานการวิจัย เพื่อเผยแพร่ แก่ประชาชนทั่วไป และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งระดับประเทศ และระดับท้องถิ่น ทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน จะสามารถใช้ข้อมูลจากการวิจัยนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน การเลือกใช้วัสดุและราคาที่เหมาะสม ตามความต้องการของแต่ละบุคคล เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังเผยแพร่ผลงานในรูปแบบของบทความวิชาการระดับชาติ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประชาชนทั่วไปและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งระดับประเทศและระดับท้องถิ่น ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จะสามารถใช้ข้อมูลจากการวิจัยนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน การเลือกใช้วัสดุและราคาที่เหมาะสม ตามความต้องการของแต่ละบุคคล เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านการประหยัดพลังงาน และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาพรวมการใช้พลังงานในประเทศไทย

การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยพื้นที่ภาคกลางเป็นภูมิภาคที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดในประเทศ ส่วนสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุดในประเทศโดยจำแนกเป็นรายจังหวัด ดังแสดงในตารางที่ 2.2 พบว่ากรุงเทพมหานครเป็นจังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดในประเทศ สำหรับข้อมูลสถิติการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับน้ำมันดิบ จำแนกตามสาขาทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังรูปที่ 2.1 พบว่าการใช้พลังงานในที่พักอาศัย มีปริมาณสูงเป็นอันดับที่สาม รองจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ และในรูปที่ 2.2 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามสาขาทางเศรษฐศาสตร์ ในปี 2555 พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัย ก็มากเป็นอันดับสามของการบริโภคพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศ เช่นกัน ดังนั้นการประหยัดพลังงานในส่วนนี้จึงส่งผลต่อการใช้พลังงานของประเทศโดยรวมลดลง ทั้งนี้ต้องการความร่วมมือจากประชาชนทั่วไปด้วยการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน และการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ สำหรับการวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

ประโยชน์ของการประหยัดพลังงานในอาคารบ้านเรือนนอกจากจะเป็นการช่วยประเทศโดยรวมแล้วยังเป็นผลประโยชน์โดยตรงต่อผู้ใช้พลังงานเอง เพราะจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ซึ่งผลประโยชน์ดังกล่าวก็จะตกทอดต่อลูกหลานในอนาคต และเป็นการการยืดอายุของพลังงานในอนาคตให้ยาวนานมากยิ่งขึ้น สำหรับในประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 การเพิ่มกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศมักประสบปัญหาในการดำเนินการ และขัดต่อหลักการอนุรักษ์ธรรมชาติ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องซื้อกระแสไฟฟ้าบางส่วนจากประเทศลาวและพม่า การรณรงค์ให้ใช้พลังงานธรรมชาติจึงเป็นหนทางแก้ปัญหาอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่การใช้พลังงานธรรมชาติก็ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการอย่างรวดเร็วได้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูปพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงแดด และพลังงานลม ยังเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง

ตารางที่ 2.1 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามภาค ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2556

หน่วย : GWh

	2551	**2552**	**2553**	**2554**	**2555**	**2556 ไตรมาส 1-2**
ภาคกลาง	77,341	76,231	83,233	80,315	87,949	45,016
ภาคตะวันออก	22,240	20,690	23,946	24,282	26,605	13,701
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	12,134	12,752	14,032	14,268	16,056	8,446
ภาคเหนือ	5,913	5,700	6,262	6,278	6,785	3,537
ภาคตะวันตก	6,469	5,359	6,072	6,430	6,843	3,434
ภาคใต้	11,451	11,460	12,403	12,881	13,867	7,031
รวมทั้งประเทศ	**135,548**	**132,191**	**145,948**	**144,454**	**158,105**	**81,165**

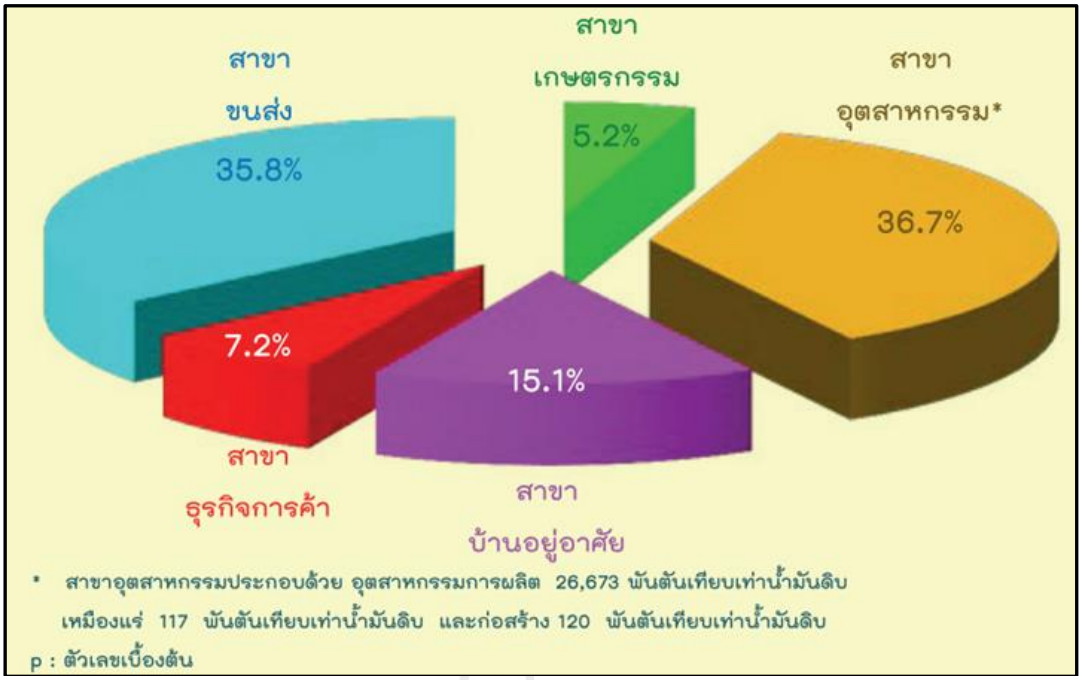
ที่มา: กระทรวงพลังงาน, 2556

ตารางที่ 2.2 จังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศในปี พ.ศ.2556

หน่วย : GWh

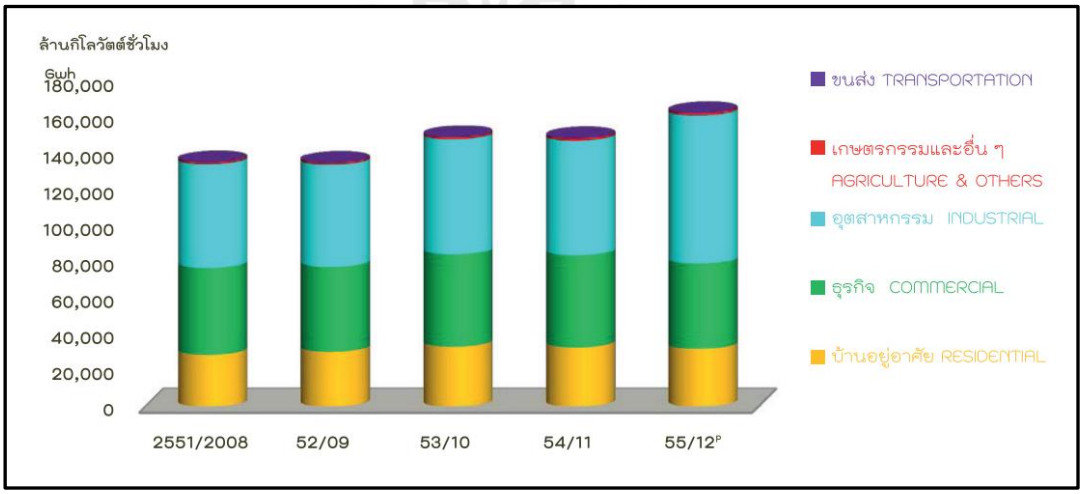
ลำดับที่	**จังหวัด**	**ไตรมาส 2**
		(เม.ย. - มิ.ย. 2556)
1	กรุงเทพมหานคร	8,663
2	ชลบุรี	2,640
3	สมุทรปราการ	2,427
4	ระยอง	2,197
5	สมุทรสาคร	1,830
6	ปทุมธานี	1,785
7	นนทบุรี	1,644
8	สระบุรี	1,544
9	พระนครศรีอยุธยา	1,429
10	นครราชสีมา	1,239

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, 2556



รูปที่ 2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในประเทศไทยจำแนกตามสาขาเศรษฐศาสตร์ปี พ.ศ. 2555

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.dede.go.th



รูปที่ 2.2 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามสาขาเศรษฐศาสตร์ ปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.dede.go.th

ในอดีตบ้านไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อลดอุณหภูมิภายในตัวอาคารน้อยมาก เนื่องจากรูปแบบบ้านมีลักษณะเฉพาะตัวที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ โดยบ้านไทยในอดีตมีลักษณะหลังคาทรงสูงไม่มีฝ้าเพดานเพื่อเปิดให้อากาศร้อนภายในระบายออกได้ ในขณะที่ชายคามี

ลักษณะยื่นยาวเพื่อป้องกันแสงแดดและฝนที่ตกชุก บ้านไทยจึงเป็นการพึ่งพาการระบายอากาศโดยธรรมชาติเป็นหลัก ในขณะที่สภาพแวดล้อมภายนอกส่วนใหญ่จะเป็นสวนและต้นไม้ จึงทำให้อากาศภายนอกบ้านไม่ร้อนมาก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างใช้ไม้เป็นหลัก ซึ่งถือได้ว่าเป็นวัสดุที่ไม่เก็บความร้อนมาก บ้านไทยในอดีตจึงมีข้อได้เปรียบบ้านในปัจจุบันหลายประการ

ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมและมลภาวะทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงกว่าอดีต และวิถีชีวิตในสังคมเมืองเป็นข้อจำกัดในการอยู่อาศัยในบ้านมากขึ้น บ้านถูกออกแบบให้มีลักษณะปิดมากขึ้นเพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน รวมไปถึงการกันแมลง ที่มีมากขึ้น รวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่แออัดขึ้น ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และไม่ทำให้เกิดสภาวะอากาศที่สบายภายในบ้านได้ ดังนั้น พัดลม และเครื่องปรับอากาศจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในการกำหนดความสบายในการอยู่อาศัยของผู้คนในยุคปัจจุบัน ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในที่พักอาศัย จึงเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การลดปัญหาการใช้พลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยในปัจจุบันจึงต้องเข้าใจถึงสภาวะ สภาพแวดล้อมและสังคมปัจจุบัน

2.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในอาคาร

โดยทั่วไปแล้ว ร่างกายของมนุษย์ต้องการ สภาวะสบาย (Thermal comfort) ซึ่งหมายถึงสภาวะของอากาศที่มีอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศภายในอาคารขณะนั้น มีความเหมาะสมกับความรู้สึกและอุณหภูมิของร่างกาย (วัชระ มั่งวิทิตกุล, 2546) ซึ่งทำให้รู้สึกสบายไม่ร้อนและไม่หนาวจนเกินไป หากภายในอาคารมีอุณหภูมิ และความชื้นที่สูงจนเกินไปจะทำให้ผู้อยู่อาศัยไม่อยู่ในสภาวะสบาย ทำให้มีความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อลดความร้อนและความชื้นในอากาศเพื่อปรับสภาวะของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะสบายสำหรับผู้ที่อยู่ภายในอาคารนั้น สาเหตุที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในอาคารจะมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1) ความร้อนจากภายนอก โดยส่วนใหญ่ คือ ความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความร้อนในอาคาร และ 2) ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง ซึ่งอาจเกิดได้จากทั้งคนและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร โดยรายละเอียดของปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร ทั้งปัจจัยภายนอกและภายในอาคาร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนจากภายนอกอาคาร

ปัจจัยภายนอกอาคาร (วัชระ มั่งวิทิตกุล, 2546) เป็นปัจจัยที่ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ และมนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้ ประกอบไปด้วย

1. ความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารโดยตรง ผ่านหลังคา ผนังทึบ หน้าต่าง และกระจก

2. รังสีความร้อนที่สะท้อนจากพื้นดิน หรืออาคารข้างเคียงที่แผ่เข้าสู่ตัวบ้าน

3. ความชื้นในอากาศ ถ้าอากาศมีความชื้นสูงจะทำให้รู้สึกอึดอัด และไม่อยู่ในสภาวะสบาย

4. ที่ตั้งและทิศทางของบ้านที่ไม่เหมาะสม

2.2.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร

ปัจจัยภายในอาคาร จะมีผลกระทบต่อภาวะน่าสบายโดยตรงของมนุษย์ โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร (วัชระ มั่งวิทิตกุล, 2546) มีดังนี้

1. วัสดุที่ใช้สร้างผนังหรือหลังคาบ้าน ป้องกันความร้อนได้ไม่ดีเท่าที่ควร
2. อาคารที่มีกระจก จำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้กระจกใสที่ผนังด้านทิศตะวันออกหรือตะวันตกของตัวอาคาร
3. ไม่มีกันสาดบริเวณกระจก หน้าต่าง และประตู ทำให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาตัวบ้านได้ง่าย
4. ความร้อนที่ปลดปล่อยมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น กระติกน้ำร้อน เตารีด โทรทัศน์ และจากการวางตำแหน่งของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในตำแหน่งที่อากาศระบายได้ไม่ดี
5. ความชื้นซึมผ่านผนังบ้าน หรือรั่วซึมผ่านขอบประตู และหน้าต่าง
6. ความชื้นที่สะสมในวัสดุที่ใช้ในวัสดุก่อสร้าง เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือพื้นปูน
7. ความชื้นที่สะสมในวัสดุตกแต่งภายใน และเครื่องเรือน เช่น พรม ผ้าม่าน โซฟา

2.3 ปัจจัยในการเลือกบ้านประหยัดพลังงาน

ปัจจัยในการเลือกบ้านประหยัดพลังงาน หรือข้อพิจารณาในการออกแบบบ้านเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน 20 ประการ ตามข้อแนะนำของสำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน มีดังนี้

1. อย่าใส่แหล่งความร้อน(ลานคอนกรีต)ในบ้าน ภายในบริเวณบ้านไม่ควรมีลานคอนกรีตในทิศทางรับแสงแดดจัด เช่น ทิศใต้และทิศตะวันตก เนื่องจากในเวลากลางวันคอนกรีตจะกลายเป็นมวลสารสะสมความร้อน (Thermal mass) มีการสะสมความร้อนไว้ในเวลากลางวันใน

ปริมาณมาก ด้วยคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ และจะถ่ายเทความร้อนกลับสู่บ้านของท่านในเวลากลางคืน จึงทำให้สภาพแวดล้อมของบ้านและตัวบ้านมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย การจัดวางตำแหน่งพื้นคอนกรีตเพื่อเป็นที่จอดรถยนต์หรือชานหรือระเบียงที่ดี ควรเลือกวางในทิศที่ไม่ถูกแสงแดดมาก เช่น ทิศเหนือ ทิศตะวันออกและควรมีร่มเงาจากต้นไม้ช่วยลดปริมาณแสงแดด

2. รั้วบ้าน ต้องโล่ง โปร่ง สบาย รั้วบ้านไม่ควรออกแบบให้ มีลักษณะทึบตัน เนื่องจากรั้วทึบจะกีดขวางการเคลื่อนที่ของลมเข้าสู่ตัวบ้าน ทำให้ภายในตัวบ้านอับลม นอกจากนี้วัสดุที่ใช้ทำรั้วบางชนิด เช่น อิฐมอญ คอนกรีต เสริมเหล็ก คอนกรีตบล็อก ยังมีคุณสมบัติสะสมความร้อนไว้ในตัวเองในเวลากลางวันและคายกลับสู่สภาพแวดล้อมและตัวบ้าน ในเวลากลางคืน

3. การปลูกต้นไม้ในบริเวณบ้านนอกจากจะสร้างความร่มรื่นและความสดชื่นสบายตาสบายใจ แก่ผู้อาศัยในบ้านแล้วใบไม้หลากรูปทรงและสีสันที่แผ่กิ่งก้านสาขายังสามารถลดแสงแดดที่ตกกระทบตัวบ้านและให้ร่มเงาที่ร่มเย็นแก่ผู้อยู่อาศัยได้เป็นอย่างดีนอกจากนี้ สิ่งที่สำคัญที่สุดต้นไม้ใบหญ้าทั้งหลายยังช่วยลดความร้อนจากสภาพแวดล้อม ด้วยการคายไอน้ำผ่านทางปากใบได้อีกด้วยซึ่งควรพิจารณาตำแหน่งการปลูกต้นไม้ ใหญ่น้อยในบริเวณบ้านให้สัมพันธ์กับร่มเงาที่เกิดขึ้นกับตัวบ้านไว้ล่วงหน้า

ข้อควรระวัง การปลูกไม้ใหญ่ใกล้บ้านเกินไป ต้องระวังรากของต้นไม้ใหญ่จะสร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างของบ้านจึงควรดูความเหมาะสมของชนิดต้นไม้

4. ก่อนสร้าง ควรปูแผ่นพลาสติกบนพื้นชั้นล่าง บ้านพักอาศัยทั่วไปในปัจจุบันทั้งชั้นล่างและชั้นบนมักติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ความเย็นและลดความชื้น การเตรียมการก่อสร้างบ้านในส่วนโครงสร้างพื้นชั้นล่างควรปูแผ่นพลาสติก เพื่อป้องกันความชื้นที่ระเหยขึ้นจากผิวดินซึ่งเป็นผลให้มีความเสียหายที่วัสดุปูพื้นชั้นล่าง และประเด็นที่สำคัญด้านพลังงานคือเกิดการสะสมความชื้นภายในพื้นที่ชั้นล่าง ของตัวบ้านเป็นที่มาของภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นในที่สุด สิ่งที่ควรระวังระหว่างการก่อสร้างส่วนดังกล่าว คือ การฉีกขาดเสียหาย ของพลาสติกเนื่องจากเหล็กที่ใช้ในระหว่างการก่อสร้าง จึงต้องมีการเตรียมก่อสร้างไว้ล่วงหน้าเช่นกัน

5. หันบ้านให้ถูกทิศ (ลม-แดด-ฝน) การออกแบบบ้านเรือนในประเทศไทยไม่ควรหลงลืมปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการถ่ายเท ความร้อนสู่ตัวบ้าน นั่นคือส่วนใหญ่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทางทิศใต้ (แดดอ้อมใต้) เป็นเวลา 8-9 เดือนและด้วยมุมกระทำของดวงอาทิตย์ต่อพื้นโลกมีค่าน้อย (มุมต่ำ) จึงทำให้การป้องกันแสงแดดทำได้ยาก เป็นผลให้ทิศทางดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากแสงแดดรุนแรงเกือบตลอดปี การวางตำแหน่งบ้านและการออกแบบรูปทรงบ้านที่ดีต้องหลีกเลี่ยงการรับแสงแดดในทิศดังกล่าว นอกจากนี้ลมประจำ (ลมมรสุม) ที่พัดผ่านประเทศไทยมีทิศทางชัดเจนจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน และพัดจากทิศ

ตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาวการวางผังบ้านและทิศทางตำแหน่งช่องหน้าต่างเพื่อระบายความร้อนในบ้าน จึงต้องคำนึงถึงทิศทางกระแสลมเหล่านี้เป็นสำคัญอีกด้วย

6. สร้างครัวไทย ต้องไม่เชื่อมติดตัวบ้าน การทำครัวแบบไทย นอกจากจะได้อาหารที่มีรสเผ็ดร้อนถูกปากคนไทยแล้วยังก่อให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นในพื้นที่ดังกล่าวในปริมาณมากอีกด้วย เนื่องจากอุปกรณ์และกิจกรรมการทำครัวต่าง ๆ ซึ่งแตกต่างจากครัวฝรั่งโดยสิ้นเชิง ความร้อนที่เกิดขึ้นในห้องครัวที่ติดกับตัวบ้านจะสามารถถ่ายเทเข้าสู่พื้นที่ใกล้เคียงได้อย่างรวดเร็วในลักษณะสะพานความร้อน (Thermal Bridge) และหากห้องติดกับพื้นที่ปรับอากาศจะยิ่งสิ้นเปลืองพลังงานในการทำความเย็นของห้องดังกล่าวมากขึ้นโดยใช่เหตุ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ควรติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติมระหว่างห้องครัวกับตัวบ้าน เพื่อบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้น

7. ประตูหน้าต่างต้องมีทางลมเข้าออก การระบายความร้อนภายในบ้านโดยใช้ลมธรรมชาติพัดผ่านหน้าต่าง ภายในห้องต้องมีช่องทางให้ลมเข้าและลมออกได้อย่างน้อย 2 ด้าน มิฉะนั้นลมจะไม่สามารถไหลผ่านได้และสิ่งที่ดีที่สุดคือการออกแบบให้ช่อง หน้าต่างอยู่ตรงข้ามกันและมีขนาดใหญ่เท่าเทียมกันจะทำให้การระบายความร้อน เกิดขึ้นมากที่สุด นอกจากนี้การวางตำแหน่งช่องหน้าต่างต้องตอบรับทิศทางการเคลื่อนที่ของลมประจำด้วย แต่อย่างไรก็ตามอย่าลืมว่าลมที่นำเข้าสู่อาคารต้องทำให้เป็นลมเย็นเสียก่อนจึงจะทำให้การลดความร้อนมีประสิทธิผล การออกแบบให้ลมไหลผ่านตัวบ้านได้ดีมีข้อควรระวังได้แก่ ต้องติดตั้งมุ้งลวดเพื่อกรองฝุ่นละอองเกสรที่จะเข้าบ้าน การติดช่องหน้าต่างในตำแหน่งเยื้องกันจะช่วยบังคับให้ลมไหลผ่านห้องต่าง ๆ ตามตำแหน่งที่ต้องการได้

8. ผังเฟอร์นิเจอร์ต้องเตรียมไว้ก่อน ไม่ร้อนและประหยัดพลังงาน บ้านที่ดีควรมีการจัดวางผังเฟอร์นิเจอร์ในแต่ละห้องไว้ล่วงหน้า เพื่อความสะดวกในการจัดเตรียมตำแหน่งติดตั้งปลั๊กสวิทช์ ไว้ให้เพียงพอสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆในบ้าน นอกจากนี้การเตรียมการดังกล่าวไว้ล่วงหน้าจะตรวจสอบได้ว่าตำแหน่งใดในบ้านมีเฟอร์นิเจอร์วางกีดขวางการเคลื่อนที่ของกระแสลมหรือไม่ หรือตอบรับแสงสว่าง ธรรมชาติและกระแสลมธรรมชาติมากน้อยเพียงใด และควรแก้ไขปรับปรุงอย่างไรให้ดีขึ้น ควรแยกอุปกรณ์ที่จะสร้างความร้อนออกนอกห้องปรับอากาศ เช่น ตู้เย็น เครื่องต้มน้ำ

9. อย่ามีบ่อน้ำหรือน้ำพุในห้องปรับอากาศ คุณสมบัติทางอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศคือ การลดอุณหภูมิและความชื้น ทำให้พื้นที่ห้องต่าง ๆ อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งการตกแต่งประดับพื้นที่ภายในห้องด้วยน้ำพุ น้ำตก อ่างเลี้ยงปลา หรือแจกันดอกไม้ ย่อมทำให้ภายในห้องมีแหล่งความชื้นเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นและทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานในการลดความชื้นมากกว่าปกติ

10. ช่องอากาศที่หลังคาพาดลายร้อน หลังคาที่ดีนอกจากจะสามารถคุ้มแดดคุ้มฝนได้ ยังต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านได้อีกด้วย ภายในช่องว่างใต้หลังคา เป็นพื้นที่เก็บกักความร้อนที่แผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ก่อนถ่ายเทเข้าสู่พื้นที่ส่วนต่างๆภายในบ้าน ดังนั้นการออกแบบให้มีการระบายอากาศ (ร้อน) ภายในหลังคาออกไปสู่ภายนอกได้ ไม่ว่าจะเป็นช่องลมบริเวณจั่วหลังคาหรือระแนงชายคาจึงเป็นเรื่องที่ดีต่อการลดความร้อนในบ้าน แต่พึงระวังให้การระบายอากาศร้อนดังกล่าวอยู่เหนือฉนวนภายในฝ้าเพดาน มิฉะนั้นความร้อนจะสามารถถ่ายเทลงสู่ตัวบ้านได้อยู่ดี

ข้อควรระวัง คือต้องมีการติดตั้งตาข่ายป้องกันนก แมลง เข้าไปทำรังใต้หลังคาด้วย และต้องมีการป้องกันฝนเข้าช่องเปิดระบายอากาศด้วย

11. ต้องใส่ฉนวนที่หลังคาเสมอ ฉนวนกันความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถกั้นหรือป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากแสงแดดไม่ให้เข้าสู่บ้านได้ ไม่ว่าจะเป็นจากส่วนผนังหรือหลังคาบ้าน แต่ช่องทางที่ความร้อนจากแสงแดดถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้านได้มากที่สุดในเวลากลางวันคือพื้นที่หลังคา ดังนั้นการลดความร้อนจากจากพื้นที่ดังกล่าว ด้วยการใช้ฉนวนซึ่งมีรูปแบบและการติดตั้งที่เหมาะสมกับพื้นที่ สอดคล้องกับการใช้งานจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการลดการใช้พลังงานภายในบ้าน

12. กันแสงแดดดีต้องมีชายคา กันสาดหรือชายคาบ้านเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญกับอาคาร บ้านเรือนในเขตร้อนเช่นประเทศไทย เนื่องจากมีคุณสมบัติการป้องกันแสงแดด (ความร้อน) ไม่ให้ตกกระทบผนังและส่องผ่านเข้าสู่ช่องแสง และหน้าต่างได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ตำแหน่งและทิศทางการติดตั้งกันสาดที่มีความจำเป็นมากที่สุด คือ ด้านที่มีแสงแดดรุนแรง ได้แก่ ทิศใต้และทิศตะวันตก นอกจากนี้ ข้อดีอีกประการของการติดตั้งชายคาและกันสาด คือ เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการป้องกันฝนเข้าสู่ตัวบ้านอีกด้วย

13. ห้องไหนที่ติดเครื่องปรับอากาศอย่าลืมติดฉนวน การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่สำคัญ คือ ลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้านและพื้นที่ใช้สอย ดังนั้น การติดตั้งฉนวนกันความร้อนในพื้นที่ห้องที่ปรับอากาศเพื่อลดความร้อน นอกจากจะทำให้ห้องเย็นสบายจากแสงแดดและป้องกันความร้อนเข้าตัวบ้านแล้ว ยังทำให้สภาพภายในห้องปรับลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความร้อนสะสมอยู่ภายในห้องน้อยจึงช่วยลดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้

14. บานเกล็ด บานเปิด บานเลื่อน ต้องใช้ให้เหมาะสม หน้าต่างแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการใช้สอยที่แตกต่างกันตามความต้องการ จึงควรเลือกชนิดของหน้าต่างให้เหมาะสมกับพื้นที่ภายในห้อง หน้าต่างบานเปิดมีประสิทธิภาพในการรับกระแสลมสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ต้องจัดวางให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของกระแสลมด้วย นอกจากนี้พึงระวังการใช้หน้าต่างบานเกล็ดในห้องปรับอากาศ เพราะหน้าต่างชนิดนี้มีรอยต่อมาก ทำให้อากาศภายนอกรั่วซึมเข้ามาได้ง่าย จึง

ส่งผลให้ความร้อนและความชื้นถ่ายเทสู่ภายในห้องได้สะดวกเช่นกัน และทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานมากขึ้น

15. ทาสีผนังให้ใช้สีอ่อน แต่ถ้าต้องการทาสีเข้มต้องมีฉนวน สีผนังมีผลต่อการสะท้อนแสงแดดและความร้อนเข้าสู่อาคารมากน้อยต่างกัน สีอ่อนจะมีคุณสมบัติสะท้อนแสงแดด และการลดปริมาณถ่ายเทความร้อนเข้าภายในบ้านดีกว่าสีเข้ม ตามลำดับความเข้มของสีผนังภายนอกที่สัมผัสแสงแดดจึงควรเลือกใช้สีโทนอ่อน เช่น ขาว ครีม เป็นต้น เพื่อช่วยสะท้อนความร้อน แต่ถ้าหากต้องการทาสีผนังภายนอกบ้านเป็นสีเข้มก็สามารถกระทำได้ แต่ไม่ควรอยู่ในตำแหน่งที่โดนแสงแดดหรือต้องมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในบริเวณนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนเป็นการชดเชย นอกจากสีภายนอกอาคารแล้ว การทาสีภายในอาคารด้วยสีอ่อน จะช่วยสะท้อนแสงภายในห้อง เพิ่มความสว่างภายในบ้าน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเปิดโคมไฟมากเกินไป

16. ห้องติดเครื่องปรับอากาศต้องมีบังใบประตูหน้าต่าง ความชื้นในอากาศที่รั่วซึมเข้าภายในอาคารบ้านเรือน (Air infiltration) เป็นสาเหตุของภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการป้องกันปัญหาด้วยการออกแบบที่กระทำได้ไม่ลำบากคือ การเลือกใช้ประตูและหน้าต่างห้องในบ้านที่มีการบังใบวงกบ เพื่อลดการรั่วซึมของ อากาศร้อนและความชื้นจากภายนอกที่ไหลผ่านรอยต่อวงกบ ประตู หน้าต่าง เข้าสู่ภายใน กรณี บานหน้าต่างสามารถใช้ซิลิโคนสีใสช่วยปิดช่องอากาศรั่วได้ ส่วนกรณีบานประตูก็สามารถซื้อแผ่นพลาสติกปิดช่องอากาศรั่วมาติดเพิ่มเติม ได้ในภายหลัง โดยควรเลือกชนิดพลาสติกจะทำความสะอาดและกันลมรั่วได้ดีกว่าแบบผ้า

17. ห้องน้ำดีต้องมีแสงแดด ผนังห้องน้ำ เป็นพื้นที่ ไม่กี่จุดในบ้านที่ควรจัดวางให้สัมผัสแสงแดดมากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ ด้วยเหตุผลด้านสุขอนามัยและเพื่อลดความชื้นสะสมภายในตัวบ้าน นอกจากนี้การเลือกวางตำแหน่งห้องน้ำทางด้านทิศตะวันตกหรือทิศใต้ ยังมีข้อดีในการเป็นพื้นที่กันชน (Buffer zone) ระหว่างแสงแดดกับพื้นที่ในบ้านได้อีกด้วย นอกจากจะต้องมีช่องแสงแดดที่มากแล้ว ควรมีช่องลมในปริมาณที่มากพอ เพื่อระบายความชื้นภายในห้องน้ำด้วย

ข้อควรระวัง คือ ติดตาข่ายป้องกันแมลงที่ช่องลมด้วย

18. รับแสงเหนือเพื่อประหยัดแสงไฟ ช่องแสงหรือหน้าต่างภายในบ้านควรออกแบบจัดวางให้เอื้อต่อการนำแสงธรรมชาติส่องเข้ามาภายในห้องได้ทุก ๆ ห้อง ไม่ว่าจะเป็นห้องนั่งเล่น ห้องนอน ห้องอาหาร หรือแม้แต่ห้องน้ำ ห้องเก็บของและบันได เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในบ้าน เนื่องจากแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่มากับแสงธรรมชาติ คือความร้อน ดังนั้นทิศทางช่องแสงหรือหน้าต่างในบ้านที่ดีที่สุด คือทิศเหนือ เนื่องจากได้รับอิทธิพลความร้อนของแสงแดดน้อยที่สุดในรอบปี (ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือเพียง 3 เดือน) และมีลักษณะความสว่างคงที่ (Uniform) ในแต่ละวัน

19. คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศต้องวางให้ถูกที่ การวางตำแหน่งคอมเพรสเซอร์นอกจากจะพิจารณาเรื่องความสวยงามแล้วยังมีผลอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศและการทำความเย็นภายในห้อง จึงควรเลือกวางตำแหน่งเครื่องให้อยู่ในจุดที่พัดลมของเครื่องสามารถระบายความร้อน ได้สะดวก ไม่มีสิ่งกีดขวางทิศทางลม และนอกจากนี้ตัวเครื่องต้องไม่ได้รับความร้อนจากแสงแดดมากนักในช่วงเวลากลางวัน เช่น ทิศเหนือหรือตะวันออก เพราะการสะสมความร้อนที่ตัวเครื่องในปริมาณมาก จะทำให้เครื่องปรับอากาศกินไฟมากขึ้น

20. ไม่ใช้หลอดไส้ หลอดร้อนหลากสี ชีวีเป็นสุข หลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ (Incandescent lamp) หลอดฮาโลเจน (Halogen lamp) ที่มีสีสันสวยงามเหล่านี้เป็นดวงโคมที่นอกจากจะให้ความสว่างแล้วยังปล่อยความร้อนสู่พื้นที่ภายในห้องใน

2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน

บ้านประหยัดพลังงาน หมายถึงการสร้างบ้านหรืออาคารโดยเลือกใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อป้องกันหรือลดอัตราการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร เพื่อต้องการให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร ซึ่งจะทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารรู้สึกเย็นสบาย และจะทำให้ลดปริมาณการใช้พลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศ

วัสดุประกอบอาคาร โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ภายนอก เปรียบเสมือนเป็นเปลือกหุ้มอาคารเหล่านั้นไว้ ถ้าเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านก็จะไม่รู้สึกร้อน และภายในอาคารก็จะอยู่ในสภาวะสบายได้ตลอดเวลา การรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ มาวิเคราะห์ พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในอาคารพักอาศัยเพื่อลดความร้อนภายในอาคารเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด คือการใช้ระบบปรับอากาศเมื่อต้องการให้อุณหภูมิในอาคารพักอาศัยอยู่ในสภาวะเย็นสบาย สำหรับขั้นตอนของการออกแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยนั้นมีผู้ที่คำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่มากนัก แต่ถ้าหากมีการเตรียมการป้องกันหรือลดอัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารที่พักอาศัย โดยเลือกใช้วัสดุก่อสร้างอย่างเหมาะสมแล้ว ก็จะไม่ทำให้ภาระในการลดความร้อนตกไปอยู่กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากชนิดหนึ่งในการทำงานของระบบ

วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานด้านต้องพิจารณาถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (k) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของวัสดุ (ε) ความจุความร้อนจำเพาะเมื่อความดันหรือปริมาตรคงที่ (C_p, C_V) ความหนาแน่นของวัสดุ (Density ; ρ) ซึ่งเป็นสมบัติของวัสดุที่จะทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ตามหลักของการถ่ายโอนความร้อน ที่หมายถึงการ

ถ่ายโอนพลังงานที่เกิดขึ้นในระบบ เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ที่ระบุว่า “พลังงานจะไม่ถูกสร้างขึ้น หรือถูกทำลายแต่สามารถเปลี่ยนรูปได้” ดังนั้น ระหว่างการทำงานของระบบหรือกระบวนการหนึ่ง ๆ สามารถกล่าวได้ว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงรวมในระบบไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างพลังงานรวมที่เข้าสู่ระบบและพลังงานรวมที่ออกจากระบบ โดยการถ่ายโอนพลังงานนั้นอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายโอนความร้อน งาน หรือมวล ส่วนพลังงานโดยรวมของระบบจะประกอบด้วยพลังงานภายใน (Internal energy) พลังงานจลน์ (Kinetic energy) และพลังงานศักย์ (Potential energy) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เกิดขึ้นในระบบ แสดงดังสมการที่ 2.1 ส่วนการเปลี่ยนพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความร้อน และพลังงาน อธิบายได้ด้วยสมการที่ 2.2

$$E_{in} - E_{out} = \frac{dE_{system}}{dt} \quad (2.1)$$

$$Q_{in} - Q_{out} + E_{gen} = \Delta E_{system} \quad (2.2)$$

สำหรับการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิด แสดงดังสมการ 2.3 และสำหรับระบบที่มีการถ่ายโอนความร้อนเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แสดงดังสมการที่ 2.4

$$E_{in} - E_{out} = \Delta U = mC_v\Delta T \quad (2.3)$$

$$Q = mC_v\Delta T \quad (2.4)$$

โดยที่

E_{in} = พลังงานสุทธิที่เข้าสู่ระบบ (J)

E_{out} = พลังงานสุทธิที่ออกจากระบบ (J)

E_{system} = พลังงานของระบบ (J)

t = เวลา (sec)

Q = ปริมาณความร้อนสุทธิที่ถ่ายโอนเข้าหรือออกจากระบบ (W)

Q_{in} = การถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่ระบบ (W)

Q_{out} = การถ่ายโอนความร้อนออกจากระบบ (W)

E_{gen} = พลังงานที่เกิดขึ้นในระบบ (J)

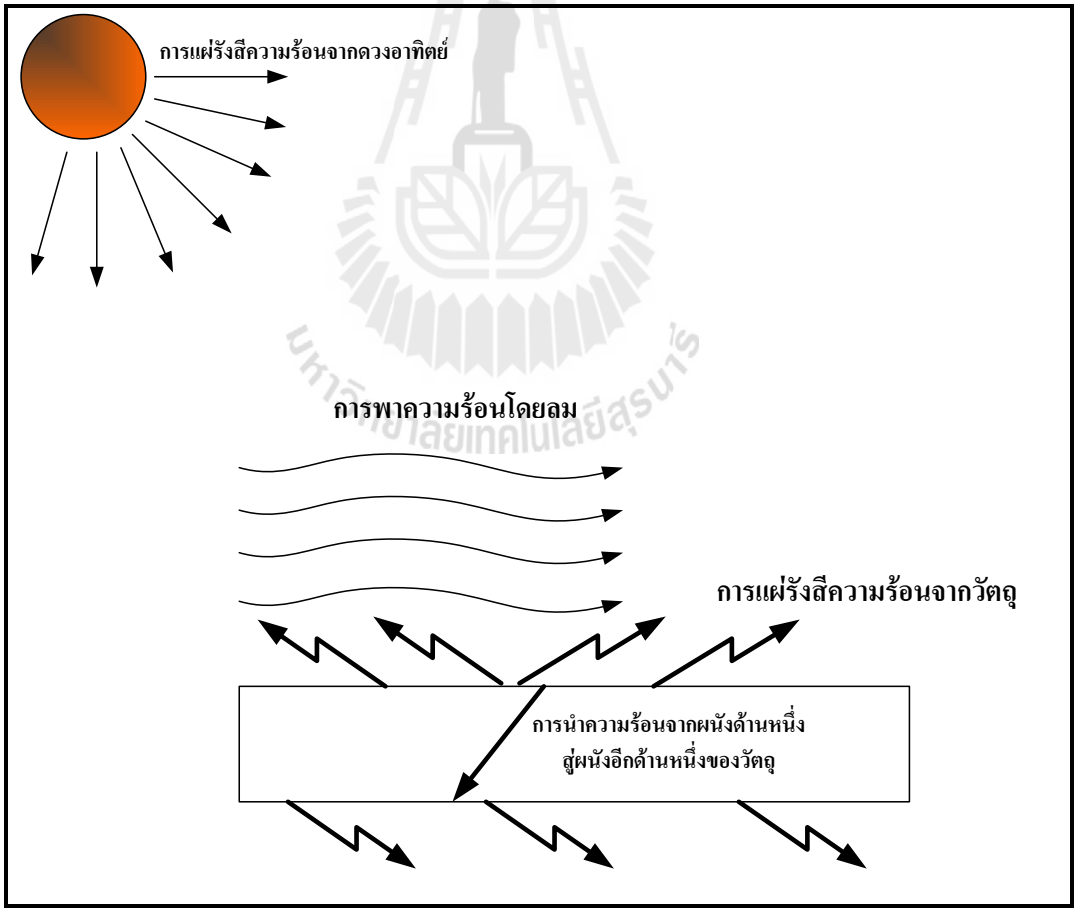
ΔU = การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในระบบ (J)

M = มวล (g)

C_v = ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่ (J/g. °C)

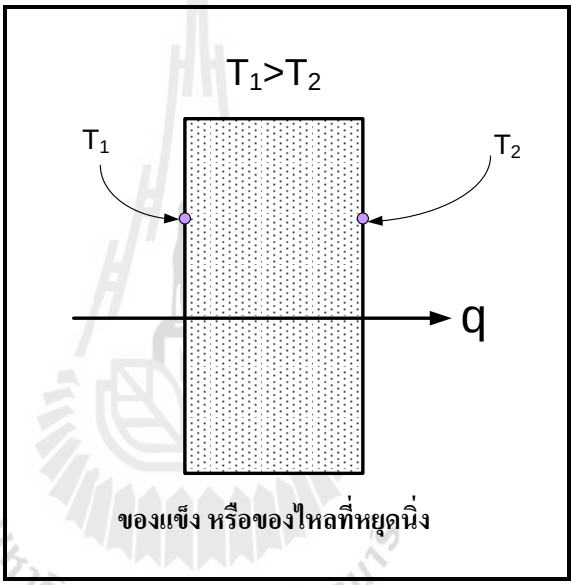
ΔT = การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (°K)

การถ่ายเทความร้อนสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี โดยทั่วแล้วการเปลี่ยนแปลงความร้อนจะเกิดขึ้นเนื่องจากผลของการถ่ายเทความร้อนร่วมกันทั้ง 3 แบบ แสดงดังรูปที่ 2.3 โดยการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะหยุดการถ่ายโอนเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลความร้อน ซึ่งหมายถึง ภาวะของสารที่มีอุณหภูมิต่างกันทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากอุณหภูมิสูงไปยังสารที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งที่เกิดจากการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี โดยถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นจนกระทั่งสารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน (และหยุดการถ่ายเทความร้อน) เช่น การผสมน้ำร้อนกับน้ำเย็นเข้าด้วยกัน น้ำร้อนจะถ่ายโอนพลังงานความร้อนให้กับน้ำเย็น และเมื่อน้ำที่ผสมมีอุณหภูมิเท่ากัน จะสิ้นสุดการถ่ายโอนความร้อน



รูปที่ 2.3 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนแต่ละประเภท

1. การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยตัวกลาง ความร้อนจะเคลื่อนที่ไปตามเนื้อของวัตถุจากตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า แสดงดังรูปที่ 2.4 โดยที่วัตถุที่เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนไม่ได้เคลื่อนที่ เช่น การนำแผ่นอะลูมิเนียมมาเผาไฟ โมเลกุลของแผ่นอะลูมิเนียมที่อยู่ใกล้เปลวไฟจะร้อนก่อนโมเลกุลที่อยู่ไกลออกไป เมื่อได้รับความร้อนจะสั่นมากขึ้นจึงชนกับโมเลกุลที่อยู่ติดกัน และทำให้โมเลกุลที่อยู่ติดกันสั่นต่อเนื่องกันไป ความร้อนจึงถูกถ่ายโอนไปโดยการสั่นของโมเลกุลของแผ่นอะลูมิเนียม โลหะต่างๆ เช่น เงิน ทอง อะลูมิเนียม เหล็ก เป็นวัตถุที่นำความร้อนได้ดี จึงถูกนำมาทำภาชนะในการหุงต้มอาหาร วัตถุที่นำความร้อนไม่ดีจะถูกนำมาทำฉนวนกันความร้อน เช่น ไม้ พลาสติก แก้ว กระเบื้อง เป็นต้น



รูปที่ 2.4 การถ่ายโอนความร้อนด้วยการนำความร้อน (มะลิ หุ่นสม, 2551)

กลไกลการนำความร้อน อธิบายโดยใช้สมการของฟูเรียร์ (Fourier law of heat conduction) ดังแสดงในสมการที่ 2.5

$$q = \frac{Q}{A} = -k\frac{dT}{dx} \qquad (2.5)$$

โดยที่

Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

q = ฟลักซ์ของการถ่ายโอนความร้อน (อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่) (W/m^2)

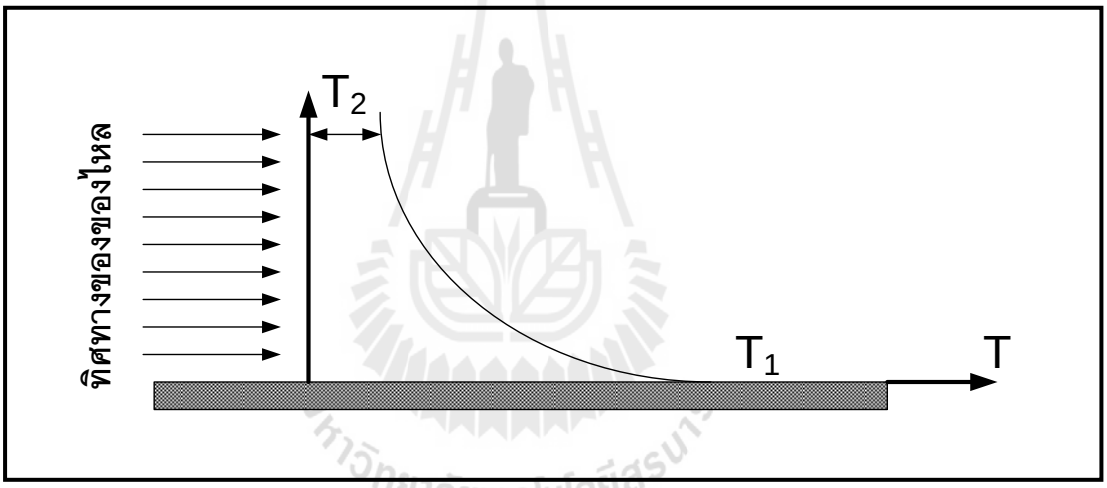
A = พื้นที่ของการนำความร้อน (m^2)

k = สภาพนำความร้อน

T = อุณหภูมิ (°K)

x = ความหนาของของกลางในการนำความร้อน (m)

2. การพาความร้อน วัตถุที่เป็นตัวกลางจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับความร้อนที่พาไป ตัวกลางในการพาความร้อนจึงเป็นสารที่โมเลกุลเคลื่อนที่ได้ง่าย เช่น ของเหลว และแก๊ส ตัวอย่างของการพาความร้อน เช่น ลมบก ลมทะเล ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศ ที่พาความร้อนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง การต้ม การนึ่ง และการทอดอาหาร เป็นการทำให้อาหารสุกโดยการพาความร้อน ซึ่งลักษณะการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อน แสดงดังรูปที่ 2.5 ส่วนสมการที่ 2.6 แสดงฟลักซ์ของการนำความร้อน



รูปที่ 2.5 ลักษณะการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อน (มะลิ หุ่นสม, 2551)

$$q = \frac{Q}{A} = h(T_1 - T_2) \qquad (2.6)$$

โดยที่

q = ฟลักซ์ของการถ่ายโอนความร้อน (อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่) (W/m^2)

Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

A = พื้นที่ของการนำความร้อน (m^2)

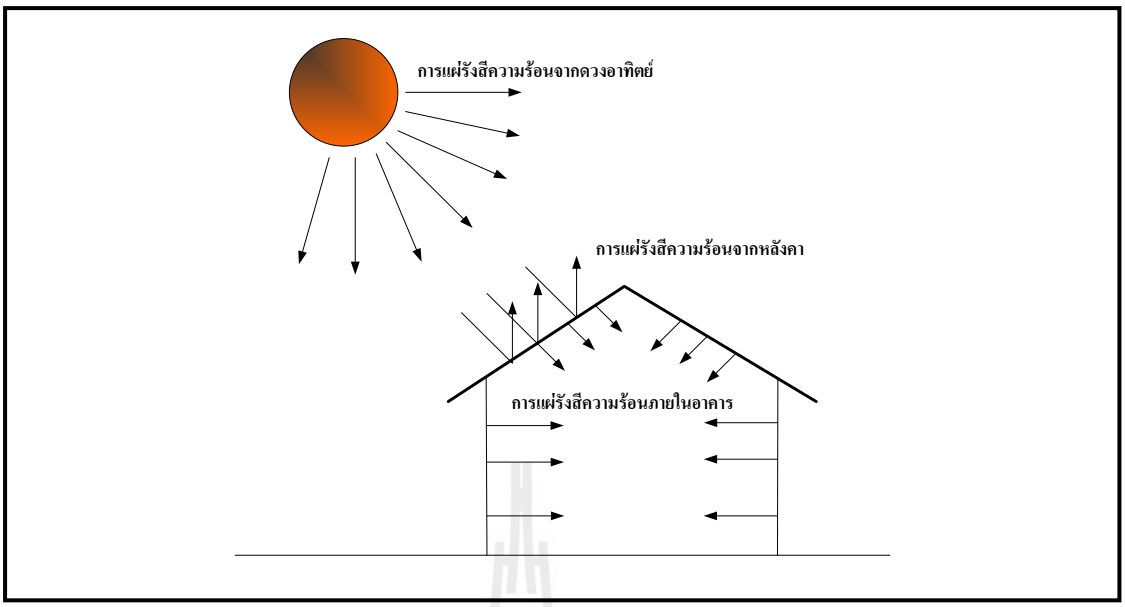
h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective heat transfer coefficient)

T_1 = อุณหภูมิของผนังหรือพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูง (°K)

T_2 = อุณหภูมิของของไหล (°K)

3. การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก การแผ่รังสีความร้อนจากเตาไฟไปยังอาหารที่ปิ้งย่างบนเตาไฟ การแผ่รังสีคือการปลดปล่อยพลังงานในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) หรือโปรตอน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมหรือโมเลกุล การแผ่รังสีนี้จะไม่ต้องการตัวกลางในการถ่ายโอนเหมือนกับการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีอื่น นอกจากนี้การถ่ายโอนพลังงานด้วยการแผ่รังสีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง และจะไม่ลดลงในสภาวะสุญญากาศ วัตถุทุกชนิดสามารถปลดปล่อยความร้อนเนื่องจากตัวของวัตถุเอง โดยเรียกพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาว่า “ความร้อนของการแผ่รังสี (Thermal radiation)” ซึ่งแตกต่างจากรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ เช่น รังสีเอ็กซ์ รังสีแกรมมา คลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ หรือคลื่นโทรศัพท์ ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมา โดยไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ทั้งนี้การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก แสดงดังรูปที่ 2.6 นั้นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่สำคัญ ที่เป็นปัจจัยหลักของการเกิดความร้อนภายในอาคาร การเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย เป็นวิธีการลดปริมาณถ่ายเทความร้อนมายังอาคารที่พักอาศัย

การแผ่รังสีเป็นปรากฏการณ์ทางปริมาตร (Volume phenomena) โดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส จะสามารถดูดกลืนรังสีหรือเปล่งรังสีได้แตกต่างกัน สำหรับวัสดุที่มีความทึบแสง เช่น โลหะ ไม้ หรือหิน มักจะพิจารณาการแผ่รังสี ว่าเป็นปรากฏการณ์ทางพื้นผิว (Surface phenomena) เนื่องจากรังสีที่แผ่จากภายในวัตถุดังกล่าวจะไม่สามารถเดินทางมาถึงพื้นผิวนอกของวัตถุนั้น และรังสีที่ปล่อยจากวัตถุนั้นจะถูกดูดกลืนในระยะห่างเพียงเล็กน้อยจากพื้นผิวของวัตถุ



รูปที่ 2.6 การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ฟลักซ์สูงสุดของการแผ่รังสีของวัตถุ สามารถอธิบายได้ด้วยกฎของสเตฟาน-โบลต์สมานน์ (Stefan-Boltzmann law) โดยการแผ่รังสีของวัตถุดำ (Black body) ซึ่งเป็นการแผ่รังสีแบบอุดมคติ จะแสดงในสมการที่ 2.7 ส่วนการแผ่รังสีของวัตถุทั่วไป ถือว่าเป็นการแผ่รังสีของวัตถุเทา (Gray body) ซึ่งฟลักซ์การถ่ายโอนความร้อน อธิบายด้วยสมการที่ 2.8 ซึ่งฟลักซ์ของการถ่ายโอนความร้อนจะมีค่าน้อยกว่าซึ่งฟลักซ์ของการถ่ายโอนความร้อนของวัตถุดำ

$$E_b = \sigma T^4 \qquad (2.7)$$

$$q = \varepsilon E_b = \varepsilon \sigma T^4 \qquad (2.8)$$

โดยที่

q	=	ฟลักซ์ของการถ่ายโอนความร้อน (อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่) (W/m^2)
E_b	=	กำลังการเปล่ง (Emissive power) ของวัตถุดำ (J)
σ	=	ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบลต์สมานน์ = 5.6697×10^{-8} W/m^2K^4
T	=	อุณหภูมิสมบูรณ์ของวัตถุที่แผ่รังสี (°K)
ε	=	สภาพการแปล่งรังสีของวัตถุที่แผ่รังสี

2.5 วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

ความร้อนที่อยู่ภายในอาคาร จะเกิดจากแหล่งความร้อน 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ความร้อนจากภายในตัวอาคาร และความร้อนจากภายนอก การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานที่เหมาะสมจะช่วยลดการถ่ายความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร และสามารถถ่ายเทความร้อนที่อยู่ภายในอาคารไปยังภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัสดุก่อสร้างตัวอาคารภายนอก หรือวัสดุประกอบอาคารภายนอก เปรียบเสมือนเปลือกหุ้มอาคาร ถ้าเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ก็สามารถลดอุณหภูมิภายในอาคารได้ สำหรับปัจจัยหลักที่เป็นสาเหตุให้เกิดความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารนั้น คือ อิทธิพลจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีความร้อนยังโลก ซึ่งมีค่าประมาณ 420 Btu/ft^{2}hr หรือเท่ากับ 1.94 Cal/cm^{2}min (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547) ทั้งนี้โลกได้รับรังสีความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะเป็นมาก เนื่องจากโลกมีบรรยากาศห่อหุ้มไว้

การป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารด้วยการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานนั้น เพื่อป้องกันการถ่ายโอนความร้อนด้วยการนำความร้อน ดังที่ได้แสดงในสมการที่ 2.5 และการแผ่รังรังสีความร้อน ดังแสดงในสมการที่ 2.8 ส่วนการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีการพาความร้อน ดังแสดงในสมการที่ 2.6 นั้น ก็เกิดได้ แต่เป็นผลที่เกิดจากการออกแบบตัวอาคารให้มีการเคลื่อนไหวและถ่ายเทอากาศที่ดี รวมถึงสภาพอากาศ มากกว่าที่จะเป็นผลของวัสดุก่อสร้าง ส่วนประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานในการลดอุณหภูมิภายในอาคารนั้นพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ซึ่งตามข้อกำหนดของกระทรวงพลังงาน กำหนดให้อาคารที่ก่อสร้างใหม่มีค่า OTTV ไม่มากกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนค่า RTTV จะต้องมีค่าไม่มากกว่า 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งทั้งค่า OTTV และ ค่า RTTV หมายถึงค่าฟลักซ์ของการถ่ายโอนความร้อน (q) โดยรวมของกรอบอาคารนั่นเอง

2.6 วัสดุประกอบอาคารภายนอก หรือวัสดุเปลือกอาคาร

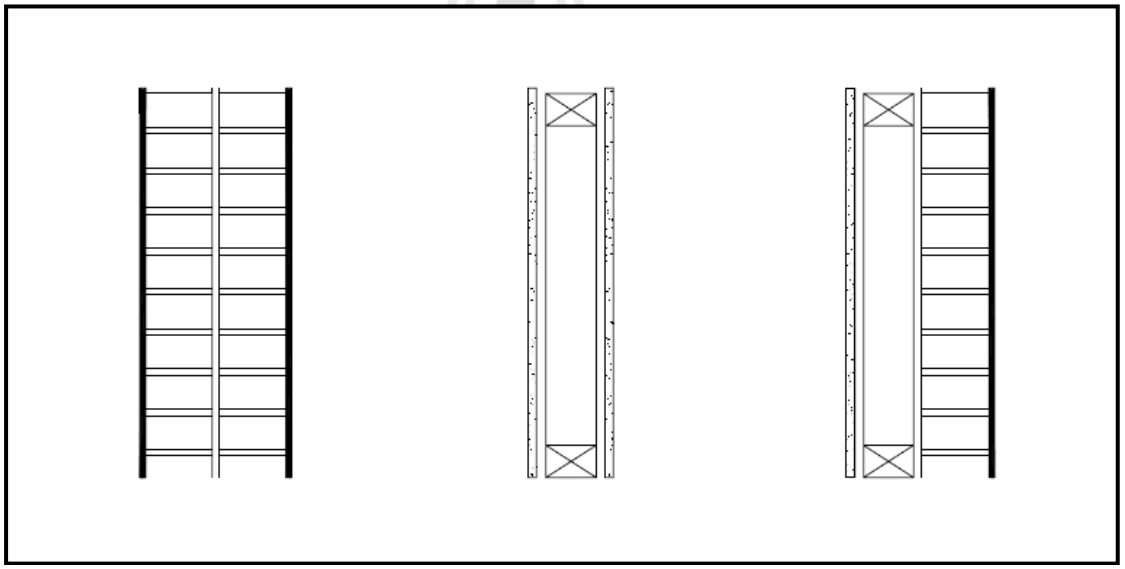
วัสดุประกอบอาคารภายนอกเป็นส่วนสำคัญที่จะการป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ในปัจจุบันได้แบ่งวัสดุประกอบอาคารภายนอกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุผนัง และวัสดุหลังคา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.6.1 วัสดุผนัง แบ่งออกเป็น

1. ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา และผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

2. ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างของผนัง และบุแผ่นวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็กเหล็กชุบสังกะสีอลูมิเนียมและไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไปตามความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ แผ่นไม้สังเคราะห์ แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นกระเบื้องใยหิน และแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

3. ผนังประกอบ (Composite wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจจะรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆระหว่างโครงเคร่าด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ (กระทรวงพลังงาน, 2552)

2.6.2 วัสดุหลังคา หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่สำคัญที่ช่วยป้องกันอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก เพราะหลังคาเป็นกรอบอาคารที่ต้องรองรับความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาจากดวงอาทิตย์โดยตรง วัสดุหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ได้แก่

1. วัสดุมุงหลังคา (Roofing) หมายถึง วัสดุที่ใช้มุงหลังคาของอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่รองรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ประเภทวัสดุมุงหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผาแผ่นหลังคาแอสฟัลท์ และหลังคาแผ่นโลหะ

2. ฉนวนกันความร้อน (Insulation) ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวล และฉนวนแบบสะท้อนความร้อน

- ฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล (Mass Insulation) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยความเป็นฉนวนของวัสดุที่มีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนที่สูงของตัววัสดุเอง วัสดุส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเส้นใย มีโพรง หรือช่องกลาง อาทิ ฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass) ฉนวนใยหิน(Rock Fiber) ฉนวนใยเซลลูโลส(Cellulose Fiber) โฟมโพลีสไตรีน(Polystyrene Foam/PS) โฟมโพลียูรีเทน(Polyurethane Foam/PU) และโฟมโพลีเอทธีลีน (Polyethelene Foam/PE)
- ฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (Reflective Sheet) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยสมบัติการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุ เพื่อที่จะลดค่าพลังงานความร้อนไม่ให้ถูกดูดซับ และทะลุผ่านเข้าไปในวัสดุ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง หรือมีผิวที่มีการสะท้อนสูง เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil Sheet) เซรามิคโค้ทติ้ง (Ceramic Coating) เป็นต้น

2.7 ทฤษฎีสำหรับใช้สร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ค่าการประหยัดพลังงานจากการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง

กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือ ขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ วิธีในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตสร้างใหม่ หรือดัดแปลงอาคารให้มีการออกแบบเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย โดยในส่วนของรายละเอียดการคำนวณเพื่อประเมินการใช้พลังงานในอาคารควบคุมจะเกี่ยวข้องกับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (Overall thermal transfer value; OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof thermal transfer value; RTTV) โดยตามประกาศของกระทรวงฯ ได้กำหนดให้อาคารควบคุม

มีค่า OTTV และ RTTV ต้องมีค่าไม่เกินที่กฎหมายกำหนด ดังแสดงในตารางที่ 2.3 การออกแบบอาคารที่เหมาะสม และการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารที่มีสมบัติในการป้องกันความร้อนที่ดีเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยในการลดการถ่ายความร้อนจากภายนอกอาคาร นอกจากนี้ประกาศของกระทรวงพลังงาน ยังกำหนดหลักเกณฑ์ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศ เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการคำนวณตามหลักเกณฑ์ของกระทรวงพลังงานนั้น เป็นวิธีการค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นกระทรวงพลังงานจึงได้สนับสนุนการพัฒนาซอฟแวร์เพื่อใช้ในการคำนวณ เช่น โปแกรม OTTVEE 1.0a (พรบ. 2535) และโปรแกรมBCE (พรบ. 2550)

ตารางที่ 2.3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศของอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) (วัตต์ต่อ ตร.ม.)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) (วัตต์ต่อ ตร.ม.)
1) สถานศึกษา สำนักงาน	≤50	≤15
2) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรสินค้า อาคารชุมชุมคน	≤40	≤12
3) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	≤30	≤10

ที่มา: ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2556

สำหรับการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา หลักเกณฑ์ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศ ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน และ

ซอฟแวร์ที่ใช้ประเมินการใช้พลังงานในอาคาร จะแสดงรายละเอียดตามลำดับในหัวข้อที่ 2.7.1-2.7.4 ดังนี้

2.7.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (Overall thermal transfer value; OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตถ่วงน้ำหนัก (Weighted arithmetic mean) ของการถ่ายเทความร้อนของผ่านผนังแต่ละด้าน ($OTTV_i$) โดยการคำนวณค่า $OTTV_i$ และค่า OTTV แสดงดังสมการที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ ส่วนสมการที่ 2.11 และ 2.13 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ซึ่งเป็นค่าส่วนกลับของความต้านทานความร้อนรวม (R_T) ที่คำนวณจากสมการ 2.12

$$OTTV_i = (U_W)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_F)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.9)$$

$$OTTV = \frac{(A_{w_1})(OTTV_1) + (A_{w_2})(OTTV_2) + \cdots + (A_{w_i})(OTTV_i)}{A_{w_1} + A_{w_{2+\cdots+}} A_{w_i}} \quad (2.10)$$

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2.11)$$

$$R_T = \frac{\Delta x}{k} \quad (2.12)$$

$$U = \frac{1}{\frac{\Delta x}{k}} = \frac{k}{\Delta x} \quad (2.13)$$

โดยที่

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2)

OTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารผ่านผนัง (W/m^2)

U_W คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ($W/m^2.°C$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบโดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง ($W/m^2.°C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้ประกาศกำหนด

ESR คือ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และหรือผนังทึบ (W/m^2)

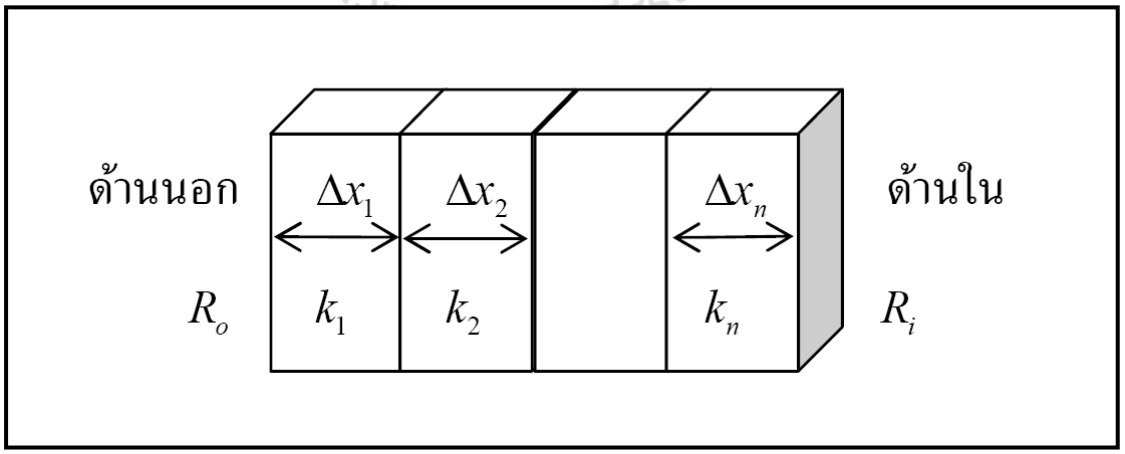
A_{wi} = พื้นที่ของผนังที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง (m^2)

R_T = ความต้านทานความร้อนของผนัง ($m^2.°C$ /W)

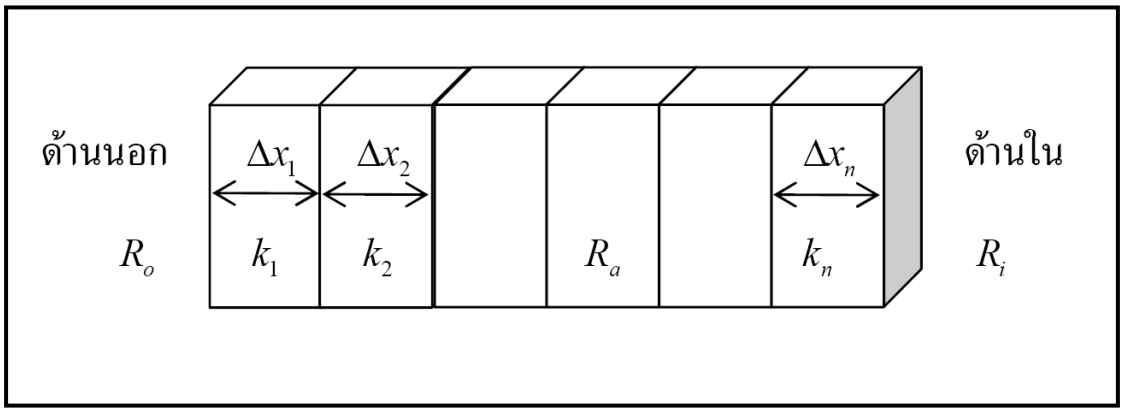
Δx = ความหนาของวัสดุ (m)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m.°C)

ในกรณีที่ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด แสดงดังรูปที่ 2.8 สามารถคำนวณค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง (R_T) โดยใช้สมการที่ 2.14 และสำหรับกรณีที่ผนังอาคารอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดและมีช่องว่างอากาศอยู่ภายใน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 สามารถคำนวณค่าความต้านทานความร้อนรวม จากสมการที่ 2.15



รูปที่ 2.8 ลักษณะของผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด (กระทรวงพลังงาน, 2553)



รูปที่ 2.9 ลักษณะของผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดและมีช่องว่างอากาศภายในผนังอาคาร (กระทรวงพลังงาน, 2553)

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \cdots \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \quad (2.14)$$

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \cdots R_a + \cdots \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \quad (2.15)$$

โดยที่

R_T = ความต้านทานความร้อนรวมของผนัง (m^2.°C/W)

ΔX_i = ความหนาของวัสดุที่อาคารประกอบขึ้นเป็นผนังชนิดที่ 1,2,3, ..., n ตามลำดับ (m)

k_i = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1,2,3, ..., n ตามลำดับ (W/m.°C)

R_0 = ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร (m^2.°C /W)

R_i = ความต้านทางความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร (m^2.°C /W)

R_a = ความต้านทางความร้อนของช่องว่างอากาศภายในผนังอาคาร (m^2.°C /W)

2.7.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof thermal transfer value; RTTV) คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตถ่วงน้ำหนักของการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้าน ($RTTV_i$) การคำนวณค่า $RTTV_i$ และค่า RTTV แสดงในสมการที่ 2.16 และ 2.17 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าส่วนกลับของความต้านทานความร้อนรวม (R_T) ก็สามารถใช้สมการที่ 2.11-2.13 เช่นเดียวกับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง

$$RTTV_i = (U_r)(1 - SRR)(TD_{eq}) + (U_S)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.16)$$

$$RTTV = \frac{(A_{w_1})(RTTV_1) + (A_{w_2})(RTTV_2) + \cdots + (A_{w_i})(RTTV_i)}{A_{w_1} + A_{w_2} + \cdots + A_{w_i}} \quad (2.17)$$

โดยที่

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณา (W/m^2)

RTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (W/m^2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ ($W/m^2.°C$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาโดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

U_S คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง ($W/m^2.°C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกหลังคา ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

ESR คือ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังโปร่งแสง

A_{wi} คือ พื้นที่ของหลังคาที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง (m^2)

2.7.3 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่อยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้บางช่วงเวลาของปี จะมีอากาศค่อนข้างร้อน และบางครั้งเกิดสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว ดังนั้นจึงทำให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในการลดอุณหภูมิภายในที่พัก หรืออาคารต่าง ๆ เพื่อการสร้างภาวะน่าสบายสำหรับผู้ที่อยู่ภายในอาคารด้วยอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งได้แก่ พัดลม และเครื่องปรับอากาศ อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานไฟฟ้าลดอุณหภูมิ โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศเป็น

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในอาคาร ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานอย่างเหมาะสม จะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศภายในอาคารพักอาศัย และควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง และมีขนาดการใช้งานเหมาะสมกับขนาดห้อง จะทำให้ลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศและลดรายจ่ายครัวเรือน ในส่วนค่าพลังงานไฟฟ้า

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ.2552 สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก มีหลักเกณฑ์ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) คือ อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้ (สมการที่ 2.18)

$$\mathrm{COP} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{W}} \qquad (2.18)$$

โดยที่

COP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

Q หมายถึง ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

W หมายถึง พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น คือ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยกำหนดในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy efficiency ratio, EER) คือ อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง กับพิกัดกำลังไฟฟ้าหน่วยเป็นวัตต์ ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้ (สมการที่ 2.19)

$$\mathrm{EER} = 3.412(\mathrm{COP}) \qquad (2.19)$$

โดยที่

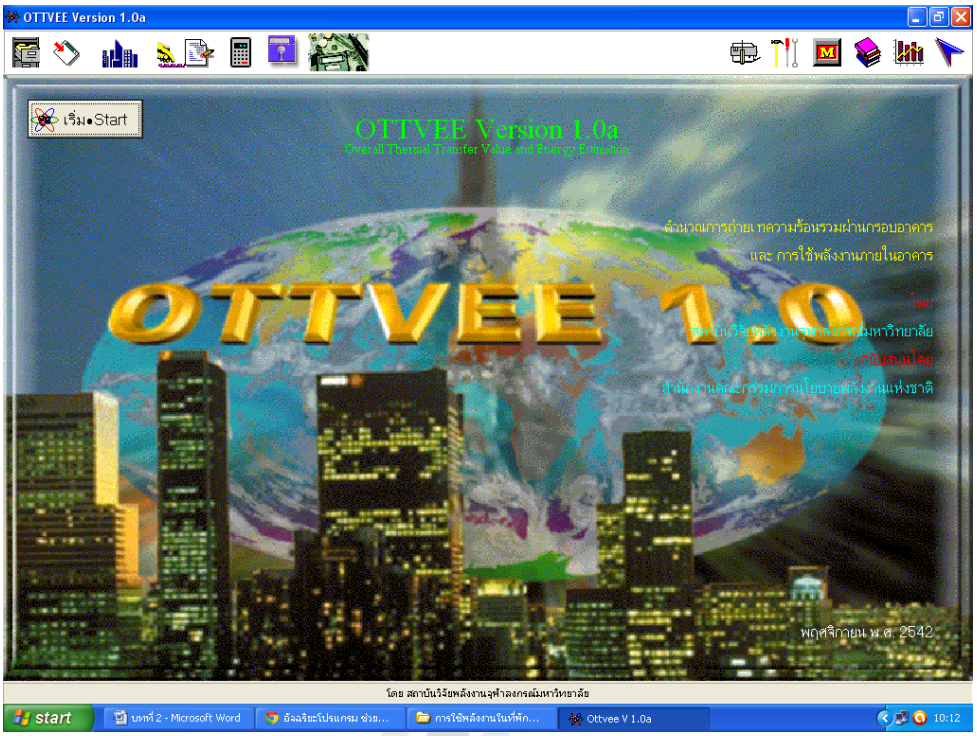
EER หมายถึง อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ((Btu/h-W)

2.7.4 ซอฟแวร์ที่ใช้ในการประเมินการใช้พลังงานในที่พักอาศัย

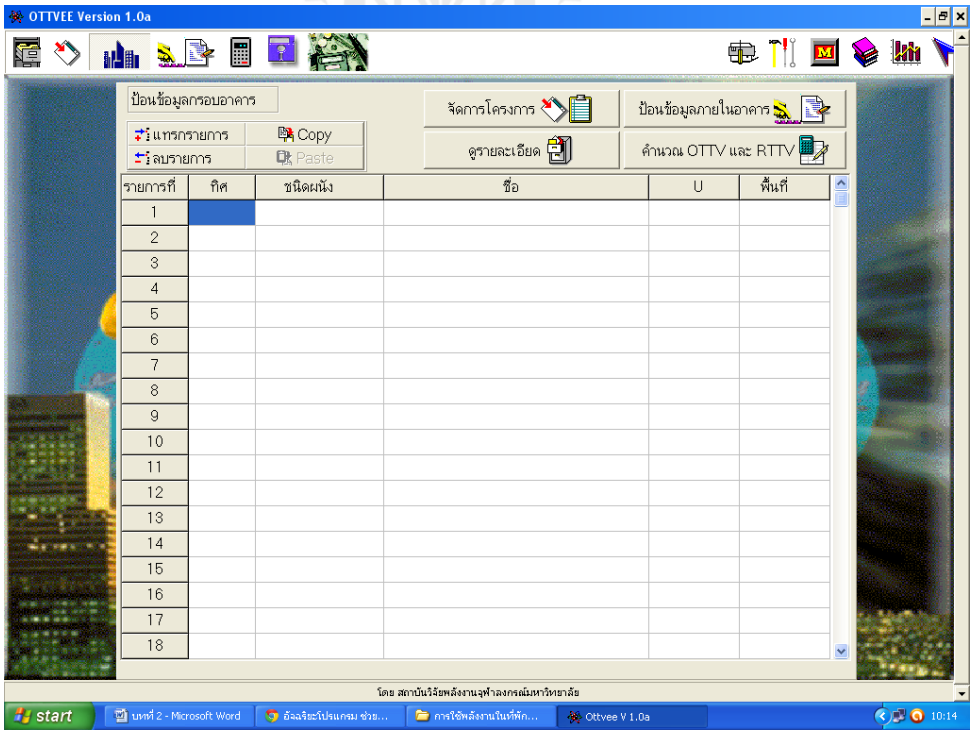
2.7.4.1 โปแกรม OTTVEE 1.0a

การพัฒนาโปรกรม OTTVEE 1.0a เพื่อช่วยในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง และค่าความร้อนรวมผ่านหลังคา ตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงานปี 2535 ซึ่งมีเจตนารมณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน และอาคาร โดยใช้มาตรการบังคับควบคู่ไปกับการให้สิ่งจูงใจ และให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (พพ.) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการดำเนินการภาคบังคับ ในการออกแบบและปรับปรุงอาคาร กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจึงได้กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร (OTTV) และการถ่ายเทความร้อนของหลังคา (RTTV) ซึ่งมีวิธีการคำนวณและขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานได้ให้การสนับสนุนสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จัดทำโปรแกรมคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร และการใช้พลังงานภายในอาคาร (Overall Thermal Transfer Value and Energy Estimation : OTTVEE) โดยวัตถุประสงค์ของการจัดทำโปรแกรมเพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบอาคาร โดยการนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงรูปแบบของอาคารให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน แต่โปรแกรมฯ ดังกล่าวยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ยาก และมีข้อจำกัดอยู่มาก สถาปนิกและผู้ออกแบบไม่เห็นภาพรวมว่าการเพิ่มหรือลดค่า OTTV หรือ RTTV มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคารและการลงทุนอย่างไร ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สถาปนิกและผู้ออกแบบไม่เห็นคุณค่าของการคำนวณ OTTV และ RTTV ตัวอย่างหน้าจอหลักของโปรแกรม OTTVEE 1.0a การนำเข้าข้อมูลและการประมวลผล แสดงดังรูปที่ 2.10-2.12 ตามลำดับ

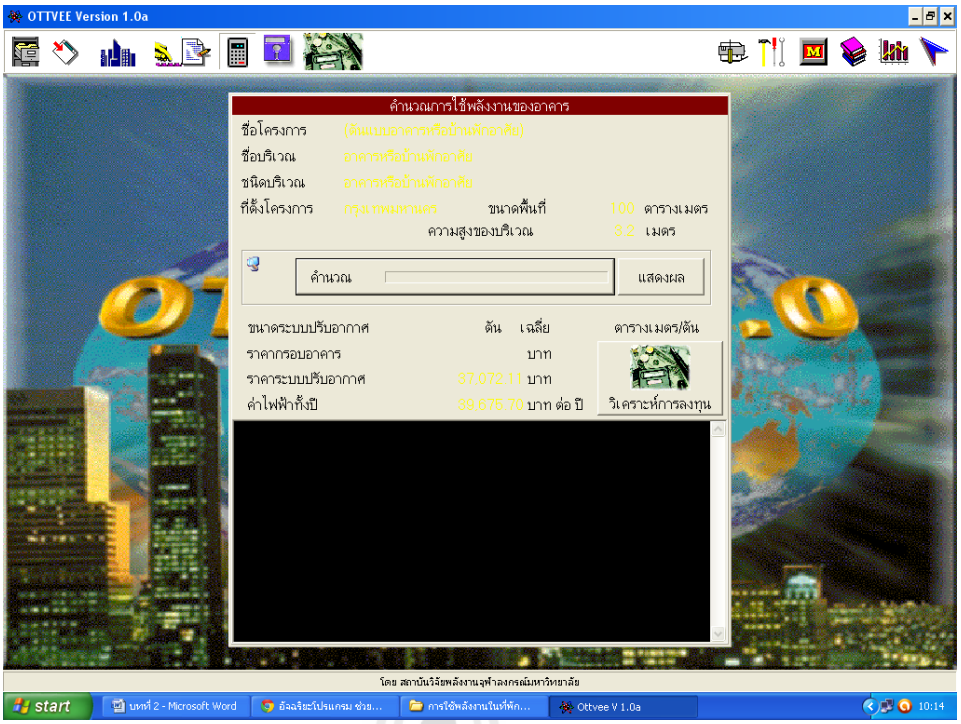
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.10 ภาพหนาจอหลักของโปรแกรม OTTVEE 1.0a



รูปที่ 2.11 ภาพหน้าจอหลักการนำเข้าข้อมูลของโปรแกรม OTTVEE 1.0a



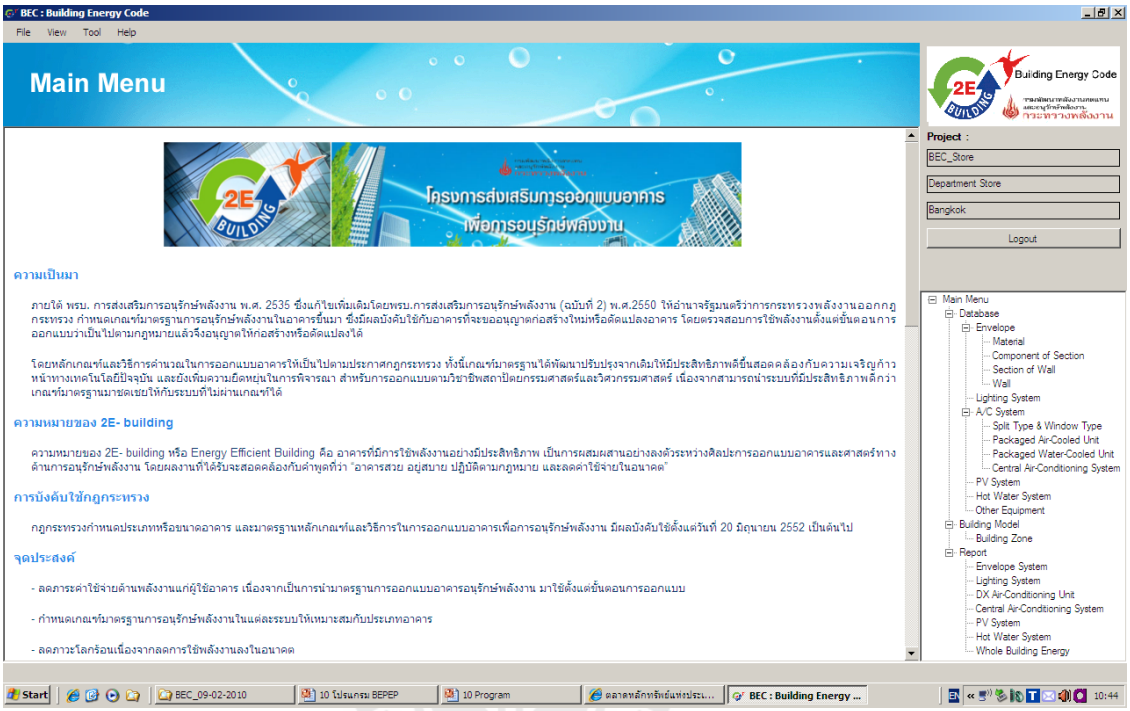
รูปที่ 2.12 ภาพหน้าการแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม OTTVEE 1.0a

2.7.4.2 โปรแกรม BCE

กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือ ขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ วิธีในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550 ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตสร้างใหม่ หรือดัดแปลงอาคารให้มีการออกแบบเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย ซึ่งการดำเนินงานจะต้องมีการเตรียมความพร้อม เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จึงได้จัดตั้ง "ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน" เพื่อเป็นศูนย์รวมข้อมูลทางวิชาการ ให้คำปรึกษาด้านการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ส่งเสริมและสนับสนุนให้อาคารที่ก่อสร้างหรือดัดแปลง มีการออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย และเผยแพร่ให้ความรู้แก่ผู้ออกแบบอาคาร ซึ่งได้แก่ วิศวกร และสถาปนิก ให้มีความเข้าใจสามารถดำเนินการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยอมรับ และสร้างแรงขับเคลื่อนให้เกิดการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลให้มีการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

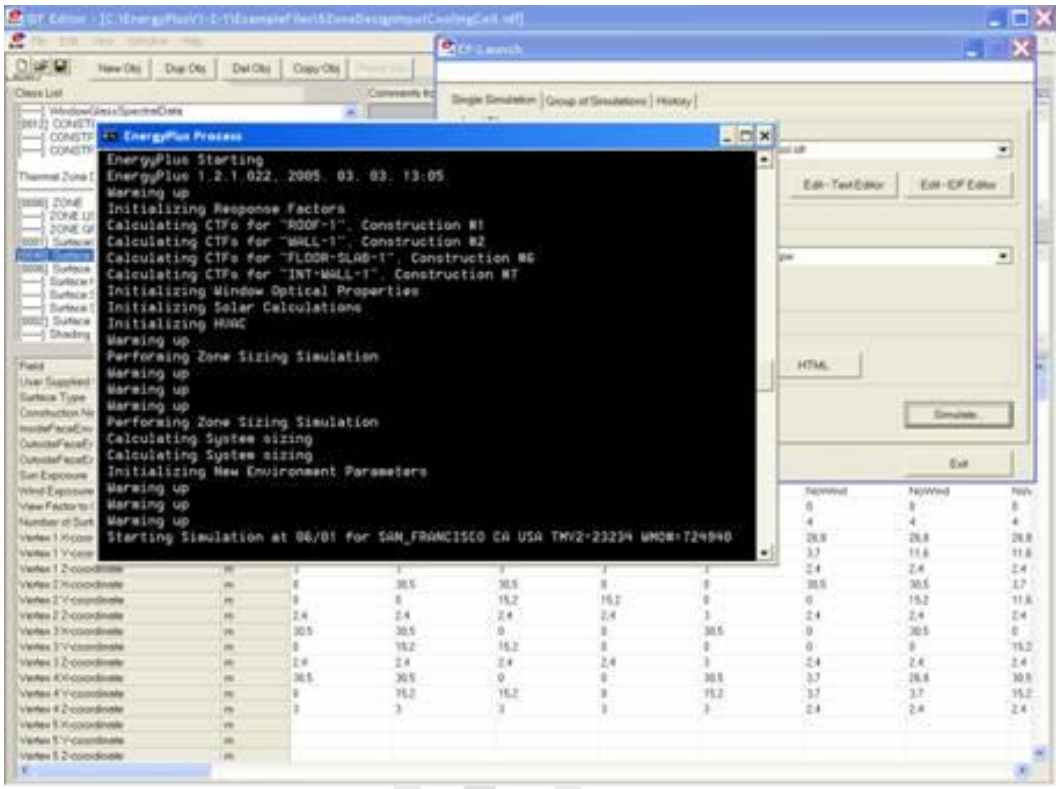
โปรแกรม BEC จะช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจ และประเมินการออกแบบอาคารว่าเป็นไปตามที่กฎกระทรวงกำหนดหรือไม่ รวมทั้งช่วยสถาปนิก หรือวิศวกร ในการกำหนดแบบ

อาคารให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน โดยนำค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นป้อนลงในโปรแกรม เช่น ชนิดของวัสดุก่อสร้าง กรอบอาคารที่ใช้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ เป็นต้น เพื่อใช้ในการตรวจและประเมิน ดังแสดงหน้าจอหลักในรูปที่ 2.13 และการแสดงผลในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 ภาพหน้าจอหลักของโปรแกรม BCE

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, http://2e-building.com/detail.php?id=14



รูปที่ 2.14 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม BCE

ที่มา: http://www.graphisoft.com/products/archicad-solutions/energize9_whitepaper.html

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาของ วิรัตน์ ตั้งคุณาพันธ์ สมนึก ธีระกุลพิศุทธิ์ และประพัทธ์ สันติวรากร (2549) ได้ทำการศึกษาวิธีการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกของอาคาร จากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และหลังคาอาคาร (RTTV) ที่มีความใกล้เคียงกับภาระการทำความเย็นที่คำนวณด้วยวิธีมาตรฐาน เพื่อใช้ในการคำนวณหาผลการประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงค่า OTTV และ RTTV สำหรับอาคารควบคุม โดยการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาการเปรียบเทียบการหาค่าภาระความเย็นโดยวิธี Transfer Function Method (TFM) ดังแสดงในสมการที่ 2.22 ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าภาระการทำความเย็นโดยใช้หลักการ Finite Element ที่ได้มีการแบ่งผนังออกเป็นส่วน ๆ เพื่อที่จะคิดถึงผลของการเก็บกักความร้อน และการหาค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากความสัมพันธ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นระหว่าง OTTV และ RTTV กับภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกอาคาร ดังแสดงในสมการที่ 2.20 ถึงสมการที่ 2.24 สามารถนำค่า OTTV และ RTTV ไปประเมินหาค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกของอาคาร โดยใช้

แบบจำลองอาคารจำนวนสี่แบบที่กำหนดขึ้น ประกอบด้วย แบบที่ 1 อาคารสำนักงานสูง 10 ชั้น แบบที่ 2 โรงแรมสูง 15 ชั้น แบบที่ 3 อาคารสำนักงานสูง 6 ชั้น และแบบที่ 4 โรงแรมสูง 27 ชั้น เพื่อต้องการลดความคลาดเคลื่อนที่มีค่าสูง จึงได้ศึกษาหาความสัมพันธ์การถดถอยแบบเชิงเส้นระหว่าง OTTV กับค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกของผนังอาคาร

$$\text{Cooling load } (W/m^2) = 0.598 \text{ X OTTV} + k_1 \quad (2.20)$$

$$k_1 = 15.622 \text{ X WWR} + 0.0494 \quad (2.21)$$

$$\text{Cooling load } (W/m^2) = 0.602 \text{ X OTTV} + k_2 \quad (2.22)$$

$$k_2 = 16.814 \text{ X WWR} + 0.0552 \quad (2.23)$$

$$\text{Cooling load } (W/m^2) = 0.7707 \text{ X RTTV} - 3.0781 \quad (2.24)$$

จากการศึกษาพบว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากวิธี TFM โดยใช้แบบจำลองอาคารทั้งสี่แบบ พบว่าความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงเมื่อนำค่า OTTV และ RTTV สำหรับหลังคาที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนมาประเมินหาค่าภาระการทำความเย็น จึงได้หาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างค่า OTTV กับค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผนังภายนอกของอาคาร ได้ความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นและมีระดับค่าความเชื่อมั่น R^2 เท่ากับ 0.97 และจากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สามารถนำค่า OTTV ไปประเมินหาค่าภาระการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกับภาระการทำความเย็นที่คำนวณโดยวิธี TFM โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 7% ในส่วนของภาระการทำความเย็นที่ประเมินได้จากค่า RTTV สำหรับหลังคาที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนต้องทำการหาความสัมพันธ์ใหม่เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูง

การศึกษาของวิชุตา อยู่ยงค์ และพัฒนะ รักความสุข (2551) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินเทคโนโลยีสำหรับอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง ซึ่งทำการศึกษาการใช้พลังงานของอาคารโดยสร้างแบบจำลองของอาคารสำนักงานใช้โปรแกรม EnergyPlus เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนาแล้วนำเกณฑ์ค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (OTTV) ซึ่งมีความสำคัญต่อการพิจารณาการใช้พลังงานของอาคารเบื้องต้น การสร้างแบบจำลองนั้นจำเป็นป้อนข้อมูลของอาคารสภาพอากาศเขตกรุงเทพมหานคร เกิดการประมวลผลนำไปสู่ค่าการใช้พลังงานของอาคาร ทำการแปรเปลี่ยนผลตามแนวทางการปรับปรุง การประเมินผลนั้นได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีของวัสดุ (ชนิดกระจกและชนิดฟิล์ม) เน้นด้านการออกแบบกรอบอาคาร

จากการศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ได้นำเสนอเทคโนโลยีของวัสดุโดยเน้นการออกแบบกรอบอาคาร ซึ่งมีพารามิเตอร์ 3 แบบ คือชนิดของกระจก (กระจก 2 ชั้น), ชนิดของฟิล์ม และตำแหน่งของทิศ สามารถสรุปผลได้ 2 ด้านคือผลทางด้านปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือ การใช้กระจกสองชั้น สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด 5.66% ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 1,406 MWh/ปี และประหยัดค่าไฟฟ้า 4,663,702 บาท/ปี และผลด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีระยะคืนทุนสั้นที่สุด 6.7 ปี อัตราผลตอบแทนภายในสูงสุด 15% และค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก 21,328,077 บาท/ปี เหมาะต่อการลงทุน ส่วนแนวทางการปรับปรุงโดยพิจารณาตำแหน่งของทิศในการติดตั้งวัสดุแต่ละด้าน ซึ่งการติดตั้งเฉพาะทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ให้ผลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงที่ใกล้เคียงกันประมาณ 294- 296 MWh/ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด 1.50 – 1.51% และประหยัดค่าไฟฟ้ 975,198 - 981,832 บาท/ปี และผลด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีระยะคืนทุนสั้นที่สุด 6.4 ปี มีค่าอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุด 15.6 – 15.7% และค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก 4,742,139 - 4,816824 บาท/ปี

การศึกษาของสมชาย อินทะตา สุรัตน์ อัตถจริยกุล และเรืองรุชดิ์ ธีระโรจน์ (2549) ได้ทำการศึกษาการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุก่อสร้างที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อน และเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศสำหรับบ้านพักอาศัย โดยการเปรียบเทียบค่า OTTV ของวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 วัสดุก่อสร้างและสมบัติของวัสดุ

วัสดุ	ρ (kg/m^3)	Thickness (m)	k ($W/m^{\circ}C$)
วัสดุผนัง			
1. ผนังสำเร็จรูป EIFS	400	0.060	0.082
2. Fine Wall ทำจากคอนกรีตมวลเบา	800	0.080	0.519
3. ผนังคอนกรีตมวลเบาซุปเปอร์บล๊อก	600	0.080	0.567
4. อิฐมอญไม่ฉาบปูน	1800	0.065	1.154
5. อิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน 4 นิ้ว			
1. ปูนผสมทราย	1568	0.025	0.533
2. อิฐความชื้น 6 %	1872	0.05	1.221

วัสดุ	ρ (kg/m^3)	Thickness (m)	k ($W/m^{\circ}C$)
3. ปูนผสมทราย	1568	0.025	0.533
6. อิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน 8 นิ้ว			
1. ปูนฉาบน้ำหนักเบา	300	0.010	0.063
2. อิฐความชื้น 6 %	1872	0.200	1.221
3. ปูนฉาบน้ำหนักเบา	300	0.010	0.063
7. ผนังคอนกรีตฉาบปูนมีช่องว่าง			
1. ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง	1140	0.020	0.274
2. ช่องว่างแนวราบ 100 มม.			
3. คอนกรีตเบาหนาแน่นมาก	1280	0.050	0.476
8. ผนังหินอ่อนมีช่องว่าง			
1. ปูนผสมทราย	1568	0.005	0.533
2. แผ่นยิปซั่ม	880	0.009	0.191
3. คอนกรีตเบา หนาแน่นกลาง	1120	0.020	0.346
4. ช่องว่างผนัง 5 มม.			
5. หินอ่อน	2640	0.025	1.298
9. ผนัง EIFS HHEM หนา 3 นิ้ว (ประกอบขึ้นมาเอง)			
1. ฉนวนใยแก้ว	60	0.025	0.036
2. โฟม หนาแน่น 200 กก/$ม^3$	200	0.075	0.034
3. แผ่นยิปซัม	880	0.012	0.191
4. ช่องว่างผนัง 100 มม.			
5. แผ่นยิปซั่ม	880	0.012	0.091
10. ผนังคอนกรีต ฉาบปูน			
1. ปูนฉาบน้ำหักขนาดกลาง	1104	0.020	0.274
2. คอนกรีตเบา หนาแน่นมาก	1280	0.050	0.476
11. ผนังอาคาร มีฉนวน			
1. หินทราย	2000	0.005	1.298
2. โพลียูรีเทนโฟม	24	0.160	0.024
3. ใยแก้ว สอดใส้อยู่ระหว่าง	32	0.075	0.035
4. ช่องว่างผนัง 20 มม.			
5. แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1860	0.012	0.198
12. ผนังไม้เนื้อแข็ง (ไม้มะค่า)	800	0.022	0.217

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัสดุ	ρ (kg/m^3)	Thickness (m)	k (W/m°C)
13. ผนังไม้เนื้อแข็งปานกลาง (ไม้สน)	600	0.022	0.176
14. ผนังไม้เนื้ออ่อน (ไม้จำปา)	500	0.022	0.131
15. ผนังไม้อัด	900	0.011	0.213
16. ผนังกระจก 2 ชั้น 1. แผ่นกระจก 2. ช่องว่างผนัง 100 มม. 3. แผ่นกระจก	 2512 2512	 0.015 0.015	 1.053 1.053
17. ผนังกระจกสีชา 1. แผ่นกระจก 2. ฟิล์มสะท้อนแสงชา	 2512	 0.006	 1.053
18. ผนังกระจกติดฟิล์ม 1. แผ่นกระจก 2. ฟิล์ม 3 M	 2512	 0.015	 0.960
19. ผนังกระจกธรรมดา	2500	0.006	0.960
20. ผนังกระจกสีชา	2500	0.006	0.913
21. ผนังกระจกสะท้อนแสง	2500	0.006	0.931
22. ผนังกระจกเงา	2500	0.006	0.853
วัสดุหลังคา			
23. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	800	0.005	0.389
24. สกายไลท์ (ทำจากพลาสติกโพลีคาโบเนต เป็นแผ่นเรียบ)	200	0.010	0.108
25. กระเบื้องคอนกรีตซีแพคโมเนีย สีแดง	2400	0.012	0.993
26. กระเบื้องใยหินลอนเล็ก	1800	0.005	0.338
27. กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงลอนใหญ่	1700	0.002	0.186
28. กระเบื้องลูกฟุกซีแพคโมเนียโปร่งแสง	1300	0.004	0.160
29. กระเบื้องใยแก้วลอนคู่ สีขาวขุ่น	1500	0.002	0.202
30. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	2000	0.006	0.441
วัสดุฉนวนกันความร้อน			
31. ฉนวนใยแก้ว	60	0.012	0.036
32. โฟม ความหนาแน่น 20 กก/ม^3	20	0.012	0.038
33. โฟม ความหนาแน่น 200 กก/ม^3	200	0.052	0.034
34. ฉนวนแผ่นยาง “Aeroflex” (ทำจากยางพารา)	80	0.055	0.035

วัสดุ	ρ (kg/m^3)	Thickness (m)	k (W/m°C)
35. ฉนวนฟอล์ยอลูมินั่ม 2 ด้าน	32	0.025	0.0039
36. โพลียูรีเทนโฟม (ฉนวนที่มีน้ำหนักเบา ค่าการดูดซึมน้ำต่ำมาก)	60	0.026	0.024
วัสดุฝ้าเพดาน			
37. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	1700	0.008	0.397
38. เซลโลกรีตชนิดธรรมดา (ทำจากใยไม้เล็ก ๆ ผสมกับปูนซีเมนต์แล้วอัดเข้าเป็นแผ่น)	500	0.020	0.106
39. เซลโลกรีตชนิดโฟม	300	0.020	0.068
40. แผ่นยิปซั่มชนิดธรรมดา	880	0.010	0.282

จากผลการวิจัยการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงานมีข้อสรุปดังนี้

1. ค่า OTTV และค่า RTTV จะแปรผกผันกับราคาค่าก่อสร้าง
2. ไม้ ไม่เหมาะสมที่ใช้เป็นวัสดุผนัง สำหรับห้องที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ
3. กระจกมีค่า OTTV สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (45 วัตต์ / ตร.ม.)
4. ค่า RTTV ของวัสดุหลังค่าทั่ว ๆ ไป มีค่าใกล้เคียงกันมาก ยกเว้น หลังคาสกายไลท์ ที่เป็นวัสดุกันความร้อนได้ดี
5. ผนังอาคารที่มีฉนวนอยู่ระหว่างช่องว่างผนัง (หินทราย, โพลียูรีเทนโฟม, ใยแก้วสอดใส้ อยู่ระหว่าง 20 มม. และแผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส) และผนังอิฐมอญไม่ฉาบปูน จะมีค่า OTTV ต่ำสุด และสูงสุดแตกต่างกัน 70.40 วัตต์ / ตร.ม. โดยพบว่าผนังที่มีค่า OTTV ต่ำ ราคาค่าก่อสร้างจะสูงกว่า และจากการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างกับการประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศของผนังทั้งสอง พบว่าระยะคืนทุนประมาณ 4-6 ปี
6. ผนังกระจกสีชาติดฟิล์ม และผนังกระจกธรรมดา มีค่า OTTV ต่ำสุดและสูงสุดแตกต่างกัน 134.94 วัตต์ / ตร.ม. และพบว่าระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2-3 ปี
7. เมื่อคำนวณพลังงานที่ลดลงจากการใช้เครื่องปรับอากาศของบ้านชั้นเดียว โดยมีผนังเป็นอิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน ขนาดพื้นที่ 150 ตารางเมตร ผนังกระจกธรรมดา 30 ตารางเมตร และมีหลังคาขนาดพื้นที่ 95 ตารางเมตร โดยถ้ามีการเปลี่ยนเป็นวัสดุประหยัดพลังงาน ดังนี้ คือ ผนังสำเร็จรูป EIFS หนา 3 นิ้ว และผนังกระจกติดฟิล์ม 3 M ระยะการคืนทุนของบ้านหลังนี้จะอยู่ที่ประมาณ 4.5 ปี

บทที่ 3
วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

วัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารมีส่วนสำคัญในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งแบ่งเป็นสามกลุ่ม คือ วัสดุผนัง วัสดุหลังคา และวัสดุฉนวนกันความร้อน การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารอย่างเหมาะสม จะสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกเนื่องจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารที่พักอาศัย ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร นอกจากนี้ความร้อนที่มาจากภายนอกอาคารก็ยังมีปริมาณมากกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร สำหรับในบทนี้ จะแสดงประเภทของวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารแต่ละชนิดที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

3.1 วัสดุผนัง

สำหรับวัสดุผนัง ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา ไม้ เซลโลกรีตชนิดธรรมดา เซลโลกรีตชนิดโฟม และกระจก โดยวัสดุแต่ละชนิดจะคุณสมบัติข้อดี และข้อเสีย แตกต่างกัน ดังจะแสดงรายละเอียดเป็นลำดับถัดไป

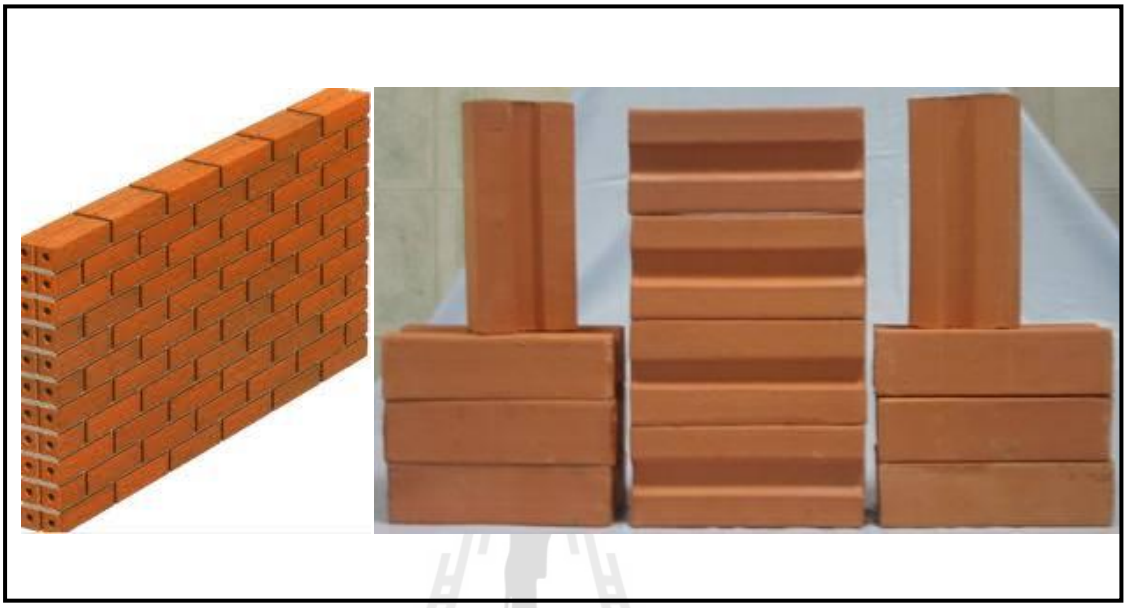
3.1.1. อิฐมอญ

อิฐมอญ เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นมาจากดินเหนียวเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรง จะมีสีค่อนข้างแดง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ดังนั้นบางครั้งจึงมีการเรียกอิฐมอญว่าอิฐแดง อิฐมอญเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตได้เองในประเทศ โดยทั่วไปจะมีความยาวอยู่ระหว่าง 14 ถึง 16 เซนติเมตร และมีความกว้างอยู่ระหว่าง 2.5 ถึง 4 เซนติเมตร มีความหนาอยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 เซนติเมตร

ข้อดีของอิฐมอญ คือ เป็นวัสดุที่จัดว่า มีขนาดหลากหลาย มีผู้ผลิตหลายเจ้า อิฐมอญจึงมีขายทั่วไปตามท้องตลาด หาซื้อได้ง่าย และมีราคาไม่แพงมากนัก นอกจากนี้อิฐมอญยังเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้งานมาอย่างยาวนาน ดังนั้นช่างก่อสร้างทั่วไปจึงมีความชำนาญในการก่อสร้าง และอิฐมอญเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความคงทนและมีอายุการใช้งานยาวนาน

สำหรับข้อเสียของอิฐมอญ คือ อิฐมอญเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง ดังนั้นจึงมีปัญหาในเรื่องของน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้เสียเวลาในการทำงานก่อสร้าง แล้วเมื่อคำนวณน้ำหนักของผนังก่ออิฐมอญ และปูนฉาบ ที่น้ำหนักโดยรวมค่อนข้างมาก จะทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในส่วนของโครงสร้างเสา และคาน ที่ต้องออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักได้สูง ดังนั้นจึงต้องมีการเสริมเหล็ก

โครงสร้างอาคาร ขณะเดียวกันการที่อิฐมอญมีขนาดเล็ก การเรียงก่ออิฐก้อนเล็ก ๆ ทีละก้อนก็ทำให้การก่อสร้างล่าช้า ใช้แรงงานมาก ทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นด้วย



รูปที่ 3.1 ลักษณะของอิฐมอญ

ที่มา: http://www.rppthai.com/pr_eit_blaock.htm และ

http://www.weloveshopping.com/shop/showproduct.php?pid=12961238&shopid=166044

3.1.2 คอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อก (Concrete block) หรือที่มักเรียกกันโดยทั่วไปว่า อิฐบล็อก มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2 อิฐบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุก่อ เช่นเดียวกับอิฐมอญ สำหรับก่อสร้างผนังอาคารทั่วไป คอนกรีตบล็อกส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง (Hollow concrete block) ทำให้มีช่องอากาศภายใน รูปร่างของคอนกรีตบล็อกเป็นก้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดมาตรฐานได้แก่ ขนาด 0.07 x 0.19 x 0.39 เมตร ขนาด 0.09 x 0.19 x 0.39 เมตร และขนาด 0.14 x 0.19 x 0.39 เมตร

ข้อดีของอิฐบล็อก คือมีช่องอากาศภายใน จะเป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี คอนกรีตบล็อกมีการผลิตในลักษณะอุตสาหกรรมมากกว่าอิฐมอญ และเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างเนื่องจากช่างมีความเคยชินในการทำงานอยู่แล้ว อีกทั้งยังสามารถทำงานได้เร็วเพราะมีขนาดก้อนใหญ่กว่าอิฐมอญ และเนื่องจากอิฐบล็อกเป็นวัสดุที่ใช้กันมายาวนาน จึงเป็นข้อพิสูจน์ได้ว่า อิฐบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างอีกชนิดหนึ่งที่มีความคงทนและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

ข้อเสียของอิฐบล็อกคือจะเปราะและแตกง่าย การตอกตะปูยึดพุกต้องทำที่ปูนก่อ เสาเอ็น หรือคานเอ็น น้ำจะซึมผ่านคอนกรีตบล็อกได้ดีกว่าอิฐมอญ

รูปที่ 3.2 ลักษณะของอิฐบล็อก

3.1.3 คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทก่อ มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.3 ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ได้แก่ ทราย ซีเมนต์ ปูนขาว น้ำ ยิปซั่ม และผงอะลูมิเนียมผสมรวมกัน แต่ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดก็คือฟองอากาศเล็ก ๆ เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting voids) ที่อยู่ในเนื้อวัสดุมากประมาณ 75% ทำให้น้ำหนักเบา ซึ่งเป็นผลดี ช่วยให้ประหยัดโครงสร้าง นอกจากนี้ฟองอากาศที่อยู่ในเนื้อวัสดุยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี คอนกรีตมวลเบาขนาดมาตรฐาน มีความกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และมีความหนา 7.5 เซนติเมตร

สำหรับในปัจจุบันคอนกรีตมวลเบาเริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากคุณสมบัติเด่นคือมีน้ำหนักเบา มีขนาดมาตรฐานเท่ากันทุกก้อน ป้องกันความร้อนได้ดี สามารถทนไฟ ป้องกันเสียง สามารถใช้ตัดตกแต่งให้เข้ารูปในการใช้งานได้ง่าย ไม่มีเศษเป็นอิฐหัก ซึ่งเป็นช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างและลดต้นทุนโครงสร้างของทั้งผู้สร้างบ้าน และผู้รับเหมาก่อสร้าง ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า และทำให้ผู้อยู่รู้สึกเย็นสบาย ไม่ร้อนอบอ้าว ส่วนอายุการใช้งานของคอนกรีตมวลเบา ถือว่าเท่ากับอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีต คือ 50 ปี เนื่องจาก

เป็นวัสดุที่ส่วนผสมจาก ปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซั่ม สารกระจายฟอง ดังนั้นจึงมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าอิฐมอญ

ข้อเสียของคอนกรีตมวลเบาซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ และมีรูพรุนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ภายใน จึงทำให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่มีความเปราะสูง และยังเป็นวัสดุชนิดใหม่ จึงมีช่างที่มีความชำนาญในก่อสร้างผนังด้วยคอนกรีตมวลเบาจำนวนค่อนข้างน้อย

รูปที่ 3.3 คอนกรีตมวลเบา

3.1.4 ไม้

ไม้ เป็นวัสดุแข็งที่ทำจากแก่นลำต้นของต้นไม้ ส่วนใหญ่เป็นไม้ยืนต้น โดยแบ่งเป็นไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้เต็ง ไม้แดง ไม้สัก ไม้เนื้อแข็งปานกลาง เช่น ไม้ยาง ไม้นนทรี ไม้ซุมแพรก และสุดท้ายคือไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้ก้านเหลือง ไม้มะยม ไม้มะพร้าว ไม้สยาขาว ไม้จัดได้เป็นวัสดุสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในการก่อสร้าง เพราะมีน้ำหนักน้อย ตัดกลึงหรือเปลี่ยนรูปได้ง่าย มีความสวยงามตลอดจนสามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นได้ มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.4 แต่ข้อเสียของไม้ก็คือมีความแข็งแรงต่ำ และมีคุณภาพในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน (Anisotropic) เช่น ความแข็งในทางปลาย (ขนานกับแนวเสี้ยน) จะต่างกับความแข็งที่รัศมี (Radial) หรือด้านสัมผัส (Tangential) เป็นต้น นอกจากนั้นในไม้ชนิดเดียวกัน ก็อาจจะมีความแตกต่างกันมากในด้านคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งขึ้นกับคุณภาพของไม้แต่ละท่อน ลักษณะการเลื่อย หรืออายุของไม้

รูปที่ 3.4 ไม้แปรรูปที่นิยมใช้ในการก่อสร้างอาคาร
ที่มา: http://xn--22c6dc7dte5a.com/ไม้/ตัวอย่างการเลือกใช้ไม้สำหรับงานก่อสร้าง.html

3.1.5 เซลโลกรีตชนิดธรรมดาและเซลโลกรีตโฟม

แผ่นเซลโลกรีต หรือ แผ่นเส้นใยไม้ซีเมนต์อัด (Wood wool cement board) คือการใช้ปูนซีเมนต์กับเส้นใยไม้เนื้ออ่อนผสมกัน และอัดแน่นด้วยเครื่องจักรอันทันสมัย โดยจะมีสองชนิด คือเซลโลกรีตแบบธรรมดา ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และเซลโลกรีตโฟม ดังแสดงในรูปที่ 3.6 แผ่นเซลโลกรีต มี 3 ขนาด ให้เลือกใช้ ได้แก่ขนาด 0.60 x 0.60 เมตร 0.60 x 1.20 เมตร และ 1.20 x 1.20 ม. และมีความหนาตั้งแต่ ½” ¾” 1” 2” และ 3” สำหรับเซลโลกรีตที่ใช้ในการทำผนังนั้น มักจะใช้ที่ความหนาเท่ากับ 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร) และ 3 นิ้ว (7.5 เซนติเมตร) ดังตัวอย่างการใช้เซลโลกรีตในงานผนังในรูปที่ 3.7

อุตสาหกรรมแผ่นเซลโลกรีตเป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาจากประเทศเยอรมัน และเริ่มผลิตในประเทศไทย ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2499 ภายใต้การผลิตของ บริษัท เซลโลกรีตไทย จำกัด ซึ่งในปัจจุบันเป็นวัสดุที่ใช้งานจากวงการก่อสร้างที่สามารถนำไปใช้งานได้เกือบทุก ๆ ส่วนของอาคาร เช่น ผนัง หลังคา ฝ้าเพดาน แบบเทคอนกรีต โดยมีข้อดีหลายประการได้แก่ เป็นฉนวนป้องกันความร้อน เก็บเสียงได้ดี ทนไฟ ทนแดด ทนฝน ปลวกไม่กิน ฉาบปูนตกแต่งผิวหน้าได้เช่นเดียวกับอิฐก่อน อีกทั้งยังสามารถทำการเลื่อย ไส และตีตะปู ได้เหมือนไม้ ติดตั้งได้ง่าย ส่วนข้อเสียของเซลโลกรีตคือเป็นวัสดุที่มีราคาแพง มีผู้ผลิตจำนวนน้อย

รูปที่ 3.5 เซลโลกรีตธรรมดา

ที่มา: http://www.cellocretethai.com/customize-ชนิดของแผ่นเซลโลกรีต-86612-1.html

รูปที่ 3.6 เซลโลกรีตชนิดโฟม

ที่มา: http://www.cellocretethai.com/customize-ชนิดของแผ่นเซลโลกรีต-86612-1.html

รูปที่ 3.7 งานก่อสร้างที่ใช้เซลโลกรีตเป็นวัสดุก่อผนัง
ที่มา: http://www.cellocretethai.com/customize-ชนิดของแผ่นเซลโลกรีต-86612-1.html

3.1.6 กระจก

กระจก โดยส่วนใหญ่จะมีความหมายถึงวัสดุที่ทำมาจากแก้ว มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคือซิลิคอน สามารถนำมาหลอม และนำไปขึ้นรูปได้ กระจกมีลักษณะ โปร่งใส และเป็นของแข็งโดยไม่จับผลึก กระจกสามารถนำไปใช้งานได้แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อเป็นวัสดุกั้นขวางที่ไม่ทึบแสง ใช้เพื่อเป็นฉนวนกั้น ใช้เพื่อประดับตบแต่งอาคาร นอกจากนี้กระจกยังถูกนำไปปรับปรุงสมบัติ เพื่อให้มีคุณลักษณะบางอย่าง เช่น ฉาบปรอทที่ด้าน ๆ หนึ่งเพื่อให้มีคุณสมบัติสะท้อนแสง เรียกว่ากระจกเงา หรือผสมสารชนิดอื่นลงไปในเนื้อสารให้มีสีสันหรือความทึบแสงบางส่วนหรือทั้งหมดเรียกว่า กระจกสี กระจกทึบ หรือกระจกควัน หรือนำไปพ่นทรายลงบนพื้นผิวเพื่อให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของความเรียบบนผิวทำให้แสงผ่านได้แต่มีลักษณะมัว ๆ เรียกว่ากระจกฝ้า

รูปที่ 3.8 การใช้กระจกในการทำผนังอาคาร

ที่มา: http://www.archthai.com/home/index.php?/dynamic-facade-ernst-giselbrecht.html

ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นนิยมใช้กระจกเป็นวัสดุผนัง ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความใสของกระจกสามารถใช้ในการปิดกั้นอาคารจากสภาพแวดล้อม ในขณะเดียวกันก็สามารถมองทะลุเนื้อกระจกไปได้ ด้วยคุณสมบัตินี้ยังทำให้แสงธรรมชาติสามารถผ่านกระจกเข้าไปสู่ภายในอาคารได้ ซึ่งจะเป็นการลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างภายในอาคารได้ แต่ด้วยคุณสมบัติเดียวกันนี้ก็เป็นข้อจำกัดในการใช้กระจกสำหรับเป็นผนังอาคาร เนื่องจากมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง ซึ่งในกรณีของผนังโปร่งแสงการถ่ายความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารจะเป็นการเทความร้อนแบบแผ่รังสีร่วมกับการนำความร้อน โดยค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกแต่ละชนิดจะมีความแตกกัน เนื่องจากสีของกระจก และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar heat gain coefficient; SHGC) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading coefficient; SC) สำหรับค่า SC นั้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดจากภายนอกอาคาร แต่จะมีค่าลดลงเมื่อมีการติดฟิล์มกรองแสงที่มีประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะเป็นผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าลดลง

3.2 วัสดุมุงหลังคา

สำหรับมุงวัสดุหลังคา เป็นวัสดุที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์มากกว่าผนัง เนื่องจากเป็นส่วนที่รับแสงโดยตรง สำหรับวัสดุหลังคาที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ กระเบื้องหลังคาคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องแอสฟัลต์ โดยจะแสดงรายละเอียดของวัสดุหลังคาแต่ละประเภทในข้อถัดไป

3.2.1 กระเบื้องหลังคาคอนกรีต

กระเบื้องหลังคาคอนกรีต มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.9 หรือชื่อที่เรียกโดยทั่วไปว่า กระเบื้องซีแพคโมเนีย เป็นกระเบื้องมุงหลังคาที่นิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะบ้านอยู่อาศัยเพราะมีความแข็งแรง ป้องกันความร้อนได้ดี เสียงไม่ดังเวลาฝนตก ให้ความสวยงามเพราะมีให้เลือกหลายสีดังแสดงการใช้กระเบื้องคอนกรีตเป็นวัสดุหลังคาในรูปที่ 3.10 แต่อย่างไรก็ดีการใช้กระเบื้องหลังคาคอนกรีตก็มีข้อเสีย คือมีน้ำหนักมาก และราคาแพงกว่ากระเบื้องมุงหลังคาชนิดอื่น สำหรับขนาดมาตรฐานของกระเบื้องคอนกรีตจะมีสองขนาด ได้แก่ 43.8 × 33 เซนติเมตร และ 33.4 × 42 เซนติเมตร ซึ่งจะมีความหนา 11 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.9 กระเบื้องหลังคาคอนกรีต

ที่มา: http://www.mahaphant.com/th/media-centre/news-detail.jsp?nwid=190

รูปที่ 3.10 การใช้กระเบื้องคอนกรีตเป็นวัสดุมุงหลังคา

ที่มา: http://xn--72cf3a2bya5bzcff3t.com/viewdetail.php?page=3&knowledges=42

3.2.2 กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน เป็นวัสดุมุงหลังคาที่เป็นที่นิยมมานาน มีอายุการใช้งานยืนยาว และราคาไม่แพง บางครั้งจะเรียกกันว่า “กระเบื้องลอนคู่” หรือ “กระเบื้องลูกฟูก” เหตุที่เรียกกระเบื้องชนิดนี้ก็คงจะเรียกตามลักษณะของตัวกระเบื้อง ที่มีลอนโค้งจำนวน 2 ลอนต่อกระเบื้องหลังคา 1 แผ่น (แม้ว่าในช่วงไม่นานมานี้จะมีผู้ผลิตบางรายผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหินที่มีจำนวนลอน 3 ลอนต่อ 1 แผ่นและตั้งชื่อว่ากระเบื้องไตรลอนแต่ก็ไม่มีคนนิยมเรียกกันเท่าไรนัก) ส่วนกระเบื้องซีเมนต์ใยหินที่มีจำนวนลอนถี่ต่อ 1 หนึ่งแผ่นก็เลยเรียกลูกฟูก ซึ่งก็จะแบ่งเป็นลูกฟูกลอนเล็กกับลูกฟูกลอนใหญ่ (ลูกฟูกลอนใหญ่ก็จะมีลอนที่ถี่น้อยกว่าลูกฟูกลอนเล็กและมีความลึกของลอนกระเบื้องที่มากกว่า)

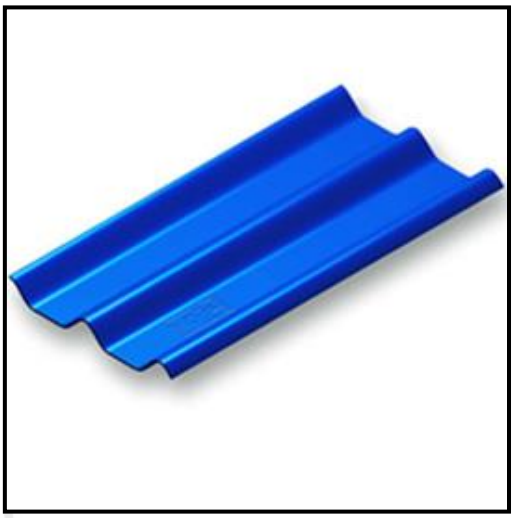
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินทำมาจากวัสดุหลัก 3 ชนิด คือ ใยหินสำลี (Asbestos fiber) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) และน้ำ (Water) โดยนำมาผสมกันให้มีความเหลวพอสมควร แล้วจึงเทลงในแบบหล่อแล้วนำลูกกลิ้งมาบดขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นลอนตามต้องการ และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น กระเบื้องซีเมนต์ใยหินที่นิยมใช้กันนั้นมีขนาดมาตรฐานดังนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 3.11)

- กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 × 100 ซม. และ 50 × 120 ซม.
- กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก ขนาด 54×120 ซม. และ 54×150 ซม.
- กระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่ ขนาด 102×120 ซม. และ 102×150 ซม.

ส่วนความหนาของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินนั้น ค่ามาตรฐานจะอยู่ที่ 4 มิลลิเมตรซึ่งบางยี่ห้อก็จะเพิ่มความหนาให้มากขึ้นเป็น 5-6 มิลลิเมตร เพื่อความแข็งแรง และเหตุผลในการตลาดเนื่องจากมีผลทางจิตวิทยากับทางผู้บริโภคในเรื่องของความหนาที่มากกว่าคู่แข่ง สำหรับความยาวของกระเบื้องที่แตกต่างกันนี้ ก็สามารถเลือกใช้ได้โดยขึ้นอยู่กับระยะแปของโครงสร้างหลังคาว่ามีระยะห่างกันเท่าไร เช่น หากระยะแปห่างกัน 100 เซนติเมตร กระเบื้องที่เลือกใช้ก็ควรจะยาว 120 เซนติเมตร เนื่องจากการมุงกระเบื้องชนิดนี้ที่ความชัน 10-20 องศา ควรมีระยะซ้อนทับของตัวกระเบื้องอย่างน้อย 20 ซม. จะเห็นว่าระยะแปนั้นมีความสัมพันธ์กับความยาวของกระเบื้องที่จะเลือกใช้ ในเรื่องของหน้าตาของลอนกระเบื้องนั้น นอกจากความสวยงามที่แตกต่างกันไปตามรสนิยมของแต่ละคนแล้วความสามารถในการระบายน้ำก็ยังแตกต่างกันอีกด้วย โดยกระเบื้องลอนคู่จะมีการระบายน้ำดีที่สุด รองมาจะเป็นกระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่และกระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการระบายน้ำที่ไม่เท่ากันนี้เอง หากจะใช้กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กหลังคาก็ควรจะมีความชันมากกว่าที่จะใช้กระเบื้องลอนคู่ เพราะการเพิ่มความชันหลังคาให้มากขึ้นจะช่วยในการระบายน้ำของหลังคาได้ดีขึ้น จากการใช้งานพบว่ากระเบื้องลอนคู่จะมีความแข็งแรง

กว่ากระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่ และกระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก ซึ่งกระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กจะอ่อนตัวมากที่สุด

ก) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก



ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่

ค) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่

รูปที่ 3.11 ลักษณะของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินประเภทต่าง ๆ

3.2.3 วัสดุหลังคาแอสฟัลต์

วัสดุหลังคาแอสฟัลต์ ผลิตขึ้นจากเทคโนโลยีการใช้เส้นใยแก้ว (Fiberglass) มาเสริมแรงในแอสฟัลต์ (Asphalt weathering grade) เพื่อให้ทนต่อแรงดึง และแรงฉีก รวมถึงการใช้กรวดเคลือบเซรามิค (Ceramic) โรยเป็นชั้นบนสุด เพื่อเพิ่มความสวยงาม และเพื่อป้องกันแสงรังสี UV ทำให้มีอายุยาวนานขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นแผ่นหลังคา Asphalt shingles roof ยังได้มีการใส่สารกันไฟ (Fire retardant additive) อีกด้วย ส่วนการใช้งานนั้นเหมาะสำหรับหลังคาบ้านพักอาศัย บ้านพักตากอากาศ โรงแรม รีสอร์ท สโมสร ที่ต้องการความสวยงาม คงทน เข้ากับธรรมชาติ แต่ดูทันสมัย ดังแสดงในรูปที่ 3.12 แต่อย่างไรก็ดีข้อเสียของวัสดุหลังคาแอสฟัลต์ คือ เป็นวัสดุที่มีอายุสั้นกว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ หรือกระเบื้องดินเผา ดังนั้นหากต้องการได้วัสดุที่มีความทนทานในระยะยาวก็ไม่ควรเลือกใช้วัสดุประเภทนี้

รูปที่ 3.12 หลังคาที่มุงด้วยวัสดุแอสฟัลต์

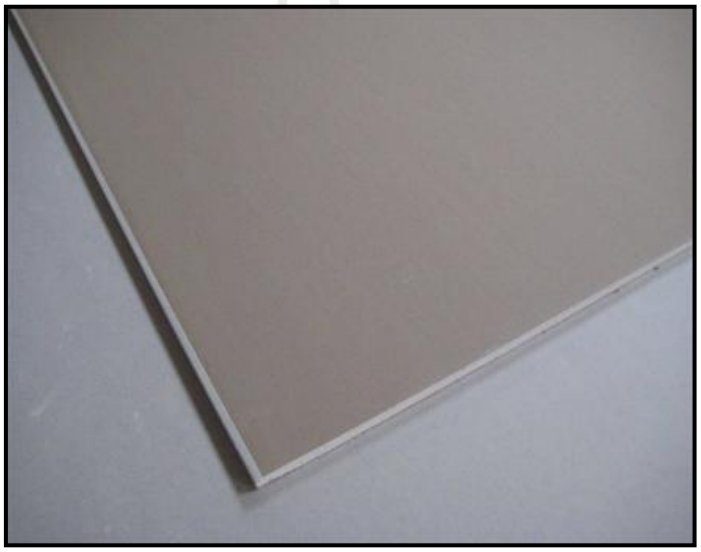
ที่มา: http://www.buildtechexpo.com/expo2012/page.php?a=10&n=63&cno=340

3.3 วัสดุฝ้าเพดาน

ในปัจจุบันวิธีการลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่อาคาร ที่มักพบเห็นโดยทั่วไป คือ การติดตั้งฝ้าเพดาน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบจากการเลือกใช้วัสดุฝ้าเพดานต่อค่าถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา โดย ในประเทศไทยวัสดุผ้าเพดานที่นิยมใช้ ได้แก่ แผ่นยิปซั่ม กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ ไม้อัด ไม้ก๊อก และเซลโลกรีต โดยจะแสดงรายละเอียดวัสดุฝ้าเพดานแต่ละชนิด ในข้อถัดไป

3.3.1 แผ่นยิปซั่ม

แผ่นยิปซั่ม มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.14 เป็นวัสดุที่มีจุดเด่น คือ มีราคาค่อนข้างถูก และมีน้ำหนักที่เบา นอกจากนี้ยังมีความเรียบเนียนของผิวแผ่น สามารถตกแต่งบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่น ด้วยการฉาบเก็บรอยต่อได้ จึงเหมาะกับงานผนังและฝ้าเพดานตกแต่งภายในบ้านที่ต้องการความเรียบร้อย อีกทั้งในเรื่องของการตัดแผ่น การซ่อมแซม และการติดตั้งก็ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ปัจจุบันแผ่นยิปซั่มก็มีการพัฒนาขึ้นมาก โดยเพิ่มคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น การสะท้อนความร้อนสำหรับงานฝ้าเพดานใต้หลังคา การทนความชื้นสำหรับงานฝ้าเพดานในห้องน้ำ การทนไฟสำหรับผนังของอาคารบางประเภท การดูดซับเสียงสำหรับงานผนัง และฝ้าเพดานของห้องที่ต้องการเก็บเสียง แต่ข้อเสียของแผ่นยิปซั่ม คือ ไม่สามารถทนน้ำได้ ดังนั้นควรใช้ในส่วนที่ไม่โดนน้ำ



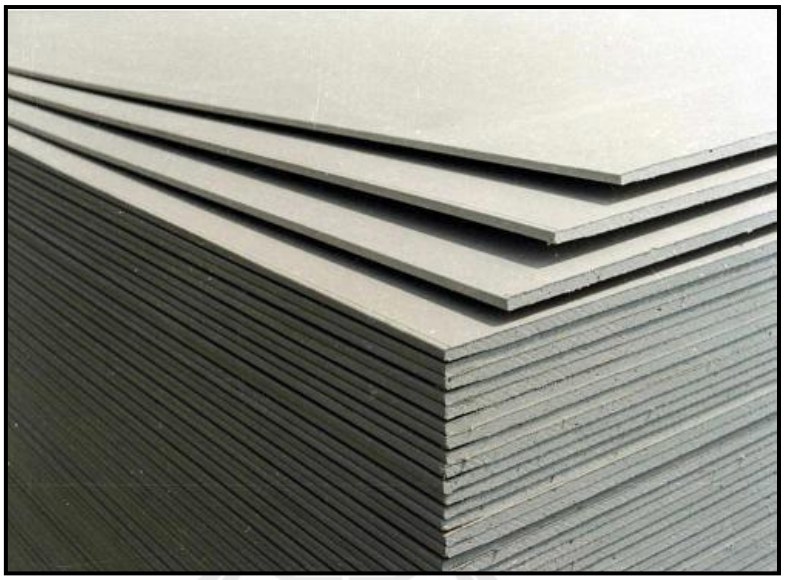
รูปที่ 3.14 ลักษณะของแผ่นยิปซั่ม

ที่มา: http://www.scgexperience.co.th/th/blog/detail.aspx?id=4&post=54

3.3.2 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ

กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ (กระเบื้องแผ่นเรียบ) มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.15 เป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานที่มีมานานเป็นกระเบื้องชนิดที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ทนต่อน้ำและความร้อน ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ทำผนังบ้านและฝ้าเพดาน แต่ด้วยเหตุผลหลายประการทำให้ปัจจุบัน กระเบื้องแผ่นเรียบไม่เป็นที่นิยมด้วย เช่น เป็นวัสดุที่มาจากหินทำให้ไม่มีความยืดหยุ่นหรือมีความยืดหยุ่นต่ำทำให้เมื่อเวลานำมาใช้กับวัสดุก่อสร้างอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นไม้หรือ ปูนที่ดูดซับความชื้นก็จะทำให้กระเบื้องแผ่นเรียบเกิดรอยแตกร้าว ทำให้เสียหายไม่สวยงามนอกจากนั้นการใช้กระเบื้องแผ่นเรียบ

ในงานก่อสร้างจะเกิดรอยต่อระหว่างแผ่นซึ่งตกแต่งได้ยากทำให้ไม่สวยงาม นอกจากนี้ ยังมีวัสดุอื่นที่ทำขึ้นมาสามารถใช้ทดแทนกระเบื้องแผ่นเรียบได้ โดยที่ราคาถูกกว่า ใช้ง่ายสะดวกสบาย วิธีการดูแลรักษาก็ไม่ยุ่งยาก สามารถอุดช่องโหว่ของกระเบื้องแผ่นเรียบได้ อาจด้วยเพราะเหตุผลข้างต้นจึงทำให้กระเบื้องแผ่นเรียบได้รับความนิยมลดน้อยลง แต่กระเบื้องแผ่นเรียบก็ยังมีจุดแข็งที่วัสดุอื่นยากที่จะทดแทนได้คือ ความแข็งแรง ทนความชื้นและกันน้ำ จึงยังคงมีผู้ใช้กันอยู่ถึงแม้จะไม่มาก ส่วนใหญ่จะใช้เป็นฝ้าเพดานบริเวณชายคาและโรงรถ เพราะจะทนความชื้นจากน้ำฝนได้ดี



รูปที่ 3.15 ลักษณะของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ

ที่มา: http://www.weloveshopping.com/template/e2/showproduct.php?pid=18790871&shopid=192025

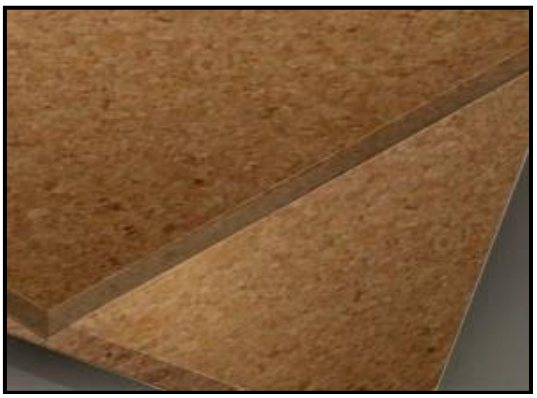
3.3.3 ไม้อัด

ไม้อัดเป็นวัสดุ ที่เกิดจากการรวมไม้หลาย ๆ ชนิดเข้าด้วยกัน หรืออาจจะทำจากไม้ชนิดเดียวกัน โดยการตัดท่องซุงให้มีความยาวตามที่ต้องการ แล้วกลึงปอกท่อนซุง หรือฝานให้ได้แผ่นไม้เป็น แผ่นบาง ๆ มีความหนา ตั้งแต่ 1 ถึง 4 มิลลิเมตร แล้วนำมาอัดติดกันโดยใช้กาวเป็นตัวประสาน โดยให้แต่ละแผ่นมีแนวเสี้ยน ตั้งฉากกัน ชั้นนอกสุดจะเป็นแผ่นไม้ เรียกว่าแผ่นหน้า หรือแผ่นหน้าและหลัง ส่วนชั้นกลางเป็นขี้เลื่อยหรือเศษไม้ ซ้อนระหว่างผิวหน้ากับแกนกลาง เรียกว่าแถบขวาง (Crossbands) การอัดชั้นไม้อัดจะอัดทีละ 3 5 หรือ 7 ชั้น ลักษณะของไม้อัดแสดงในรูปที่ 3.16 ไม้อัดมีข้อดี คือ มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้สะดวก แต่อย่างไรก็ดีไม้อัดเป็นวัสดุที่มีส่วนผสมของไม้ จึงมักจะมีปัญหาในเรื่องปลวก และน้ำซึมผ่านได้

รูปที่ 3.16 ลักษณะของไม้อัด

3.3.4 ไม้ก๊อก

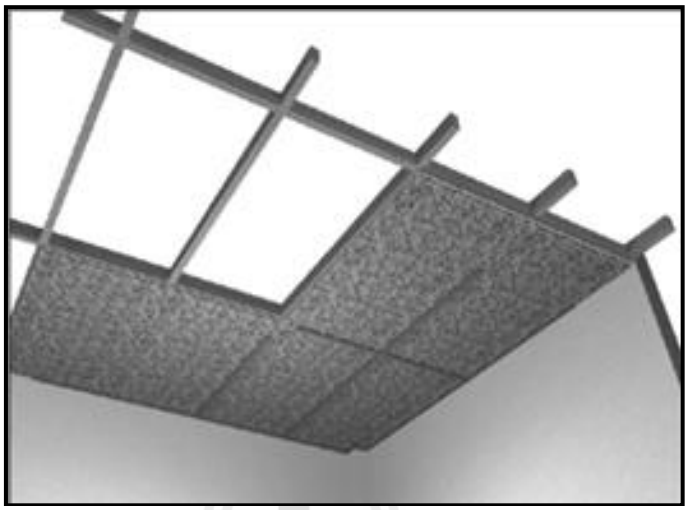
ไม้ก๊อก (Cork) คือเปลือกของต้นโอ๊กซึ่งเป็นต้นไม้พื้นเมืองของแถบเมดิเตอร์เรเนียน มีคุณสมบัติเบา อากาศและน้ำซึมผ่านไม่ได้ (Impermeability) และ สามารถลอยตัวในน้ำได้ดี จึงเป็นประโยชน์ที่สำคัญอย่างยิ่งในการใช้ทำเป็นจุกขวดเหล้าไวน์ ซึ่งจุกเหล้าไวน์ส่วนใหญ่จะทำมาจากไม้ก๊อกแผ่นหนา เนื้อละเอียด มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 3.17 ส่วนไม้ก๊อกคุณภาพไม่ดีจะนำเอามาย่อยเป็นชิ้น ๆ และอัดเชื่อมให้ติดกันเป็นแผ่น ใช้ทำแผ่นรองรองเท้า พรมน้ำมัน กระเบื้องไม้ก๊อก แผงกั้นเสียง วัสดุที่เป็นฉนวน ลูกลอย อวนจับปลา เสื้อชูชีพ ฯลฯ ความสามารถที่น่าทึ่งอย่างยิ่งของต้นโอ๊ก ก็คือ ความสามารถในการสร้างเปลือกขึ้นมาใหม่ได้อย่างรวดเร็วและทนทานต่อสภาพการถูกลอกเอาเปลือกออกเป็นระยะๆ เมื่อต้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 70 เซนติเมตรขึ้นไปจะถูกลอกเอาเปลือกเป็นครั้งแรก การลอกเปลือกจะทำได้ทุก ๆ 10-15 ปี



รูปที่ 3.17 ลักษณะของไม้ก๊อก

3.3.5 เซลโลกรีต

แผ่นเซลโลกรีต เป็นวัสดุที่ใช้ก่อสร้างทั้ง งานผนัง งานฝ้าเพดาน และฉนวนกันความร้อน สำหรับเซลโลกรีตที่มักจะนำมาใช้เป็นวัสดุฝ้าเพดานนั้น จะมีความหนา ½ - 1 นิ้ว ดังแสดงลักษณะการใช้เซลโลกรีตสำหรับงานฝ้าเพดานในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การใช้เซลโลกรีตสำหรับงานฝ้าเพดานโดยการวางบนคร่าวไม้
http://www.cellocretethai.com

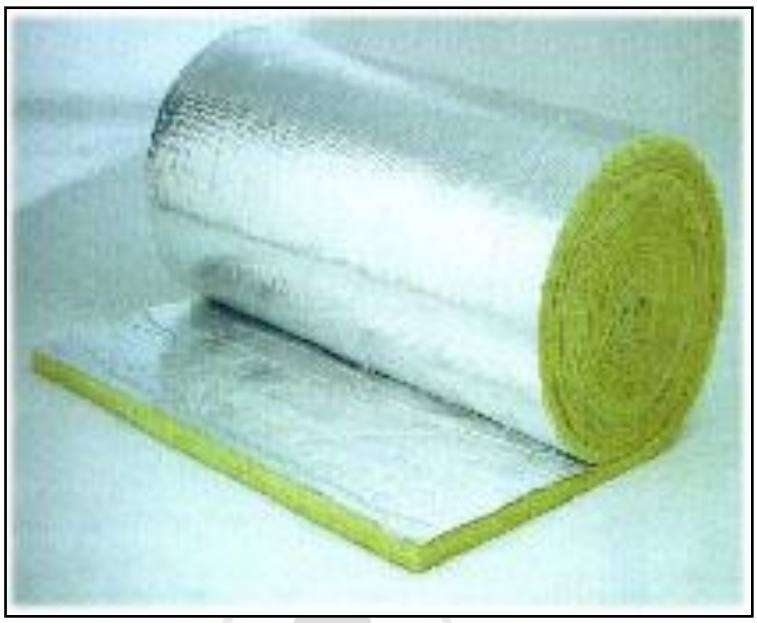
3.4 วัสดุฉนวนกันความร้อน

วิธีการลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก ผ่านหลังคา ที่นิยมกันโดยทั่วไป คือการติดตั้งเพดาน ซึ่งสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา ตามที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในข้อที่ 3.3 นั้น ในปัจจุบันยังพบว่า การก่อสร้างอาคารสมัยใหม่ มักจะใช้วัสดุฉนวนเพื่อกันความร้อนเข้าสู่อาคาร สำหรับวัสดุฉนวนกันความร้อนที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยหิน ฉนวนโฟมโพลีสไตรีนแบบขยายตัว โฟมโพลิเอทีลิน และโฟมยูรีเทน

3.4.1 ฉนวนใยแก้ว

ฉนวนใยแก้ว มีทั้งแบบม้วนและแบบแผ่น (Blanket and board) และทั้งแบบไม่มีวัสดุปิดผิว และปิดผิวด้วยอะลูมิเนี่ยมฟอยล์ประเภทต่างๆ ได้ทั้งความร้อนและดูดซับเสียงได้ดี ฉนวนใยแก้วมีความยืดหยุ่น จึงสามารถคืนตัวได้ดี หลังการกดทับจึงไม่สูญเสียคุณสมบัติความเป็นฉนวน สามารถ ป้องกันการควบแน่นเป็นหยดน้ำ (Condensation control) ฉนวนใยแก้ว มีวัสดุปิดผิวกันความชื้น เมื่อเลือกความหนาที่เหมาะสม จะไม่เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำ จากความแตกต่างของ

อุณหภูมิของอาคารที่ปรับอากาศ นอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานยาวนาน (Long life performance) ฉนวนใยแก้วผลิตจากวัสดุที่ไม่เสื่อมสภาพ สามารถคงสภาพการเป็นฉนวนได้ยาวนาน ปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยลักษณะของฉนวนใยแก้วแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ลักษณะของฉนวนใยแก้ว

ที่มา: http://khemmanan.igetweb.com/index.php?mo=3&art=182149

3.4.2 ฉนวนใยหิน

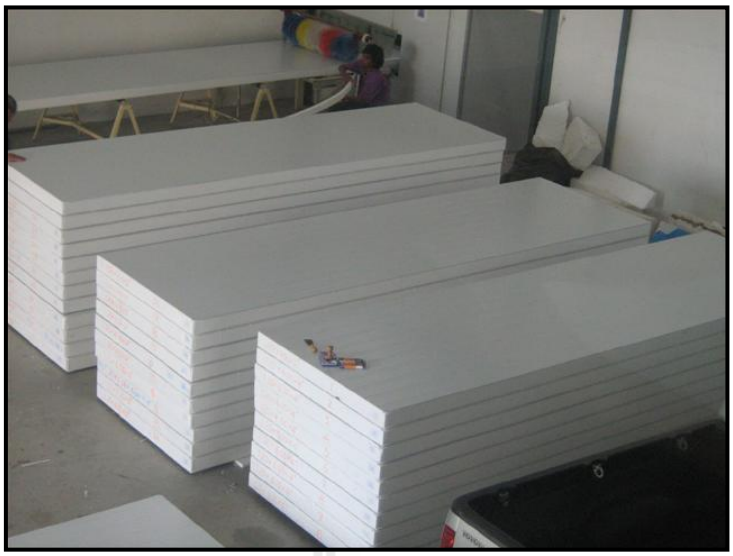
ฉนวนใยหิน ดังรูปที่ 3.20 จัดว่าเป็นฉนวนที่มีประสิทธิที่ภาพสูงในการป้องกันความร้อนอย่างมาก เหมาะสำหรับงานภาคอุตสาหกรรม และงานหุ้มถัง หรืองานที่ต้องการห้องกันความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง ๆ โดยสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ตั้งแต่ -200 องศาเซลเซียส ถึง 1,000 องศาเซลเซียส ช่วยลดความดังของเสียงในการทำงาน น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย ประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย ทนต่อสารเคมีและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดี สามารถผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพต่างๆ ได้ เช่นสารกันไฟอายุการใช้งานนานปี ปลอดภัยต่อสุขภาพ ไม่ระคายเคืองต่อระบบหายใจ ไม่ขึ้นรา และไม่เป็นที่อยู่ของแมลงและสัตว์ต่างๆ

รูปที่ 3.20 ลักษณะของฉนวนใยหิน
ที่มา: http://www.topseothai.com/ฉนวนกันความร้อน-ใยหิน.htm

3.4.3 โฟมโพลีสไตรีน

โฟมโพลีสไตรีน มีการผลิตขึ้นมาใช้งาน 2 รูปแบบ คือ แบบรีด (Extrude) และแบบหล่อ (Mold) โพลีสไตรีน เป็นวัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ ซึ่งสามารถติดไฟ และลุกไหม้ได้ ดังนั้นในการนำมาใช้งาน จึงต้องมีเปลือกที่ต้านทานเปลวไฟได้หุ้มอยู่ เช่น ยิปซั่มบอร์ด นอกจากนี้ยังต้องป้องกันไม่ให้โฟมโพลีสไตรีนกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะรังสีอัลตราไวโอเลตจะทำให้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพได้ อุณหภูมิใช้งานสูงสุดประมาณ 80 องศาเซลเซียส ถ้ามีการใช้งานในอุณภูมิสูงกว่านี้ อาจเป็นสาเหตุให้อ่อนตัวลงได้

โฟมโพลีสไตรีนเป็นโฟมกันร้อนอีกชนิดหนึ่งของโฟมยางแบบขยาย (Expanded Rubber Foam) เป็นฉนวนหรือโฟมกันร้อนที่ยืดหยุ่นได้ด้วยการฉีดให้ขยายตัวในแบบ (Mold) โฟมชนิดนี้เป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด (Closed cell insulation) มีเซลล์ชิดกันมาก มีค่าการดูดซับความชื้นต่ำ ทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดี จึงเหมาะสมกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ระบบท่อส่งความเย็นหากใช้งานที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะเกิดการหดตัว ทำให้สภาพความเป็นฉนวนลดลง เป็นฉนวนประเภทที่เอาเม็ดโฟมขนาดเล็ก ๆ มาอัดเข้าด้วยกัน (Inter connecting cell insulation) ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมแทรกอยู่บ้าง ดังนั้น โฟมโพลีสไตรีนจึงไม่สามารถกันความชื้นได้ 100 % ลักษณะของฉนวนโฟมลิสไตลีน แสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ลักษณะของฉนวนโฟมโพลิสไตลีน

ที่มา: http://www.homedecorthai.com/articles/I_shared_a_house_with_a_hot_wall-83-571-p8.html

3.4.4 โฟมโพลีเอทีลีน

โฟมโพลีเอทีลีน ดังรูปที่ 3.22 เป็นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากสารสังเคราะห์โพลีเอทธิลีน (Polyethylene) มีคุณสมบัติในการนำความร้อนที่ต่ำ และมีโครงสร้างแบบเซลปิด (Closed cell) มีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้กรีนโฟม (Green foam) ไม่ดูดซับความชื้น มีความทนทานต่อกรด ด่าง หรือ สารเคมีทุกชนิด มีส่วนผสมของสารป้องกันการลามไฟ เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีปริมาณควันน้อยและไม่เป็นพิษจากการสูดดม มีอายุการใช้งานนาน

รูปที่ 3.22 ลักษณะของโฟมโพลีเอทีลีน

ที่มา: http://www.chommetalsheet.com/aluminum-foil/pe-foam

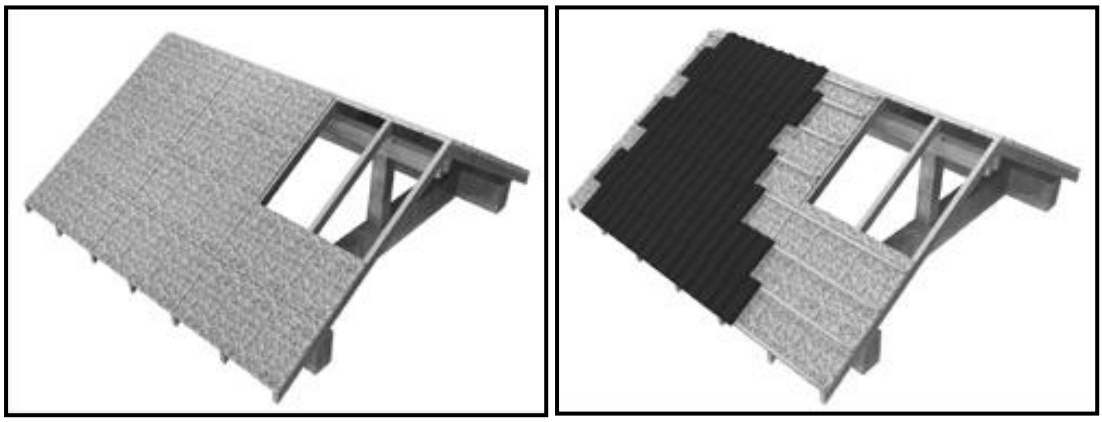
3.4.5 ฉนวนโฟมโพลียูริเทน

ฉนวนโฟมโพลียูริเทน เป็นฉนวนชนิด Rigid polyurethane foam สามารถกันความร้อนที่เกิดจากการนำความร้อนและการพาความร้อน (Heat convection) มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด (Low thermal conductivity) ถึง 0.020 W / m.K มีค่าการกันความร้อนดี มีน้ำหนักเบา มีดูดซับน้ำ (Water adsorption) ต่ำ สามารถอุดรอยรั่วของวัสดุ นอกจากนี้ ยังมีสมบัติในการป้องกันเสียงได้เป็นอย่างดี

รูปที่ 3.23 ลักษณะของโฟมโพลียูริเทน
ที่มา: http://www.topinsulation.com/products.htm

3.4.6 เซลโลกรีต

เป็นวัสดุชนิดใหม่ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยเซลโลกรีตที่นิยมใช้เป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 3.24 โดยส่วนใหญ่จะมีความหนา 1 นิ้ว - 2 นิ้ว



รูปที่ 3.24 การใช้เซลโลกรีตสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อน

ที่มา: http://www.cellocretethai.com

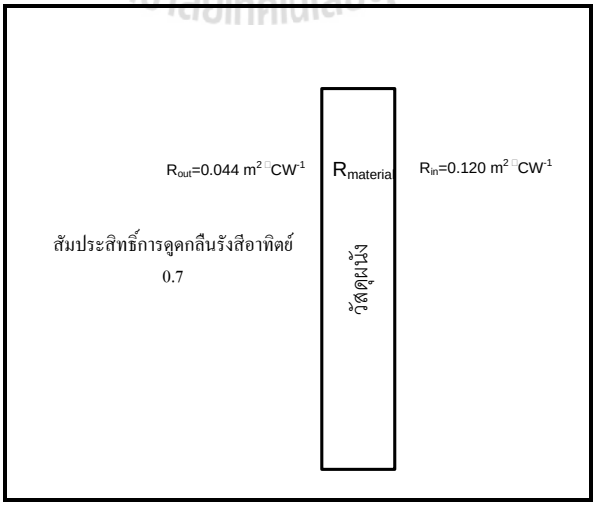
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
สมบัติการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุ

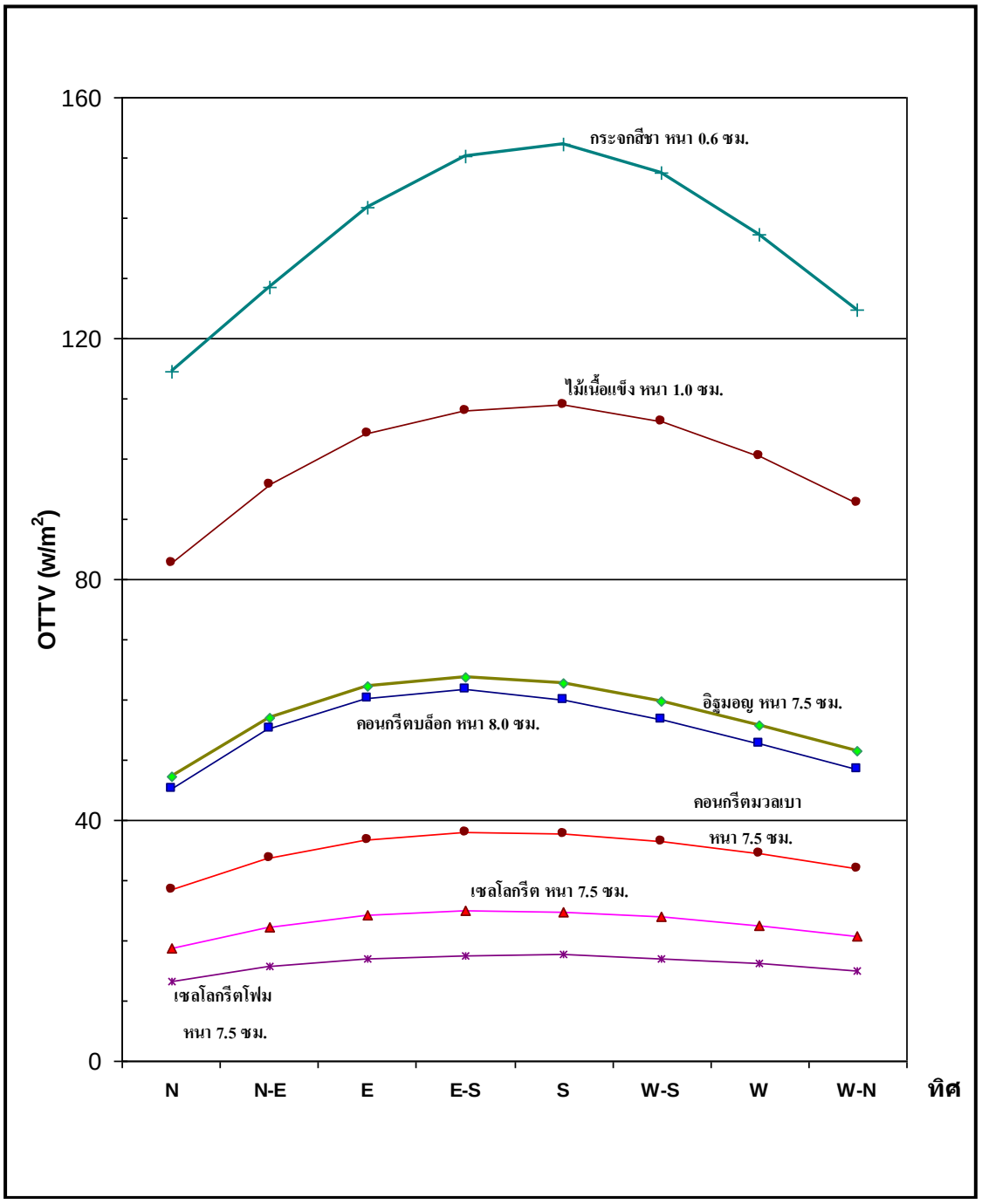
สำหรับในบทนี้จะแสดงถึงสมบัติการถ่ายความร้อนของวัสดุผนัง และวัสดุหลังคาแต่ละชนิด โดยคำนวณตามหลักเกณฑ์ของกระทรวงพลังงาน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำมาพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารให้สามารถลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศภายในที่พักอาศัย

4.1 วัสดุผนัง

สำหรับวัสดุผนังที่สนใจศึกษา เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา ไม้ เซลโลกรีตชนิดธรรมดา เซลโลกรีตชนิดโฟม และกระจก โดยแบบจำลองที่ใช้ในประกอบการคำนวณสมบัติการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง แสดงดังรูปที่ 4.1 แต่ทั้งนี้ เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดที่มีขายตามท้องมีความหนาแตกต่างกัน ซึ่งความหนาของวัสดุเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง และเพื่อให้ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังสอดคล้องกับความเป็นจริงกับวัสดุแต่ละชนิด จึงกำหนดความหนาของวัสดุแต่ละชนิดให้มีขนาดตามที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผนังรวม แสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งพบว่าวัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนผ่านผนังได้ดีที่สุด คือ เซลโลกรีตโฟม แต่ทั้งนี้เซลโลกรีตเป็นวัสดุที่ค่อนข้างใหม่สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างและมีราคาแพง จึงยังไม่เป็นที่นิยมในการใช้เป็นวัสดุผนังสำหรับอาคารพักอาศัย



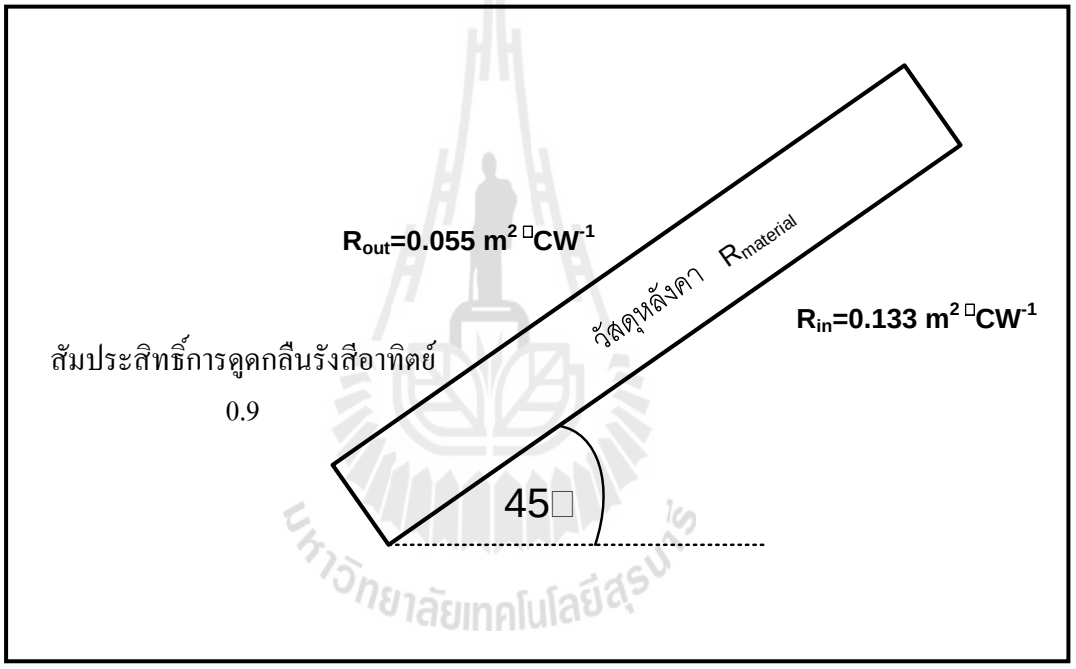
รูปที่ 4.1 แบบจำลองของวัสดุผนังที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง



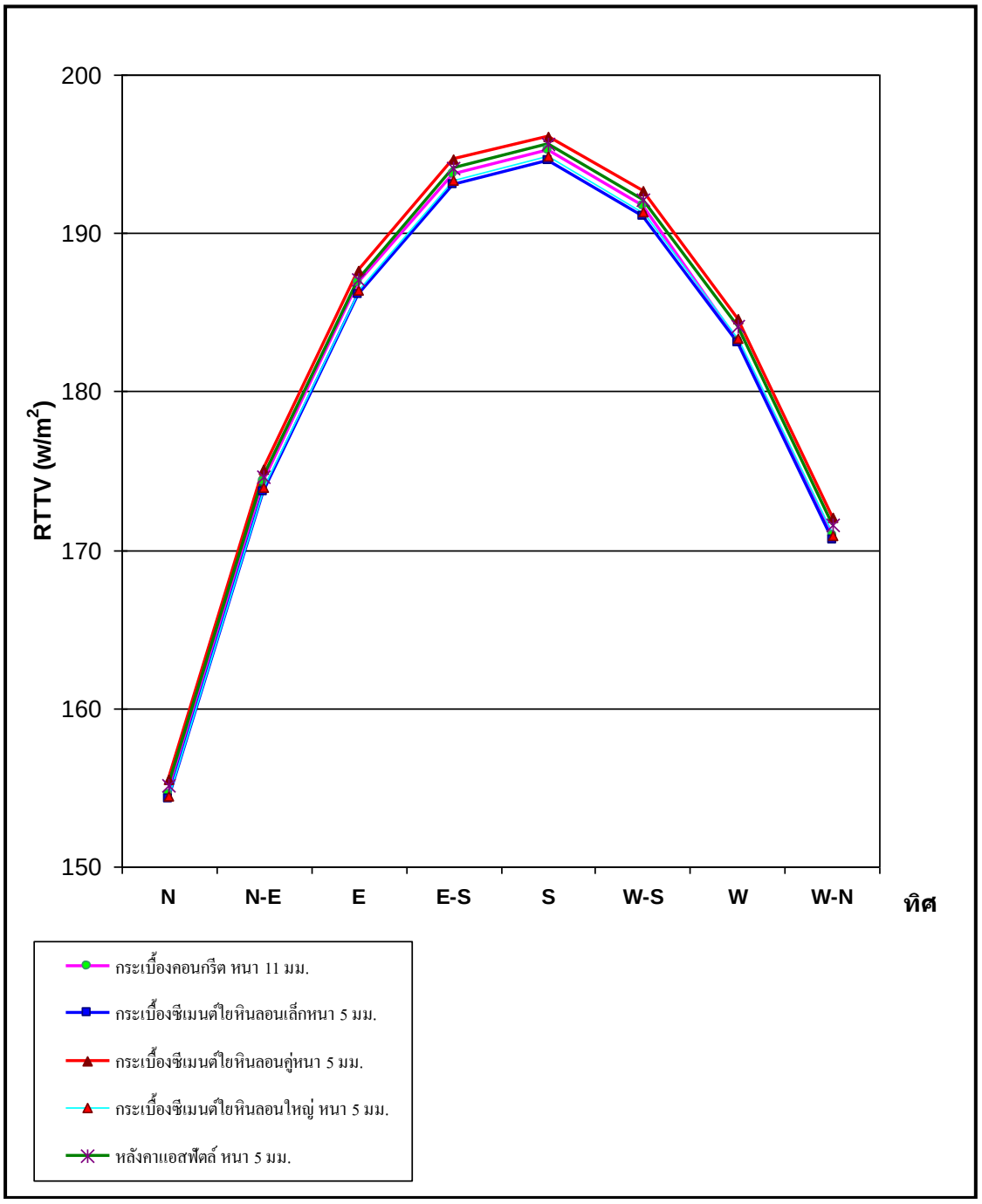
รูปที่ 4.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังรวมของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

4.2 วัสดุมุงหลังคา

หลังคา เป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์มากกว่าผนัง เนื่องจากเป็นส่วนที่รับแสงโดยตรง สำหรับการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติของวัสดุมุงหลังคา จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กระเบื้องหลังคาคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องแอสฟัลต์ โดยแบบจำลองที่ใช้คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุหลังคา แสดงในรูปที่ 4.3 ส่วนผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุหลังคาจะแสดงเป็นรายวัสดุ ในรูปที่ 4.4 ซึ่งพบว่าวัสดุหลังคาแต่ละชนิดจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาใกล้เคียงกัน การใช้เลือกใช้วัสดุหลังคานั้นสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมของงบประมาณในการก่อสร้างบ้าน



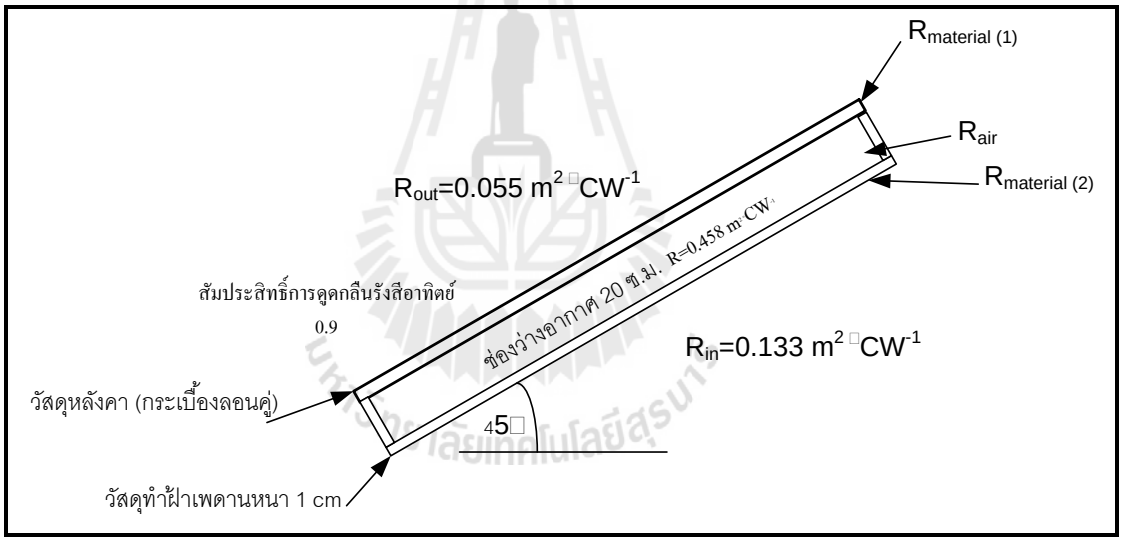
รูปที่ 4.3 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายความร้อนผ่านหลังคา



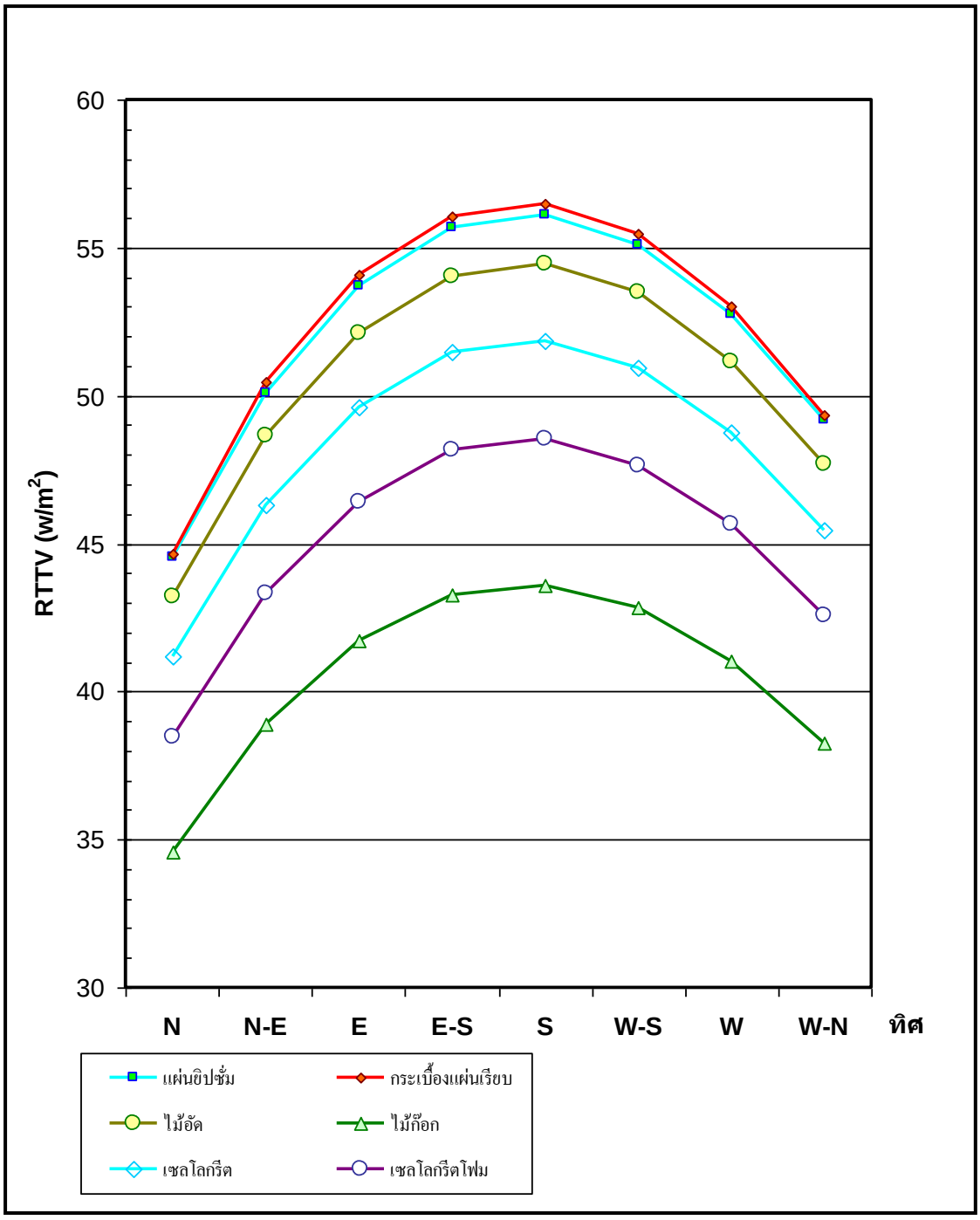
รูปที่ 4.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุหลังคาชนิดต่าง ๆ

4.3 วัสดุฝ้าเพดาน

ในปัจจุบันวิธีการลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่อาคารวิธีหนึ่งซึ่งมักพบเห็นโดยทั่วไป คือ การติดตั้งฝ้าเพดาน และเพื่อแสดงถึงความแตกต่างในการป้องกันความร้อนจากภายนอก ดังนั้นในการวิจัยนี้แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาเมื่อใช้กระเบื้องลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา และใช้วัสดุฝ้าเพดานที่แตกต่างกัน ตามแบบจำลองที่ใช้ประกอบการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งกำหนดช่องว่างอากาศระหว่างหลังคากับฝ้าเพดานมีระยะห่างเท่ากับ 20 เซนติเมตร และกำหนดให้วัสดุฝ้าเพดานทุกชนิดมีความหนาเท่ากันคือ 1 เซนติเมตร โดยแสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุฝ้าเพดานจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ แผ่นยิปซัม กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ ไม้อัด ไม้ก๊อก เซลโลกรีต และเซลโลกรีตโฟม ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งพบว่าวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาน้อยที่สุด คือ ไม้ก๊อก



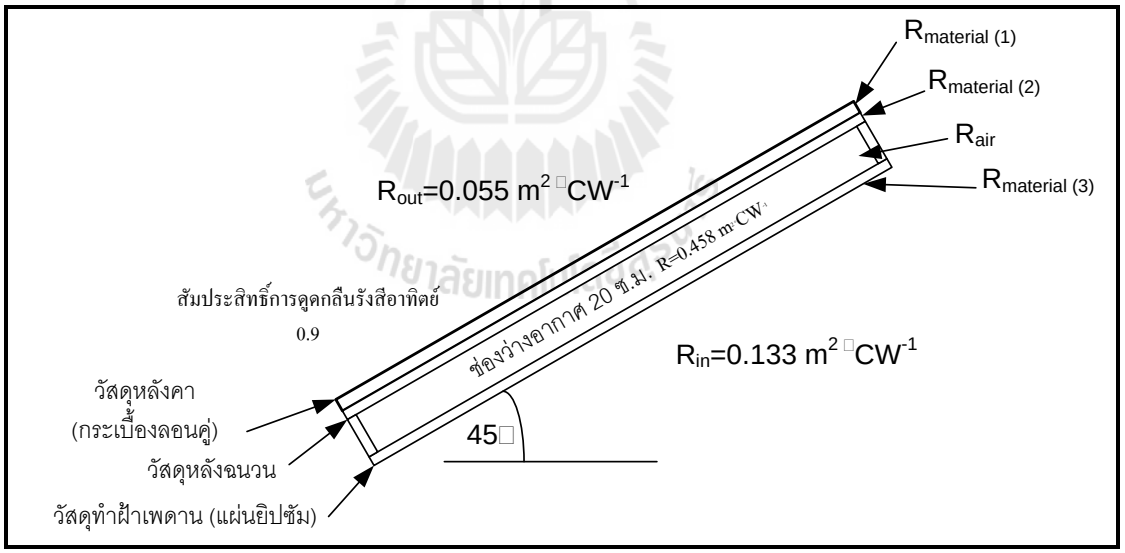
รูปที่ 4.5 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนโดยใช้วัสดุหลังคาร่วมกับการติดตั้งฝ้าเพดาน



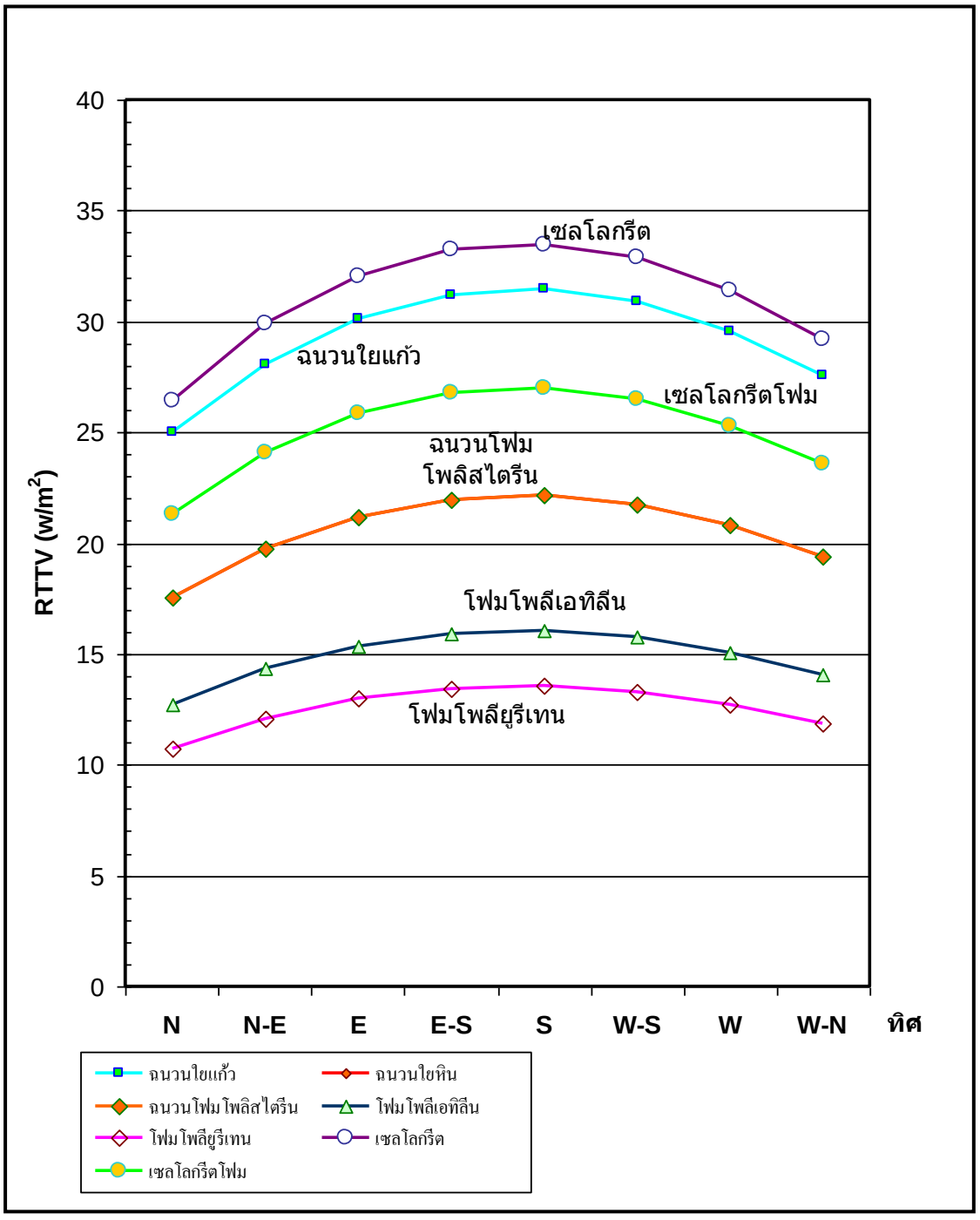
รูปที่ 4.6 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุฝ้าเพดานชนิดต่าง ๆ ที่มีความหนา 1 ซม. เมื่อใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา

4.4 วัสดุฉนวนกันความร้อน

วิธีการลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารผ่านหลังคา ที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ การติดตั้งเพดาน ซึ่งสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา ตามที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในข้อที่ 3.3 นั้น ในปัจจุบันพบว่าการก่อสร้างอาคารสมัยใหม่มักจะใช้วัสดุฉนวน เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ดังนั้นเพื่อวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาเมื่อใช้วัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ จึงสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.7 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าถ่ายเทความร้อนผ่านหลังของวัสดุฉนวนแต่ละชนิด โดยกำหนดให้ช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาและฝ้าเพดาน 20 เซนติเมตร ใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา และใช้แผ่นยิปซัมเป็นฝ้าเพดาน นอกจากนี้ กำหนดให้วางวัสดุฉนวนไว้ที่ใต้หลังคา แต่อย่างไรก็ดีผลของการถ่ายเทความร้อนจะไม่มีความแตกต่างกับกรณีที่ใส่วัสดุฉนวนไว้บนฝ้าเพดาน สำหรับฉนวนกันความร้อนที่ทำการศึกษาได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยหิน ฉนวนโฟมโพลีสไตรีนแบบขยายตัว โฟมโพลีเอทีลิน โฟมยูรีเทน เซลโลกรีต และเซลโลกรีตโฟม จากผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา พบว่าการใช้โฟมโพลียูรีเทนเป็นวัสดุฉนวนสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารผ่านหลังคาได้ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนโดยใช้วัสดุหลังคาร่วมกับฉนวนความร้อน และวัสดุฝ้าหลังคา



รูปที่ 4.8 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของวัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ ที่มีความหนา 5 ซม. เมื่อใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา และใช้แผ่นยิปซั่มเป็นฝ้าเพดาน

บทที่ 5
การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน

การวิจัยนี้ได้สำรวจความเห็นของประชาชนโดยใช้แบบสอบถาม ดังแสดงในภาคผนวก ค เพื่อสำรวจความพึงพอใจในการใช้วัสดุก่อสร้างของประชาชนที่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เนื่องจากเป็นพื้นที่ซึ่งมีสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง (กระทรวงพลังงาน, 2554) โดยได้จัดทำแบบสอบถาม เป็นคำถามปลายปิด และแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลของผู้ตอบ เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ประสบการณ์ทำงาน ลักษณะการครอบครอบที่พักอาศัย และการวางแผนที่จะสร้างที่พักอาศัยในอนาคต ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเพื่อสำรวจความพอใจในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุผนัง วัสดุหลังคา การแก้ปัญหาเมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ และขนาดบ้านพักอาศัยที่ต้องการก่อสร้างในอนาคต

5.1 จำนวนตัวอย่างในการสำรวจ

จำนวนประชาชนที่อาศัยเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ถือว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และไม่ทราบจำนวนแน่นอน (Infinite population) ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ต้องการสุ่ม จึงคำนวณจาก สูตรครอนบาค โคชาร์น (W.G. Cochran, 1953 อ้างใน อภินันท์ จันตะนี, 2549) ดังสมการที่ 5.1

$$n = \frac{P(1-P)}{e^2} Z^2 \qquad (5.1)$$

เมื่อ n แทน จำนวนตัวอย่าง (ตัวอย่าง)

P แทน สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการจะสุ่ม

Z แทน แทนค่าความเชื่อมั่น

e แทน สัดส่วนในการคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น

ผู้วิจัยได้กำหนดสัดส่วนของประชากรที่ต้องการจะสุ่ม 50% (P = 0.5) กำหนดความเชื่อมั่น 95% (Z=1.96) และยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อน 5% (e = 0.05)

แทนค่าในสมการที่ 5.1:

$$\mathrm{n} = \frac{0.5(1-0.5)}{0.05^2} 1.96^2 = 384$$

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนตัวอย่าง เพิ่มเติมอีก 10%

$$384 + (384 \times 0.1) = 422.4$$

ดังนั้น จำนวนประชากรที่ต้องการสุ่มในการวิจัยนี้ คือ 422 ตัวอย่าง

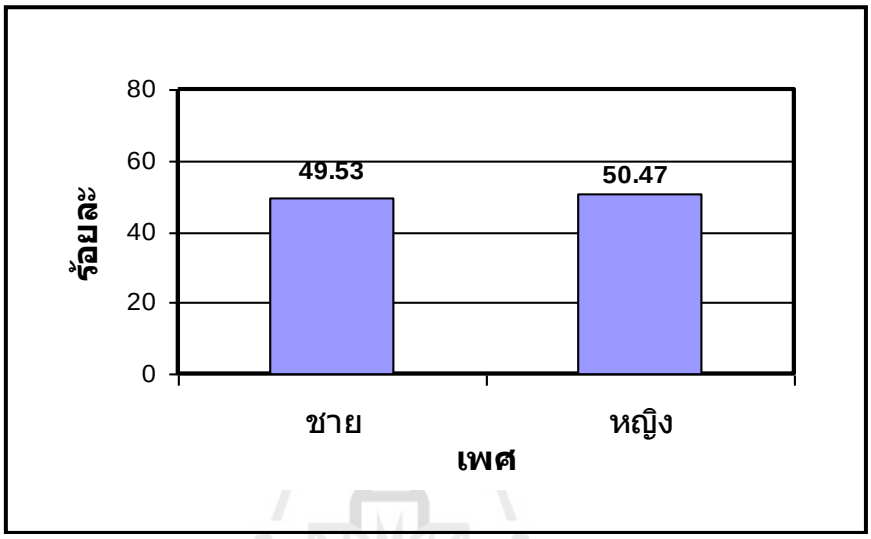
5.2 การสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้วัสดุก่อสร้าง

การสำรวจความพึงพอใจของประชาชนที่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยแบบสอบถาม (ภาคผนวก ค) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลของผู้ตอบ เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ประสบการณ์ทำงาน ลักษณะการครอบครอบที่พักอาศัย และการวางแผนที่จะสร้างที่พักอาศัยในอนาคต ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามปลายปิด เพื่อสำรวจความพอใจในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง และขนาดบ้านพักอาศัยที่ต้องการก่อสร้างในอนาคต ซึ่งรายละเอียดของการวิเคราะห์ผลข้อมูลจะนำเสนอด้วยกราฟและตาราง ดังนี้

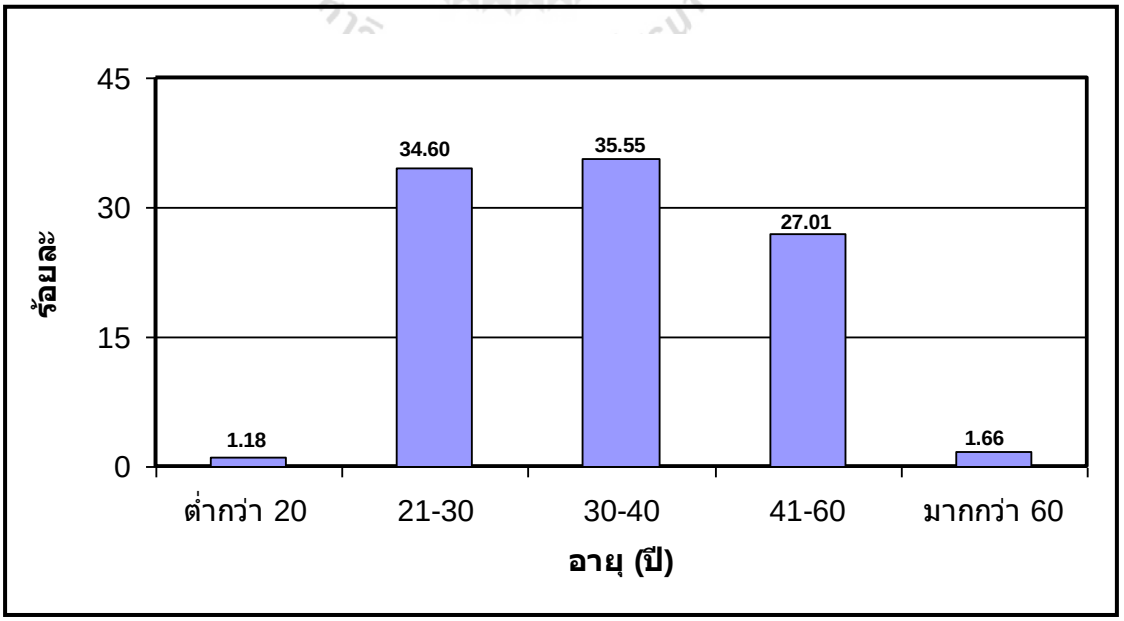
5.2.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และประมวลผล ได้ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการวิจัย แสดงในรูปที่ 5.1 – 5.7 โดยผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกเป็น เพศชาย ร้อยละ 49.53 และเพศหญิง ร้อยละ 50.74 ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 30-40 คิดเป็นร้อยละ 35.55 และรองลงมาคือผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุระหว่าง 21-30 ปี ร้อยละ 34.60 ดังแสดงในรูปที่ 5.2 สำหรับระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าจบการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 65.64 ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ส่วนข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามประสบการณ์ทำงาน แสดงในรูปที่ 5.4 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ทำงาน 15-20 ปี ร้อยละ 32.23 รูปที่ 5.5 แสดงข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอาชีพ ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนมากที่สุดถึงร้อยละ 50.83 สำหรับลักษณะการ

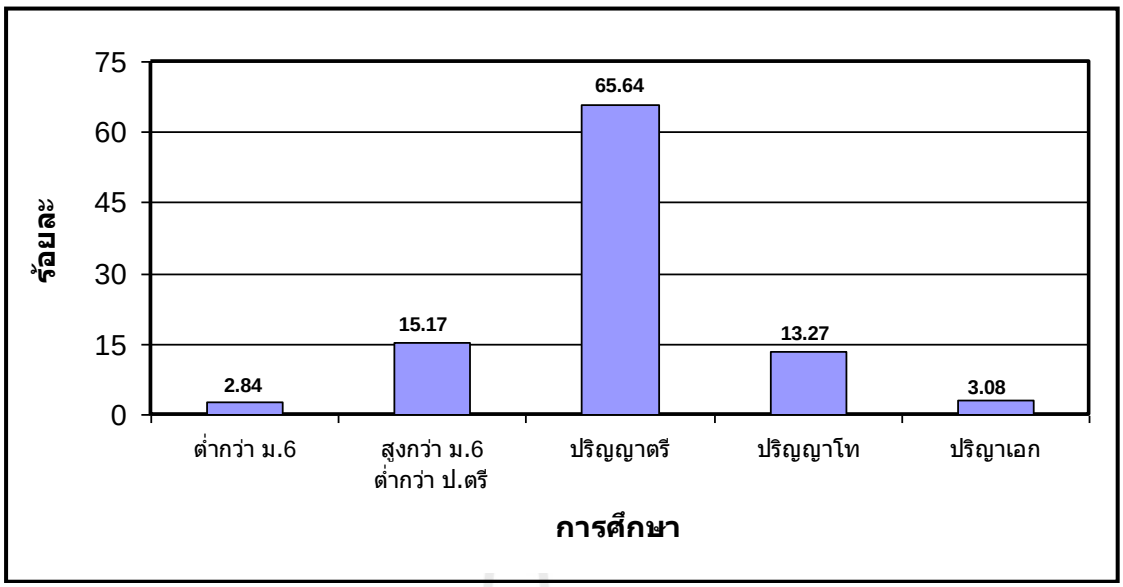
ครอบครองที่พักอาศัยของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงในรูปที่ 5.6 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่เช่าที่พักเพื่ออาศัย ร้อยละ 48.82 และผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่วางแผนจะสร้างที่พักอาศัยภายใน 10 ปี ร้อยละ 59.43 ซึ่งแบ่งเป็น กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ต้องการสร้างบ้านพักอาศัยภายใน 3 ปี ร้อยละ 29.12 และกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ต้องการสร้างบ้านพักอาศัยระหว่าง 3-10 ปี ร้อยละ 30.31 ดังแสดงในรูปที่ 5.7



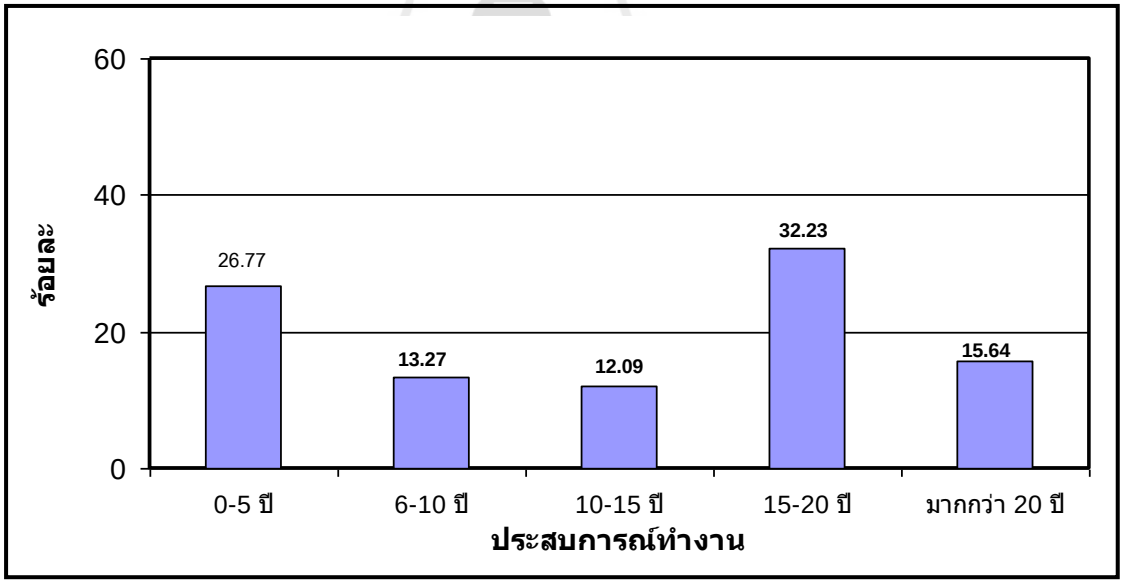
รูปที่ 5.1 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ



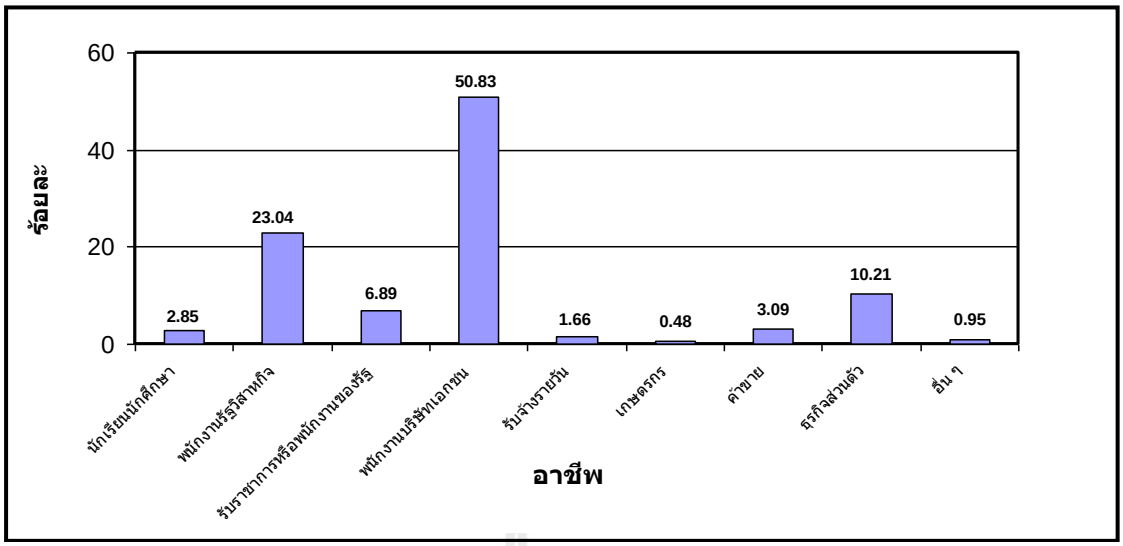
รูปที่ 5.2 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามอายุ



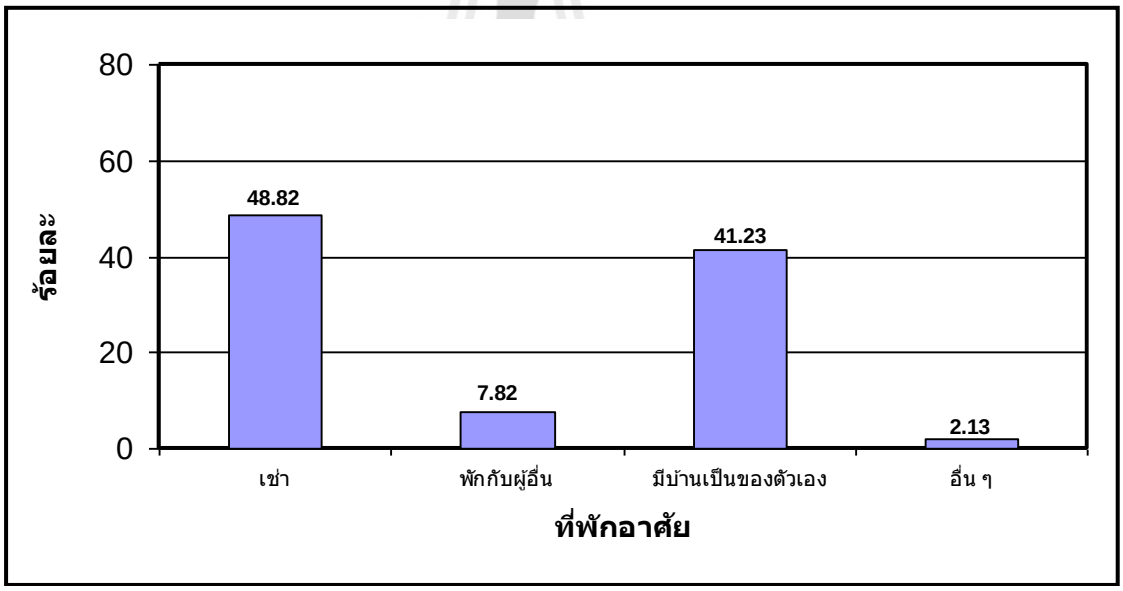
รูปที่ 5.3 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับการศึกษา



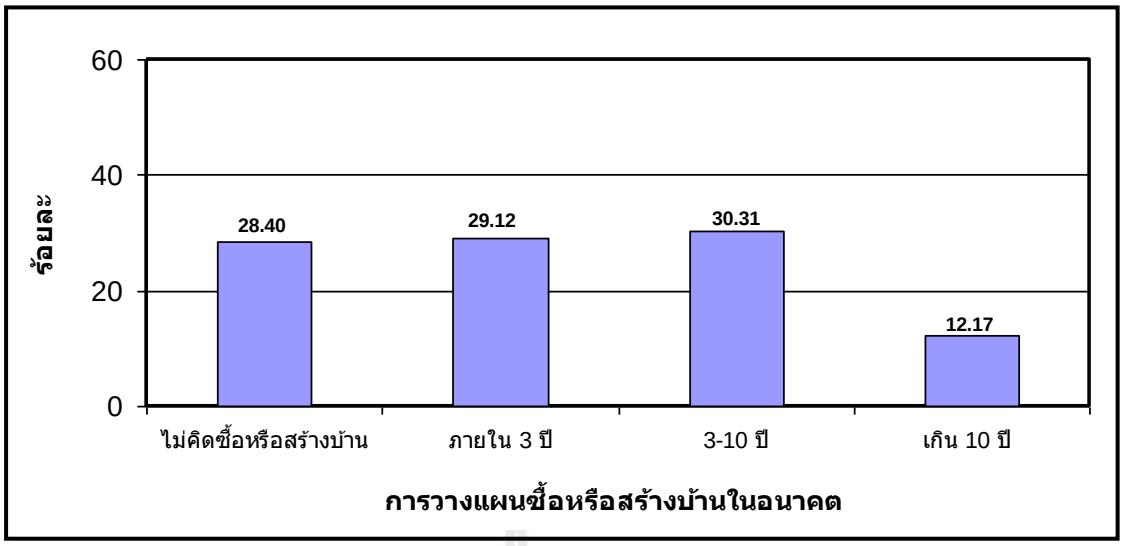
รูปที่ 5.4 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประสบการณ์ทำงาน



รูปที่ 5.5 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามอาชีพ



รูปที่ 5.6 ข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามการครอบครองที่พักอาศัย



รูปที่ 5.7 ความต้องของผู้ตอบแบบสอบถามในการวางแผนซื้อหรือสร้างบ้านในอนาคต

5.2.2 การสำรวจความพอใจในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง

จากการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลการสำรวจด้วยแบบสอบถาม เพื่อสรุปปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง ลำดับความพึงพอใจในการเลือกใช้วัสดุผนัง การแก้ปัญหาเมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ โดยเรียงลำดับความสำคัญ 10 ลำดับ และได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อวัดระดับความสำคัญ และจัดลำดับความสำคัญ ดังนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 1	ให้คะแนน 10 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 2	ให้คะแนน 9 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 3	ให้คะแนน 8 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 4	ให้คะแนน 7 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 5	ให้คะแนน 6 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 6	ให้คะแนน 5 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 7	ให้คะแนน 4 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 8	ให้คะแนน 3 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 9	ให้คะแนน 2 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 10	ให้คะแนน 1 คะแนน
ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามไม่เลือกพิจารณา	ให้คะแนน 0 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean; $\bar{X}$) จากสมการที่ 5.2 และวัดการกระจายของข้อมูล จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; S) โดยใช้สมการที่ 5.3

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{\sum f} \quad (5.2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (5.3)$$

โดยที่ $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

S หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x หมายถึง ระดับคะแนน

f หมายถึง ความถี่ในแต่ละระดับคะแนน

$\sum f$ หมายถึง ผลรวมของความถี่ทุกระดับคะแนน

n หมายถึง จำนวนประชากร

ผลการสำรวจข้อมูลด้วยแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง แสดงในตารางที่ 5.1 และ แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจัดลำดับความสำคัญในตารางที่ 5.2 พบว่า ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาเป็นลำดับแรกเพื่อตัดสินใจในการซื้อวัสดุก่อสร้าง คือ คุณภาพ สำหรับความสามารถในการป้องกันความร้อน ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเป็นลำดับที่ 3 ส่วนขนาดของวัสดุผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญน้อยที่สุด

ตารางที่ 5.1 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่พิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ในการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้าง

ปัจจัยในการพิจารณาซื้อวัสดุก่อสร้าง	จำนวนประชากรที่เลือกระดับความสำคัญ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ไม่เลือก
ราคาถูก	53	37	55	40	18	18	12	3	5	2	179
อายุการใช้งาน	40	107	72	39	19	16	7	1	0	0	121
คุณภาพ	224	87	48	18	15	2	0	0	0	0	28
ความสามารถในการป้องกันความร้อน	54	52	75	39	24	11	8	4	4	1	150
ไม่ต้องใช้วัสดุอื่นประกอบเพื่อป้องกันความร้อนอีก	2	8	12	4	14	11	7	8	7	14	335
ขนาดของวัสดุ	2	10	10	4	13	9	5	6	12	18	333
ง่ายต่อการใช้งาน	4	18	21	23	25	16	15	9	8	3	280
ความสวยงาม	29	46	54	78	42	12	5	4	4	2	146
เป็นวัสดุที่ไม่กักเก็บความร้อน	5	20	21	19	29	18	9	10	6	5	280
ลดการใช้ไฟฟ้าภายในที่พัก	7	17	21	37	28	22	16	13	7	3	251

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง

ปัจจัยในการพิจารณา	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับความสำคัญ
ราคาถูก	4.38	4.08	5
อายุการใช้งาน	5.77	3.87	2
คุณภาพ	8.61	2.54	1
ความสามารถในการป้องกันความร้อน	5.05	4.04	3
ไม่ต้องใช้วัสดุอื่นประกอบเพื่อป้องกันความร้อนอีก	1.03	2.37	9
ขนาดของวัสดุ	1.00	2.35	10
ง่ายต่อการใช้งาน	2.05	3.16	8
ความสวยงาม	4.82	3.78	4
เป็นวัสดุที่ไม่กักเก็บความร้อน	2.08	3.21	7
ลดการใช้ไฟฟ้าภายในที่พัก	2.48	3.30	6

ผลการสำรวจข้อมูลด้วยแบบสอบถาม เพื่อจัดลำดับความสำคัญของวัสดุผนังที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้ในการก่อสร้าง แสดงในตารางที่ 5.3 และแสดงผลการวิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจัดลำดับความสำคัญในตารางที่ 5.4 พบว่าปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุผนังเป็นลำดับแรก อิฐมอญเป็นลำดับสอง คอนกรีตบล็อกเป็นลำดับที่สาม ซึ่งหากไม่นำวัสดุผนังประเภทอื่น ๆ มาพิจารณาพบว่า วัสดุผนังที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ไม้อัด

ตารางที่ 5.3 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกใช้วัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

วัสดุผนัง	จำนวนประชากรที่เลือกระดับความสำคัญต่าง ๆ (คะแนน)										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**9**	**9**	**10**	**ไม่เลือก**
อิฐมอญ	141	59	30	10	0	1	0	0	1	0	180
คอนกรีตบล็อก	36	56	58	12	16	1	0	1	0	0	242
คอนกรีตมวลเบา	151	50	29	10	4	0	3	1	0	0	174
ไม้อัด	2	15	5	11	5	2	5	4	9	0	364
ไม้	16	32	20	15	8	10	1	3	0	0	317
วัสดุทดแทนไม้	25	43	31	17	20	3	8	1	0	0	274
กระจก	20	43	32	29	13	11	2	6	2	0	264
กระเบื้องแผ่นเรียบ	13	22	23	7	4	10	6	6	3	0	328
เซลโลกรีต	17	20	24	19	7	7	4	4	7	0	313
อื่น ๆ	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	419

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของวัสดุผนังที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัสดุผนัง	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับความสำคัญ
อิฐมอญ	5.35	4.68	2
คอนกรีตบล็อก	3.59	4.25	3
คอนกรีตมวลเบา	5.45	4.66	1
ไม้อัด	0.86	2.36	9
ไม้	1.95	3.51	6
วัสดุทดแทนไม้	2.78	3.92	4
กระจก	2.86	3.88	5
กระเบื้องแผ่นเรียบ	1.62	3.21	8
เซลโลกรีต	1.88	3.39	7
อื่น ๆ	0.05	0.69	10

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลการสำรวจด้วยแบบสอบถาม เพื่อสรุปลำดับความสำคัญของวัสดุหลังคา ที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจ โดยเรียงลำดับความสำคัญของวัสดุหลังคา 5 ชนิด และวัสดุอื่น ๆ อีก 1 ชนิด และได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อวัดระดับความสำคัญ โดยการพิจารณาจากคำถามแบบการจัดลำดับความสำคัญ ดังนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 1	ให้คะแนน 6 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 2	ให้คะแนน 5 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 3	ให้คะแนน 4 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 4	ให้คะแนน 3 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 5	ให้คะแนน 2 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 6	ให้คะแนน 1 คะแนน
ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามไม่เลือกพิจารณา	ให้คะแนน 0 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean; $\overline{X}$) จากสมการที่ 5.1 และวัดการกระจายของข้อมูลจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; S) โดยใช้สมการที่ 5.2

ผลการสำรวจข้อมูลด้วยแบบสอบถาม เพื่อจัดลำดับความสำคัญของวัสดุหลังคา ที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้ในการก่อสร้าง แสดงในตารางที่ 5.5 และแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจัดลำดับความสำคัญในตารางที่ 5.6 พบว่าปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้กระเบื้องซีแพคโมเนียเป็นวัสดุหลังคาเป็นลำดับแรก ซึ่งหากไม่นำวัสดุหลังคาประเภทอื่น ๆ มาพิจารณาพบว่าสังกะสีเป็นวัสดุหลังคาที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 5.5 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกใช้วัสดุหลังคาชนิดต่าง ๆ

วัสดุหลังคา	จำนวนประชากรที่เลือกระดับความสำคัญต่าง ๆ (คะแนน)						
	1	2	3	4	5	6	ไม่เลือก
กระเบื้องซีแพคโมเนีย	232	76	13	5	0	0	96
วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	27	32	44	13	2	0	306
กระเบื้องลอนคู่	112	89	29	5	0	0	187
สังกะสี	1	3	7	5	20	1	406
แผ่นเมทัลชีท หรือแผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน	32	44	34	14	5	0	298
อื่น ๆ	3	0	0	0	0	0	419

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของวัสดุหลังคาที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจเลือกใช้

วัสดุหลังคา	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับความสำคัญ
กระเบื้องซีแพคโมเนีย	4.36	2.43	1
วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	1.28	2.13	4
กระเบื้องลอนคู่	2.96	2.70	2
สังกะสี	0.25	0.88	5
แผ่นเมทัลชีท หรือแผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน	1.42	2.23	3
อื่น ๆ	0.04	0.50	6

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลการสำรวจด้วยแบบสอบถาม เพื่อสรุปลำดับความสำคัญของวิธีการแก้ปัญหาเมื่อผู้ตอบแบบสอบถามมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย โดยเรียงลำดับความสำคัญของวิธีการแก้ปัญหา 7 แนวทาง และได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญ ดังนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 1 ให้คะแนน 7 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 2 ให้คะแนน 6 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 3 ให้คะแนน 5 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 4 ให้คะแนน 4 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 5 ให้คะแนน 3 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 6 ให้คะแนน 2 คะแนน
ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถามเป็นลำดับที่ 7 ให้คะแนน 1 คะแนน
ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามไม่เลือกพิจารณา ให้คะแนน 0 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean; $\bar{X}$) จากสมการที่ 5.2 และวัดการกระจายของข้อมูล จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; S) โดยใช้สมการที่ 5.3

ผลการสำรวจข้อมูลด้วยแบบสอบถามถึงวิธีการที่ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้แก้ปัญหาเมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้าง แสดงในตารางที่ 5.7 และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจัดลำดับความสำคัญ ซึ่งมี 7 ลำดับ แสดงในตารางที่ 5.8 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเลือกที่จะลดขนาดของบ้านพักอาศัยเป็นลำดับแรก ส่วนการไม่ใช้วัสดุฉนวนกันความร้อนเป็นลำดับที่ 6 และการไม่ใช้วัสดุฝ้าเพดาน ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเป็นวิธีการสุดท้ายเมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

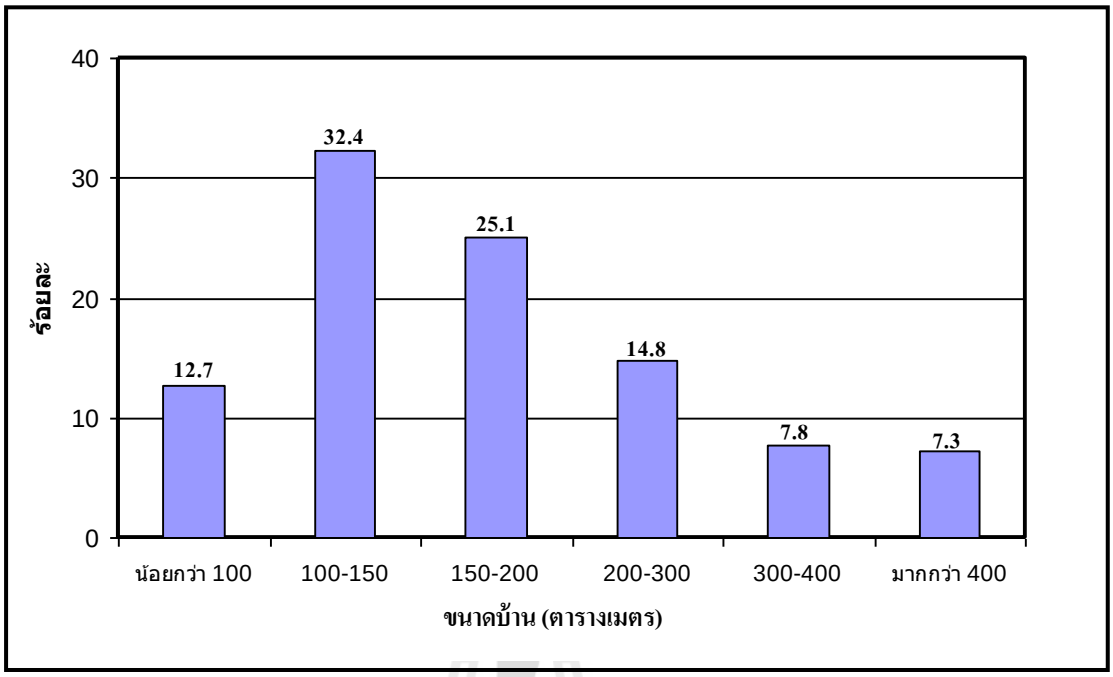
ตารางที่ 5.7 จำนวนประชาชนที่ตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยวิธีต่าง ๆ เมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

การแก้ปัญหาเมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในสร้างบ้านพักอาศัย	จำนวนประชากรที่เลือกระดับความสำคัญต่าง ๆ (คะแนน)							
	1	2	3	4	5	6	7	ไม่เลือก
เปลี่ยนวัสดุผนังที่มีราคาถูกลง	48	43	37	15	8	2	1	268
เปลี่ยนวัสดุฝ้าเพดาลที่มีราคาถูกลง	48	55	34	21	4	1	0	259
ไม่ใช้วัสดุทำฝ้าเพดาน	20	18	5	6	8	8	5	352
เปลี่ยนวัสดุหลังคาที่มีราคาถูกลง	49	42	35	16	7	5	0	268
เปลี่ยนวัสดุฉนวนกันความร้อนที่มีราคาถูกลง	55	47	37	15	3	4	0	261
ไม่ใช้วัสดุฉนวนกันความร้อน	39	22	11	9	5	6	3	327
ลดขนาดของบ้าน	133	21	17	8	8	1	14	220

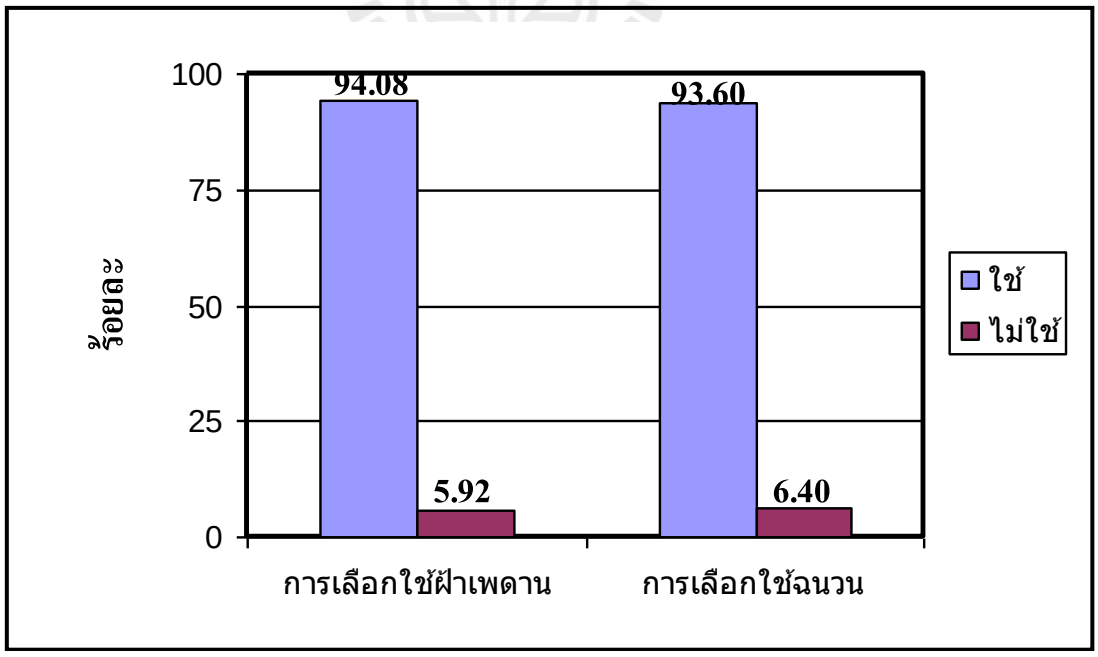
ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และลำดับความสำคัญของวิธีการแก้ปัญหาเมื่อผู้ตอบแบบตอบถามมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

การแก้ปัญหาเมื่อมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในสร้างบ้านพักอาศัย	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับความสำคัญ
เปลี่ยนวัสดุผนังที่มีราคาถูกลง	2.06	2.83	4
เปลี่ยนวัสดุฝ้าเพดาลที่มีราคาถูกลง	2.21	2.88	2
ไม่ใช้วัสดุทำฝ้าเพดาน	0.81	2.00	7
เปลี่ยนวัสดุหลังคาที่มีราคาถูกลง	2.05	2.82	5
เปลี่ยนวัสดุฉนวนกันความร้อนที่มีราคาถูกลง	2.20	2.90	3
ไม่ใช้วัสดุฉนวนกันความร้อน	1.25	2.46	6
ลดขนาดของบ้าน	2.88	3.24	1

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อระบุขนาดของบ้านพักอาศัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการก่อสร้างมากที่สุด พบว่าบ้านพักอาศัยขนาด 100-150 ตารางเมตร มีผู้ตอบแบบสอบถามต้องการก่อสร้างมากที่สุด ถึงร้อยละ 32.4 ส่วนบ้านพักอาศัยขนาดมากกว่า 400 ตารางเมตร ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการก่อสร้างน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.8 ผู้ตอบแบบสอบถาม ต้องการใช้วัสดุฝ้าเพดาน และวัสดุฉนวนในการสร้างบ้านพักอาศัย ร้อยละ 94.08 และ 93.60 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.8 ขนาดบ้านพักอาศัยที่ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครต้องการก่อสร้าง



รูปที่ 5.9 ความต้องการใช้วัสดุฝ้าเพดาน และวัสดุฉนวนในการสร้างบ้านพักอาศัย

5.3 สรุปผลการสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครด้วยแบบสอบถาม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่ยังไม่มีบ้านพักอาศัยเป็นของตนเอง ต้องเช่าที่พักอาศัย และมีการวางแผนที่จะสร้างบ้านในอนาคต อีกประมาณ 3-10 ปี ในส่วนของการพิจารณาเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญด้านคุณภาพวัสดุเป็นลำดับแรก คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุผนังที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยมากที่สุด ส่วนวัสดุมุงหลังคาที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจลำดับแรก คือ กระเบื้องซีแพคโมเนีย ประชาชนโดยส่วนใหญ่ต้องการใช้วัสดุฝ้าเพดาน และวัสดุฉนวนในการสร้างบ้านพักอาศัย นอกจากนี้ผลการสำรวจยังพบว่า ประชาชนต้องการสร้างบ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 100 - 150 ตารางเมตร

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้น จะเป็นข้อมูลที่สำคัญที่ผู้วิจัยนำมาพิจารณาในการออกแบบบ้านพักอาศัยโดยใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6
การออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบ
และวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

การสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่แสดงไว้ในข้อที่ 5.3 พบว่าขนาดของบ้านพักอาศัยที่ประชาชนต้องการก่อสร้างมากที่สุด คือ บ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 100-150 ตารางเมตร ดังนั้นจึงออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบ ขนาด 125 ตารางเมตร โดยมีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 6.1-6.4 โดยได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจต่อการออกแบบบ้านพัก และการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังใช้เป็นบ้านต้นแบบ เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการที่ใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน โดยในบทนี้จะแสดงรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

1. แบบบ้านพักต้นแบบและหลักการในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน
2. การสำรวจความพึงพอใจการออกแบบบ้านพักอาศัยและการใช้วัสดุเปลือกอาคาร
3. ผลกระทบจากการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน
4. การวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

6.1 บ้านพักอาศัยต้นแบบ

การออกแบบต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 6.1-6.4 (แสดงรายละเอียดประกอบแบบ และรายการประมาณราคาในภาคผนวก ก และ ข) ใช้หลักการออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อให้ประหยัดพลังงานตามหลักของสำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) และหลักทั่วไปที่มักจะใช้ในการออกบ้านพักอาศัยเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนี้

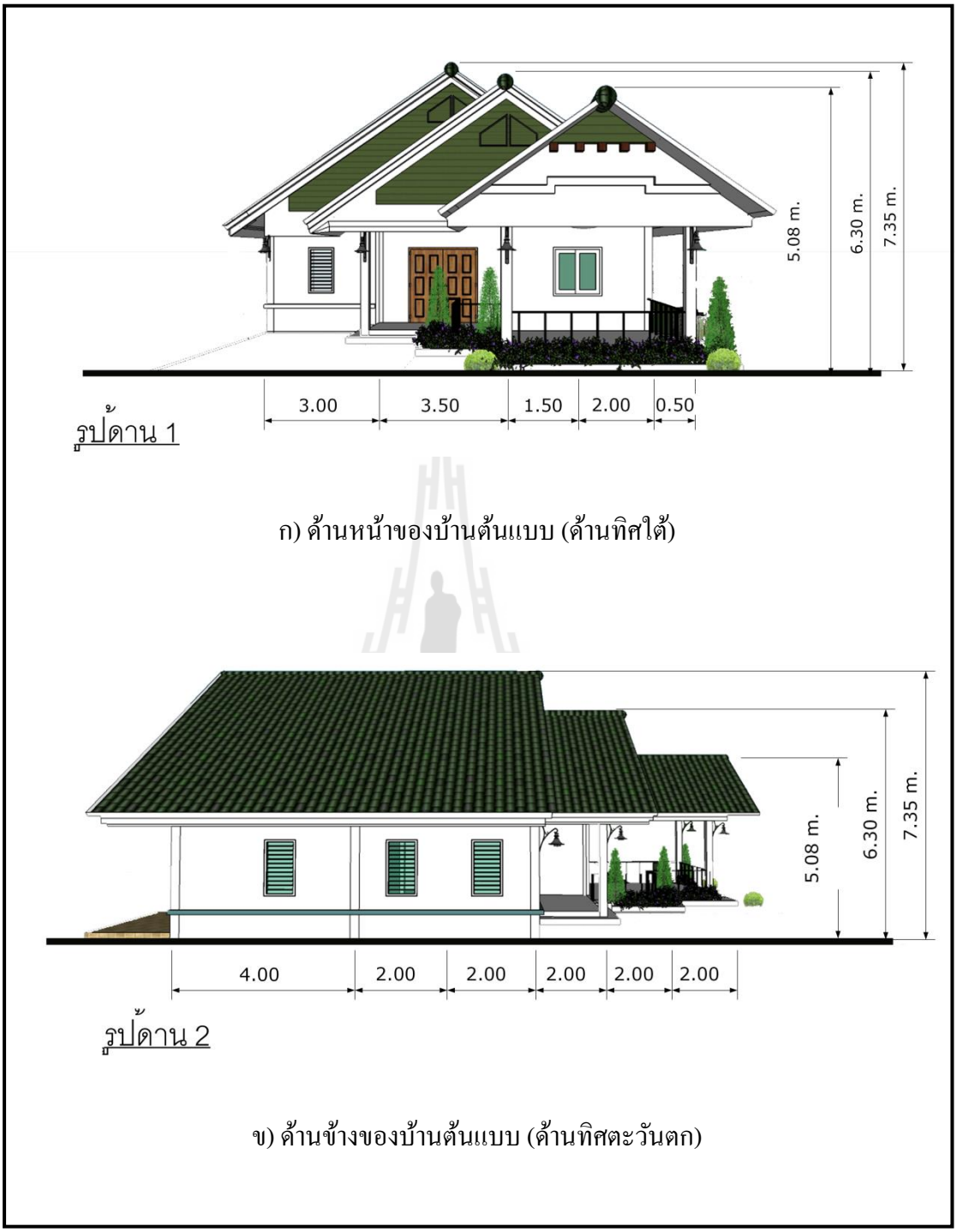
1. ออกแบบให้มีการระบายอากาศ (ร้อน) ภายในหลังคาออกไปสู่ภายนอกได้
2. ออกแบบบ้านพักต้นแบบให้มีประตูหน้าต่าง ทางลมเข้าออก เพื่อให้เกิดการระบายความร้อนภายในบ้านโดยใช้ลมธรรมชาติพัดผ่านหน้าต่าง
3. การออกแบบที่ได้พิจารณาปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนสู่ตัวบ้าน คือ ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ทางทิศใต้ (แดดอ้อมใต้) เป็นเวลา 8 - 9 เดือน ส่งผลให้ทิศทางดังกล่าวได้รับอิทธิพลจาก แสงแดดรุนแรงเกือบตลอดปี บ้านต้นแบบจึงมีกันสาดในด้านทิศใต้ เพื่อลดอิทธิพลจากการได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ทางทิศใต้

4. ใช้ผนังโทนสีอ่อน

5. ห้องนอนจะอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของบ้าน เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในตอนกลางวัน และมักจะเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงกลางคืน การที่ห้องนอนอยู่ด้านทิศตะวันออกของบ้านจะลดการสะสมความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในทิศตะวันตกที่เข้าสู่บ้านพักในช่วงตอนบ่ายได้

6. จัดทำช่องอากาศที่หลังคา เพื่อใช้ถ่ายเทความร้อนที่สะสมอยู่ใต้หลังคาออกสู่ภายนอก

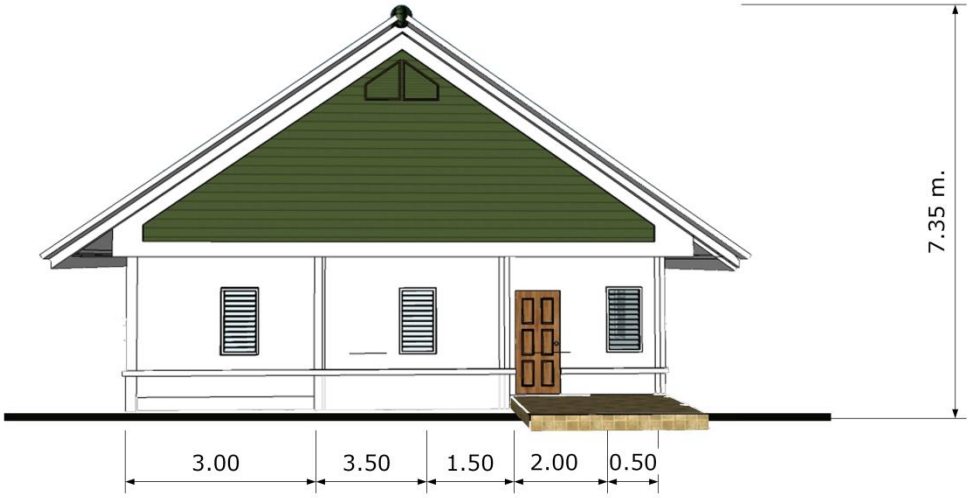
รูปที่ 6.1 แบบบ้านพักอาศัยต้นแบบสำหรับงานวิจัยนี้



ก) ด้านหน้าของบ้านต้นแบบ (ด้านทิศใต้)

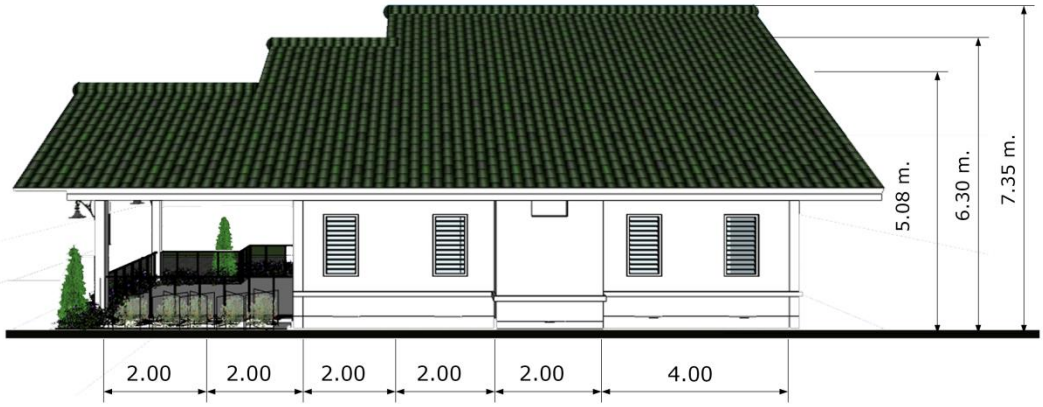
ข) ด้านข้างของบ้านต้นแบบ (ด้านทิศตะวันตก)

รูปที่ 6.2 มุมมองทางด้านทิศใต้ และทิศตะวันตกของบ้านพักต้นแบบ



รูปด้าน 3

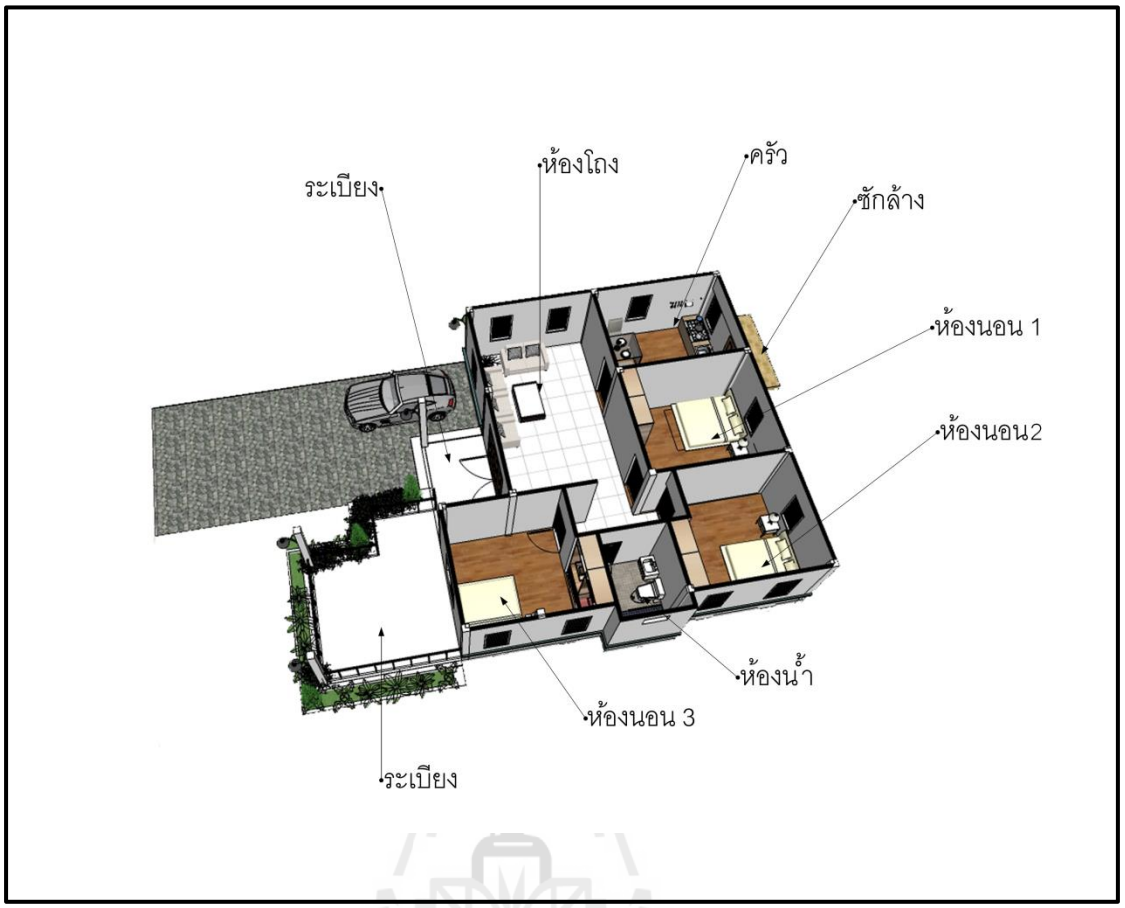
ก) ด้านหลังของบ้านพักต้นแบบ (ด้านทิศเหนือ)



รูปด้าน 4

ข) ด้านข้างของบ้านต้นแบบ (ด้านทิศตะวันออก)

รูปที่ 6.3 มุมมองทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออกของบ้านพักต้นแบบ



รูปที่ 6.4 ผังการจัดพื้นที่ใช้สอยของบ้านต้นแบบ

วัสดุก่อสร้างมีผลกระทบโดยตรงต่องบประมาณการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ซึ่งการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานจะทำให้งบประมาณก่อสร้างบ้านพักอาศัยเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป ซึ่งถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุผนัง และการใช้ฉนวนป้องกันความร้อนที่แตกต่างกัน 4 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป กรณีที่ 2 การใช้วัสดุผนังเป็นวัสดุประหยัดพลังงาน กรณีที่ 3 การใช้โพลิยูริเทนหนา 2.5 เซนติเมตรเป็นฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา และกรณีที่ 4 การใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานทั้งวัสดุผนังและฉนวนกันความร้อนพบว่าทำให้งบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6.1 โดยการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไปมีงบประมาณในการก่อสร้างก่อสร้างต่ำที่สุด และบ้านประหยัดพลังงาน (การใช้ทั้งวัสดุก่อสร้างผนังและฉนวนป้องกันความร้อน) มีงบประมาณก่อสร้างสูงที่สุด

ตารางที่ 6.1 งบประมาณก่อสร้างบ้านพักอาศัยในกรณีที่ใช้และไม่ใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

กรณีที่	รายละเอียดประกอบการก่อสร้าง	งบประมาณ (บาท)
1	**กรณีที่ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป** ● ผนังคอนกรีตบล็อก หนา 7 ซม. ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซัม หนา 0.9 มม.	1,085,329.48
2	**กรณีที่ ใช้วัสดุผนังเพื่อให้ประหยัดพลังงาน แต่ไม่ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา** ● ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม.ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซัม หนา 0.9 มม.	1,095,357.52
3	**กรณีที่ ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา แต่ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป เป็นวัสดุผนัง** ● ผนังคอนกรีตบล็อก หนา 7 ซม. ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซั่ม หนา 0.9 มม. ● วัสดุฉนวนกันความร้อนที่ใช้คือ โฟมโพลิยูริเทนหนา 2.5 ซม.	1,141,972.60
4	**บ้านประหยัดพลังงาน** **ใช้วัสดุผนังเพื่อให้ประหยัดพลังงาน และ ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา** ● ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม. ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซัม หนา 0.9 มม. ● วัสดุฉนวนกันความร้อนที่ใช้คือ โฟมโพลิยูริเทนหนา 2.5 ซม.	1,152,000.64

หมายเหตุ รายการประมาณราคา ปีงบประมาณ 2555 สำหรับงานก่อสร้าง ซ่อมแซม ปรับปรุง สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.)

6.2 การสำรวจความพึงพอใจการออกแบบบ้านพักอาศัยและการใช้วัสดุเปลือกอาคาร

การสำรวจความพึงพอใจในการออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร จากประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 422 ตัวอย่าง (สัดส่วนของประชากรที่ต้องการจะสุ่ม 50% กำหนดความเชื่อมั่น 95% และยอมให้เกิดคลาดเคลื่อน 5% และเผื่อจำนวนแบบสอบถามอีก 10%) โดยจัดทำแบบสอบถามปลายปิด เพื่อเรียงลำดับความพึงพอใจในการออกแบบบ้านพักอาศัยและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน (แสดงแบบสอบถามในภาคผนวก ค) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของคำถามที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบบ้าน แปลความหมายดังนี้

5 มากที่สุด	หมายถึงผู้ตอบมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด
4 มาก	หมายถึงผู้ตอบมีความพึงพอใจระดับมาก
3 ปานกลาง	หมายถึงผู้ตอบมีความพึงพอใจระดับปานกลาง
2 น้อย	หมายถึงผู้ตอบมีความพึงพอใจระดับน้อย
1 น้อยที่สุด	หมายถึงผู้ตอบมีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean; $\bar{X}$) ดังที่ได้แสดงไว้ในสมการที่ 5.2 และวัดการกระจายของข้อมูล จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; S) โดยใช้สมการดังที่ได้แสดงไว้ในสมการที่ 5.3 และเกณฑ์การตัดสินการวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาจากค่ามัชฉิมเลขคณิต ดังนี้ (จริพร นาคพุฒ และอุทัยวรรณ พันธ์ผล, 2548)

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 - 5.00	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 - 4.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50 - 3.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50 - 2.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจด้วยแบบสอบถาม เพื่อเรียงลำดับความสำคัญของระดับความพึงพอใจต่อบ้านพักประหยัดพลังงานต้นแบบในด้านต่าง ๆ ทั้งหมด 8 ประการ แสดงในตารางที่ 6.2 พบว่าประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีความพึงพอใจการออกแบบบ้านพักอาศัยประหยัดพลังงานต้นแบบทุกด้านอยู่ในเกณฑ์ พึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.57-4.33 โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจวัสดุที่ใช้ทำหลังคาเป็นลำดับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 วัสดุที่ใช้ทำผนังเป็นลำดับที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 4.30 ส่วนการจัดพื้นที่ใช้สอย ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.57

ตารางที่ 6.2 ผลการสำรวจความพึงพอใจการออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

ข้อที่	รายการ	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับความพึงพอใจ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1	รูปแบบ	121	229	56	11	5	4.07	0.79	5
2	ขนาดของบ้าน	179	191	42	4	6	4.26	0.79	3
3	การจัดพื้นที่ใช้สอย	94	146	102	65	15	3.57	1.10	8
4	ราคา	165	154	67	19	17	4.02	1.04	6
5	วัสดุที่ใช้ทำผนัง (คอนกรีตมวลเบา)	232	125	36	17	12	4.30	0.98	2
6	วัสดุที่ใช้ทำหลังคา (กระเบื้องคอนกรีต)	223	138	41	17	3	4.33	0.86	1
7	วัสดุที่ใช้ทำฉนวน (โฟมโพลิยูริเทน)	191	147	63	9	12	4.18	0.96	4
8	ขนาดเหมาะสมกับราคา	128	182	61	27	24	3.86	1.09	7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6.3 ผลกระทบจากการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง และหลังคาของบ้านพักต้นแบบ โดยใช้หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ.2552 ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ข้อที่ 2.7 ซึ่งการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังแต่ละด้าน ($OTTV_i$) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (Overall thermal transfer value; OTTV) ใช้สมการที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ ส่วนการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้าน ($RTTV_i$) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof thermal transfer value; RTTV) ใช้สมการที่ 2.16 และ 2.17 ดังแสดงสมการที่ใช้ในการคำนวณด้านล่าง

$$OTTV_i = (U_W)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.9)$$

$$OTTV = \frac{(A_{w_1})(OTTV_1) + (A_{w_2})(OTTV_2) + \cdots + (A_{w_i})(OTTV_i)}{A_{w_1} + A_{w_{2+\cdots+}} A_{w_i}} \quad (2.10)$$

$$RTTV_i = (U_r)(1 - SRR)(TD_{eq}) + (U_S)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.16)$$

$$RTTV = \frac{(A_{w_1})(RTTV_1) + (A_{w_2})(RTTV_2) + \cdots + (A_{w_i})(RTTV_i)}{A_{w_1} + A_{w_{2+\cdots+}} A_{w_i}} \quad (2.17)$$

พื้นที่ผนังภายนอก และหลังคาจะเป็นส่วนที่เกิดการถ่ายความร้อนจากภายนอก (ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์) เข้าสู่ภายในอาคาร การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่แตกกันทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารมีปริมาณแตกต่างกัน สำหรับบ้านพักต้นแบบ (รูปที่ 6.1 - 6.4) มีพื้นที่ผนังภายนอกในแต่ละทิศ ดังแสดงในตารางที่ 6.3 และมีพื้นที่หลังคาในแต่ละทิศทาง ดังแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.3 พื้นที่ผนัง หน้าต่างโปร่งแสง ประตู ของบ้านต้นแบบ (ส่วนที่เป็นเปลือกอาคาร)

ทิศ	พื้นที่ผนังแต่ละด้าน (ตารางเมตร)	พื้นที่หน้าต่างโปร่งแสง (ตารางเมตร)	พื้นที่ประตู (ตารางเมตร)	พื้นที่ผนังทึบ (ตารางเมตร)
ผนังด้านทิศเหนือ	28.35	2.07	1.60	24.68
ผนังด้านทิศตะวันออก	27.00	2.94	-	24.06
ผนังด้านทิศใต้	28.35	3.33	3.60	21.42
ผนังด้านทิศตะวันตก	27.00	2.07	-	24.93

ตารางที่ 6.4 พื้นที่หลังคาของบ้านต้นแบบ (ส่วนที่เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพักต้นแบบ)

ทิศ	พื้นที่ (ตารางเมตร)
หลังคาด้านทิศตะวันออก	54.31
หลังคาด้านทิศตะวันตก	53.39

การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรณี (ตารางที่ 6.1) ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังแต่ละด้านแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6.5 – 6.6 โดยกรณีที่เลือกใช้คอนกรีตมวลเบาซึ่งเป็นวัสดุประหยัดพลังงานเป็นวัสดุผนัง มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) เท่ากับ 29.79 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 6.5 ส่วนการใช้คอนกรีตบล็อกซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างทั่วไปเป็นวัสดุผนัง มีค่า OTTV เท่ากับ 37.61 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 6.6 ซึ่งการใช้คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุผนังสามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเข้าสู่อาคารได้ถึง 7.82 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) ในกรณีที่ใช้โฟมโพลิยูริเทนหนา 2.5 เซนติเมตร เป็นฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา และกรณีที่ไม่มีฉนวนกันความร้อน แสดงในตารางที่ 6.7 และ 6.8 ตามลำดับ พบว่าการใช้ฉนวนกันความร้อนมีค่า RTTV เท่ากับ 17.58 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการไม่ใช้ฉนวนกันความร้อนถึง 27.70 วัตต์ต่อตารางเมตร ทั้งนี้เมื่อนำค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคามาคำนวณอัตราการถ่ายเท

ความร้อนเข้าสู่บ้านพักอาศัย ที่ใช้วัสดุก่อสร้างผนังและฉนวนกันความร้อนแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6.9 พบว่า กรณีที่ 1 ซึ่งใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไปมีค่าการถ่ายความร้อนเข้าสู่อาคารมากที่สุด คือ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพัก 8,933.59 วัตต์ ส่วนกรณีที่ 4 ซึ่งเป็นบ้านประหยัดพลังงาน มีอัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพักน้อยที่สุดคือ 5,110.96 วัตต์

ตารางที่ 6.5 การถ่ายเทความร้อนของผ่านผนังแต่ละด้าน ($OTTV_i$) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ($OTTV_i$) ของผนังคอนกรีตมวลเบา

ทิศ	ค่าการถ่ายเทความร้อน (q: W/m2)			$QTTV_i$ (W/m^2)
	ผนังคอนกรีตมวลเบา	หน้าต่างโปร่งแสง	ประตู	
ผนังด้านทิศเหนือ	14.35	129.25	16.93	22.88
ผนังด้านทิศตะวันออก	17.23	161.36	21.30	32.93
ผนังทิศใต้	17.50	173.71	22.28	36.46
ผนังทิศตะวันตก	16.17	155.99	20.52	26.89
การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV (W/m^2))				**29.79**

ตารางที่ 6.6 การถ่ายเทความร้อนของผ่านผนังแต่ละด้าน ($OTTV_i$) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ($OTTV_i$) ของผนังคอนกรีตบล็อก

ทิศ	ค่าการถ่ายเทความร้อน (W/m^2)			$QTTV_i$ (W/m^2)
	ผนังคอนกรีตบล็อก	พื้นที่หน้าต่างโปร่งแสง	พื้นที่ประตู	
ผนังด้านทิศเหนือ	22.27	129.25	16.93	29.78
ผนังด้านทิศตะวันออก	27.61	161.36	21.30	42.17
ผนังทิศใต้	27.33	173.71	22.28	43.88
ผนังทิศตะวันตก	24.54	155.99	20.52	34.62
การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV ;W/m^2)				**37.61**

ตารางที่ 6.7 ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้าน ($RTTV_i$) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ในกรณีที่ใช้โฟมโพลียูเทนหนา 2.5 ซม. เป็นฉนวนกันความร้อน

ทิศ	พื้นที่หลังคาแต่ละด้าน (ตารางเมตร)	$RTTV_i$ (W/m^2)
ผนังด้านทิศเหนือ	0	15.31
ผนังทิศตะวันตก	53.39	17.32
ผนังทิศใต้	0	18.29
ผนังด้านทิศตะวันออก	54.31	17.84
การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (RTTV;W/m^2)		**17.58**

ตารางที่ 6.8 ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้าน ($RTTV_i$) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ในกรณีที่ไม่ใช้ฉนวนกันความร้อน

ทิศ	พื้นที่หลังคาแต่ละด้าน (ตารางเมตร)	$RTTV_i$ (W/m^2)
ผนังด้านทิศเหนือ	0	39.45
ผนังทิศตะวันตก	53.39	44.60
ผนังทิศใต้	0	47.12
ผนังด้านทิศตะวันออก	54.31	45.96
การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (RTTV; W/m^2)		**45.29**

ตารางที่ 6.9 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านพักอาศัยในกรณีที่ใช้วัสดุก่อสร้างผนังและฉนวนกันความร้อนแตกต่างกัน

กรณีที่	รายละเอียดประกอบการก่อสร้าง	อัตราการถ่ายเทความร้อน (วัตต์)
1	**กรณีที่ไม่ได้ใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงาน** ● ผนังคอนกรีตบล็อก หนา 7.0 ซม. ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซัม หนา 0.9 มม.	8,939.59
2	**กรณีที่ ใช้วัสดุผนังเพื่อให้ประหยัดพลังงาน แต่ไม่ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา** ● ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม.ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซัม หนา 0.9 มม.	8,094.64
3	**กรณีที่ ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา แต่ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไปเป็นวัสดุผนัง** ● ผนังคอนกรีตบล็อก หนา 7.0 ซม. ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซั่ม หนา 0.9 มม. ● วัสดุฉนวนกันความร้อนที่ใช้คือ โฟมโพลิยูริเทนหนา 2.5 ซม.	5,955.92
4	**บ้านประหยัดพลังงาน** **ใช้วัสดุผนังเพื่อให้ประหยัดพลังงาน และ ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา** ● ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม. ฉาบปูนสองด้าน ทาสีขาว ● วัสดุหลังคาที่ใช้ คือ กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย ● วัสดุฝ้าเพดานที่ใช้คือ แผ่นยิปซัม หนา 0.9 มม. ● วัสดุฉนวนกันความร้อนที่ใช้คือ โฟมโพลิยูริเทนหนา 2.5 ซม.	5,110.96

6.4 การวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

การวิจัยในส่วนนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน โดยการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ และผลประโยชน์จากลดลงของความร้อนภายในบ้าน โดยจะแสดงรายละเอียดในข้อที่ 6.4.1 และ 6.4.2 ตามลำดับ

6.4.1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดให้งบประมาณการก่อสร้างบ้านพักที่เพิ่มขึ้นเป็นการลงทุน เพื่อให้มีผลตอบแทนคือรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าจากการเครื่องปรับอากาศที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป โดยกำหนดให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน (กำหนดให้ 1 เดือน มี 30 วัน) และกำหนดให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 80% จะสามารถคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกำจัดความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากสมการที่ 6.1 (กระทรวงพลังงาน, 2552) และคำนวณรายจ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศ เมื่อกำหนดให้อัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 3.50 บาทต่อหน่วย แสดงรายจ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ภายในบ้านพักที่มีการใช้วัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรณี ในตารางที่ 6.10

$$W = \frac{Q \times 3.142}{EER \times 1{,}000} \quad kW \qquad (6.1)$$

โดยที่

W หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้

Q หมายถึง อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

EER หมายถึง Energy Efficiency Ratio (EER) ของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 มีค่าไม่ต่ำกว่า 11 Btu $h^{-1}W^{-1}$ ตามประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552

จากตารางที่ 6.10 พบว่าเมื่อใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานสามารถช่วยลดรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศได้ แต่ก็ต้องมีการลงทุนเนื่องจากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานทำให้งบประมาณในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยเพิ่มขึ้น งบประมาณที่เพิ่มขึ้นถือได้ว่าเป็นการลงทุน เพื่อลดรายจ่ายจากการใช้พลังงาน และสามารถวิเคราะห์ผลตอบแทนของการ

ลงทุนจากใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน โดยกำหนดให้ กรณีที่ 1 ซึ่งใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป และเป็นกรณีที่มีงบประมาณในก่อสร้างต่ำที่สุด เป็นการไม่ลงทุน (กำหนดให้มีงบลงทุนเท่ากับ 0 บาท) ส่วนกรณีที่ 2 3 และ 4 ถือได้ว่ามีการลงทุนเกิดขึ้น เนื่องจากมีการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อให้เกิดประหยัดพลังงาน ทำให้งบประมาณในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น โดยงบลงทุน คืองบประมาณที่แตกต่างจากกรณีสำหรับผลประโยชน์ที่ได้รับคือ รายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเทียบกับรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าของกรณีที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 6.11 ซึ่งสามารถเขียนแผนภูมิกระแสเงินสด (Cash flow diagram) ดังแสดงในรูปที่ 6.5

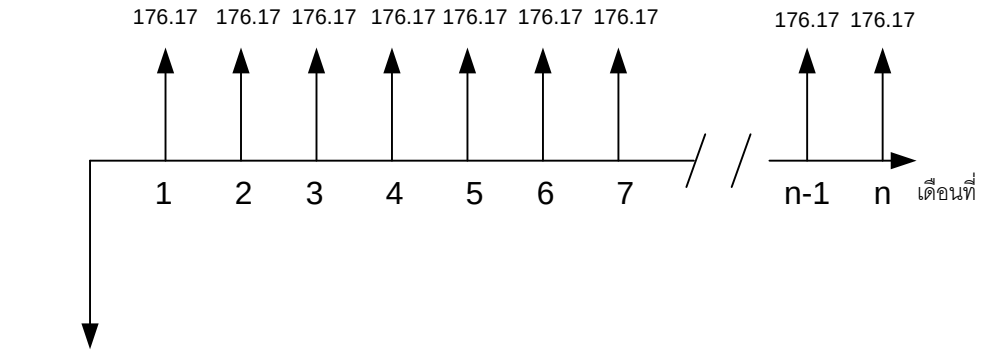
ตารางที่ 6.10 ผลการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เครื่องปรับอากาศและรายจ่ายค่าไฟฟ้าต่อเดือน

กรณีที่	รายการ	งบประมาณก่อสร้าง (บาท)	อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน (kW)	รายจ่ายค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)
1	วัสดุก่อสร้างทั่วไป	1,085,329.48	8,939.59	532.55	1,863.92
2	ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงาน	1,095,357.52	8,094.64	482.21	1,687.74
3	ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา	1,141,972.60	5,955.92	354.80	1,241.82
4	บ้านประหยัดพลังงาน	1,152,000.64	5,110.96	304.47	1,065.64

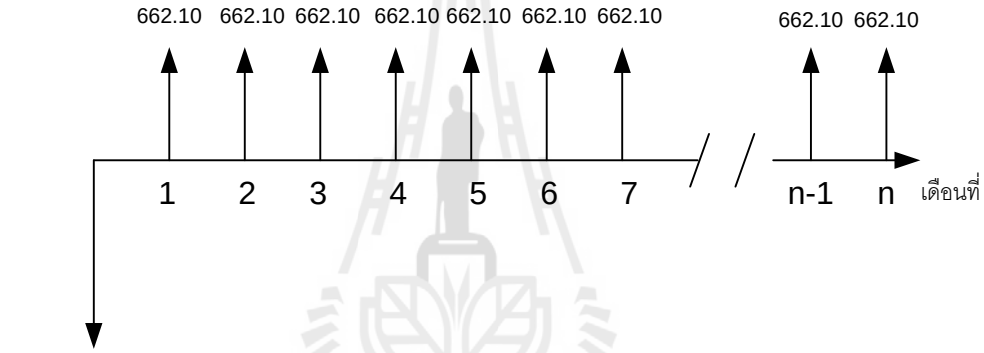
หมายเหตุ อัตราค่าไฟฟ้า ใช้ 3.50 บาทต่อหน่วย

ตารางที่ 6.11 การวิเคราะห์งบลงทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง

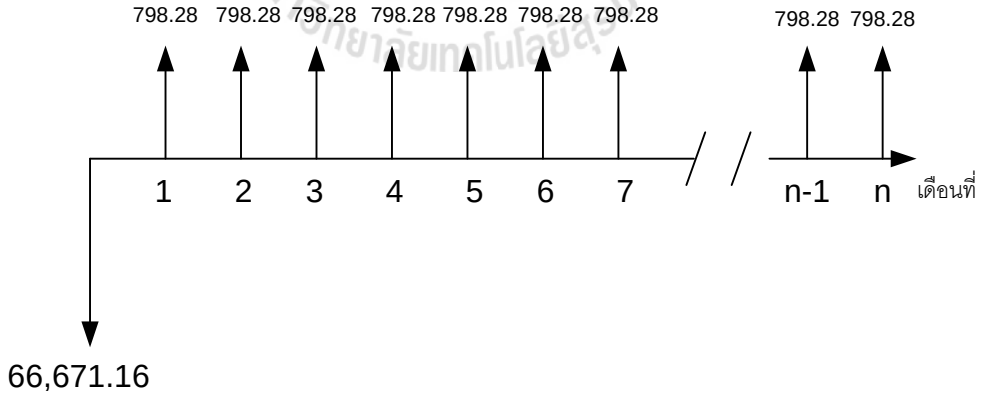
กรณีที่	รายการ	งบลงทุน (บาท)	รายจ่ายค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)	ผลประโยชน์ (บาทต่อเดือน)
1	วัสดุก่อสร้างทั่วไป	0.00	1,863.92	0.00
2	ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงาน	10,028.04	1,687.74	176.17
3	ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา	56,643.12	1,241.82	622.10
4	บ้านประหยัดพลังงาน	66,671.16	1,065.64	798.28



ก) กรณีที่ 2 ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงาน



ข) กรณีที่ 3 ใช้ฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา



ค) กรณีที่ 3 บ้านประหยัดพลังงาน

รูปที่ 6.5 แผนภูมิกระแสเงินสด (Cash Flow) เมื่อใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์จากแผนภูมิกระแสเงินสด ในรูปที่ 6.5 ด้วยการวิเคราะห์ค่าเงินปัจจุบัน (Present worth of costs method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หลักการเปลี่ยนเงินค่าใช้จ่าย และผลประโยชน์ทั้งหมดของโครงการให้เป็นค่าเงินปัจจุบัน ในรูปแบบมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (Net present value; NPV) จากนั้นคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback period; PB)

จากแผนภูมิกระแสเงินสด รูปที่ 6.5 มีรายจ่ายเกิดขึ้นจากการลงทุนเริ่มต้นครั้งเดียว และเกิดผลประโยชน์เท่า ๆ กันในทุกเดือน ซึ่งสามารถแปลงค่ารายรับทุกเดือนมาเป็นมูลค่าปัจจุบัน จากสมการที่ 6.2 กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากับร้อยละ 5 ต่อปี (ร้อยละ 0.146 ต่อเดือน) คำนวณมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ จากสมการที่ 6.3 (Sullivan, Wicks and Koelling, 2009) นอกจากนี้ยังคำนวณจุดคุ้มทุน ซึ่งหมายถึงระยะเวลาดำเนินโครงการที่ทำให้รายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน อาจกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่รายรับกับรายจ่ายเท่ากัน หรือมีกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง (กรกฎ ใยบัวเทศ, วัชระ ทองงอก และ คมกฤต เล็กสกุล, 2549) ทั้งนี้ได้แสดงผลการคำนวณประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าเมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน ในตารางที่ 6.12 การเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของกรณีที่มีการลงทุนเกิดขึ้น (กรณีที่ 2, 3 และ 4) ดังรูปที่ 6.6 และแสดงระยะเวลาคุ้มทุนของการดำเนินโครงการ ในตารางที่ 6.13

$$P = A\left[\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}\right] \quad ; \ i > 0 \tag{6.2}$$

โดยที่

n (number)	หมายถึงระยะเวลา หรือช่วงเวลา เช่น วัน เดือน ปี
i (interest)	หมายถึงอัตราดอกเบี้ยต่อระยะเวลา เช่น วัน เดือน ปี
P (Present worth)	หมายถึงจำนวนเงินหรือมูลค่าเริ่มต้นหรือปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นเงินต้น
A (Annual worth)	หมายถึงจำนวนเงินที่รับหรือจ่ายเท่า ๆ กัน ทุก ๆ ช่วงเวลา

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_o \tag{6.3}$$

โดยที่

NPV	หมายถึง มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ
B_t	หมายถึง ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_t หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาสินค้าทุนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_o หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

i หมายถึง อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้

t หมายถึงระยะเวลาการดำเนินงานโครงการ

n หมายถึงอายุของโครงการ

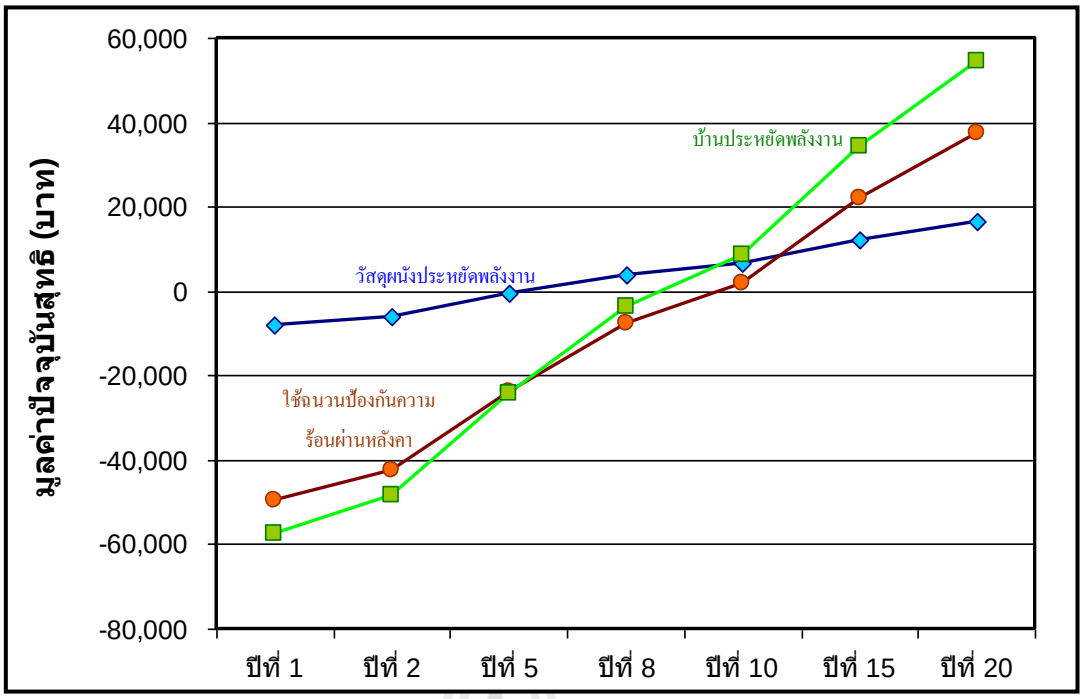
ตารางที่ 6.12 งบลงทุนและผลประโยชน์ ณ ปีปัจจุบันเมื่อเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

กรณีที่	รายการ	งบลงทุน (บาท)	มูลค่าผลประโยชน์ ณ ปีปัจจุบัน เมื่อสิ้นปีที่				
			ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 5	ปีที่ 8	ปีที่10
1	ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป (กำหนดให้เป็น กรณีที่ไม่มีการลงทุน)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงาน	10,028.04	2,057.93	4,015.69	9,335.58	13,915.88	16,609.92
3	ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา	56,643.12	7,266.90	14,180.11	32,965.57	49,139.41	58,652.52
4	บ้านประหยัดพลังงาน	66,671.16	9,324.83	18,195.80	42,301.16	63,055.30	75,262.45

หมายเหตุ กำหนดอัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 5 ต่อปี

ตารางที่ 6.13 ระยะเวลาคุ้มทุนของการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

กรณีที่	รายการ	ระยะเวลาที่คุ้มทุน
1	ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป (กำหนดให้เป็น กรณีที่ไม่มีการลงทุน)	-
2	ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงาน	5 ปี 5 เดือน 4 วัน
3	ใช้ฉนวนป้องกันความร้อน	9 ปี 6 เดือน 23วัน
4	บ้านประหยัดพลังงาน	8 ปี 6 เดือน 21 วัน



รูปที่ 6.6 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการใช้วัสดุก่อสร้างกรณีต่างๆ

จากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน และการคำนวณหาจุดคุ้มทุน ดังแสดงในรูปที่ 6.6 และตารางที่ 6.13 ตามลำดับ พบว่ากรณีที่ 2 ซึ่งเลือกใช้ผนังเป็นวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานมีระยะเวลาคุ้มทุนสั้นที่สุด คือ 5 ปี 5 เดือน 4 วัน แต่ถ้าพิจารณาในระยะยาว 15 หรือ 20 ปี เป็นกรณีที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยที่สุด กรณีที่ 3 การเลือกใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา มีระยะเวลาคุ้มทุนนานที่สุด คือ 9 ปี 6 เดือน 23 วัน แต่ในระยะยาว พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า กรณีที่ 2 ในกรณีที่ 4 ซึ่งบ้านประหยัดพลังงานที่ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงานและใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา เป็นวิธีการที่มีใช้งบลงทุนมากที่สุด มีระยะเวลาคุ้มทุน 8 ปี 6 เดือน 21 วัน แต่เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลา 15 ปี หรือ 20 ปี จะเป็นกรณีที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากที่สุด ดังนั้น แสดงว่า การก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ซึ่งใช้ทั้งวัสดุผนังประหยัดพลังงาน และใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา ต้องใช้งบประมาณก่อสร้างเพิ่มขึ้นมากที่สุด แต่จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า ในระยะยาวเป็นวิธีที่มีผลประโยชน์ตอบแทนเกิดขึ้นมากที่สุด

6.4.2 การลดความร้อนภายในอาคาร

แต่การวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน ดังแสดงในข้อที่ 6.4.1 เป็นเพียงการจำลองสถานการณ์ ในกรณีที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงกลางวัน ซึ่งใน

ความเป็นจริงถ้าไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ผลประโยชน์จากการประหยัดรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าก็ไม่ได้เกิดขึ้นจริง อย่างไรก็ตาม ผลประโยชน์ทางด้านการเงินไม่ได้เป็นวัตถุประสงค์หลักในการเลือกใช้วัสดุประหยัดพลังงานในการสร้างบ้านพักอาศัย แต่วัตถุประสงค์หลักคือสามารถป้องกันความร้อนสะสมในบ้านพัก และจะทำให้อากาศในบ้านเย็นสบายโดยไม่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานจะช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่บ้านพักอาศัย ซึ่งจะช่วยลดความร้อนสะสมภายในบ้านพัก และจะทำให้ภายในบ้านพักมีความร้อนไม่สูงเกินไป ทำให้ผู้พักอาศัยอยู่ในสภาวะสบายโดยไม่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ

ความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในบ้านพัก เกิดขึ้นจากมีการถ่ายความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 6.4 (Poirer and Geiger, 1994) ภายใต้สมมุติฐานว่า ความร้อนภายในอาคารเท่ากันทุกตำแหน่ง ไม่มีการถ่ายเทความร้อนออก และความร้อนสะสมเกิดจากการถ่ายความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารเพียงอย่างเดียว

$$Q = V\rho C_p \frac{dT}{dt} \qquad (6.4)$$ (Poirer and Geiger, 1994)

โดยที่

Q คืออัตราการถ่ายเทความร้อน (Wm^{-2})

V คือปริมาตรของมีการถ่ายเทความร้อนเข้า

P คือความหนาแน่นของอากาศ เท่ากับ 1.1614 $kg\ m^{-3}$

C_p คือความจุความร้อนจำเพาะของอากาศเมื่อแรงดันคงที่ มีค่าเท่ากับ 1.007 $kJ\ kg^{-1}K^{-1}$

dT คือความร้อนภายในอาคารที่เพิ่มขึ้น (K)

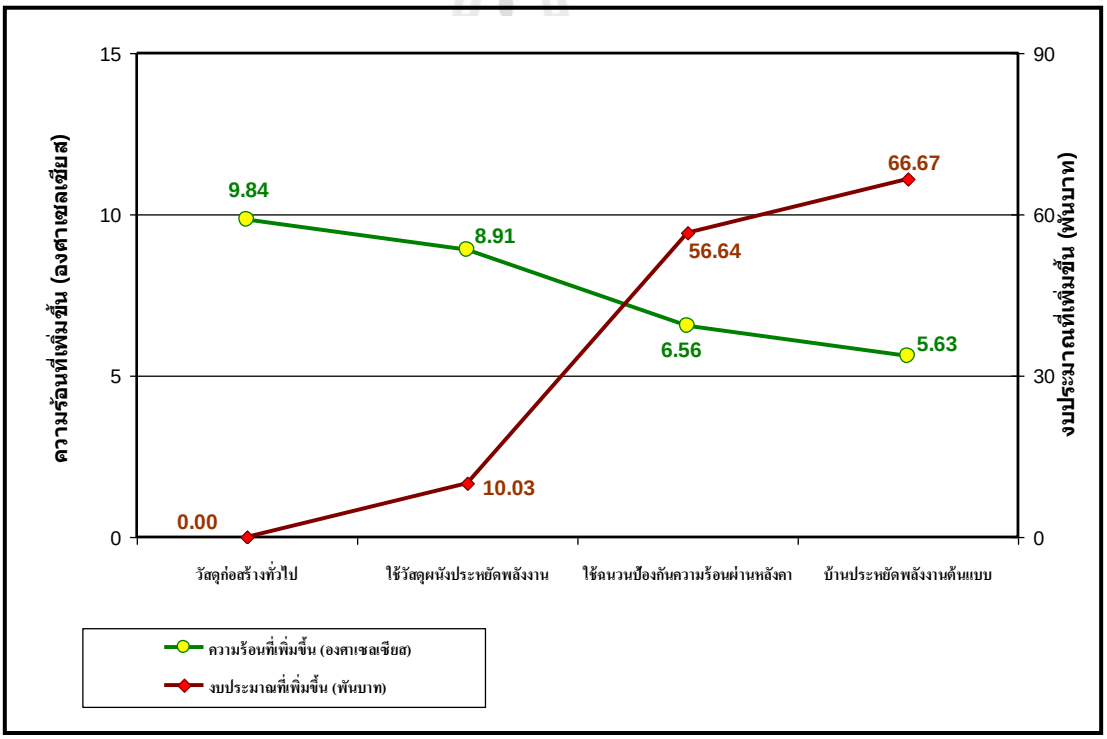
หมายเหตุ ค่า dT ในหน่วยขององศาแคลวิน มีค่าเท่ากับหน่วยองศาเซลเซียส

dt คือ ช่วงเวลาที่เกิดการถ่ายเทความร้อน (กำหนดเวลาที่พิจารณา 1 ชั่วโมง)

การใช้วัสดุก่อสร้างบ้านพักที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรณี ทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารแตกต่างกัน เป็นผลให้ความร้อนภายในอาคารที่เพิ่มมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6.14 และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นกับงบประมาณที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกรณีที่ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป ในรูปที่ 6.7 พบว่า กรณีที่ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงานทำให้ความร้อนในบ้านพักลดลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส กรณีที่ใช้ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคาทำให้ความร้อนในบ้านพักลดลงประมาณ 3 องศาเซลเซียส และกรณีบ้านประหยัดพลังงานความร้อนภายในอาคารลดลงมากที่สุด คือ 4 องศาเซลเซียส โดยประมาณ

ตารางที่ 6.14 ความร้อนภายในอาคารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อน

กรณีที่	รายการ	อัตราการถ่ายเทความร้อน (วัตต์)	ความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในอาคาร (องศาเซลเซียส)
1	วัสดุก่อสร้างทั่วไป	8,939.59	9.84
2	ใช้วัสดุผนังประหยัดพลังงาน	8,094.64	8.91
3	ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา	5,955.92	6.56
4	บ้านประหยัดพลังงานต้นแบบ	5,110.96	5.63



รูปที่ 6.7 งบประมาณก่อสร้างที่เพิ่ม และความร้อนที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้วัสดุก่อสร้างแต่ละกรณีเทียบกับการก่อสร้างด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้ คือ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เน้นการประหยัดพลังงานในที่พักอาศัย จัดทำแบบบ้านที่ใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานเพื่อเผยแพร่แก่ประชาชนทั่วไป วิเคราะห์ความแตกต่างของการประหยัดพลังงานระหว่างบ้านที่ใช้วัสดุสำหรับบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านที่ใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เน้นการประหยัดพลังงาน

วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น คือ วัสดุก่อสร้างที่ช่วยป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งมักจะเรียกว่า วัสดุเปลือกอาคาร ซึ่งแบ่งเป็น วัสดุผนัง และวัสดุหลังคา (วัสดุมุงหลังคา วัสดุฝ้าเพดาน และวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา) สำหรับฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เน้นการประหยัดพลังงานในที่พักอาศัยที่จัดทำขึ้น ประกอบด้วยข้อมูลวัสดุก่อสร้างวัสดุผนังจำนวน 28 รายการ วัสดุมุงหลังคา จำนวน 8 รายการ วัสดุฝ้าเพดาน จำนวน 20 รายการ และวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนจำนวน 17 รายการ (แสดงในภาคผนวก ง) ออกแบบบ้านพักอาศัยประหยัดพลังงานเพื่อเผยแพร่แก่ประชาชน โดยออกแบบเป็นบ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร วัสดุผนังประหยัดพลังงานที่เลือกใช้ คือ คอนกรีตมวลเบาหนา 7.5 เซนติเมตร วัสดุหลังคาประกอบด้วย กระเบื้องซีแพคโมเนีย แผ่นยิปซั่มหนา 0.9 มิลิลเมตร และฉนวนโฟมโพลิยูริเทนหนา 2.5 เซนติเมตร งบประมาณก่อสร้าง 1,152,000.64 บาท โดยมีแบบก่อสร้าง รายการวัสดุประกอบแบบ และการประมาณราคา ดังแสดงในภาคผนวก ก

นอกจากการจัดทำฐานข้อมูล และการออกแบบบ้านโดยใช้วัสดุประหยัดพลังงาน ดังกล่าวในขั้นตอนการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ ได้ดำเนินการในส่วนอื่น ดังนี้ คือ 1) การวิเคราะห์ความแตกต่างของวัสดุเปลือกอาคารด้วยการสร้างแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของวัสดุเปลือกอาคารแต่ละชนิด โดยใช้หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552 ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน 2) การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน และ 3) การวิเคราะห์ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน ดังแสดงการสรุปผลการศึกษาในข้อที่ 7.1 ถึง 7.3 ตามลำดับ

7.1 สมบัติการถ่ายเทความร้อน

7.1.1 วัสดุผนัง

การเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุผนัง ตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น และคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน 8 ชนิด ได้แก่ อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา ไม้ เซลโลกรีตชนิดธรรมดา เซลโลกรีตชนิดโฟม และกระจก ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนมีความแตกต่างกันตามทิศทางของผนัง โดยวัสดุผนังแต่ละชนิดมีค่าการถ่ายเทความร้อนดังแสดงในตารางที่ 7.1 พบว่าวัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนผ่านผนังได้ดีที่สุด คือ เซลโลกรีตโฟม แต่ทั้งนี้ เซลโลกรีตเป็นวัสดุที่ค่อนข้างใหม่สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างและมีราคาแพง จึงยังไม่เป็นที่นิยมในการใช้เป็นวัสดุผนังสำหรับอาคารพักอาศัย สำหรับวัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี และได้รับความนิยมในการนำมาก่อสร้างอาคาร คือ คอนกรีตมวลเบา

ตารางที่ 7.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุผนัง	ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (วัตต์ต่อตารางเมตร)
อิฐมอญ หนา 7.5 เซนติเมตร	47.20-63.69
อิฐบล็อก หนา 8.0 เซนติเมตร	45.20-61.78
คอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 เซนติเมตร	28.61-37.99
เซลโลกรีตธรรมดา หนา 7.5 เซนติเมตร	18.75-25.05
เซลโลกรีตโฟม หนา 7.5 เซนติเมตร	13.36-17.63
ไม้เนื้อแข็ง หนา 10.0 มิลลิเมตร	82.82-109.00
กระจกสีชา หนา 6.0 มิลลิเมตร	114.44-152.32

7.1.2 วัสดุหลังคา

7.1.2.1 วัสดุมุงหลังคา

การวิจัยนี้เปรียบเทียบสมบัติในการป้องกันความร้อนของวัสดุมุงหลังคา 5 ชนิด ได้แก่ กระเบื้องหลังคาคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่ กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ กระเบื้องแอสฟัลต์ ซึ่งแสดงผลการคำนวณค่าถ่ายเทความร้อนในตารางที่ 7.2 พบว่าวัสดุมุงหลังคาแต่ละชนิดมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาจึงสามารถเลือกตามความพึงพอใจส่วนบุคคล และข้อจำกัด

ของงบประมาณ ซึ่งจากข้อมูลการสำรวจ พบว่าประชาชนในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พึงพอใจในการใช้กระเบื้องซีแพคโมเนียเป็นวัสดุมุงหลังคามากที่สุด

ตารางที่ 7.2 ค่าความร้อนผ่านหลังคาของวัสดุมุงหลังคา

วัสดุมุงหลังคา	**ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (วัตต์ต่อตารางเมตร)**
กระเบื้องหลังคาคอนกรีต หนา 11 มิลลิเมตร	154.54-195.23
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก หนา 5 มิลลิเมตร	154.24-194.54
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 5 มิลลิเมตร	155.51-196.15
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่ หนา 5 มิลลิเมตร	154.49-196.15
หลังคาแอสฟัลต์ หนา 5 มิลลิเมตร	155.10-195.62

7.1.2.2 วัสดุฝ้าเพดาน

วัสดุฝ้าเพดาน ที่ทำการศึกษา 6 ชนิด ได้แก่ แผ่นยิปซัม กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ ไม้อัด ไม้ก๊อก เซลโลกรีต และเซลโลกรีตโฟม ซึ่งได้คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น ที่กำหนดให้ช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาและฝ้าเพดานมีระยะห่างเท่ากับ 20 เซนติเมตร และ กำหนดให้วัสดุฝ้าเพดานทุกชนิดมีความหนาเท่ากันคือ 1 ซม. ซึ่งผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุฝ้าเพดาน แสดงในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ค่าความร้อนผ่านหลังคาของวัสดุฝ้าเพดาน

วัสดุฝ้าเพดาน	**ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (วัตต์ต่อตารางเมตร)**
แผ่นยิปซั่ม หนา 1 เซนติเมตร	44.55-56.12
กระเบื้องแผ่นเรียบ หนา 1 เซนติเมตร	44.66-56.47
ไม้อัด หนา 1 เซนติเมตร	43.19-54.46
ไม้ก๊อก หนา 1 เซนติเมตร	34.57-43.60
เซลโลกรีตธรรมดา หนา 1 เซนติเมตร	41.21-51.85
เซลโลกรีตโฟม หนา 1 เซนติเมตร	38.48-48.53

7.1.2.3 วัสดุฉนวน

การก่อสร้างอาคารในปัจจุบัน มักจะใช้วัสดุฉนวน เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านหลังคา ดังนั้น เพื่อวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุฉนวนชนิดต่าง จึงสร้างแบบจำลองโครงสร้างหลังคา เพื่อเปรียบเทียบค่าถ่ายเทความร้อนผ่านหลังของวัสดุฉนวนชนิดต่าง โดยกำหนดให้ช่องว่างอากาศระห่างระหว่างหลังคาและฝ้าเพดาน 20 เซนติเมตร ใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เป็นวัสดุหลังคา และใช้แผ่นยิปซัมเป็นฝ้าเพดาน สำหรับฉนวนกันความร้อนที่ทำการศึกษา ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยหิน ฉนวนโฟมโพลีสไตรีนแบบขยายตัว โฟมโพลิเอทีลิน โฟมยูรีเทน เซลโลกรีต และเซลโลกรีตโฟม จากผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา พบว่าการใช้โฟมยูรีเทนเป็นวัสดุฉนวนสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารผ่านหลังคาได้ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ค่าความร้อนผ่านหลังคาของวัสดุฉนวน

วัสดุฉนวน	**ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (วัตต์ต่อตารางเมตร)**
ฉนวนใยแก้ว หนา 5 เซนติเมตร	24.98-31.47
ฉนวนใยหิน หนา 5 เซนติเมตร	17.58-22.14
โฟมโพลิสไตรีน หนา 5 เซนติเมตร	17.58-22.14
โฟมโพลีเอทีลีน หนา 5 เซนติเมตร	12.74-16.06
โฟมโพลียูรีเทน หนา 5 เซนติเมตร	10.75-13.55
เซลโลกรีต หนา 5 เซนติเมตร	26.46-33.45
เซลโลกรีตโฟม หนา 5 เซนติเมตร	21.32-26.98

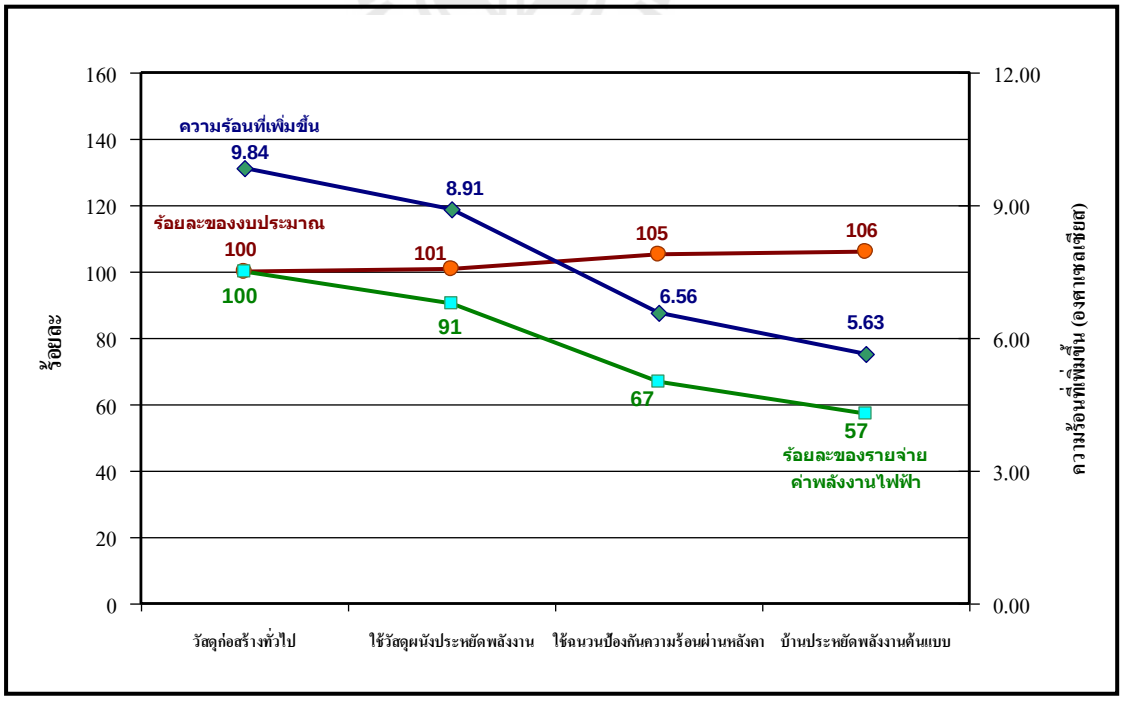
7.2 การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน

จากผลการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่ยังไม่มีบ้านพักอาศัยเป็นของตนเอง และ ต้องเช่าที่พักอาศัย เท่ากับร้อยละ 48.82 ผู้ตอบมีการวางแผนที่จะสร้างบ้านอาศัยช่วงเวลาระหว่าง 3-10 ปี เท่ากับร้อยละ 30.31 ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเป็นลำดับแรก คือ คุณภาพของวัสดุ คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุผนังที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยมากที่สุด ส่วนวัสดุมุงหลังคาที่ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจลำดับแรก คือ กระเบื้องซีแพคโมเนีย ประชาชนโดยส่วน

ใหญ่ต้องการใช้วัสดุฝ้าเพดาน และวัสดุผนังในการสร้างบ้านพักอาศัย นอกจากนี้ผลการสำรวจยังพบว่า ประชาชนต้องการสร้างบ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 100-150 ตารางเมตร

7.3 ผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

การสร้างบ้านตามแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบ โดยเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน ได้แก่ ใช้คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุผนัง หรือใช้ฉนวนโฟมโพลิยูริเทนเป็นวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา ซึ่งทำให้งบประมาณก่อสร้างบ้านพักอาศัยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คอนกรีตบล็อก และไม่ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนผ่านหลังคา แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อกำหนดให้งบประมาณก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเป็นการลงทุนจากการใช้วัสดุก่อสร้าง แตกต่างกัน 4 กรณี และวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นทางด้านเศรษฐศาสตร์ และเปรียบเทียบความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในบ้านพักอาศัย ดังแสดงในรูปที่ 7.1 พบว่า การสร้างบ้านด้วยวัสดุประหยัดพลังงานทำให้งบประมาณก่อสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ของการสร้างบ้านด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป แต่สามารถลดรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 43 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีที่สร้างบ้านด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป ทั้งนี้ยังสามารถลดอุณหภูมิในบ้านพักอาศัยได้ประมาณ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างบ้านด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป



รูปที่ 7.1 การวิเคราะห์งบลงทุนและผลประโยชน์จากการใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

บรรณานุกรม

กรกฎ ใยบัวเทศ, วัชระ ทอองงอก และคมกฤต เล็กสกุล. (2549). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. สำนักพิมพ์ท้อป:กรุงเทพมหานคร.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2547). แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. บริษัท แกรนด์ เพรส แอนด์แพคกิ้ง จำกัด: กรุงเทพมหานคร.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. (2553). คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ.2553. กรุงเทพมหานคร

กระทรวงพลังงาน. (2552). กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เล่ม 126 ตอน 12 ก. (Online). Available: http://www.energy.go.th

จริพร นาคพุฒ และอุทัยวรรณ พันธ์ผล. 2548. การศึกษาความพึงพอใจในสวัสดิการของพนักงานฝ่ายผลิตบริษัทโกลเด้นเพรส อินดัสทรี จำกัด. ปริญญานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชูศรี วงรัตนะ. (2526). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. ครั้งที่ 9. เทพเนรมิตการพิมพ์: กรุงเทพมหานคร.

มนัสพันธน์ หงส์วิเศษ. (2553). การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มะลิ หุ่นสม. (2551). ปรากฏการณ์ถ่ายโอนโมเมนตัม ความร้อน และมวลขั้นพื้นฐาน. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.

วัชระ มั่งวิทิตกุล. (2546). สภาวะแวดล้อมของบ้านกับการประหยัดพลังงาน. ครั้งที่ 5. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. กระทรวงพลังงาน.

วิชุตา อยู่ยงค์ และพัฒนะ รักความสุข. (2551). การประเมินเทคโนโลยีเพื่ออาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง. การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนา อย่างยั่งยืน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 28-29 มกราคม 2551. จังหวัดขอนแก่น

วิรัตน์ ตั้งคุณาพันธุ์, สมนึก ธีระกุลพิศุทธิ์ และประพัทธ์ สันติวรากร. (2549). การใช้วิธีการคำนวณ OTTV และ RTTV สำหรับการประมาณการประหยัดพลังงาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549. นครราชสีมา.

วิโรจน์ จินดารัตน์, อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง และพิชัย อัษฎมงคล. (2548). การคำนวณช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานในอาคาร. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1. 11-13พฤษภาคม 2548. โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้ จอมเทียน. จังหวัดชลบุรี.

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. (2556). เทคโนโลยีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร.

สมชาย อินทะตา, สุรัตน์ อัตถจริยกุล และเรืองรุชดิ์ ธีระโรจน์. (2549). การศึกษาการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศ ไทยครั้งที่ 2. 27-29 กรกฎาคม 2549. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

อภินันท์ จันตะนี. (2549). การใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยทางธุรกิจ. ฝ่ายบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาการจัดการ. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

Gordon, Jeffrey M and Choon Ng, Kim. (2000). Cool Thermodynamics. Cambridge International Science Pub :UK Cambridge.

Poirier D.R. and Geiger G.H., (1994). Transport Phenomena in Materials Processing. Warrendale. Pa. : Minerals, Metals & Materials Society: United States of America.

Sullivan William. G., Wicks Elin M., and Koelling Patrick, (2009), Engineering Economy, Pearson Education, Inc.: United States of America.

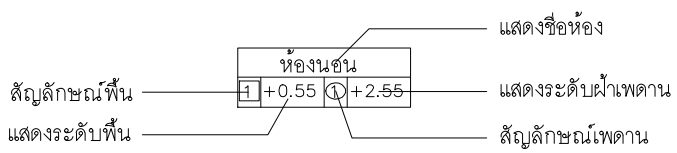
ภาคผนวก

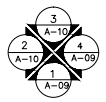
ภาคผนวก ก แบบบ้านประหยัดพลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี **Suranaree University of Technology** เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา	**โครงการวิจัย** **การประเมินการประหยัดพลังงานของการออกแบบและการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย**	**รายละเอียดของบ้าน** ส่วนประกอบของบ้าน 3 ห้องนอน/1ห้องน้ำ/1ห้องรับแขก/1ห้องครัว **ขนาดพื้นที่ใช้สอยรวม** 125 ตารางเมตร

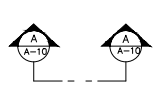
สัญลักษณ์ประกอบแบบ

- ดิน, ดินอัดแน่น
- ทราย
- ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น
- กระจก
- คอนกรีต
- กระเบื้องเซรามิค
- ไม้ฝาเฌอร่า หรือคอนวูด
- อิฐมอญ
- ชื่อรูปด้าน / แผ่นที่รูปด้านปรากฏ (1 / A-09)
- ชื่อรูปตัด / แผ่นที่รูปด้านปรากฏ (A / A-10)
- ชื่อแบบขยาย / แผ่นที่รูปด้านปรากฏ (1 / A-11)
- หมายเลขวัสดุผนัง (1)
- หมายเลขประตู (D1)
- หมายเลขหน้าต่าง (W1)
- เส้นบอกระยะจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง
- เส้นบอกระยะจากริมถึงริม
- เส้นบอกระยะจากศูนย์กลางถึงริม
- ▼ +0.00 แสดงระดับ

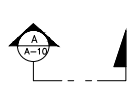




สัญลักษณ์รูปด้าน



แนวตัดใหญ่



แนวตัดย่อย

แผ่นที่	สารบัญประกอบแบบ
	แบบสถาปัตยกรรม
A-01	ปกแบบ
A-02	สารบัญประกอบแบบ,สัญลักษณ์,รายการประกอบแบบ
A-03	ผังการจัดเฟอร์นิเจอร์
A-04	แปลนพื้น
A-05	แปลนหลังคา
A-06	รูปด้าน 1 , รูปด้าน 3
A-07	รูปด้าน 2 , รูปด้าน 4
A-08	รูปตัด A-A, รูปตัด B-B
A-09	รายละเอียดประตู
A-10	รายละเอียดหน้าต่าง
A-11	แบบขยายหลังคา
A-12	แบบขยายห้องน้ำ
A-13	รายละเอียดการติดตั้งสุขภัณฑ์ห้องน้ำ
	แบบวิศวกรรมโครงสร้าง
S-01	แปลนฐานราก
S-02	แปลนโครงสร้าง
S-03	แปลนโครงสร้างคานชั้นหลังคา
S-04	แปลนโครงเหล็กชั้นหลังคา
S-05	รายละเอียดฐานราก
S-06	รายละเอียดคาน เสา
S-07	รายละเอียดพื้น
	แบบสุขาภิบาล
SN-01	รายการประกอบแบบประปาและสุขาภิบาล
	แบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
E-01	รายการประกอบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
E-02	แปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ตารางรายการวัสดุ

รายการวัสดุพื้น

สัญลักษณ์	รายการประกอบแบบ
1	พื้นผิวปูกระเบื้องเซรามิค ขนาด 12" x 12" สีอ่อน ผิวมัน (หรือตามเจ้าของระบุ)
2	พื้นผิวปูกระเบื้องเซรามิค ขนาด 8" x 8" สีอ่อน ผิวด้าน (หรือตามเจ้าของระบุ)
3	พื้นผิวปูนซีเมนต์ขัดมัน
4	พื้นไม้เต็งลัง ขนาด 6" (หรือตามเจ้าของระบุ)

รายการวัสดุผนัง

สัญลักษณ์	รายการประกอบแบบ
1	ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนเรียบ ทาสี
2	ผนังผิวบุกระเบื้องเซรามิค ขนาด 8" x 8" ชนิดไม่มีลาย (กรุสูง 1.80 ม.) (ห้องน้ำ)
3	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น โชว์แนว
4	กรุด้วยไม้ฝาเฌอร่า หรือคอนวูด ขนาดกว้าง 15 ซม. หนา 0.1 มม. ติช้อนเกล็ด

รายการวัสดุฝ้าเพดาน

สัญลักษณ์	รายการประกอบแบบ
1	ฝ้ายิปซัมบอร์ดธรรมดา หนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบ
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี (ฝ้าทั่วไป)
2	ฝ้ายิปซัมบอร์ดธรรมดา หนา 9 มม. ชนิดกันชื้นฉาบรอยต่อเรียบ
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี (ฝ้าห้องน้ำ)

ข้อกำหนดประกอบงานแบบโครงสร้าง

1. กำลังคอนกรีตใช้ f'c=240 ksc
2. เหล็กเสริม ใช้เหล็กคุณภาพ SD40 สำหรับเหล็กข้ออ้อย และ SR24 สำหรับเหล็กกรมตามมาตรฐาน มอก.
3. การทาบต่อเหล็กเสริม ระยะการทาบต้องมากกว่าส 40 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก

หมายเหตุ :
- รายละเอียดการใช้วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ ระบุในแบบ
- สายแมนไฟฟ้าให้เข้าทางด้านหน้า
- รางระบายน้ำให้ต่อลงบ่อพักภายนอก หรือที่ที่กำหนดให้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

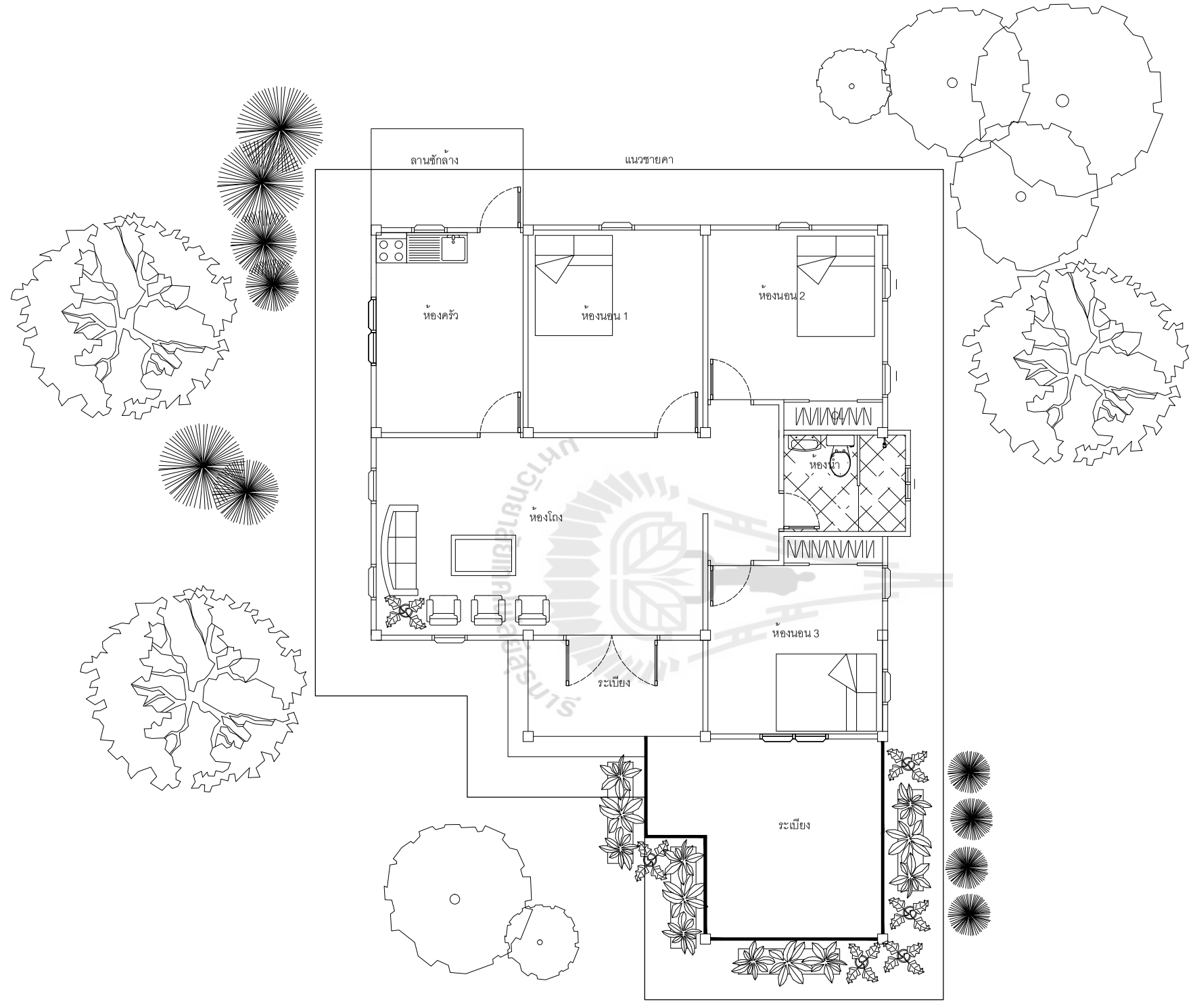
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

สารบัญประกอบแบบ,รายการประกอบแบบ

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ A-02 / 13
mm/dd/yy	10/11/05	



ผังการจัดวางเฟอร์นิเจอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

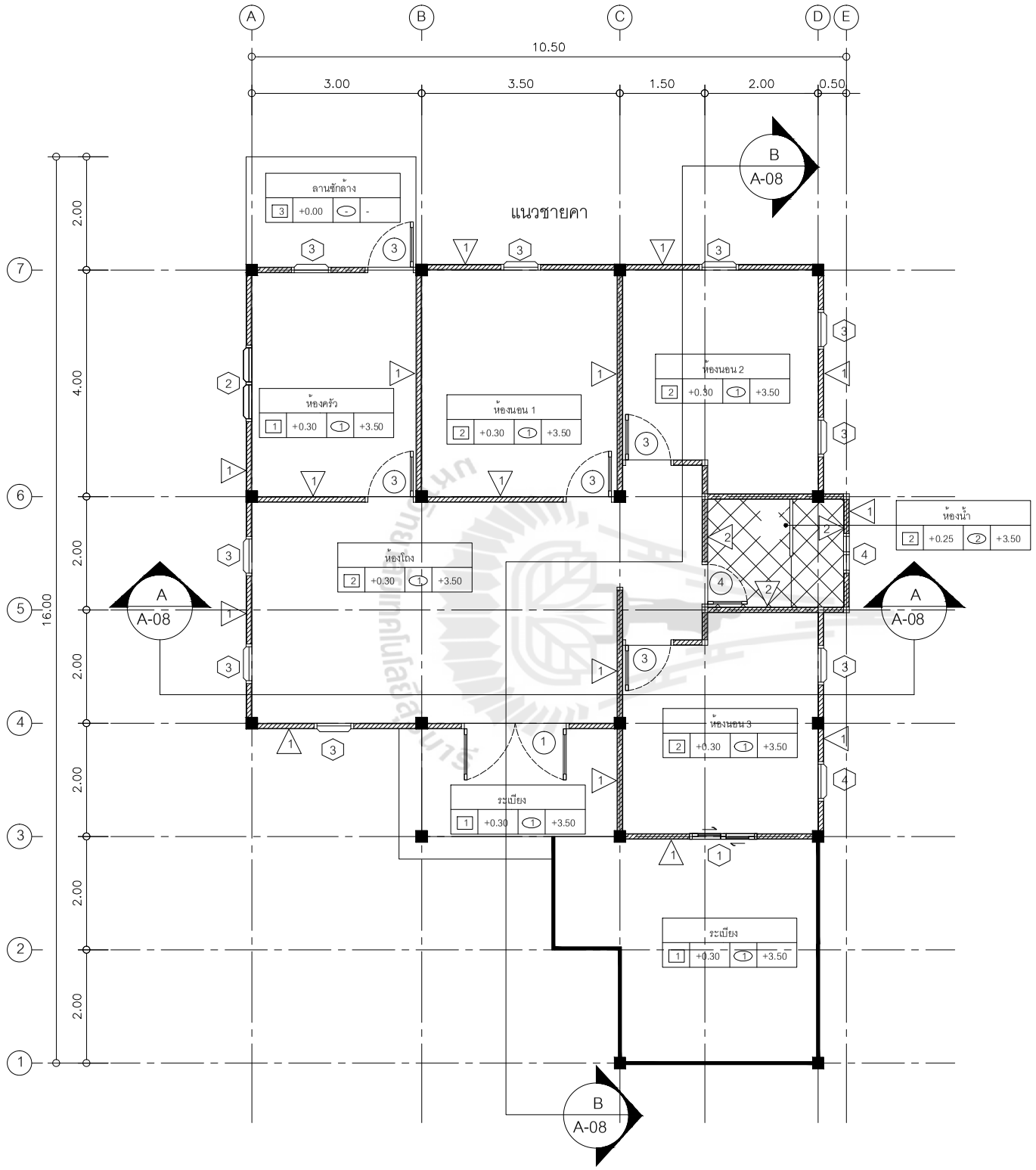
รายการแก้ไข

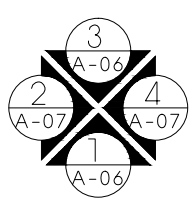
No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

ผังการจัดเฟอร์นิเจอร์

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ A-03/13
mm/dd/yy	10/11/05	





แปลนพื้น

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

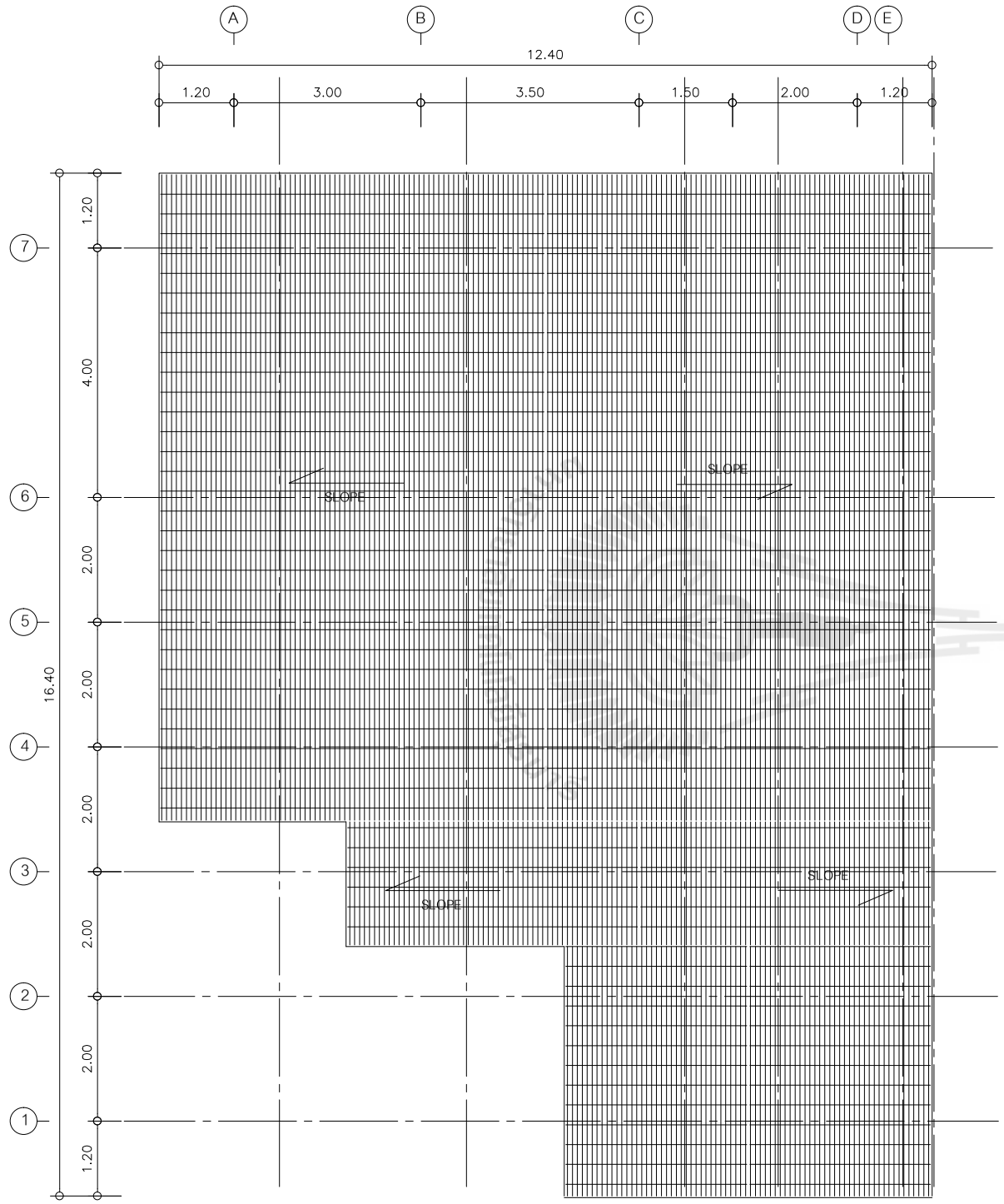
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

แปลนพื้น

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ A-04 / 13
mm/dd/yy	10/11/05	



3 A-06 | 2 A-07 | 4 A-07 | 1 A-06

แปลนหลังคา

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

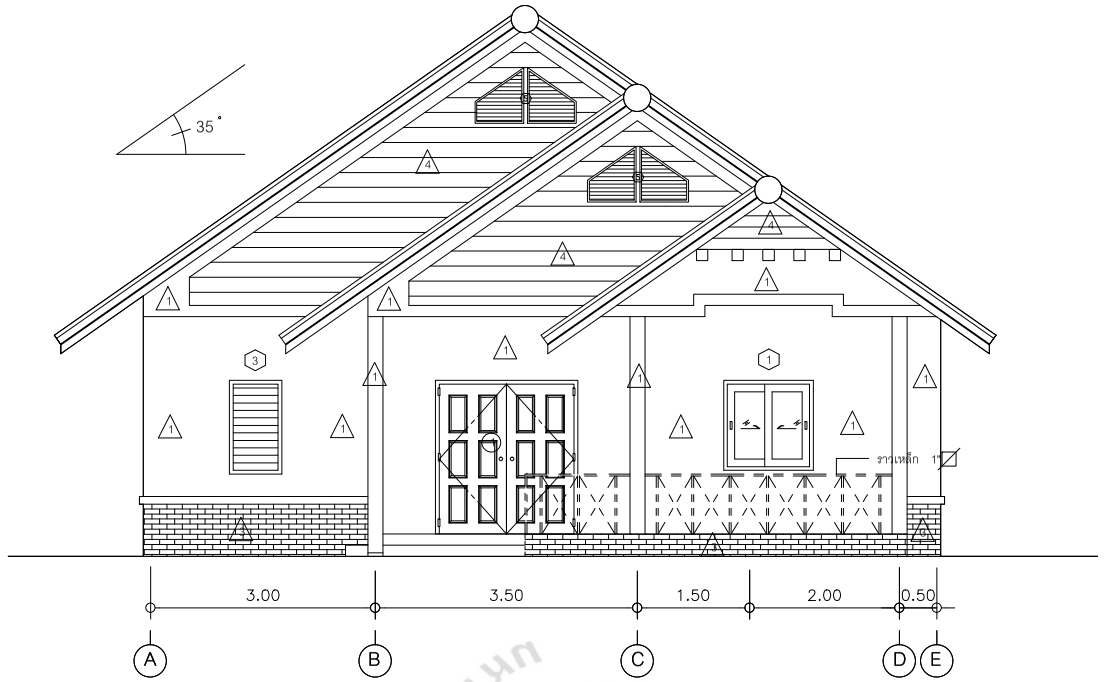
แบบแสดง

แปลนหลังคา

Scale 1 : 100

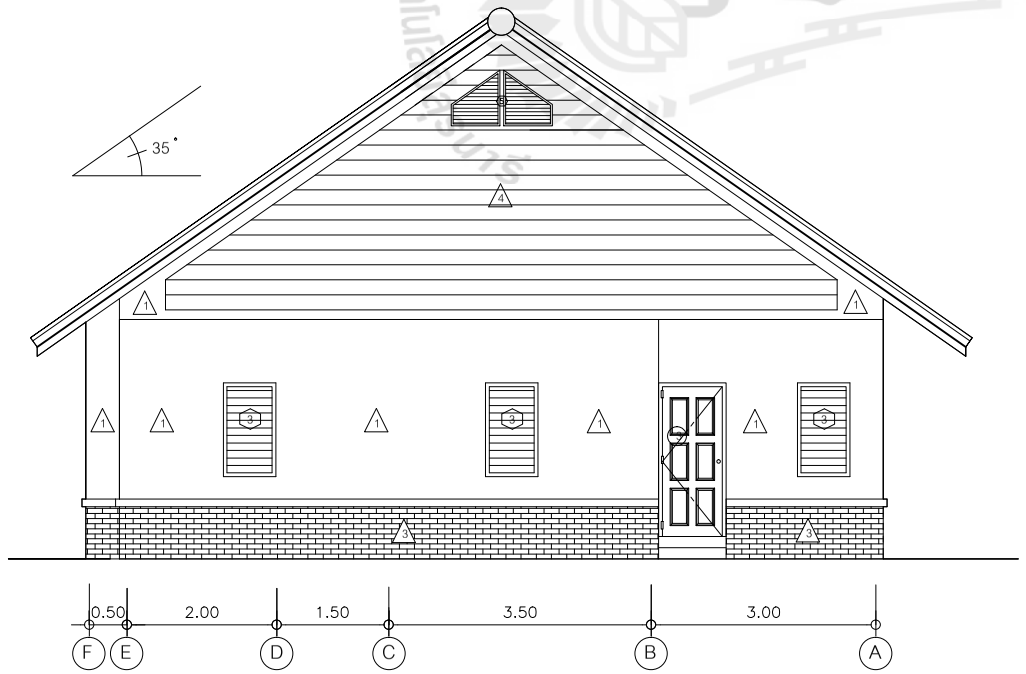
mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ A-05 / 13



รูปด้าน 1

SCALE 1:100



รูปด้าน 3

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

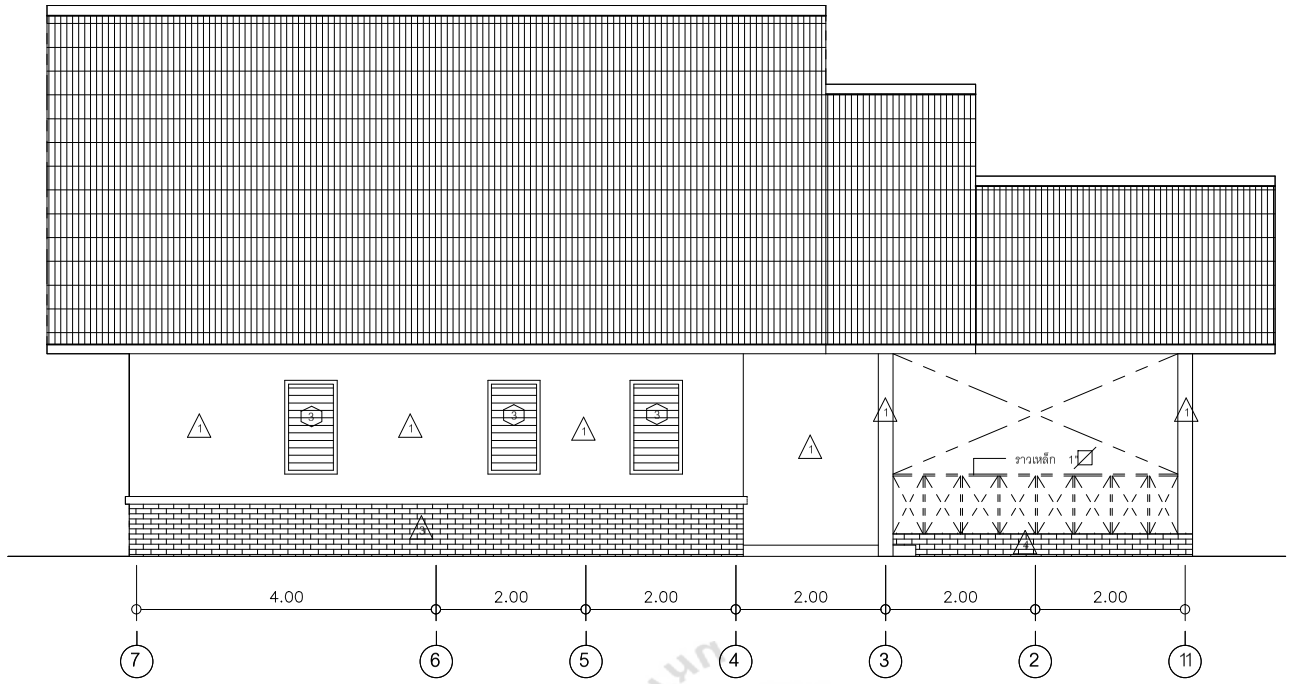
รูปด้าน 1, รูปด้าน 3

Scale 1 : 100

mm/dd/yy 10/11/05

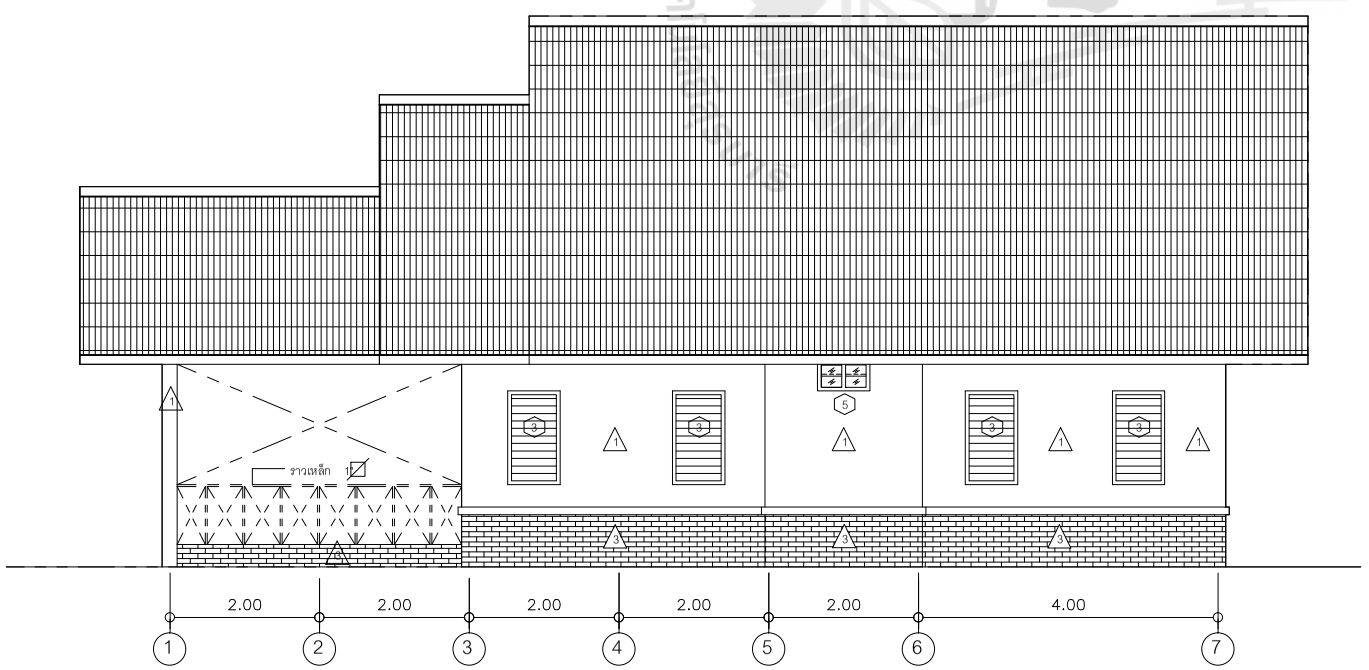
เลขที่แบบ

A-06
13



รูปด้าน 2

SCALE 1:100



รูปด้าน 4

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

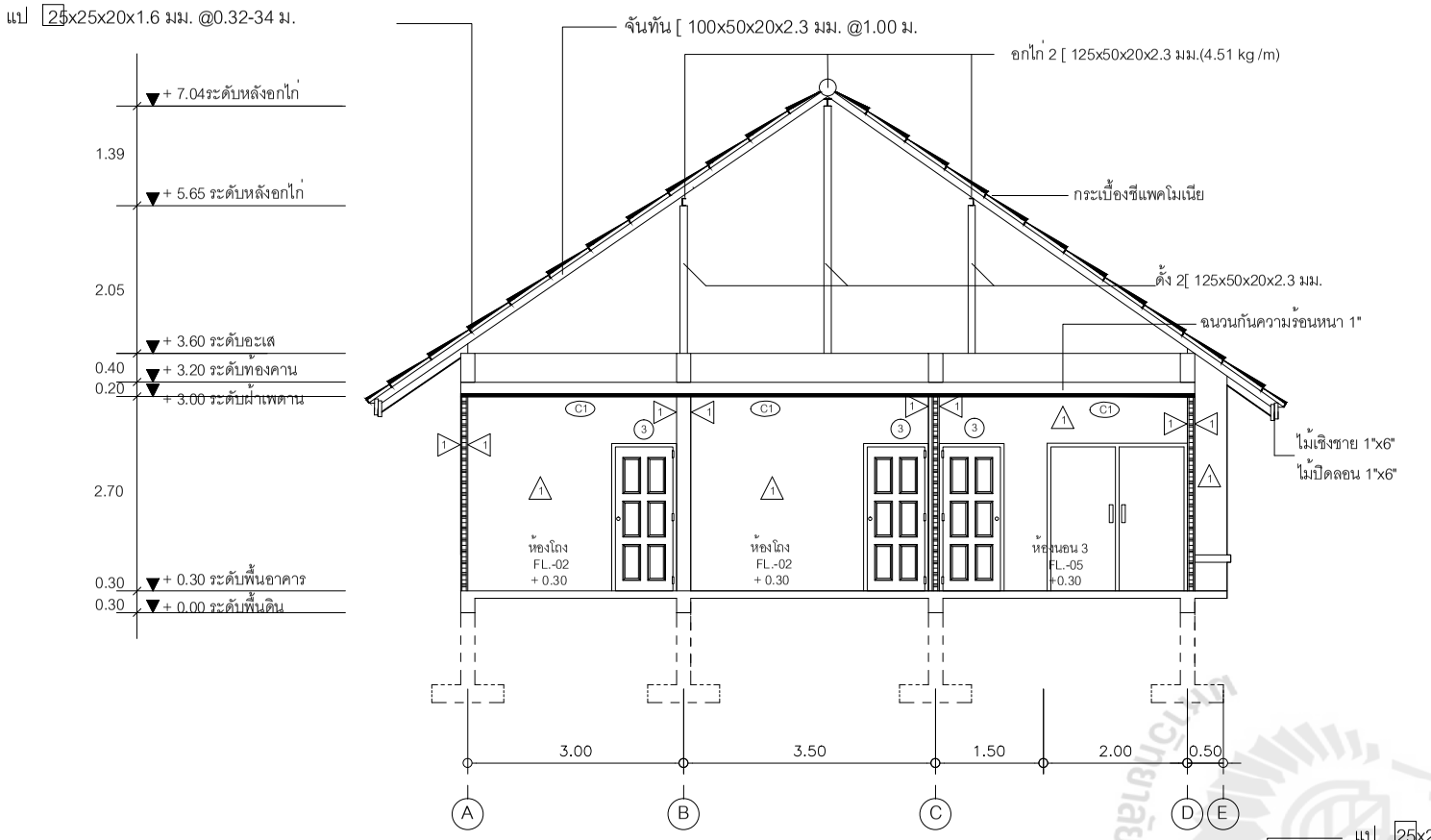
รูปด้าน 2, รูปด้าน 4

Scale 1 : 100

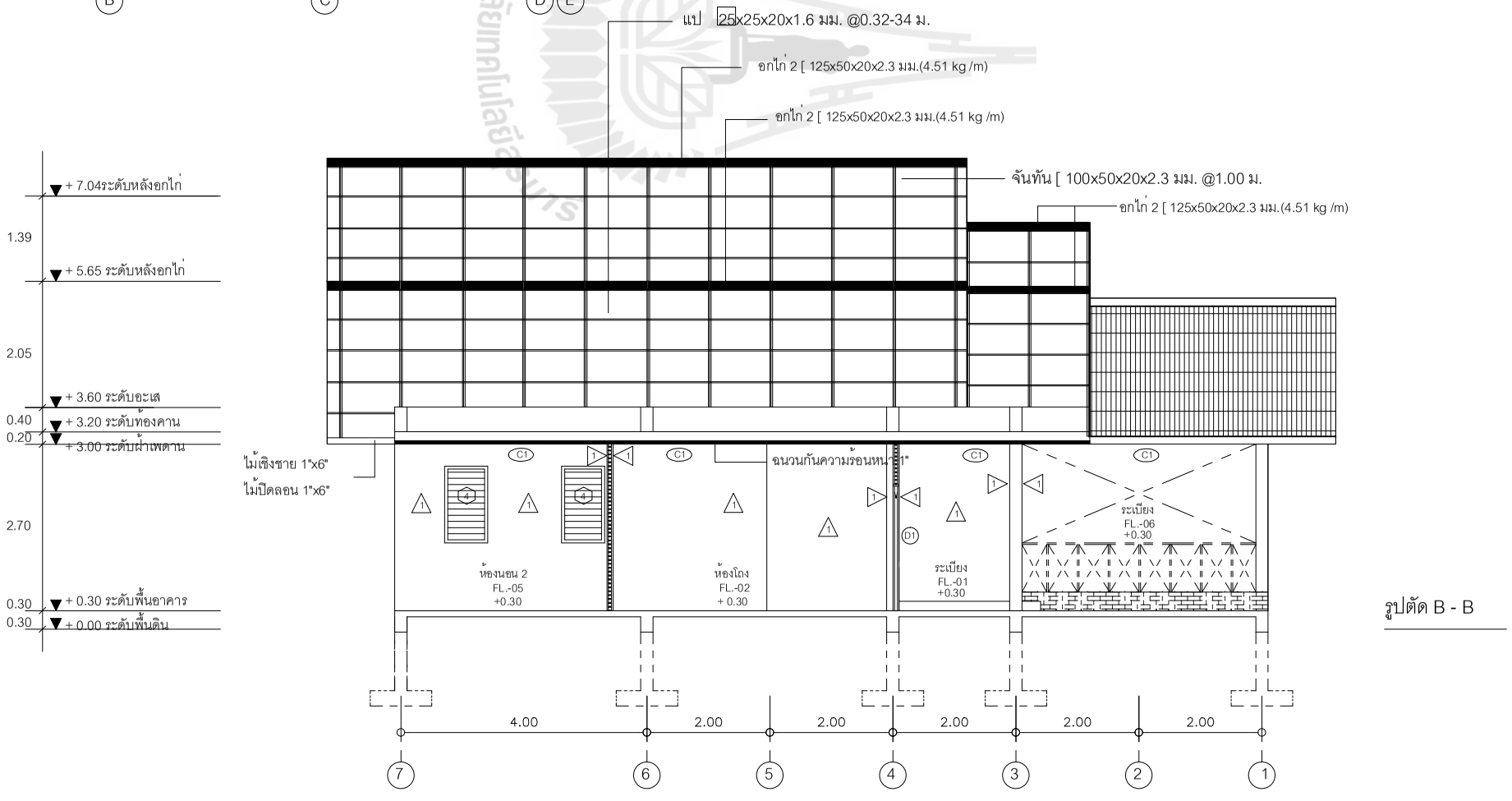
mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ

A-07
13



รูปตัด A - A



รูปตัด B - B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

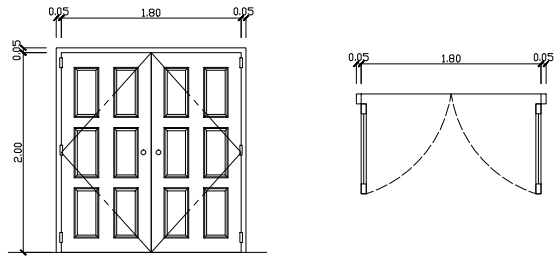
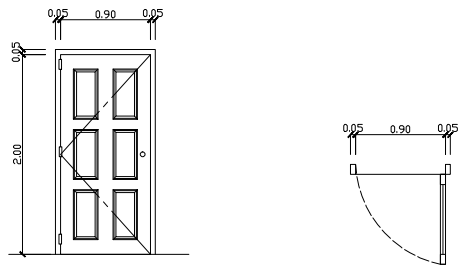
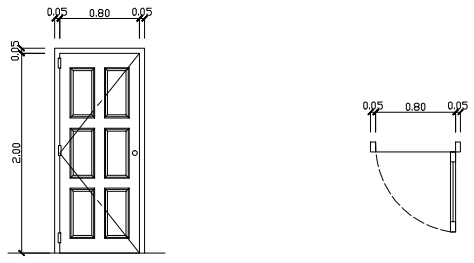
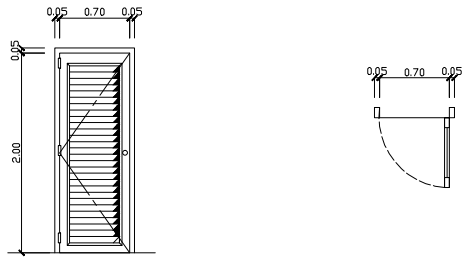
แบบแสดง

รูปตัด A-A รูปตัด B-B

Scale 1 : 100

mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ A-08 / 13

รูปภาพ	รายการประกอบแบบประตู	รูปภาพ	รายการประกอบแบบประตู
 ①	– ประตูบานเปิดคู่ 1.80 x 2.00 – บานกรอบไม้สยาแดง อบแห้ง – บานฟัก 6 ชุดต่อ 1 แบบ หนา 3/4” – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4”		
 ②	– ประตูบานเปิดเดี่ยว 0.90 x 2.00 – บานกรอบไม้สยาแดง อบแห้ง – บานฟัก 6 ชุดต่อ 1 แบบ หนา 3/4” – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4”		
 ③	– ประตูบานเปิดเดี่ยว 0.80 x 2.00 – บานกรอบไม้สยาแดง อบแห้ง – บานฟัก 6 ชุดต่อ 1 แบบ หนา 3/4” – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4”		
 ④	– ประตูบานเปิดเดี่ยว 0.70 x 2.00 – บานเกล็ดไม้ – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4”		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

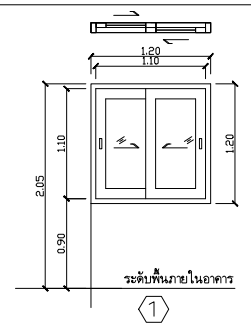
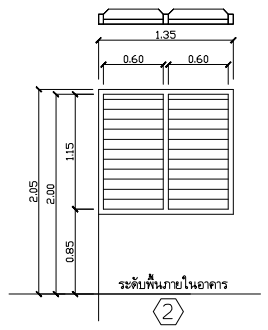
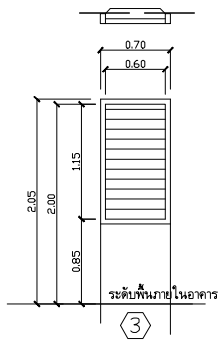
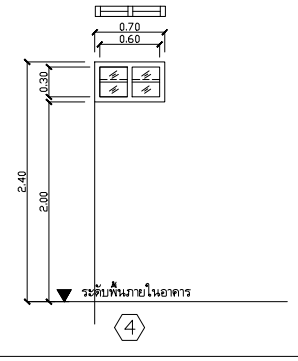
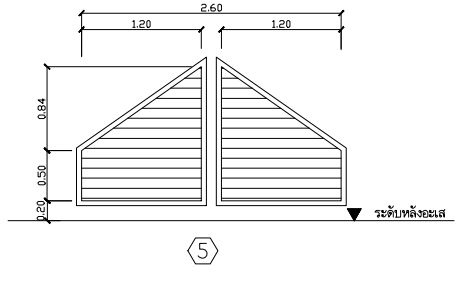
แบบแสดง

รายละเอียดประตู

Scale 1 : 75

mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ A-09 / 13

รูปภาพ	รายการประกอบแบบหน้าต่าง	รูปภาพ	รายการประกอบแบบหน้าต่าง
	– หน้าต่างบานเลื่อนกรอบอลูมิเนียมอบสีขาว – ลูกฟักกระจกเขียวตัดแสงติดตาย หนา 5 มม. – วงกบอลูมิเนียมสีขาว – มือจับบานเลื่อนกลอนฝังอลูมิเนียมฝังในกรอบบาน		
	– ลูกฟักเกล็ดกระจกเขียวตัดแสงปรับมุม หนา 5 มม – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4” – ชุดปรับอุปกรณ์บานเกล็ด		
	– ลูกฟักเกล็ดกระจกเขียวตัดแสงปรับมุม หนา 5 มม. – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4” – ชุดปรับอุปกรณ์บานเกล็ด		
	– หน้าต่างบานซ้อนเกล็ดติดตาย – ลูกฟักกระจกสีชาติดตาย หนา 6 มม – วงกบไม้เนื้อแข็ง 2” x 4” – อุปกรณ์ล็อคครบชุด		
	– ไม้แดง 2”x4” ทาสีน้ำมัน – ลูกฟักเกล็ดไม้แดง 3/4”x6” ติดตาย		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

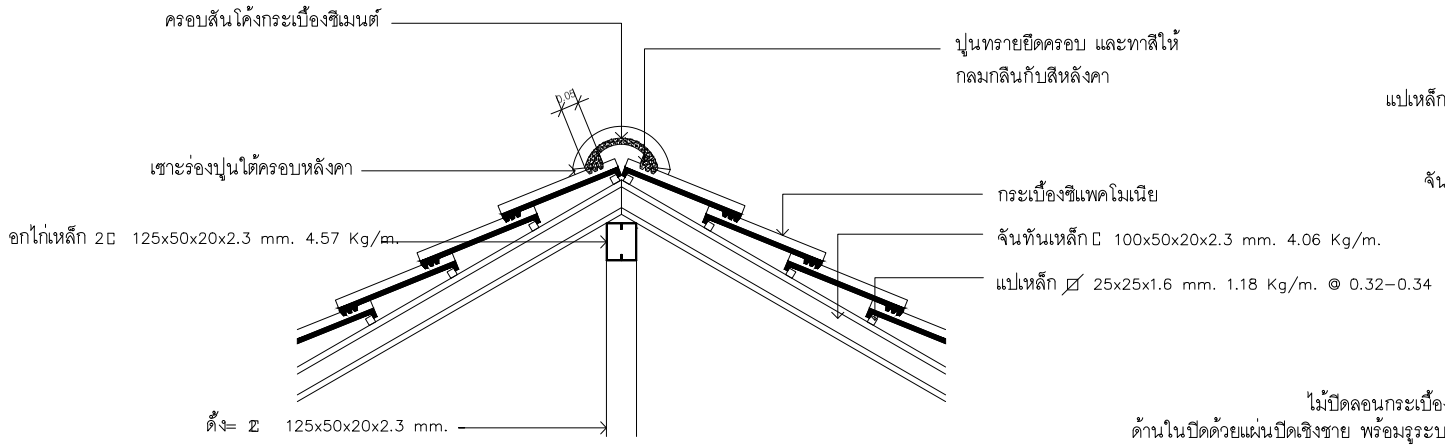
แบบแสดง

รายละเอียดหน้าต่าง

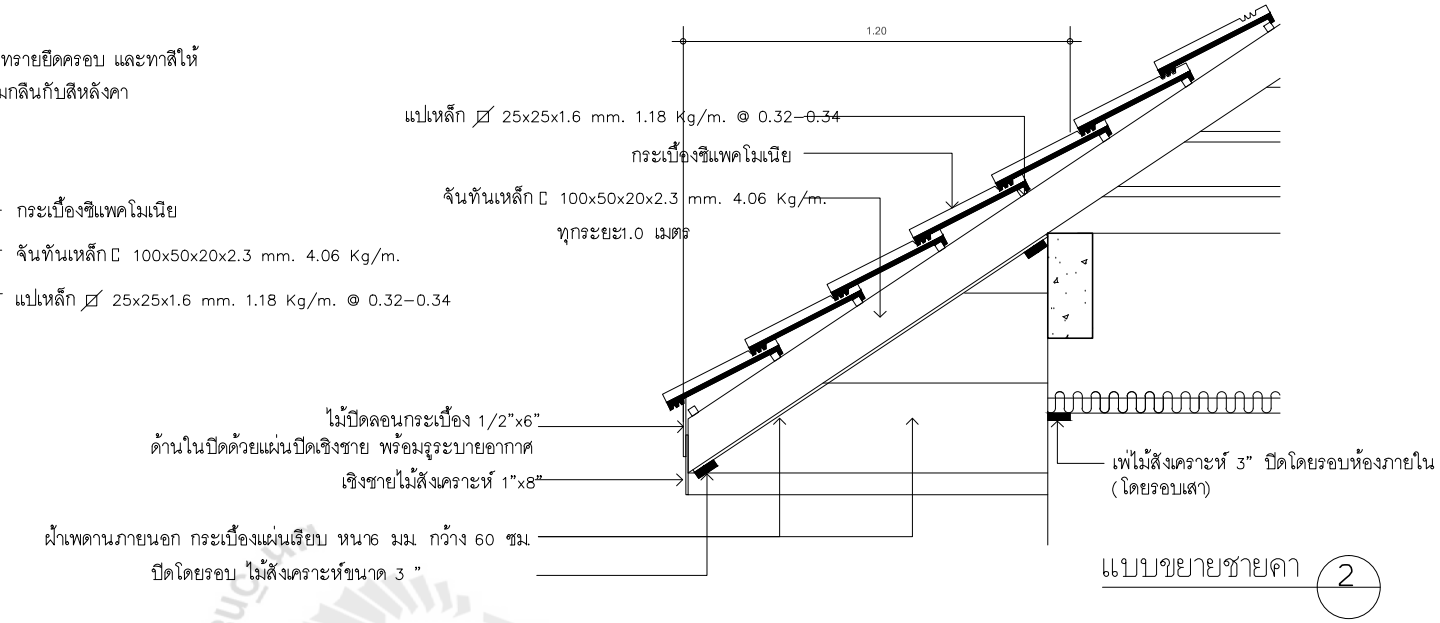
Scale 1 : 75

mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ A-10 / 13

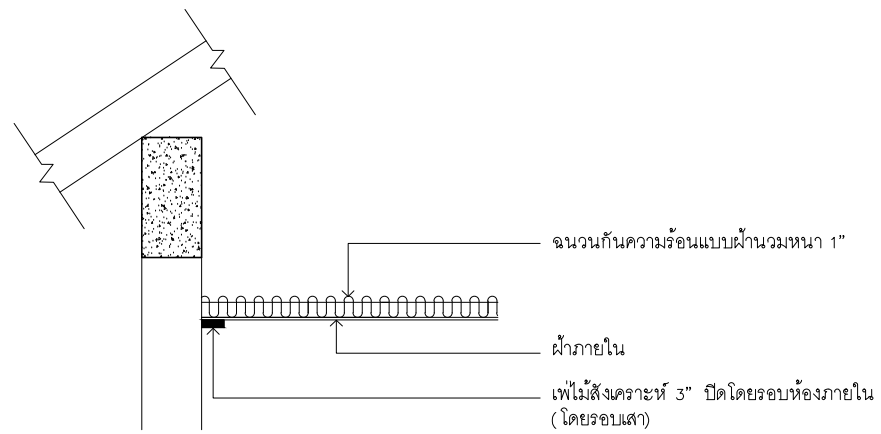


แบบขยายสันหลังคา 1



แบบขยายชายคา 2

แบบขยายปีกนก คสล. 3



แบบขยายฝ้าเพดาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

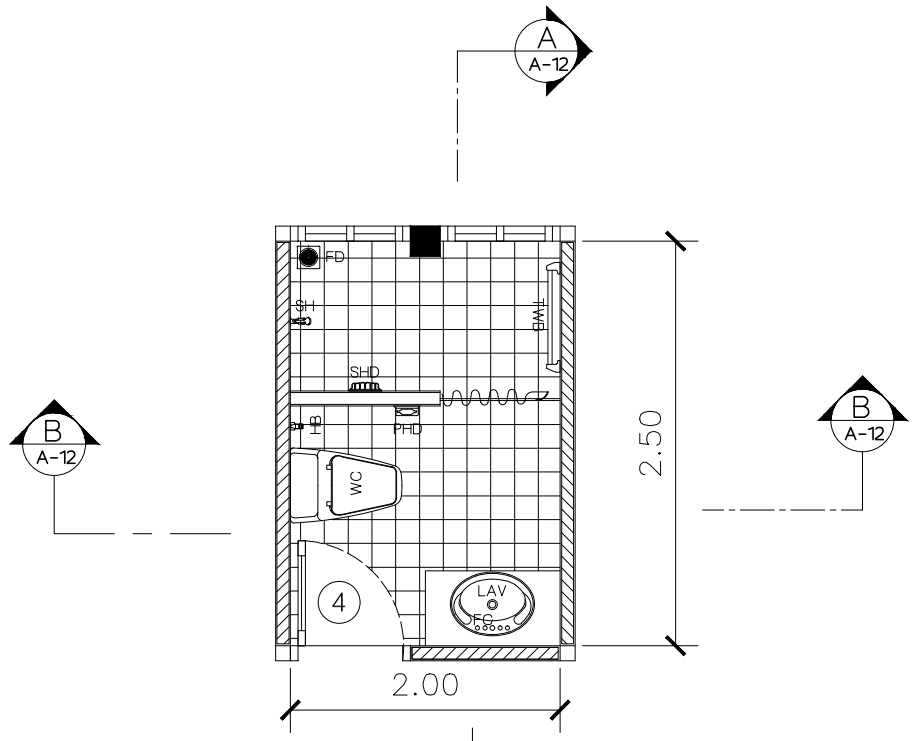
แบบแสดง

แบบขยายหลังคา

Scale 1 : 25

mm/dd/yy 10/11/05

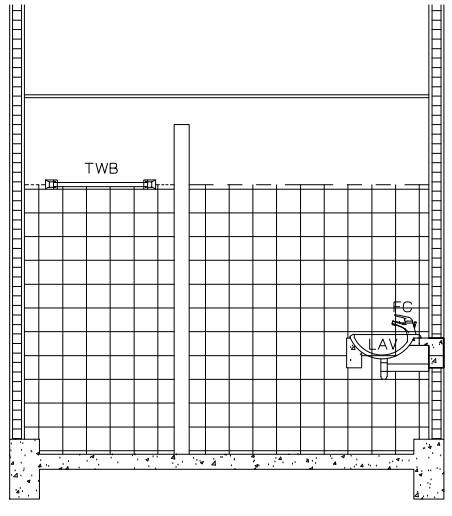
เลขที่แบบ A-11 / 13



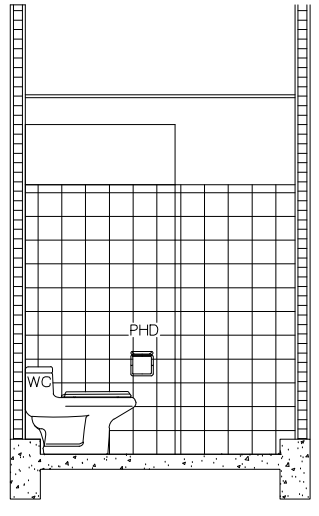
ห้องน้ำ 1

ตารางสุขภัณฑ์ ห้องน้ำ

อันดับ	ตัวย่อ	ความหมาย	ยี่ห้อ	รุ่น	สี	อุปกรณ์ประกอบ
1	WC	โถส้วม			ขาว	พร้อมฝารองนั่ง สายน้ำดี STOP VALVE P-TRAP กันกลิ่น และอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
2	FC	ก๊อกเดี่ยวอ่างล้างหน้า			ขาว	พร้อม POP-UP และอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
3	LAV	อ่างล้างหน้า			โครเมี่ยม	พร้อม P-TRAP สะดืออ่าง สายน้ำดี STOP VALVE และอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
4	TWB	ราวแขวนผ้า			ขาว	พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
5	PHD	ที่วางกระดาษชำระ			ขาว	พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
6	HB	สายฉีดชำระ			ขาว	พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด และชุด STOP VALVE
7	MR	กระจกเงา	ขนาดมาตรฐานตามแบบ			พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
8	TWR	ห่วงแขวนผ้า			ขาว	พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
9	FD	รูระบายน้ำที่พื้น	รุ่นมาตรฐานตามแบบ			ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว กันกลิ่น
10	ก๊อกเดี่ยว	ก๊อกเดี่ยว	รุ่นมาตรฐานตามแบบ			
11	CT	ม่านพลาสติก	รุ่นมาตรฐานตามแบบ			พร้อมห่วงแขวนและราวแขวน
12	SHD	ที่วางสบู่			ขาว	พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
13	SH/MX	ก๊อกผสมยืนอาบน้ำ			โครเมี่ยม	ประกอบด้วยหัวฝักบัวและสายอ่อนพลาสติก และจุดแขวนฝักบัว พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ครบชุด



รูปตัด A–A



รูปตัด B–B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

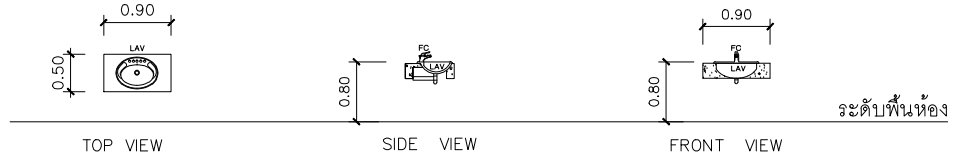
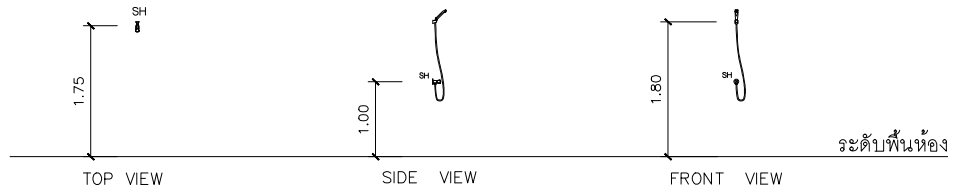
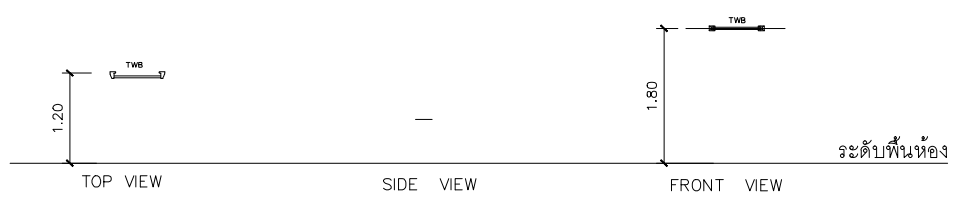
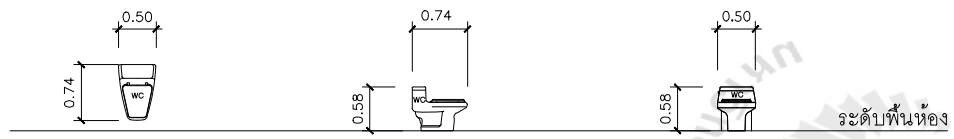
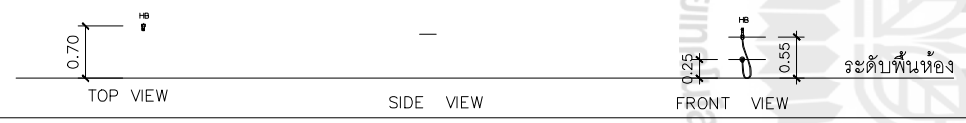
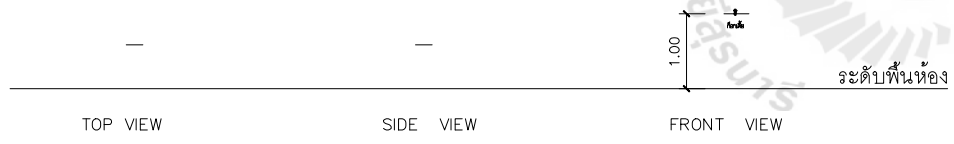
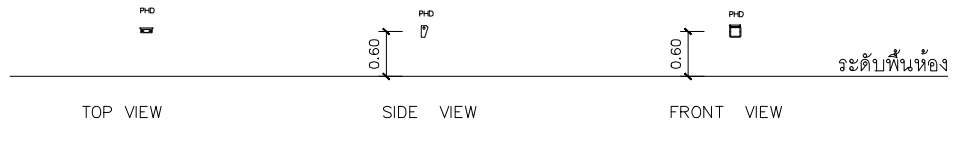
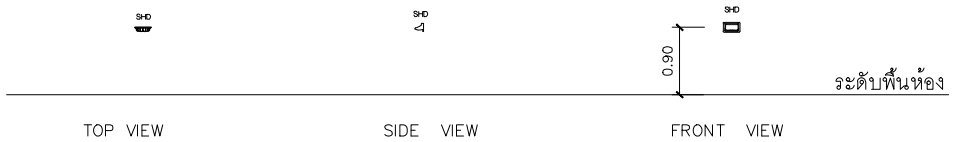
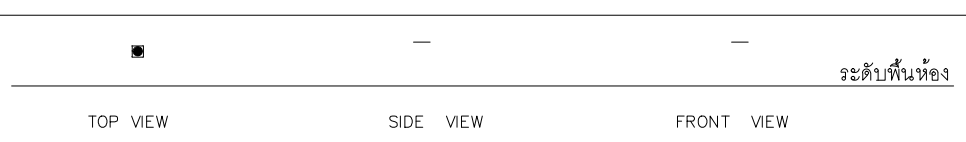
แบบแสดง

แบบขยายห้องน้ำ

Scale 1 : 50

mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ A-12 / 13

ประเภทของสุขภัณฑ์	รูปภาพ	อุปกรณ์ประกอบ
อ่างล้างหน้า,ก๊อกล้างหน้า (LAV, FC)		อ่างล้างหน้า (LAV) – สี โครเมียม – พร้อม P–TRAP สะดืออ่าง สายน้ำดี STOP VALVE – และอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด ก๊อกน้ำล้างหน้า (FC) – พร้อม POP–UP และอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
ฝักบัวอาบน้ำ (SH)		– ประกอบด้วยหัวฝักบัวและสายอ่อนพลาสติก และจุดแขวน – ฝักบัว พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ครบชุด
ราวแขวนผ้า (TWB)		– พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
โถชักโครก (WC)		– พร้อมฝารองนั่ง สายน้ำดี STOP VALVE – P–TRAP กันกลิ่น และอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
สายฉีดชำระ (HB)		– พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด และชุด STOP VALVE
ก๊อกเตี้ย		– พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
ที่วางกระดาษชำระ (PHD)		– พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
ที่วางสบู่ (SHD)		– พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด
รูระบายน้ำ (FD)		– ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว กันกลิ่น
กระจกเงา (MR)		– พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งครบชุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

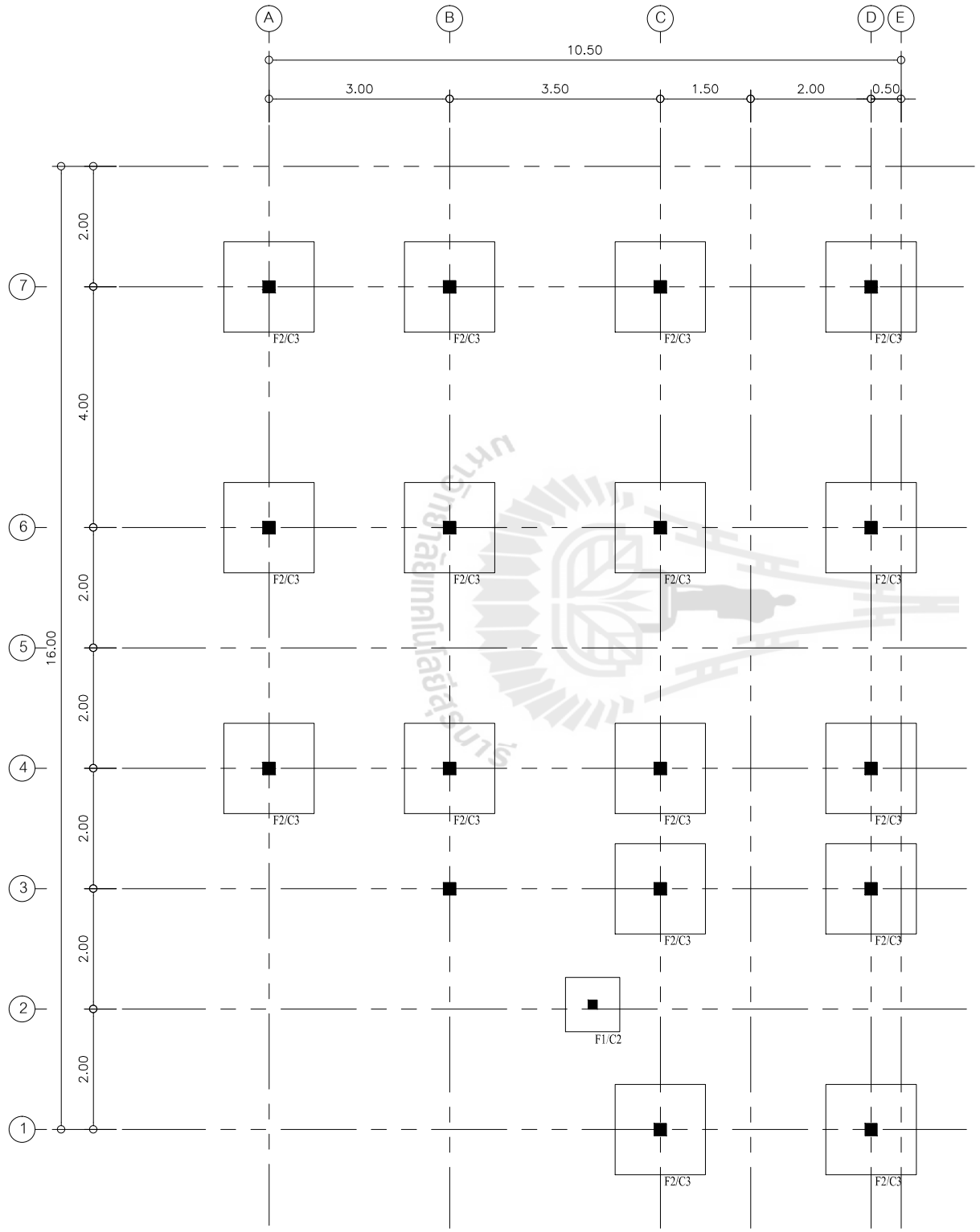
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

รายละเอียดการติดตั้งสุขภัณฑ์ห้องน้ำ

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ A-13 / 13
mm/dd/yy	10/11/05	



แปลนฐานราก
SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

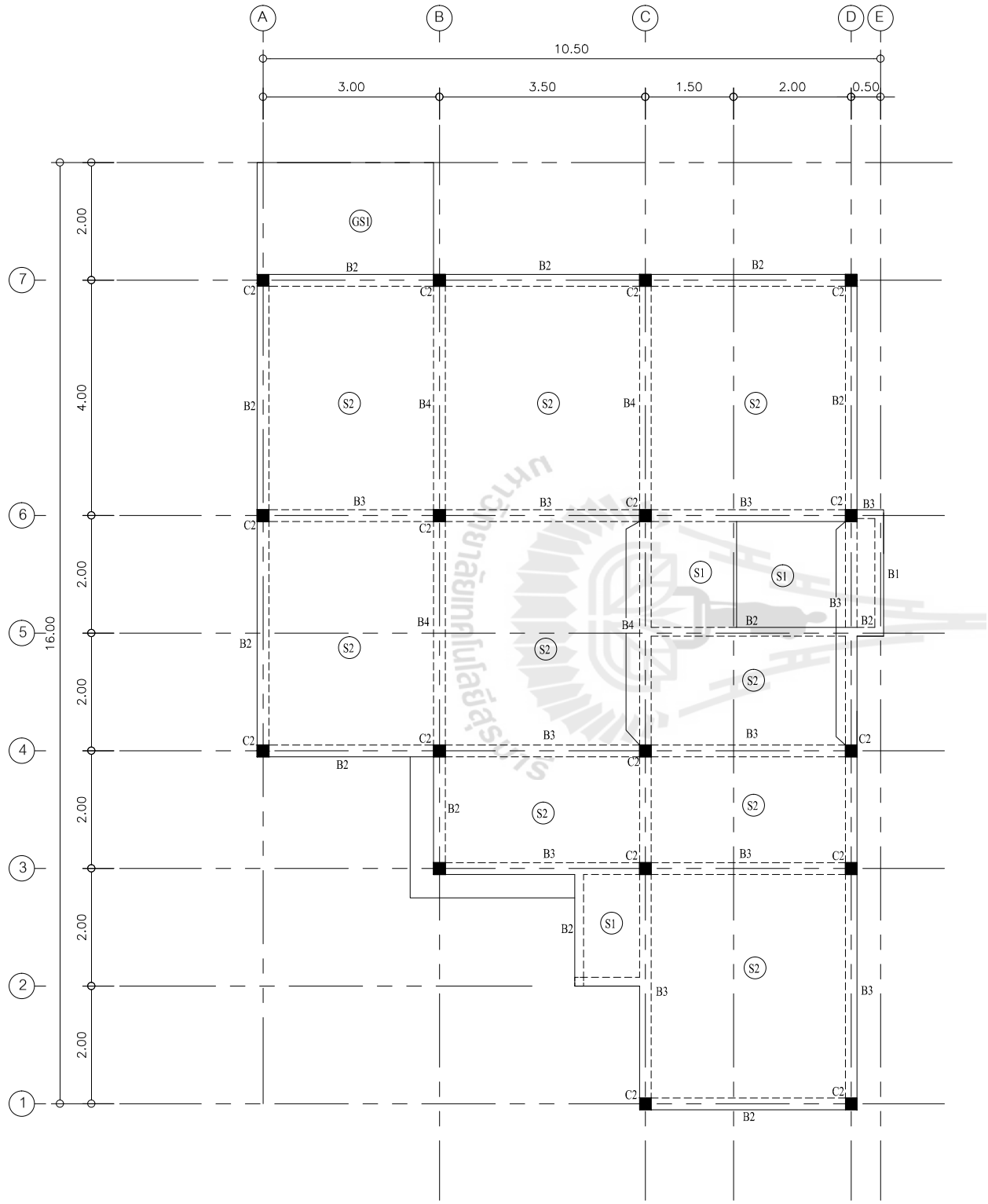
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

แปลนฐานราก

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ
mm/dd/yy	10/11/05	S-01 / 7



แปลนโครงสร้าง

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

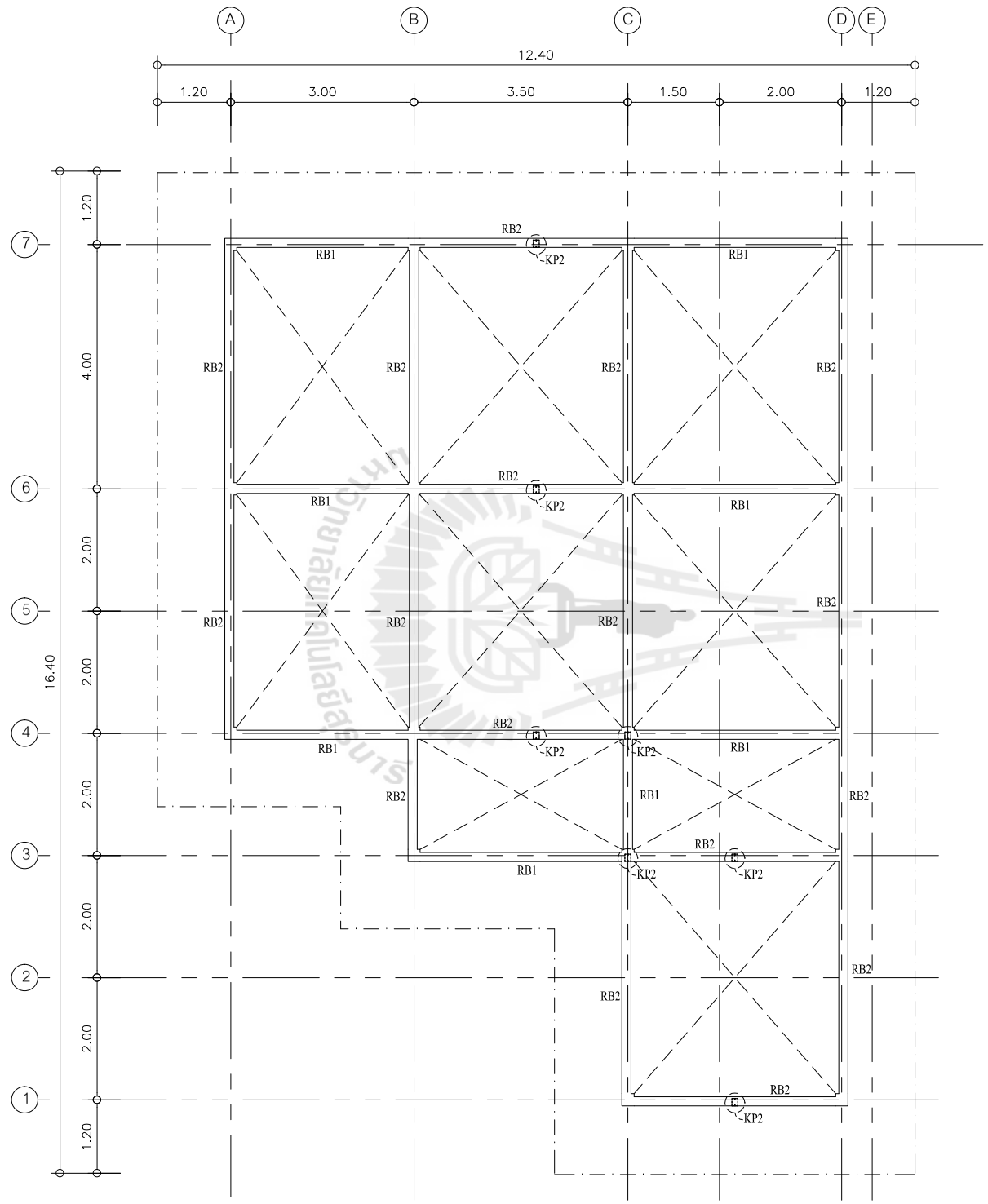
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

แปลนโครงสร้าง

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ
mm/dd/yy	10/11/05	S-02 / 7



แปลนคานหลังคา

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

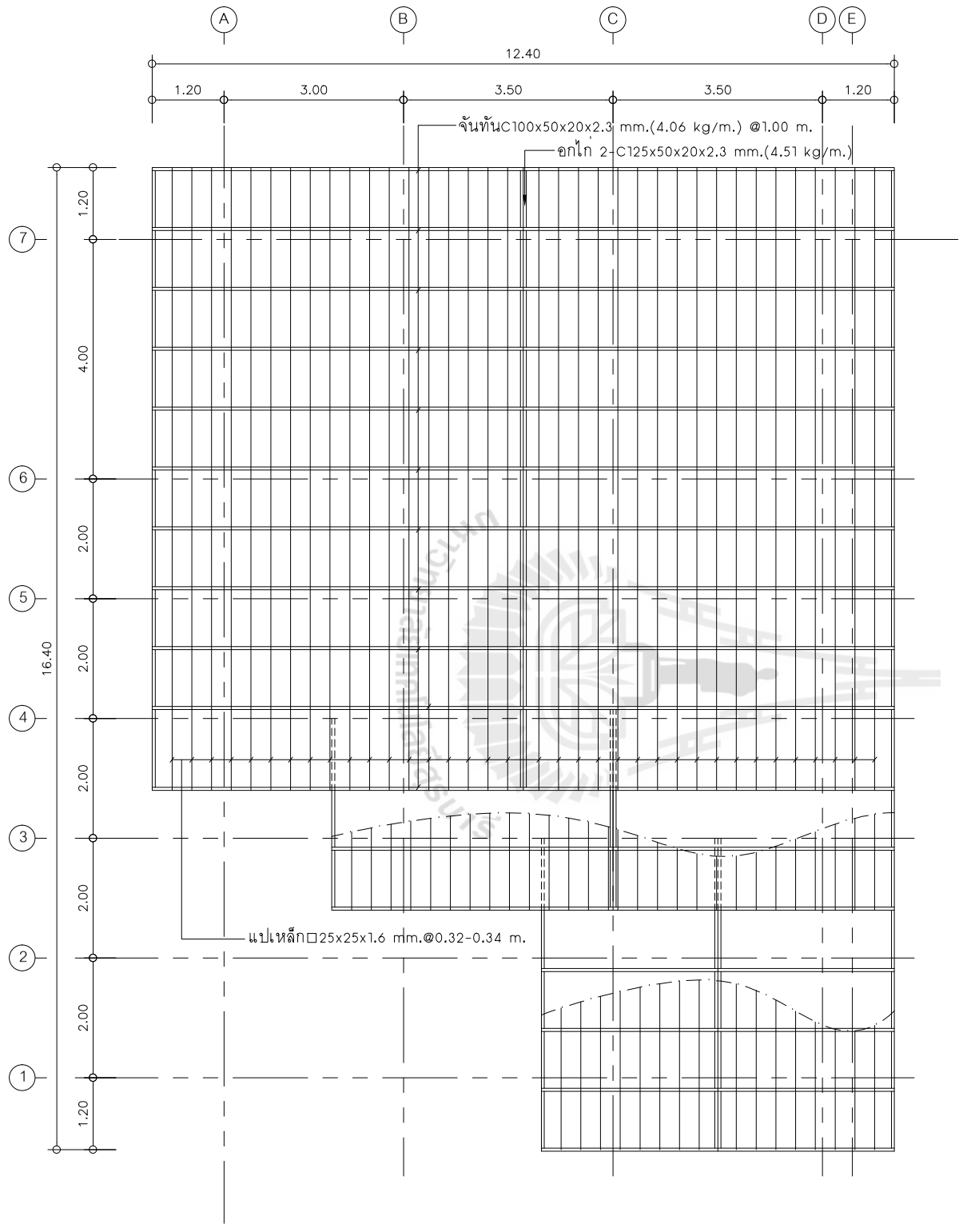
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

แปลนคานหลังคา

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ
mm/dd/yy	10/11/05	S-03 / 7



แปลนโครงเหล็กหลังคา

SCALE 1:100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

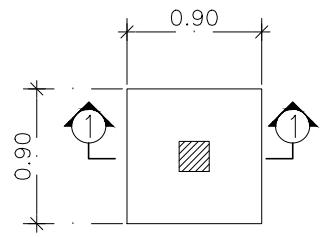
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

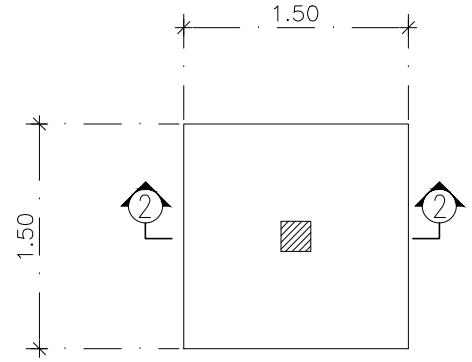
แปลนโครงเหล็กหลังคา

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ S-04/7
mm/dd/yy	10/11/05	



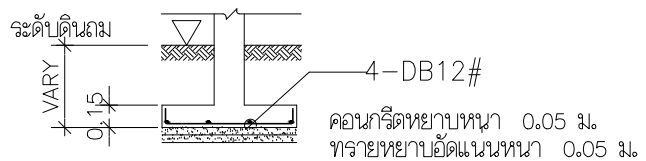
แปลนฐานราก F1

SCALE 1:50 @A1



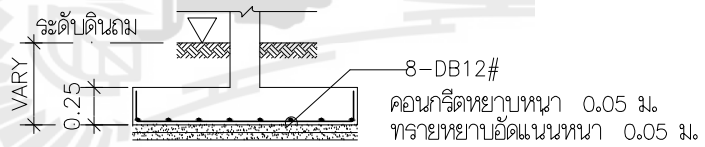
แปลนฐานราก F2

SCALE 1:50 @A1



รูปตัด 1 - 1

SCALE 1:50 @A1



รูปตัด 2 - 2

SCALE 1:50 @A1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

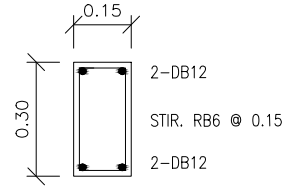
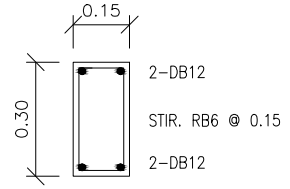
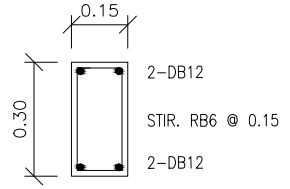
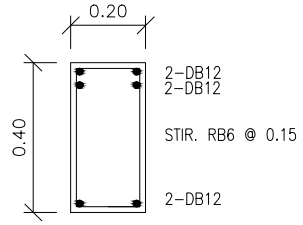
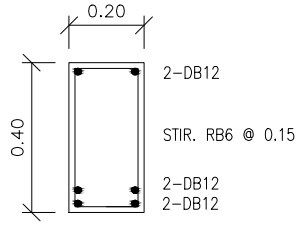
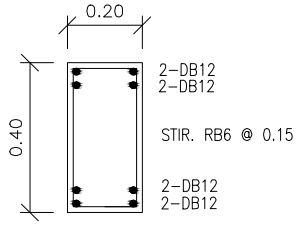
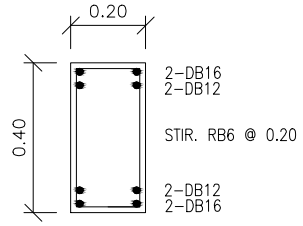
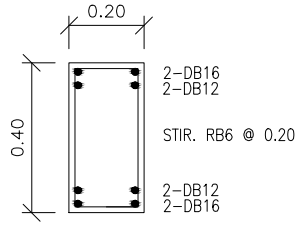
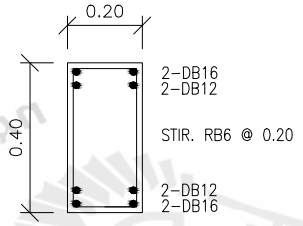
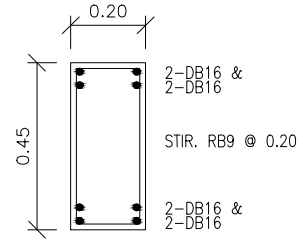
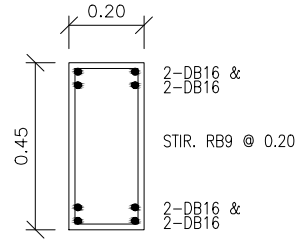
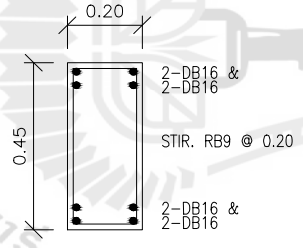
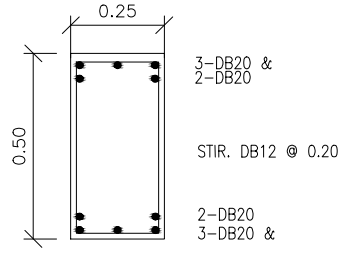
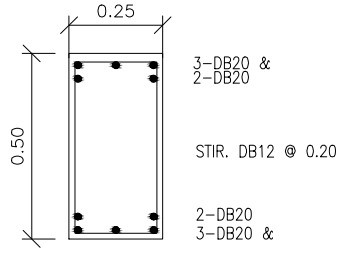
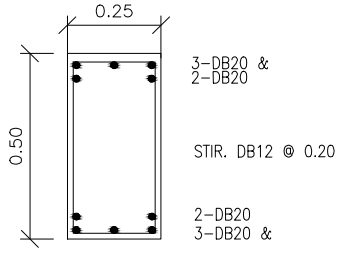
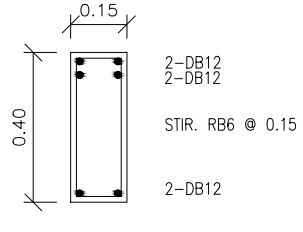
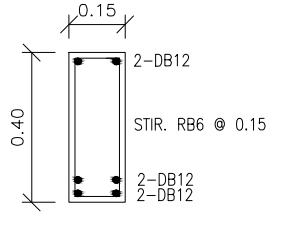
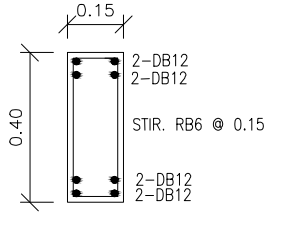
รายการแก้ไข

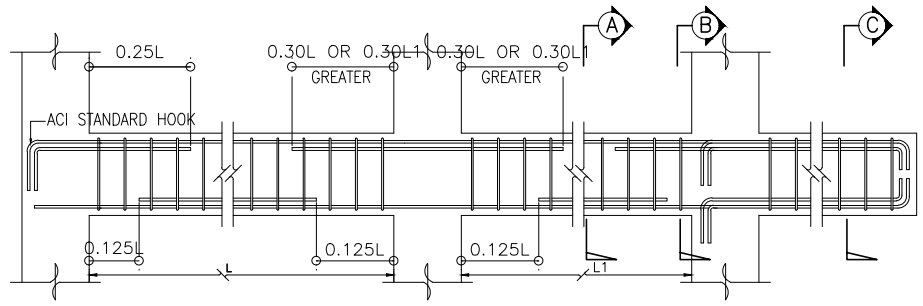
No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

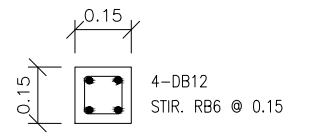
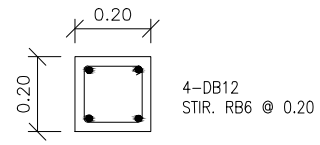
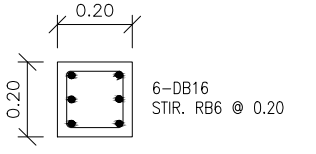
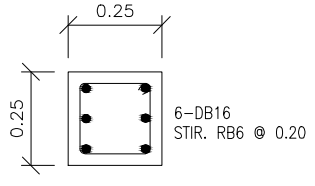
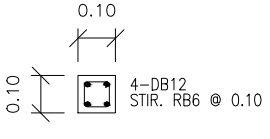
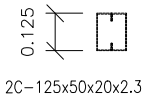
รายละเอียดฐานราก

Scale	1 : 50	เลขที่แบบ S-05 / 7
mm/dd/yy	10/11/05	

BEAM	END (SECTION B)	MID (SECTION A)	CANT. (SECTION C)
B1,RB1			
B2			
B3			
B4			
B5			
RB2			



TYPICAL BEAM DETAIL

COLUMN	DETAIL REAINFORCMENT
C1	
C2	
C3	
C4	
KP1	
KP2	 2C-125x50x20x2.3 mm.(4.06 kg/m.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

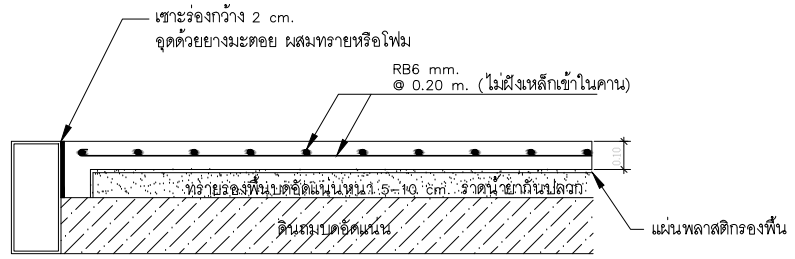
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

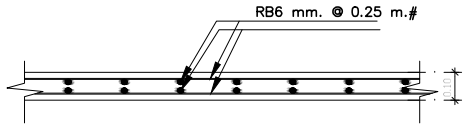
แบบแสดง

รายละเอียดคาน,เสา

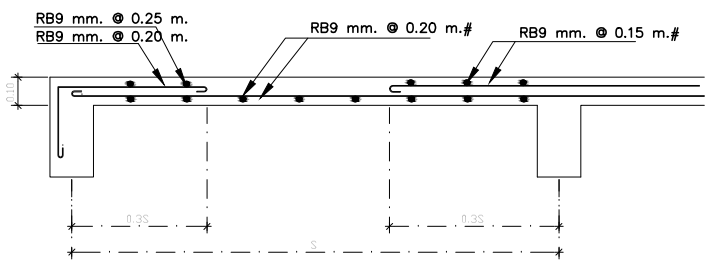
Scale	1 : 100	เลขที่แบบ	S-06 / 7
mm/dd/yy	10/11/05		



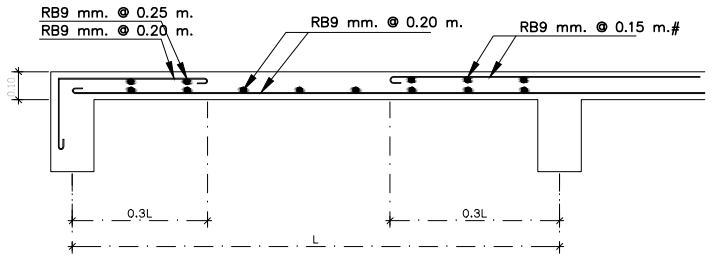
DETAIL GS1



DETAIL S1

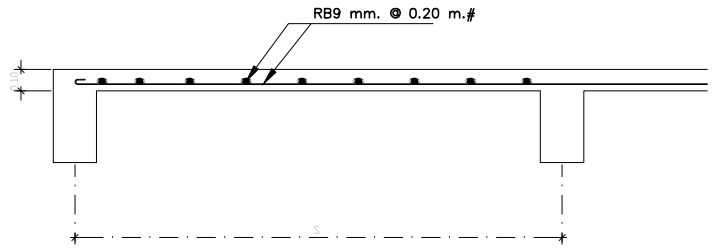


SHORT SPAN S2



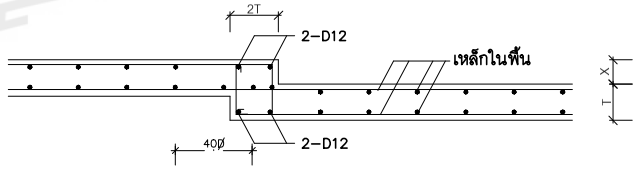
LONG SPAN S2

DETAIL S2



SHORT SPAN S4

DETAIL S4



รายละเอียดการใส่เหล็กพื้นลดระดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

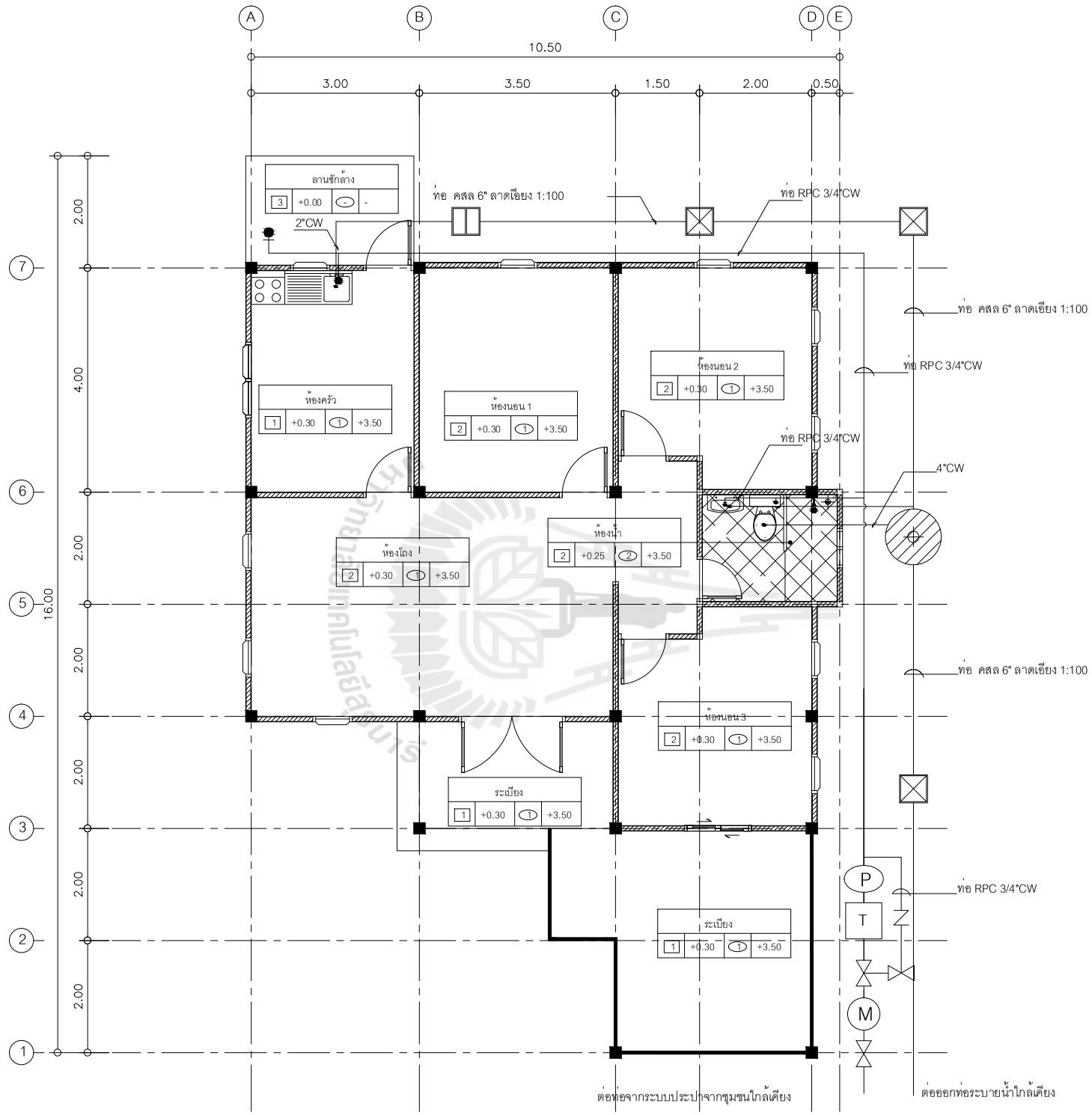
แบบแสดง

รายละเอียดพื้น

Scale 1 : 100

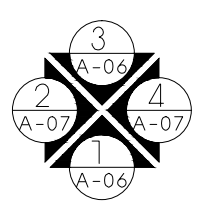
mm/dd/yy 10/11/05

เลขที่แบบ S-07 / 7



แปลนระบบประปาและสุขาภิบาล

SCALE 1:100



สัญลักษณ์

- บ่อเกรอะ-บ่อกรองสำเร็จรูป ชนิดไร้อากาศ ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 ลบ.ม. ผลิตภัณฑ์ PP, AQUA, DOS หรือเทียบเท่า
- บ่อพักน้ำทิ้งสำเร็จรูป ขนาด 0.40x0.40 ม.
- บ่อดักไขมันสำเร็จรูป ขนาด 0.40x0.40 ม.
- M มาตรวัดน้ำ 1/Ø
- T ถังเก็บน้ำขนาด 2,000 ลิตร
- P Pump ยี่ห้อโนมิติ Calpeda ขนาด 1 แรงม้า
- FD FLOOR DRAIN
- ประตูน้ำ 1/Ø
- ก๊อกน้ำ
- CW COLD WATER
- V VENT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

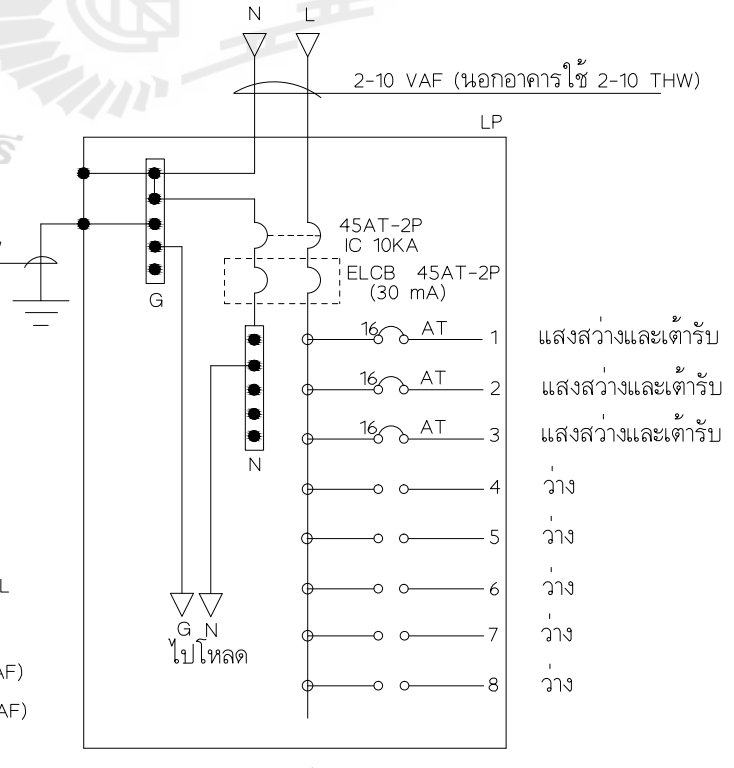
แปลนระบบประปาและสุขาภิบาล

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ	SN-01 / 1
mm/dd/yy	10/11/05		

รายละเอียด สัญลักษณ์ ดวงโคมและอุปกรณ์ไฟฟ้า	
สัญลักษณ์	รายละเอียด
	ดวงโคมติดเพดาน หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 W.
	ดวงโคมติดเพดาน หลอดฟลูออเรสเซนต์ 32 W.
	ดวงโคมไฟติดผนัง หลอดอินแคนเดสเซนต์ 60 W.
TV	ปลั๊กสัญญาณโทรทัศน์
	ปลั๊กสัญญาณโทรศัพท์
	ปลั๊กไฟฟ้าชนิดคู่ฝังผนังขนาด 15 A ติดสูงจากพื้น 0.30 ม. ฝาพลาสติก
S	สวิทช์ เปิด-ปิด ไฟติดผนังสูง 1.20 ม. ฝาพลาสติก
MDB	ตู้เมนไฟฟ้า

รายละเอียด

1. ในการติดตั้ง ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับของการไฟฟ้า
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้
   - 2.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเป็นผลิตภัณฑ์ของ SQUARE D, ABB, MEM, CLIPSAL TICINO, SIEMENS, MG, HAGER
   - 2.2 CIRCUIT BREAKER เป็นผลิตภัณฑ์ของ SQUARE D, ABB, MEM, CLIPSAL TICINO, SIEMENS, MG, HAGER
   - 2.3 ดวงโคมไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ภายในประเทศที่มีเครื่องหมายการค้าโดยมีอุปกรณ์ประกอบดังนี้
     - หลอดฟลูออเรสเซนต์ มอก. 236-2533
     - ขั้วรับหลอดและขั้วรับสตาทเตอร์ มอก. 344-2530
     - สตาทเตอร์ มอก. 183-2528
     - บัลลาสต์ มอก. 23-2521
   - 2.4 สายไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ มอก. 11-2531
   - 2.5 สวิตช์และเต้ารับไฟฟ้า เป็นผลิตภัณฑ์ของ NATIONAL, ABB, TICINO, CLIPSAL
3. หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ชนิดและขนาดของสายให้ใช้ดังนี้
   - 3.1 สายวงจรย่อยแสงสว่าง (สายจากดวงโคมเข้าแผง LP) ใช้สาย 2x2.5^2 mm VAF)
   - 3.2 สายแยกจากสวิตช์เข้าดวงโคม สายระหว่างดวงโคม ให้ใช้สาย 2x1.5^2 mm VAF)
   - 3.3 สายวงจรเต้ารับ ให้ใช้สาย 2x2.5/1.5 VAF-GRD
   - 3.4 สายป้อนและสายประธานตามแบบ



รายละเอียดแผง LP

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

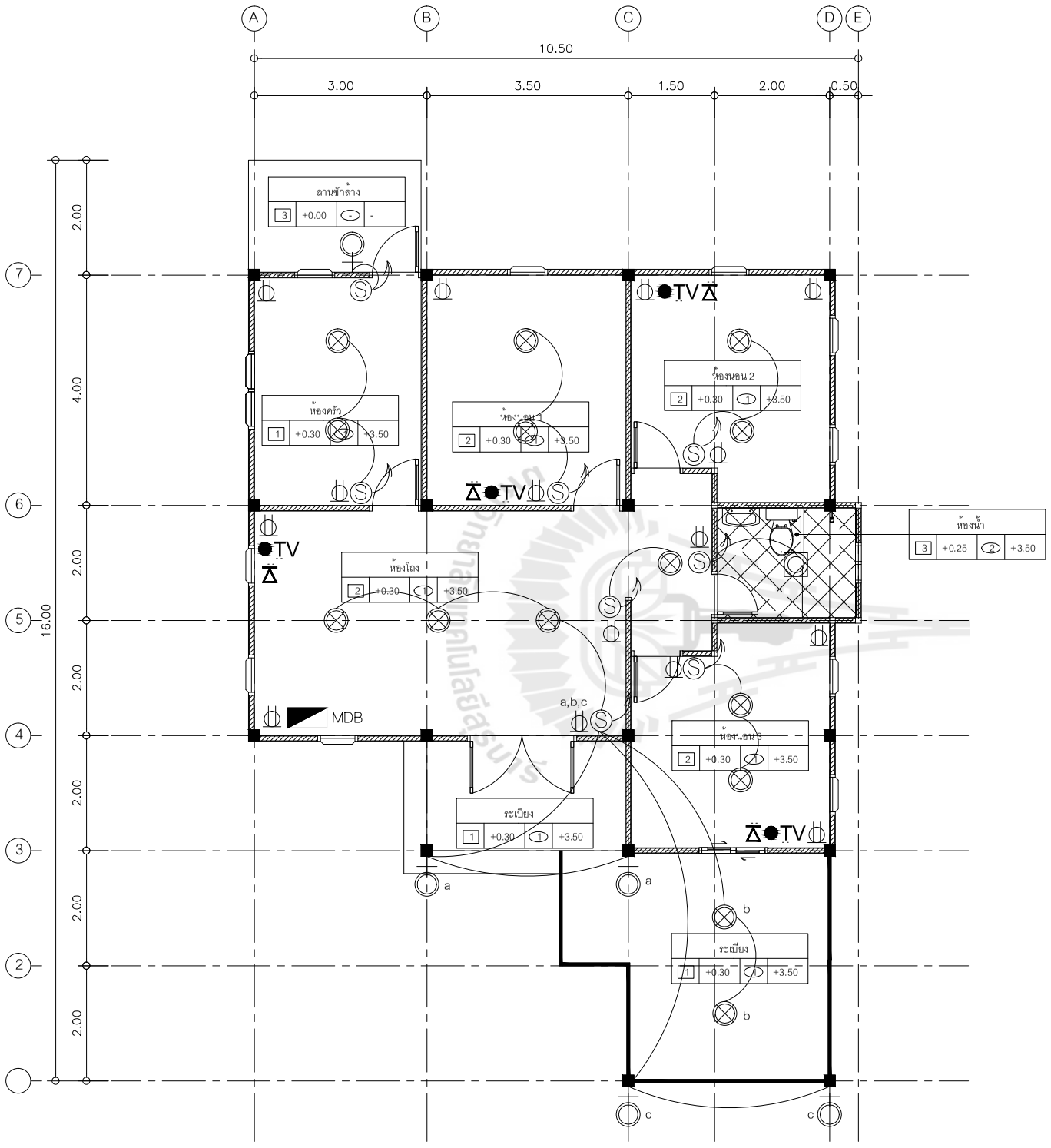
รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

รายละเอียด,สัญลักษณ์,ดวงโคมและอุปกรณ์ไฟฟ้า

Scale	-	เลขที่แบบ E-01 2
mm/dd/yy	10/11/05	



แปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

SCALE 1:100

3 A-06 | 2 A-07 | 4 A-07 | 1 A-06

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ชื่อแบบ

แบบบ้านประหยัดพลังงาน

วิศวกร

สถาปนิก

เขียนแบบ

รายการแก้ไข

No.	Description	DD/MM/YY

แบบแสดง

แปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

Scale	1 : 100	เลขที่แบบ
mm/dd/yy	10/11/05	E-02 / 2

ภาคผนวก ข รายการวัสดุก่อสร้าง และการประมาณราคา

SUMMARY COST

PROJECT :	การออกแบบบ้านต้นแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน
OWNER :	โครงการวิจัย:การประเมินด้านการประหยัดพลังงานของการออกแบบและการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย
DATE :	*7 พฤศจิกายน 2555*

ลำดับที่	รายละเอียด	งบประมาณโครงการ		
		ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	รวม
1	งานเตรียมการดำเนินการก่อสร้าง			
2	งานค่าใช้จ่ายพิเศษ			
3	งานโครงสร้าง	408,374.42	83,709.69	492,084.11
4	งานสถาปัตยกรรม	311,038.00	121,218.00	432,256.00
5	งานไฟฟ้าและสื่อสาร ภายในอาคาร	39,420.00	15,000.00	54,420.00
6	งานไฟฟ้าและสื่อสารภายนอกอาคาร			
7	ระบบปรับอากาศ			
8	งานสุขาภิบาลและประปา	73,027.63	3,500.00	76,527.63
	รวมราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด			978,760.11

รวมราคาค่าก่อสร้างงานอาคารทั้งหมด	**978,760.11**	**บาท**
ค่าดำเนินการ	***48,938.01***	**บาท**
กำไร	***48,938.01***	**บาท**
VAT	***75,364.53***	**บาท**
รวมราคาค่าก่อสร้างโครงการทั้งสิ้น	***1,152,000.64***	**บาท**

หัวข้องาน : งานสถาปัตย์

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย		ราคาต่อหน่วยxปริมาตร		ราคารวม
				ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	
1	**งานก่อผนัง**							
1.1	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม.	ตรม.	213.00	150.00	50.00	31,950.00	10,650.00	42,600.00
	รวมราคางานก่อผนัง					**31,950.00**	**10,650.00**	**42,600.00**
2	**งานผิวผนัง**							
2.1	ผนังฉาบปูนเรียบ	ตร.ม.	471.00	55.00	70.00	25,905.00	32,970.00	58,875.00
2.4	ผนังบุกระเบื้องเซรามิค ขนาด 8" x 8"	ตร.ม.	24.20	265.00	120.00	6,413.00	2,904.00	9,317.00
	รวมราคางานผิวผนัง					**32,318.00**	**35,874.00**	**68,192.00**
3	**งานผิวพื้น**							
3.1	พื้นปูกระเบื้องเซรามิก ขนาด 12*12 ซม.สีอ่อนผิวมัน	ตร.ม	87.00	280.00	120.00	24,360.00	10,440.00	34,800.00
3.2	พื้นปูกระเบื้องเซรามิค ขนาด 8" x 8" ซม.สีอ่อนผิวด้าน	ตร.ม	5.00	265.00	120.00	1,325.00	600.00	1,925.00
3.3	พื้นผิวปูนซีเมนต์ขัดมัน	ตร.ม	30.00	80.00	70.00	2,400.00	2,100.00	4,500.00
	รวมราคางานผิวพื้น					**28,085.00**	**13,140.00**	**41,225.00**
4	**งานฝ้าเพดาน**							
4.1	ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. (ทนชื้น) โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	ตร.ม.	116.40	255.00	65.00	29,682.00	7,566.00	37,248.00
4.2	ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. (ธรรมดา) โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	ตร.ม.	5.00	220.00	65.00	1,100.00	325.00	1,425.00
	รวมราคางานฝ้าเพดาน					**30,782.00**	**7,891.00**	**38,673.00**
5	**งานหลังคา และระบบป้องกันความร้อน**							
5.1	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ตร.ม.	175.00	380.00	150.00	66,500.00	26,250.00	92,750.00
5.2	ครอบ	เมตร	19.00	150.00	50.00	2,850.00	950.00	3,800.00
5.1	ฉนวนกันความร้อน (ชนิด pu หนา 25 มม.) รวมค่าแรง	ตร.ม.	192.50	250.00		48,125.00	-	48,125.00
	รวมราคางานหลังคา - ป้องกันความร้อน					**117,475.00**	**27,200.00**	**144,675.00**
6	**งานสี**							
6.1	สีทาภายใน	ตร.ม.	345.60	40.00	30.00	13,824.00	10,368.00	24,192.00
6.2	สีทาภายนอก	ตร.ม.	107.60	90.00	30.00	9,684.00	3,228.00	12,912.00
	รวมราคางานสี					**23,508.00**	**13,596.00**	**37,104.00**
7	**งานสุขภัณฑ์**							
7.1	โถส้วม	ชุด	1.00	3,500.00	298.00	3,500.00	298.00	3,798.00
7.2	ก๊อกเดี่ยวอ่างล้างหน้า	ชุด	1.00	150.00	103.00	150.00	103.00	253.00
7.3	อ่างล้างหน้า	ชุด	1.00	1,650.00	298.00	1,650.00	298.00	1,948.00
7.4	ราวแขวนตากผ้า	ชุด	1.00	120.00	50.00	120.00	50.00	170.00
7.5	ที่วางกระดาษชำระ	ชุด	1.00	350.00	103.00	350.00	103.00	453.00
7.6	สายฉีดชำระ	ชุด	1.00	350.00	70.00	350.00	70.00	420.00
7.7	กระจกเงา	ชุด	1.00	290.00	70.00	290.00	70.00	360.00
7.8	ห่วงแขวนผ้า	ชุด	1.00	200.00	50.00	200.00	50.00	250.00
7.9	รูระบายน้ำที่พื้น	ชุด	1.00	200.00	50.00	200.00	50.00	250.00
7.10	ก๊อกเตี้ย	ชุด	1.00	150.00	103.00	150.00	103.00	253.00

หัวข้องาน : งานสถาปัตย์

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย		ราคาต่อหน่วยxปริมาตร		ราคารวม
				ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	
7.11	ม่านพลาสติก	ชุด	1.00	600.00	50.00	600.00	50.00	650.00
7.12	ที่วางสบู่	ชุด	1.00	350.00	103.00	350.00	103.00	453.00
7.13	ก๊อกผสมยืนอาบ	ชุด	1.00	600.00	50.00	600.00	50.00	650.00
	รวมราคางานสุขภัณฑ์					**6,610.00**	**1,042.00**	**7,652.00**
8	**งานวงกบ / บานประตูไม้**							
8.1	ป. 1	ชุด	1.00	10,000.00		10,000.00	130.00	10,130.00
8.2	ป. 2	ชุด	-	15,000.00		-	-	-
8.3	ป. 3	ชุด	5.00	1,000.00		5,000.00	130.00	5,130.00
8.4	ป. 4	ชุด	1.00	2,500.00		2,500.00	130.00	2,630.00
8.5	ป. 6	ชุด	-			-	-	-
	รวมราคางานประตู					**17,500.00**	**390.00**	**17,890.00**
9	**งานหน้าต่าง**							
9.1	น. 1	ชุด	-	2,000.00		-	-	-
9.2	น. 2	ชุด	2.00	1,500.00		3,000.00	155.00	3,155.00
9.3	น. 3	ชุด	-	700.00		-	-	-
9.4	น. 4	ชุด	10.00	150.00		1,500.00	25.00	1,525.00
9.5	น. 5	ชุด	1.00	550.00		550.00	155.00	705.00
9.6	น. 6	ชุด	-	1,200.00			-	-
9.7	น. 9	ชุด	-	3,150.00		-	-	-
9.8	น. 10	ชุด	-	3,800.00		-	-	-
9.9	น. 11	ชุด	-	27,000.00		-	-	-
9.10	น. 11A	ชุด	-	18,000.00		-	-	-
9.11	น. 11B	ชุด	-	5,100.00		-	-	-
	รวมราคางานหน้าต่าง					**5,050.00**	**335.00**	**5,385.00**
10	**งานเบ็ดเตล็ด และอื่นๆ**							
10.1	ราวบันได	เมตร	-	800.00	500.00	-	-	-
10.2	ราวระเบียง	เมตร	22.20	800.00	500.00	17,760.00	11,100.00	28,860.00
	รวมราคางานเบ็ดเตล็ด และอื่นๆ					**17,760.00**	**11,100.00**	**28,860.00**
	รวมราคางานสถาปัตยกรรม					**311,038.00**	**121,218.00**	**432,256.00**

หัวข้องาน : งานโครงสร้าง

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาตร	ราคาต่อหน่วย		ราคาต่อหน่วยxปริมาตร		ราคารวม
				ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	
1	**งานฐานราก**							
1.1	งานดินขุด , ดินถม	ลบ.ม.	36.81	185.00	180.00	6,809.85	6,625.80	13,435.65
1.2	งานทรายบดอัด	ลบ.ม.	0.40	360.00	180.00	144.18	72.09	216.27
1.3	งานคอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	0.40	1,300.00	316.00	520.65	126.56	647.21
1.4	งานคอนกรีต 240 ksc. (Cylinder)	ลบ.ม.	9.12	2,550.00	276.00	23,259.83	2,517.53	25,777.36
1.5	งานไม้แบบ	ตร.ม.	24.54	400.00	105.00	9,816.00	2,576.70	12,392.70
1.6	งานเหล็กเสริม		-			-	-	-
	- DB. 12 (GRADE SD30)	ก.ก	461.76	22.15	2.80	10,227.98	1,292.93	11,520.91
1.7	ตะปู	ก.ก.	7.36	27.00	2.80	198.77	20.61	219.39
1.8	ลวดผูกเหล็ก	ก.ก	9.24	30.00	2.80	277.06	25.86	302.91
	รวมงานฐานราก					**51,254.32**	**13,258.08**	**64,512.40**
2	**งานโครงสร้างคอนกรีต**							**-**
2.1	งานคอนกรีต 240 ksc. (Cylinder)	ลบ.ม.	26.83	2,550.00	276.00	68,416.50	7,405.08	75,821.58
2.2	งานไม้แบบ	ตร.ม.	296.50	400.00	105.00	118,600.00	31,132.50	149,732.50
2.3	งานเหล็กเสริม					-	-	-
	- RB. 6 (GRADE SR24)	ก.ก.	76.62	23.64	2.80	1,811.22	214.53	2,025.74
	- RB. 9 (GRADE SR24)	ก.ก.	3,363.00	22.80	2.80	76,676.40	9,416.40	86,092.80
	- DB. 12 (GRADE SD40)	ก.ก.	1,109.00	22.58	2.80	25,041.22	3,105.20	28,146.42
	- DB. 16 (GRADE SD40)	ก.ก.	466.00	22.26	2.80	10,373.16	1,304.80	11,677.96
2.4	ตะปู	ก.ก.	88.95	27.00	2.80	2,401.65	249.06	2,650.71
2.5	ลวดผูกเหล็ก	ก.ก.	90.26	30.00	2.80	2,707.89	252.74	2,960.63
2.4	พื้นสำเร็จรูป	ตรม.	21.38	300.00	35.00	6,415.47	748.47	7,163.94
2.5	คอนกรีตทับหน้า 180 ksc.	ลบ.ม.	0.06	2,470.00	245.00	158.28	15.70	173.98
	รวมงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก					**306,028.04**	**53,080.30**	**359,108.34**
3	**งานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ**							
3.1	Lip light Chenal-125x50x20x2.3	ก.ก.	165.94	25.00	8.50	4,148.41	1,410.46	5,558.87
3.2	Steel square hole-25x25x1.60	ก.ก.	762.87	25.00	8.50	19,071.75	6,484.40	25,556.15
3.3	Lip light Chenal-100x50x20x2.3	ก.ก.	1,114.88	25.00	8.50	27,871.90	9,476.45	37,348.35
3.7	ทาสีกันสนิม / สีน้ำมัน	เหมา	1.00	11,500.00		11,500.00	-	11,500.00
	รวมงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ					**51,092.06**	**17,371.30**	**68,463.36**
	รวมงานโครงสร้างทั้งสิ้น					**408,374.42**	**83,709.69**	**492,084.11**

หัวข้องาน : งานสุขาภิบาล

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาตร	ราคาต่อหน่วย		ราคาต่อหน่วยxปริมาตร		ราคารวม
				ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	ค่าวัสดุ	ค่าแรงงาน	
1	**งานระบบท่อน้ำปะปา**							
1.1	ท่อ P.V.C ขนาด 3/4" นิ้ว Class M	เมตร	34.00	59.00		2,006.00	-	2,006.00
1.2	ท่อ P.V.C ขนาด1/2 นิ้ว Class M	เมตร	12.00	45.83		549.96	-	549.96
1.3	Pump 250 W	ชุด	1.00	6,090.00	1,500.00	6,090.00	1,500.00	7,590.00
1.4	ถังเก็บน้ำขนาด 1000 ลิตร	ชุด	1.00	20,000.00		20,000.00	-	20,000.00
1.5	อุปกรณ์อื่นๆ	เหมา	1.00	5,000.00	1,000.00	5,000.00	1,000.00	6,000.00
2	**งานระบบท่อน้ำโสโครกและน้ำทิ้ง**							
2.1	ท่อ P.V.C ขนาด 4 นิ้ว Class 8.5	เมตร	2.66	149.50		397.67	-	397.67
2.2	ท่อ P.V.C ขนาด 2 นิ้ว Class 8.5	เมตร	4.50	42.00		189.00	-	189.00
2.3	ท่อ คสล ขนาด 0.30 m.	เมตร	27.00	225.00		6,075.00	-	6,075.00
2.4	บ่อพักสำเร็จรูปขนาด 0.40 X0.40 m.	ชุด	3.00	600.00		1,800.00	-	1,800.00
2.5	ถังบำบัดน้ำเสีย	ชุด	1.00	22,920.00		22,920.00	-	22,920.00
2.6	อุปกรณ์อื่นๆ	เหมา	1.00	8,000.00	1,000.00	8,000.00	1,000.00	9,000.00
	รวมราคางานงานสุขาภิบาล					**73,027.63**	**3,500.00**	**76,527.63**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค แบบสอบถาม

-แบบสอบถามปัจจัยในการเลือกวัสดุก่อสร้าง

-แบบสอบถามความพึงพอใจของการออกแบบบ้าน
และการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถามปัจจัยในการเลือกวัสดุก่อสร้าง

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินโครงการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกใช้วัดดุก่อสร้างเปลือกอาคาร จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความพอใจในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง

ทั้งนี้ คณะทำการวิจัย ใคร่ขอขอบพระคุณ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ไว้ ณ ที่นี้

แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือก

1. เพศ

☐1) ชาย ☐2) หญิง

2. อายุ

☐ 1) ต่ำกว่า 20 ☐ 2) 21-30 ปี ☐ 3) 30-40 ปี ☐4) 41-60 ปี ☐5) มากกว่า 60 ปี

3. ระดับการศึกษา

☐1) ต่ำกว่ามัยธมศึกษา ☐2) สูงกว่ามัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่ำกว่าปริญญาตรี

☐3) ปริญญาตรี ☐4) ปริญญาโท ☐5) ปริญญาเอก

4. ประสบการณ์ในการทำงาน

☐1) 0-5 ปี ☐ 2) 6-10 ปี ☐ 3)11-15 ปี ☐ 4) 16-20 ปี ☐5) มากกว่า 20 ปี

5. อาชีพ

☐ 1) นักเรียน นักศึกษา ☐ 2) พนักงานรัฐวิสาหกิจ ☐ 3) รับราชการหรือพนักงานของรัฐ

☐ 4) พนักงานบริษัทเอกชน ☐ 5) รับจ้างรายวัน ☐ 6) เกษตรกร

☐ 7) ค้าขาย ☐ 8) ธุรกิจส่วนตัว ☐ 9) อื่น ระบุ.....

6. ปัจจุบันท่านพักอาศัย

☐ 1) เช่า (บ้าน หรือ ห้องเช่า) ☐ 2) พักอาศัยอยู่กับผู้อื่น ☐3)มีบ้านเป็นของตัวเอง

☐ 4) อื่น ระบุ.....

7. ท่านมีโครงการที่จะก่อสร้างบ้าน หรือตัดสินใจซื้อบ้าน ในอนาคต หรือไม่

☐ 1) ไม่เนื่องจาก..... ☐ 2) คิดจะสร้างหรือซื้อบ้าน ในอนาคต ภายใน 3 ปี

☐ 3) คิดจะซื้อหรือสร้างบ้านระหว่าง 3- 10 ปี ☐ 4) คิดจะซื้อบ้านภายในอนาคต เกิน 10 ปี

แบบสอบถามส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง

โปรดเรียงลำดับความสำคัญ ด้วยการระบุตัวเลข โดยเลข 1 คือข้อท่านที่คิดว่าสำคัญมากที่สุด

สำหรับข้อที่ 4-6 โปรดเติมคำตอบในช่องว่าง

---

1. การเลือกซื้อวัสดุผนัง และหลังคา ท่านจะพิจารณาจากปัจจัยใด ถ้าเลือกมากกว่า 1 ข้อ จงเรียงลำดับความสำคัญ

_____ราคาถูก _____ขนาดของวัสดุ

_____อายุการใช้งาน _____ง่ายต่อการใช้งาน

_____คุณภาพ _____ความสวยงาม

_____ความสามารถในการป้องกันความร้อน _____เป็นวัสดุที่ไม่กักเก็บความร้อน

_____ไม่ต้องใช้วัสดุอื่นประกอบเพื่อป้องกันความร้อนอีก _____ลดการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

_____ อื่น ระบุ.....

2. ถ้าต้องเลือกวัสดุเพื่อก่อสร้างผนัง จะเลือกใช้วัสดุอะไร ถ้าเลือกมากกว่า 1 ข้อ จงเรียงลำดับความสำคัญ

_____ อิฐมอญ _____อิฐบล็อก _____อิฐมวลเบา

_____ ไม้อัด _____ ไม้ _____วัสดุทดแทนไม้

_____กระจก _____ กระเบื้องแผ่นเรียบ_____เซลโลกรีต (แผ่นเส้นใยไม้ซีเมนต์อัด)

_____ อื่น ๆ ระบุ.....

3. ถ้าต้องเลือกวัสดุเพื่อก่อสร้างหลังคา จะเลือกใช้วัสดุอะไร ถ้าเลือกมากกว่า 1 ข้อ จงเรียงลำดับความสำคัญ

_____กระเบื้องกระเบื้องซีแพคโมเนีย _____กระเบื้องลอนคู่

_____วัสดุหลังคาแอสฟัลต์ _____สังกะสี

_____แผ่นเมทัลชีท หรือแผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน _____อื่น ๆ ระบุ.....

4. ถ้าท่านจะสร้างบ้านอยู่อาศัย

ท่านต้องการสร้างบ้านขนาด_____ตารางเมตร สำหรับสมาชิก จำนวน_____คน

งบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างประมาณ_____บาท

5. ถ้าท่านจะสร้างบ้าน ท่านจะใช้วัสดุฝ้าเพดาน **☐1) ใช้** **☐ 2) ไม่ใช้**

6. ถ้าท่านสร้างบ้าน ท่านจะใช้วัสดุฉนวนป้องกันความร้อน **☐1) ใช้** **☐ 2) ไม่ใช้**

7. ถ้าท่านมีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณในการสร้างบ้าน ท่านจะลดรายจ่ายอย่างไร

(ถ้าเลือกมากกว่า 1 ข้อ โปรดเรียงลำดับความสำคัญ)

_____เปลี่ยนวัสดุผนังที่มีราคาถูกลง _____เปลี่ยนวัสดุหลังคาที่มีราคาถูกลง

_____เปลี่ยนวัสดุฝ้าเพดานที่มีราคาถูกลง _____เปลี่ยนฉนวนกันความร้อนที่มีราคาถูกลง

_____ไม่ใช้วัสดุทำฝ้าเพดาน _____ไม่ใช้วัสดุฉนวนกันความร้อน

_____ ลดขนาดของบ้าน _____อื่น ๆ ระบุ.....

ขอขอบคุณที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามความพึงพอใจของการออกแบบบ้าน
และการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตอบแบบสอบถาม เพื่อสำรวจระดับความพึงพอใจในการออกแบบบ้านด้วยวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

แบบสอบถามประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามระดับความพึงพอใจในการออกแบบบ้าน

ส่วนที่ 2แบบบ้านประกอบการพิจารณาในการตอบแบบสอบถาม

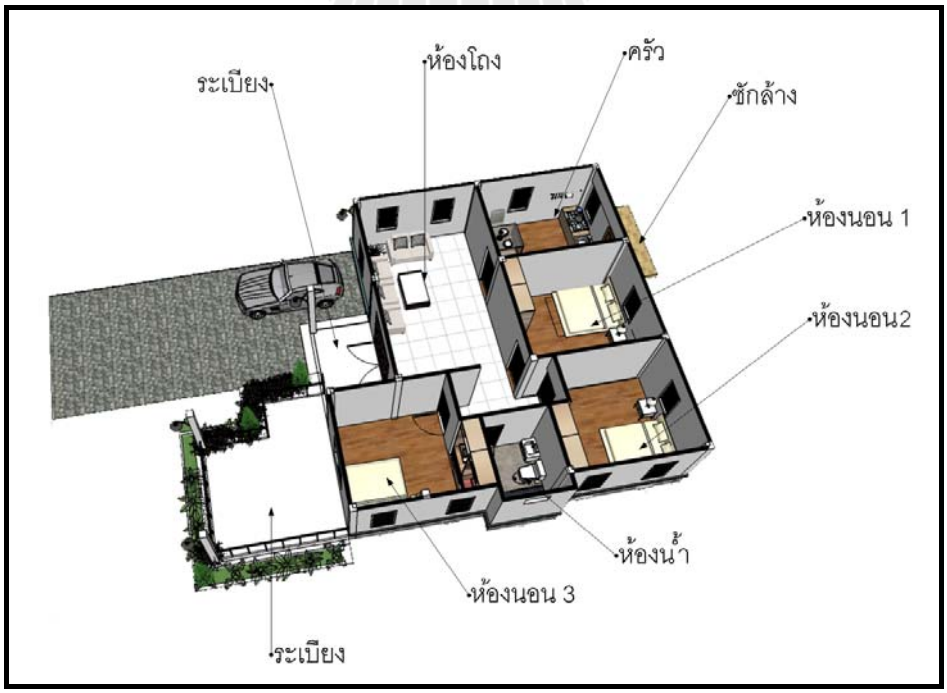
แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1	รูปแบบ					
2	ขนาดของบ้าน					
3	การจัดพื้นที่ใช้สอย					
4	ราคา					
5	วัสดุที่ใช้ทำผนัง (คอนกรีตมวลเบา)					
6	วัสดุที่ใช้ทำหลังคา (กระเบื้องซีแพคโมเนีย)					
7	วัสดุที่ใช้ทำฉนวนความร้อน (โฟมโพลียูริเทน)					
8	ขนาดของบ้านเหมาะสมกับงบประมาณ					

ส่วนที่ 2 แบบบ้าน 1 ชั้น ประกอบการพิจารณาตอนแบบสอบถาม

ขนาดพื้นที่ใช้สอย รวม	125 ตารางเมตร	งบประมาณ	1,152,000 บาท
วัสดุผนัง	คอนกรีตมวลเบา	วัสดุหลังคา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย
วัสดุฉนวนกันความร้อน	โฟมโพลียูริเทน	วัสดุฝ้าเพดาน	แผ่นยิปซัม

รูปแบบของบ้าน



การจัดพื้นที่ใช้สอย

ภาคผนวก ง ฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคาร

วัสดุผนัง

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
1	**อิฐมอญ** โรงอิฐทัพเจริญ 111 หมู่ที่ 10 ตำบลเที่ยงแท้ อำเภอสรรคบุรี จังหวัด ชัยนาท 17140 โทร : 081-9725031 , 085-9006315 โทรสาร : 056-481109 อีเมลล์ : Love-lovery@hotmail.com	อิฐมอญมาตรฐาน มอก.77/2545 ขนาด 140X 65X40	0.90 บาท/ก้อน
		อิฐมอญกล่อง/รู (2 รู) ขนาด 6 X 6 X 15	0.83 บาท/ก้อน
		อิฐมอญมือ(เครื่อง) ขนาด 4.20 X 6 X 15	0.50 บาท/ก้อน
		อิฐมอญตัน ขนาด 3 X 6 X 15	0.43 บาท/ก้อน
		อิฐมอญรู ขนาด 3 X 6 X 15	0.47 บาท/ก้อน
2	**อิฐมอญ เคเค** บริษัท กฤษณการย์ จำกัด เลขที่ 37/2 หมู่ที่ 6 ถ.บ้านไร่-หนองกาน้ำ ซ.9 ต.หนองหงษ์ อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160 โทร: 038-157-112 โทรสาร: 038-157-113	อิฐมอญ ขนาด 19 x 9 x 6.5	3.08 บาท/ก้อน 139 บาท/ตร.ม.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
3	**อิฐมอญ** ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงอิฐยิ่งเจริญ ที่อยู่ 27/5 หมู่ 2 ตำบลพักทัน อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี 16130 โทร 086-9951411 , 036-815041-2 โทรสาร 036-81-5042-3 อีเมล์ wiboon1978@hotmail.com	อิฐมอญฉาบปูนสองด้าน6 x14 x3 ซม.	1.29 บาท / ก้อน
4	**อิฐมอญ** บริษัท ศ.โปรเกรสวัสดุ จำกัด เลขที่ 55/5 หมู่ที่ 9 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงลำผักชี เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530 โทร;02-9083500-2 โทรสาร; 02-9083503,02-9885858 สายด่วน 24 ชั่วโมงคุณ สมปอง 088-874-5622,081-1305757 อีเมล์: sompongcho1@hotmail.com http://www.progresswadsadu.com	อิฐมอญตันมือ ขนาด 14.5 x 6.5 x 3 จำนวน 130 ก้อน/ตรม.	0.70 บาท/ก้อน
		อิฐมอญตันเครื่องเล็ก ขนาด หนา 3 กว้าง 6.5 ยาว14.5 ซม. จำนวน130/ตารางเมตร	0.80 -0.85 บาท/ก้อน
		อิฐมอญรูเครื่องเล็ก ขนาด หนา 3 กว้าง 6 ยาว 14.5 ซม. จำนวน 125-130 ก้อน/ตารางเมตร	0.45 บาท/ก้อน
		อิฐมอญรูเครื่องใหญ่ ขนาด หนา5.5 กว้าง6 ยาว 15.5 ซม. จำนวน 65ก้อน/ตารางเมตร	0.75 บาท/ก้อน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
5	**อิฐมอญ** บริษัท โปรเกรสแมกซิมั่ม จำกัด เลขที่ 55/5 หมู่ที่ 9 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงลำผักชี เขตหนองจอก กรุงเทพฯ10530 โทร:02-9083500-2 โทรสาร: 02-9083503,02-9885858 E-Mail:sompongcho1@hotmail.com http://www.promaxwadsadu.com	อิฐมอญตันมือ ขนาด 3.50 x 5.00 x 14.00	0.95 บาท/ก้อน
		อิฐมอญ มอก.77-2545 ขนาด หนา4 ซม.X กว้าง6.5 ซม.Xยาว 14 ซม.	1.30 บาท/ก้อน
		อิฐมอญตันเครื่องเล็ก ขนาดหนา3x กว้าง6.5x ยาว14.5 ซม.	0.90-0.95 บาท/ก้อน
		อิฐมอญรูเครื่องเล็ก ขนาด 3 x 6x 14.5 ซม.	0.60 บาท/ก้อน
		อิฐมอญรูเครื่องใหญ่ ขนาด 5.5x 6x 15.5 ซม. จำนวน 65ก้อน/ตารางเมตร	0.90 บาท/ก้อน
6	**อิฐบล็อก** บจก ชาลี ซีเมนต์บล็อก คอสตรัคชั่น โรงงานผลิต เลขที่ 13-13/1 หมู่ที่ 4 ต.บึงคำพร้อย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150 โทร. 02-569-2196-7 แฟกซ์. 02-569-2198-9	อิฐบล็อก ขนาด 19 x 39x 7 ซม.	4 บาท / ก้อน
		อิฐบล็อก ขนาด 19 x 39 x 9 ซม.	8 บาท / ก้อน
		อิฐบล็อก ขนาด 19x39x14 ซม.	13 บาท/ก้อน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
7	**อิฐบล็อก JTP** ร้านจิตติพรค้าวัสดุ 168/7 หมู่ 18 ต.คลองตะเกรา อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา 24160 โทร 038-508057 E-mail; jittiporn.jtp@gmail.com	อิฐบล็อก ขนาด 19x 39x 7 ซม.	5.30 บาท/ก้อน
8	**อิฐบล็อก** ร้าน CRG CEMENT	อิฐบล็อก ขนาด 19x 39x 7 ซม.	4.90 บาท/ก้อน
9	**คอนกรีตมวลเบา ยี่ห้อ Q-CON** บริษัท ควอลิตี้คอนสตรัคชั่นโปรดัคส์ จำกัด (มหาชน) หมู่ 16 นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน, 144 ถนนอุดมสรยุทธ์ บางกระสั้น อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา 13160 โทร035-258999	ความหนาแน่น 620 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด20 x60 x7.5 ซม.	27 บาท/ก้อน
		ความหนาแน่น 620 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด20 x60 x10 ซม.	37บาท/ก้อน
		ความหนาแน่น 620 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด20 x60 x12.5 ซม.	42บาท/ก้อน
		ความหนาแน่น 620 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด20 x60 x15 ซม.	50บาท/ก้อน
		ความหนาแน่น 620 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด20 x60 x20 ซม.	75บาท/ก้อน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
10	**คอนกรีตมวลเบา ยี่ห้อ smart c block** บริษัทสมาร์ทคอนกรีต จำกัด หมู่ที่ 12 21/784 บางนา กรุงเทพมหานคร 10260 โทร 02-7490258	ความหนาแน่น 1280 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด 20 x 40 x7 ซม.	75/ก้อน
11	**คอนกรีตมวลเบา** บริษัท พี เอส นครหลวงวัสดุ จำกัด 36/20 หมู่ 2 ถนนสุขาภิบาล 5 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220 Email : ps_sui@hotmail.com	ขนาด 7 X 20 X 50 ซม.	15.50 บาท/ก้อน
12	**อิฐมวลเบาซุปเปอร์บล็อก** บริษัท ซุปเปอร์บล๊อก จำกัด (มหาชน) 223/61 คันทรีคอมเพล็กซ์ ทาวเวอร์ แขวงบางนา เขตบางนา กทม. 10260 โทร ; 023615599 โทรสาร: 023615036 email; sales@superblock.co.th , info@superblock.co.th http://www.superblock.co.th	ขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม. ตราซุปเปอร์บล็อก	210 บาท/ตรม.
		ขนาด 20 x 60 x 8.0 ซม. ตราซุปเปอร์บล็อก	224 บาท/ตรม.
		ขนาด 20 x 60 x 9.0 ซม. ตราซุปเปอร์บล็อก	252 บาท/ตรม.
		ขนาด 20 x 60 x 10.0 ซม. ตราซุปเปอร์บล็อก	280 บาท/ตรม.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
13	**คอนกรีตมวลเบา ยี่ห้อ THAI-CON**	ขนาด 20X50X7 ซม.	14.50บาท/ก้อน
		ขนาด 20x60x7 ซม.	18.50บาท/ก้อน
		ขนาด 20x60x7.5 ซม.	19.50 บาท/ก้อน
14	**กระจกใส**	กระจกใส หนา 3 มม.	10.80 บาท/ ตร.ฟ.
		กระจกใส หนา 5 มม.	15.87บาท/ตารางฟุต
		กระจกใส หนา 6 มม	19.05บาท/ตารางฟุต
		กระจกใส หนา 8 มม.	37.25บาท/ตารางฟุต
		ระจกใส หนา 10 มม.	46.50บาท/ตารางฟุต
15	**กระจกสี**	กระจกสีชาดำ หนา 3 มม	13.95บาท/ตารางฟุต
		กระจกสีชาดำ หนา 5 มม.	21บาท/ตารางฟุต
		กระจกสีชาดำ หนา 6 มม	24บาท/ตารางฟุต
		กระจกสีเขียว หนา 5 มม	19.75บาท/ตารางฟุต
		กระจกสีเขียว หนา 6 มม.	22.75บาท/ตารางฟุต
16	**ไม้อัดซีเมนต์ ตราวีว่า บอร์ด**	ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 8 มม. ตราวีว่า บอร์ด	370 บาท/แผ่น
		ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 10 มม. ตราวีว่า บอร์ด	415 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
16	**ไม้อัดซีเมนต์ ตราวีว่า บอร์ด**	ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 12 มม.	485 บาท/แผ่น
		ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 16 มม.	605 บาท/แผ่น
		ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 20 มม.	700 บาท/แผ่น
		ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 24 มม.	850 บาท/แผ่น
17	**เซลโลกรีต** บจก. เซลโลกรีตไทย เลขที่ 49 หมู่ 9 ถนนไผ่สามเกาะ-หนองไก่ขัน ต.เขาขลุง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี 70110	ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 25 มม.	365 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 50 มม.	680 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 75 มม.	880 บาท/แผ่น
18	**ไม้อัดซีเมนต์ ตราสมายล์บอร์ด**	ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 8 มม.	385 บาท/แผ่น
		ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 10 มม.	450 บาท/แผ่น
		ขนาดกว้าง 1200 มม. ยาว 2400 มม. หนา 12 มม.	510 บาท/แผ่น
19	**เซลโลกรีตโฟม** บจก. เซลโลกรีตไทย เลขที่ 49 หมู่ 9 ถนนไผ่สามเกาะ-หนองไก่ขัน ต.เขาขลุง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี 70110	ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 25 มม.	390 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 50 มม.	730 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 75 มม.	905 บาท/แผ่น
20	**ไม้แปรรูปไม้สักสวนป่า**	ขนาด 1/2 นิ้ว x 1 นิ้ว x 3 ฟุต	515 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1/2 นิ้ว x 3 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1030 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1/2 นิ้ว x 4 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1290 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
20	**ไม้แปรรูปไม้สักสวนป่า**		
		ขนาด 1/2 นิ้ว x 6 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1380 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 3/4 นิ้ว x 2 นิ้ว x 3 ฟุต	680 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 3/4 นิ้ว x 4 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1290 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 3/4 นิ้ว x 6 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1380 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว x 5 ฟุต	545 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว x 5 ฟุต	980 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 4 นิ้ว x 6 ฟุต	1480 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 4 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1490 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 6 นิ้ว x 6 ฟุต	1545 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 8 นิ้ว x 6 ฟุต	1605 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 นิ้ว x 12 นิ้ว x 6 ฟุต	1725 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 1 1/2 นิ้ว x 6.5 ฟุต	795 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 3 นิ้ว x 3.5 ฟุต	940 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 3 นิ้ว x 4 ฟุต	795 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 3 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1170 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 4 นิ้ว x 3.5 ฟุต	1065 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 4 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1480 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
20	**ไม้แปรรูปไม้สักสวนป่า**		
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 6 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1560 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 1 1/2 นิ้ว x 8 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1630 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 2 นิ้ว x 4 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1405 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 2 นิ้ว x 6 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1565บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 2 นิ้ว x 8 นิ้ว x 6.5 ฟุต	1635 บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 2 นิ้ว x 10 นิ้ว x 6 ฟุต	1715บาท/ลบ.ฟ.
		ขนาด 2 นิ้ว x 12 นิ้ว x 6 ฟุต	2000 บาท/ลบ.ฟ.
21	**ไม้แปรรูป ไม้ตะเคียนทอง**	ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2- 2.50 เมตร	590 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 2- 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 2- 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 2- 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	720 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
21	**ไม้แปรรูป ไม้ตะเคียนทอง**		
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	800 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
22	**ไม้แปรรูป ไม้ตะเคียนหิน**	ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนทอง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 6 -8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	590 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	720 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	755 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
22	**ไม้แปรรูป ไม้ตะเคียนหิน**	ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	755 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	755 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	755 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	800 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
22	**ไม้แปรรูป ไม้ตะเคียนหิน**	ไม้ตะเคียนหิน ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
23	**ไม้แปรรูป ไม้เต็ง**	ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	590 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	720 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	755 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
23	**ไม้แปรรูป ไม้เต็ง**	ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	800 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 8 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
24	**ไม้แปรรูป ไม้แดง**	ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	770 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	850 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	770 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	770 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	850 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	975 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	850 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	975 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	975 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1085 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
24	**ไม้แปรรูป ไม้แดง**	ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	975 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	975 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	1060 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	1120 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	1060 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้แดง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	1060 บาท/ลบ.ฟ.
25	**ไม้แปรรูป ไม้มะค่า**	ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1475 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1475 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1405 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1405 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 10 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1540 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 12 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1540 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
25	**ไม้แปรรูป ไม้มะค่า**	ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 10 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1540 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 12 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	1540 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1615 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1615 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1810 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1810 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 10 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1770 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 12 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1770 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 10 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1770 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
25	**ไม้แปรรูป ไม้มะค่า**	ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 12 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	1770 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1765 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1765 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	2030 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	2030 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 10 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 12 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 10 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 12 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	1885 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
25	**ไม้แปรรูป ไม้มะค่า**	ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 10 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	2460 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 12 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	2460 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	2485 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 10 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	2460 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้มะค่า ไม่ไส ขนาด 2 x 12 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	2460 บาท/ลบ.ฟ.
26	**ไม้แปรรูป; ไม้ยาง**	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 2 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	280 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	420 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	280 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 1 1/2 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	340 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 3 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	305 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	340 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 4 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	330 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
26	**ไม้แปรรูป; ไม้ยาง**	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 5 x 5 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	500 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 2 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	295 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	430 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	295 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	385 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	385 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 1 1/2 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	355 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 3 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	320 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	355 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 4 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	480 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 5 x 5 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	520 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 2 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	320 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	435 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	320 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	410 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	410 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
26	**ไม้แปรรูป; ไม้ยาง**	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 1 1/2 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 3 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	330 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 4 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	505 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 5 x 5 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	540 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	450 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	425 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	425 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 3 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	350 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 2 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	390 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 4 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	530 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 5 x 5 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	550 บาท/ลบ.ฟ.
27	**ไม้แปรรูป; ไม้กะบาก**	ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
27	**ไม้แปรรูป; ไม้กะบาก**	ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมต	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 10 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	395 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	385 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	385 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	385 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 10 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	405 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	410 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	410 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	410 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
27	**ไม้แปรรูป; ไม้กะบาก**	ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 10 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	435 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 4 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	425 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	425 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 8 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	425 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1 x 10 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	440 บาท/ลบ.ฟ.
28	**ไม้แปรรูป; ไม้เนื้อแข็ง**	ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 2 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	335 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	335 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 3/4 x 2 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	335 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 3/4 x 3 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	315 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	590 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
28	**ไม้แปรรูป; ไม้เนื้อแข็ง**	ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 8 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 2 – 2.50 เมตร	605 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 2 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 3/4 x 2 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	380 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 3/4 x 3 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	395 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	720 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 8 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
28	**ไม้แปรรูป; ไม้เนื้อแข็ง**	ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 3 – 3.50 เมตร	775 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1/2 x 2 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	450 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	450 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 3/4 x 2 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	450 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 3/4 x 3 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	545 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	755 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 8 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 4 – 4.50 เมตร	830 บาท/ลบ.ฟ.

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุผนัง :			
28	**ไม้แปรรูป; ไม้เนื้อแข็ง**	ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	800 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2 x 8 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.
		ไม้เนื้อแข็ง ไม่ไส ขนาด 2 x 6 นิ้ว ยาว 6 – 8 เมตร	885 บาท/ลบ.ฟ.

ฐานข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร

วัสดุมุงหลังคา

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
1	**กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ ตราช้าง**	กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีแดง นน. 6.7 กก.	56.96 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีเขียว นน.6.7 กก	56.96 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีเทา (ซีเมนต์) นน. 6.7กก.	47.80 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีน้ำทะเล นน. 6.7 กก.	56.96 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีเขียวสมุทร นน. 6.7กก.	59.58 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีหมากสุก นน. 6.7 กก.	56.96 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5มม. สีเปลือกมังคุด นน. 6.7 กก.	56.96 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
1	**กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ ตราช้าง**	กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5 มม. สีน้ำเงินประกายมุก นน. 6.7 กก.	60.23 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5 มม. สีเขียวประกายมุก นน. 6.7 กก.	60.23 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120ซม. หนา 5.5 มม. สีแดงประกายมุก นน. 6.7 กก.	60.23 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120 ซม. หนา 5.5 มม. สีส้มประกายมุก นน. 6.7 กก.	60.23 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x120 ซม. หนา 5.5 มม. สีม่วงประกายมุก นน. 6.7 กก.	60.23 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150ซม. หนา 5.5 มม. สีแดง นน. 8.4 กก.	70.85 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150ซม. หนา 5.5 มม. สีเขียว นน. 8.4 กก.	70.85 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150ซม. หนา 5.5 มม. สีเทา (ซีเมนต์) นน. 8.4 กก.	59.50 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150ซม. หนา 5.5 มม. สีน้ำทะเล นน. 8.4กก.	70.85 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
1	**กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ ตราช้าง**	กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150ซม. หนา 5.5 มม. สีเขียวสมุทร นน. 8.4 กก.	73.49 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150x120ซม. หนา 5.5 มม. สีหมากสุก นน. 8.4 กก	70.85 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150x120ซม. หนา 5.5 มม. สีเปลือกมังคุด นน. 8.4กก.	70.85 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150ซม. หนา 5.5 มม. สีน้ำเงินประกายมุก นน. 8.4 กก.	76.17 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง ลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150 x120 ซม. หนา 5.5 มม. สีแดงประกายมุก นน. 8.4 กก.	76.17 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50 x 150 x 120ซม. หนา 5.5 มม. สีส้มประกายมุก นน. 8.4 กก	76.17 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนคู่ตราช้าง ขนาด 50x150 x120 ซม. หนา 5.5 มม. สีม่วงประกายมุก นน. 8.4 กก.	76.17 บาท/แผ่น
2	**กระเบื้องหลังคาตราเพชร**	กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 4 มม. ลอนคู่ขาว ขนาด 0.4 x 50 ซม. น้ำหนัก 4.8 กก.	43 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 4 มม. ลอนคู่ขาว ขนาด 0.4 x 50 x120 ซม. นำหนัก 6 กก.	54 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
2	**กระเบื้องหลังคาตราเพชร**	กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 4 มม. ลอนคู่สี ขนาด 0.4 x 50 x120 ซม. น้ำหนัก 4.8 กก.	57 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 4 มม. ลอนคู่สี ขนาด 0.4 x 50 x120 ซม. นำหนัก 6 กก.	70 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 5 มม. ลอนคู่ขาว ขนาด 0.5 x 50 x120 ซม.น้ำหนัก 6.2 กก.	48 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 5 มม. ลอนคู่ขาว ขนาด 0.5 x 50 x120 ซม. น้ำหนัก 7.8 กก.	60 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 5 มม. ลอนคู่สี ขนาด 0.5 x 50 x120 ซม. น้ำหนัก 6.2 กก.	64 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 5 มม. ลอนคู่สี ขนาด 0.5 x 50 x120 ซม. น้ำหนัก 7.8 กก.	80 บาท/แผ่น
3	**กระเบื้องหลังคาตราห้าห่วง**	กระเบื้องลอนคู่ อย่างบาง หนา 0.4 ซม. ยาว 120 ซม.กว้าง 50 ซม.	36 บาท/แผ่น
		กรเบื้องลอนคู่ อย่างหนา มีความหนา 0.5 ซม.ตาม มาตรฐานอุตสาหกรรม ยาว 120 ซม.กว้าง 50 ซม.	44 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนคู่ อย่างบาง ความหนา 0.4 ซม. ยาว 150 ซม. กว้าง 50 ซม.	56 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
3	**กระเบื้องหลังคาตราห้าห่วง**	กระเบื้องลอนคู่ หนา 0.5 ซม. ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด (มอก.) ยาว 150 ซม. กว้าง 50 ซม. เป็นความยาวพิเศษ เหมาะสำหรับแถวปลายสุดของหลังคา	75 บาท/แผ่น
		กระเบื้องไตรลอน ตราห้าห่วงสีขาวธรรมดา	49บาท/แผ่น
		กระเบื้องไตรลอน ตราห้าห่วงสีพิเศษ	58 บาท/แผ่น
4	**กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก ตราเพชร**	กระเบื้องลอนเล็ก ลอนเล็ก ขนาด 0.4 x 54 x120 ซม. สีขาว น้ำหนัก 5.3 กก.	43บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนเล็ก ลอนเล็ก ขนาด 0.4x 54 x120 ซม. สีขาวน้ำหนัก 6.6 กก.	54 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนเล็ก ลอนเล็กสี ขนาด 0.4 x 54 x120 ซม. สีฟ้า และอื่น ๆ น้ำหนัก 5.3 กก.	57 บาท/แผ่น
		กระเบื้องลอนเล็ก ลอนเล็กสี (ตราเพชร) ขนาด 0.4 x 54 x120 ซม. สีฟ้า และอื่น ๆ น้ำหนัก 6.6 กก.	70 บาท/แผ่น
5	**กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่ตราช้าง**	ขนาด 102 x 150 x 0.65 ซม. น้ำหนัก 21.3 กก.	229 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
6	**กระเบื้องคอนกรีต (CT)** **บริษัทผลิตภัณฑ์ตราเพชร จำกัด (มหาชน)**	กระเบื้อง กลุ่มสีพรีเมี่ยม ขนาด 33 x 42 ซม. น้ำหนัก 4 กก. สีฟ้าทะเลใต้	20 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง กลุ่มสีพิเศษ 33 x 42 ซม. สีดินเผาคลาสสิค	13 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง กลุ่มสีพิเศษ 2 ขนาด 33 x 42 ซม. น้ำหนัก 4 กก. สีน้ำตาลเดอะซิตี้	15 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง กลุ่มสีพิเศษ ขนาด 33 x 42 ซม. น้ำหนัก 4 กก. สีประกายกุลพันธ์	13 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง กลุ่มสีมาตรฐาน ขนาด 33 x 42 ซม. น้ำหนัก 4 กก. สีแดงชบา	11 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง กลุ่มสีเมทัลลิค 1สีมรกตมิ่งมาศ ขนาด 33 x 42 ซม. น้ำหนัก 4 กก.	30 บาท/แผ่น
		กระเบื้อง กลุ่มสีเมทัลลิค 2 สีแดงศักดา ขนาด 33 x 42 ซม. น้ำหนัก 4 กก.	35 บาท/แผ่น
7	**กระเบื้องโมเนียตราช้าง**	กระเบื้องโมเนีย CENTURION เขียวทุ่งหญ้า ขนาด 33x42 ซม. น้ำหนัก 4.5 กก.	18 บาท/แผ่น
		กระเบื้องโมเนีย ELABANA น้ำเงินเพทาย ขนาด 33x42 ซม. น้ำหนัก 4.05 กก./แผ่น	32.50 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
7	**กระเบื้องโมเนียตราช้าง**	กระเบื้องโมเนีย ELABANA อิฐอำไพ ขนาด 33x42 ซม. น้ำหนัก 4.05 กก./แผ่น	14 บาท/แผ่น
		กระเบื้องโมเนียคอนแทรซ ประกายตะวัน ขนาด 33x42 ซม. น้ำหนัก 4.05 กก./แผ่น	16 บาท/แผ่น
		กระเบื้องโมเนียซีซัน วินเทอร์เกรย์ ขนาด 33x42 ซม. น้ำหนัก 4.05 กก./แผ่น	21 บาท/แผ่น
		กระเบื้องโมเนียนีโอคลาส หยกพิมาน ขนาด 33x42 ซม. น้ำหนัก 4.05 กก./แผ่น	18 บาท/แผ่น
8	**วัสดุหลังคาแอสฟัลต์ ยี่ห้อ IKO** ผู้จัดจำหน่าย บริษัท CIVIL MASTER INTERNATIONAL 96 ซอย รัชดาภิเษก 19 วัดท่าพระ บางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600 Tel: (66) 2848-0999 Fax: (66) 2848-0801	ความหนา 1 มิลลิเมตร 1 กล่อง มีพื้นที่ 3.1 ตารางเมตร	650 บาท/กล่อง

ฐานข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร

วัสดุฝ้าเพดาน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
1	**แผ่นไม้อัดสัก ชนิดใช้ภายใน เกรด เอ เอตราช้าง 3 เชือก**	ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 4 มม.	1400 บาท/แผ่น
		ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 6 มม	1590 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 10 มม	1950 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 15 มม	2350 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 20 มม	2750 บาท/แผ่น
2	**แผ่นไม้อัดสัก ชนิดใช้ภายนอก เกรด เอ เอ ตราช้าง 3 เชือก**	4 x 8 ฟุต หนา 4 มม	1620 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 6 มม	1830 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 10 มม	2340 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 15 มม	2870 บาท/แผ่น
		4 x 8 ฟุต หนา 20 มม	3410 บาท/แผ่น
3	**แผ่นไม้อัด ชนิดใช้ภายในตราช้าง 3 เชือก**	ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 4 มม	410 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 5 มม	500 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 7 มม	720 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 10 มม	930 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
3	**แผ่นไม้อัด ชนิดใช้ภายในตราช้าง 3 เชือก**	ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 15 มม.	1330 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 20 มม.	1765 บาท/แผ่น
4	**แผ่นไม้อัด ชนิดใช้ภายนอก ตราช้างสามเชือก**	ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 4 มม	525 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 5 มม	650 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 7 มม.	1005 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 10 มม.	1295 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 15 มม.	1770 บาท/แผ่น
		ชั้น 2/4 ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 20 มม.	2360 บาท/แผ่น
5	**แผ่นใยไม้อัดแข็ง ชนิดเรียบ ตราช้างสามเชือก**	ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 3 มม.	95 บาท/แผ่น
		ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 4 มม.	129 บาท/แผ่น
		ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 5 มม.	162 บาท/แผ่น
		ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 6 มม.	193 บาท/แผ่น
6	**แผ่นยิปซัม ชนิดธรรมดา ตรา บีพีบี**	ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 9 มม.	23 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 9 มม.	154 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 12 มม.	185 บาท/แผ่น
7	**แผ่นยิปซัม ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์ตรา บีพีบี**	ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 9 มม.	235 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 12 มม.	270 บาท/แผ่น
8	**แผ่นยิปซัม ชนิดทนไฟ ตรา บีพีบี**	ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 12 มม.	338 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
8	แผ่นยิปซัม ชนิดทนไฟ ตรา บีพีบี	ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 15 มม.	380 บาท/แผ่น
9	แผ่นยิปซัม ชนิดทนความชื้นตรา บีพีบี	ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 9 มม.	235 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 12 มม.	270 บาท/แผ่น
10	กระเบื้องแผ่นเรียบ ตรา เฌอร่า	เฌอร่าบอร์ดขอบลาด ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 6 มม. น้ำหนัก 26.72 กก.	260 บาท/แผ่น
		เฌอร่าบอร์ดขอบลาด ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 8 มม.น้ำหนัก 35.74 กก.	350 บาท/แผ่น
		เฌอร่าบอร์ดขอบลาด ขนาด 120 x 300 ซม.หนา 6 มม. น้ำหนัก 31.82 กก.	325 บาท/แผ่น
		เฌอร่าบอร์ดขอบลาด ขนาด 120 x 300 ซม. หนา 8 มม. น้ำหนัก 44.68 กก.	490 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรงน้ำหนัก 14.40 กก. ขนาด 120x240 ซม.หนา 3.2 มม.	155 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120 x 240 ซม.หนา 4 มม. น้ำหนัก 18 กก.	160 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120 x 240 ซม.หนา 6 มม. น้ำหนัก 27 กก.	250 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
10	**กระเบื้องแผ่นเรียบ ตรา เฌอร่า**	แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120x240 ซม.หนา 8 มม. น้ำหนัก 36 กก.	340 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120x240 ซม.หนา 10 มม. น้ำหนัก 45 กก.	460 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120x240 ซม.หนา 12 มม. น้ำหนัก 54 กก.	555 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120x300 ซม.หนา 6 มม. น้ำหนัก 27 กก.	325 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120x300 ซม.หนา 8 มม. น้ำหนัก 36 กก.	490 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรง ขนาด 120x240 ซม.หนา 15 มม. น้ำหนัก 63.82 กก.	660 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรงขนาด 120x240 ซม. หนา 18 มม. น้ำหนัก 76.58 กก.	796 บาท/แผ่น
		แผ่นเรียบเฌอร่าบอร์ดขอบตรงขนาด 120x240 ซม. หนา 20 มม. น้ำหนัก 85.09 กก.	890 บาท/แผ่น
11	**แผ่นยิปซัมชนิดทนชื้น ตราช้าง**	ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	352 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 60 x 120 ซม.	89 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
11	**แผ่นยิปซัมชนิดทนชื้น ตราช้าง**	ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 60 x 60 ซม.	45 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 9 มม. ขนาด 120 x240 ซม.	352 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	395 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 60 x 120 ซม.	99 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 60 x 60 ซม.	50 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	395 บาท/แผ่น
12	**แผ่นยิปซัมชนิดทนไฟ ตราช้าง**	ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	446 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 15 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	500 บาท/แผ่น
13	**แผ่นยิปซัมชนิดป้องกันความร้อน ตราช้าง**	ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	352 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 120 x 120 ซม.	176 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 60 x 120 ซม.	89 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 60 x 60 ซม.	45 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 9 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	352 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	395 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 60 x 120 ซม.	99 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 60 x 60 ซม.	50 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	395 บาท/แผ่น
14	**แผ่นยิปซัมชนิดมาตรฐาน ตราช้าง**	ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 120 x 120 ซม.	120 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
14	**แผ่นยิปซัมชนิดมาตรฐาน ตราช้าง**	ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 60 x 120 ซม.	61 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 9 มม. ขนาด 60 x 60 ซม.	30 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 9 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	238 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	268 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 120 x 120 ซม.	134 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 60 x 120 ซม.	67 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบเรียบ หนา 12 มม. ขนาด 60 x 60 ซม.	34 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	268 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 260 ซม.	293 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 270 ซม.	304 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 12 มม. ขนาด 120 x 280 ซม.	315 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 15 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	379 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 15 มม. ขนาด 120 x 260 ซม.	411 บาท/แผ่น
		ชนิดขอบลาด หนา 15 มม. ขนาด 120 x 270 ซม.	427 บาท/แผ่น
15	**แผ่นยิปซัมกันรา ตราช้าง**	ชนิดขอบลาด หนา 15 มม. ขนาด 120 x 240 ซม.	352 บาท/แผ่น
16	**แผ่นไม้ก๊อก**	ขนาด 30 x 40 ซม.	320 บาท/แผ่น
		ขนาด 30 x 45 ซม.	335 บาท/แผ่น
		ขนาด 40 x 60 ซม.	630 บาท/แผ่น

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุฝ้าเพดาน :			
16	แผ่นไม้ก๊อก	ขนาด 45 x 60 ซม.	690 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 75 ซม.	855 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 80 ซม.	1050 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 90 ซม.	1050 บาท/แผ่น
		ขนาด 80 x 120 ซม.	2100 บาท/แผ่น
		ขนาด 90 x 120 ซม.	2100 บาท/แผ่น
		ขนาด 90 x 150 ซม.	2550 บาท/แผ่น
		ขนาด 90 x 180 ซม.	3100 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 150 ซม.	3400 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 180 ซม.	4100 บาท/แผ่น
		ขนาด 120 x 200 ซม.	4800 บาท/แผ่น
		ขนาด 120x 240 ซม.	5500 บาท/แผ่น
17	กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบตราช้าง	ขนาด 120x 120 x 0.40 ซม.	81 บาท/แผ่น
18	กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบตราเสือ	ขนาด 120x 120 x 0.38 ซม.	75 บาท/แผ่น
19	เซลโลกรีต	ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 12.5 มม.	150 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 18.75 มม.	170 บาท/แผ่น
20	เซลโลกรีตโฟม	ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 12.5 มม.	175 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 18.75 มม.	200 บาท/แผ่น

ฐานข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร
วัสดุฉนวนกันความร้อนผ่านหลังคา

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
1	ฉนวนใยแก้ว ตราไมโครไฟเบอร์	ชนิดธรรมดา ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 30.50 ม. หนา 25 มม.	1725 บาท/ม้วน
		ชนิดธรรมดา ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 15.25 ม. หนา 50 มม.	1690 บาท/ม้วน
		ชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 30.50 ม. หนา 25 มม.	2625 บาท/ม้วน
		ชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 15.25 ม. หนา 50 มม.	2140 บาท/ม้วน
2	ฉนวนใยแก้วตราช้างชนิดธรรมดา	ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 30.50 ม. หนา 25 มม.	1575 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 15.25 ม. หนา 50 มม. ตราช้าง	1526 บาท/ม้วน
3	ฉนวนใยแก้วตราช้างชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน	ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 30.50 ม. หนา 25 มม.	2415 บาท/ม้วน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
3	**ฉนวนใยแก้วตราช้างชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน**	ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 15.25 ม. หนา 50 มม. ตราช้าง	2009 บาท/ม้วน
4	**ฉนวนใยแก้วตราช้างชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ 2 ด้าน**	ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 15.25 ม. หนา 50 มม.	2520 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ขนาด 1.22 x 15.25 ม. หนา 50 มม.	3220 บาท/ม้วน
5	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานหลังคา รุ่น FSO ปิดผิวฟอยล์ 1 ด้าน**	ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 30 ม.	2970 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	2290 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	3740 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	3260 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	2460 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	4230 บาท/ม้วน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
5	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานหลังคา รุ่น FSO ปิดผิวฟอยล์ 1 ด้าน**	ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	820 บาท/แผ่น
		ความหนาแน่น 48 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	630 บาท/แผ่น
		ความหนาแน่น 48 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	1152 บาท/แผ่น
		ความหนาแน่น 48 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	1152 บาท/แผ่น
6	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานหลังคา รุ่น CRB ปิดผิวฟอยล์ 2 ด้าน**	ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 30 ม.	4180 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	2890 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 30 ม.	5090 บาท/แผ่น
		ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	3980 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	3210 บาท/ม้วน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
6	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานหลังคา รุ่น CRB ปิดผิวฟอยล์ 2 ด้าน**	ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 15 ม.	5150 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	990 บาท/แผ่น
		ความหนาแน่น 48 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	830 บาท/แผ่น
		ความหนาแน่น 48 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1.22 x 2.44 ม.	1440 บาท/แผ่น
7	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานหลังคารุ่น Super Cool หุ้มรอบด้าน**	ความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 10 ม.	1650 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม. ความหนา 75 มม. ขนาด 1 x 10 ม.	2640 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 10 ม.	1300 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 10 ม.	2000 บาท/ม้วน
		ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 25 มม. ขนาด 1 x 10 ม.	1650 บาท/ม้วน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
7	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานหลังคารุ่น Super Cool หุ้มรอบด้าน**	ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 50 มม. ขนาด 1 x 10 ม.	2990 บาท/ม้วน
8	**ฉนวนโฟมโพลิยูริเทนแบบแผ่น ตรา บีบีโฟม** บริษัท ดี.ดี.อินซูเลชั่น แอนด์ เทรดดิ้ง จำกัด 66/46 หมู่ที่ 6 ต.เสาธงหิน อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี 11140	ความหนา 1 นิ้ว ขนาด 4 ฟุต x 8 ฟุต	1000 บาท/แผ่น
		ความหนา 2 นิ้ว ขนาด 4 ฟุต x 8 ฟุต	2000 บาท/แผ่น
9	**ฉนวนโฟมโพลิยูริเทนแบบแผ่น** ผู้ผลิตและจัดจำหน่าย บริษัท I.S.O. PANEL CO.,LTD 4/6 หมู่ 12 ต.บึงคำพร้อย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150 โทรศัพท์ 080-599-7093	ความหนา 12 มม.	950 บาท/ตารางเมตร
		ความหนา 2 นิ้ว	1000 บาท/ตารางเมตร
9	**โฟมโพลีสไตรีน** ผู้ผลิตและจัดจำหน่าย บริษัท I.S.O. PANEL CO.,LTD 4/6 หมู่ 12 ต.บึงคำพร้อย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150 โทรศัพท์(T) 080-599-7093	ขนาด 1.2 ม. x3 ม. หนา 3.81 ซม.	310 บาท /แผ่น
		ขนาด 1.2 ม. x3 ม. หนา 5.08 ซม.	310 บาท/แผ่น
10	**โฟมโพลีเอทีลีน PE COOL** ผู้จัดจำหน่าย บริษัท ชนะชล 2005 จำกัด 100/29 หมู่ 3 ถนนชุมทอง - ลำต้อยติ่ง แขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์: 0-2704-1174	ขนาด 60 ซม. x 20 ม. หนา 0.5 ซม.	1600 บาท/ม้วน
		ขนาด 60 ซม. x 4 ม. หนา 1ซม.	590 บาท/ม้วน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
11	**ฉนวนตราช้างสำหรับงานฝ้าเพดาน STAY COOL**	ฉนวน สำหรับงานฝ้าเพดาน ความหนา 75 มม. ซูปเปอร์เซฟ ขนาด 0.60 X 4.00 หนา 3 นิ้ว น้ำหนัก 2.35 กก.	490 บาท/ม้วน
		ฉนวนสำหรับงานฝ้าเพดาน ความหนา 75 มม. พรีเมี่ยม ขนาด 0.60 X 4.00 หนา 3 นิ้ว น้ำหนัก 2.74 กก.	590 บาท/ม้วน
		ฉนวนสำหรับงานฝ้าเพดาน ความหนา 150 มม. พรีเมี่ยม ขนาด 0.60 X 4.00 หนา 6 นิ้ว น้ำหนัก 4.94 กก.	690 บาท/ม้วน 271 บาท/ตรม.
12	**อลูมิเนียมฟอยล์ตราช้าง**	อลูมิเนียมเทปฟอยล์ กว้าง 2.5 นิ้ว ยาว 45 เมตร	150 บาท/ม้วน
		อลูมิเนียมเทปฟอยล์ ความกว้าง 2.0 นิ้ว ความยาว 45 เมตร/ม้วน	140 บาท/ม้วน
13	**อลูมิเนียมฟอยล์ตราไมโครไฟเบอร์**	ขนาด 1.27 x 60 ม. (FOIL 733 RF)	3375 บาท/ม้วน
14	**ฉนวนกันความร้อนโพลิเอธีลินโฟมผิวอะลูมิเนียม U-KOOL**	ความหนา 5 มม. ขนาด 60 x 60 ซม. 1 แพ็ค จำนวน 20 ชิ้น พื้นที่ 7.2 ตร.ม.	2100 บาท/แพ็ค
		ความหนา 10 มม. ขนาด 60 x 60 ซม. 1 แพ็ค จำนวน 10 ชิ้น พื้นที่ 3.6 ตร.ม.	1500 บาท/แพ็ค
		ความหนา 2 มม. ขนาด 95 ซม. x 50 ม.	7950 บาท/ม้วน

ลำดับที่	รายการวัสดุ (เครื่องหมายการค้า, ผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย)	ประเภท หรือ ขนาด	ราคา (บาท/หน่วย)
วัสดุมุงหลังคา :			
14	**ฉนวนกันความร้อนโพลิเอธีลินโฟมผิวอะลูมิเนียม U-KOOL**	ความหนา 5 มม. ขนาด 95 ซม. x 50 ม.	10200 บาท/ม้วน
		ความหนา 10 มม. ขนาด 95 ซม. x 50 ม.	15000 บาท/ม้วน
		ความหนา 5 มม. ขนาด 60 ซม. x 8 ม.	1050 บาท/ม้วน
		ความหนา 10 มม. ขนาด 60 ซม. x 4 ม.	760 บาท/ม้วน
		ความหนา 5 มม. ขนาด 1.2 x 8 ม.	2100 บาท/ม้วน
		ความหนา 10 มม. ขนาด 1.2 x 4 ม.	1520 บาท/ม้วน
15	**ฉนวนใยหิน Roxul**	ความหนา 5 ซม. ขนาด 1.2 x7.5 ม.	1243บาท/ม้วน
		ความหนา 5 ซม. ขนาด 0.6 x1.2 ม.	99บาท/ม้วน
16	**เซลโลกรีต**	ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 12.5 มม.	150 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 18.75 มม.	170 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 25 มม.	365 บาท/แผ่น
17	**เซลโลกรีตโฟม**	ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 12.5 มม.	175 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 60 ซม. หนา 18.75 มม.	200 บาท/แผ่น
		ขนาด 60 x 120 ซม. หนา 25 มม.	390 บาท/แผ่น

ประวัติผู้วิจัย

นางกาญจน์กรอง สุอังคะ เกิดวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2520 ได้รับทุนพัฒนาอาจารย์วิทยาเขตสารสนเทศ จากทบวงมหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2545 เพื่อศึกษาต่อระดับปริญญาโท-เอก ภายหลังจากการสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่ง จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2547 ได้มีโอกาสเข้าร่วมทำงานกับบริษัทเอก-ชัยดิสทริบิวชั่น จำกัด ในตำแหน่งนักวิเคราะห์การขนส่ง (Transport Analyst) เป็นระยะเวลา 1 ปี และได้รับการบรรจุเข้าเป็นพนักงานของรัฐในตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2549 มีความถนัดในงานเกี่ยวกับการบริหารจัดการระบบขนส่งสินค้ามีความสนใจที่จะศึกษาในงานเกี่ยวข้องกับการวางแผน บริหารระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งผลงานวิจัยที่แล้วเสร็จ อาทิเช่น การประยุกต์ใช้ระบบตั๋วโดยสารอัตโนมัติและระบบ RFID เพื่อการจัดตารางเวลาเดินรถโดยสารประจำทาง การศึกษาระบบขนส่งมวลชนด้วยรางรถไฟขนาดเบาในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา การประเมินผลกระทบด้านนโยบายภาษีรถยนต์ประหยัดพลังงานขนาดเล็ก และการประเมินผลกระทบด้านการจราจรของการออกแบบช่องเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี