

ประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้ไผ่ในบ้านเขตร้อนชื้น



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THERMAL PERFORMANCE OF BAMBOO WALL IN TROPICAL HOUSE

Mr. Thongchai Munpainkit



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้ไผ่ในบ้านเขตร้อนชื้น

โดย

นายธงชัย หมั่นเพียรกิจ

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจัน เศรษฐสุนทร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัฐิ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจัน เศรษฐสุนทร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

ธงชัย หมั่นเพียรกิจ : ประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้ไผ่ในบ้านเขตร้อนชื้น
(THERMAL PERFORMANCE OF BAMBOO WALL IN TROPICAL HOUSE) อ.ที่
ปริญญาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตตร, 122 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาผนังของบ้านพักอาศัยผนังไม้ไผ่ในเขต
ภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เพื่อการประหยัดพลังงานในการทำความเย็นให้กับบ้านพักอาศัย ซึ่ง
ทำการศึกษาเฉพาะบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ ผู้วิจัยเลือกศึกษาไม้ไผ่
ที่เป็นวัสดุท้องถิ่น หาได้ง่าย และสามารถปลูกทดแทนได้เร็ว โดยสร้างเป็นผนังทดสอบจำลองเป็น
ผนังบ้านพักอาศัยขนาด 30 x 30 ซม. ทั้งหมดจำนวน 5 ชิ้น คือ 1.ไม้สังเคราะห์ 2.ไม้สังเคราะห์ที่
โครงเคร่ากรุไม้อัด 3.ไม้สังเคราะห์ใส่ไม้ไผ่ตัดขวางชนิดกลวงกรุไม้อัด 4.ไม้สังเคราะห์ใส่ไม้ไผ่
ตัดขวางส่วนข้อปล้องตันกรุไม้อัด 5.ไม้สังเคราะห์ใส่ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาววางตามตั้งกรุไม้อัด โดย
ทำการทดลองด้วยกล่องทดลองและเครื่องวัดค่าการนำความร้อนในห้องปฏิบัติการวิจัย จากการ
ทดลองพบว่าผนัง ไม้ไผ่สังเคราะห์หนา 1 ซม. มีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ที่ 0.058 m²k/W ซึ่ง
ผนังทดสอบไม้สังเคราะห์ใส่ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาววางตามตั้งกรุไม้อัดหนา 8 ซม. มีค่าความ
ต้านทานความร้อนที่ดีที่สุด โดยมีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ที่ 0.357 m²k/W และเมื่อนำค่าที่
ได้มาจำลองการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ 2 ชั้น ด้วยโปรแกรม Visual DOE
พบว่าผนังทดสอบที่ทำการพัฒนา สามารถช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้ถึง
11.74% และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3ปี 11 เดือน จึงสรุปได้ว่าไม้ไผ่มีสมบัติทางความร้อนที่ดี
เหมาะแก่การนำมาพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนในบ้านพักอาศัยเขตร้อนชื้นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังมี
ต้นทุนต่ำและสามารถก่อสร้างเองได้

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2557

5673551425 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: INSULATION / BAMBOO / THERMAL CONDUCTIVITY

THONGCHAI MUNPAINKIT: THERMAL PERFORMANCE OF BAMBOO WALL IN TROPICAL HOUSE. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 122 pp.

The objectives of this research are to study and develop wooden walls for houses located in tropical climate zone for the purpose of energy saving of cooling system for houses. This research scope was synthetic walls of houses equipped with air-conditioning system. Bamboo, a local material, was selected since it is easy to find and it is rapidly renewable. Five 30X30 cm samples were made as walls including 1) synthetic wood; 2) synthetic wood with beamfilled with plywood; 3) synthetic wood with cross bamboo piece filled with plywood; 4) synthetic wood with cross bamboo internode filled with plywood; 5) synthetic wood with horizontal cylindrical bamboo filled with plywood. Subsequently, exothermic process was tested with test box and thermal conduction was tested with test equipment in a laboratory. The findings indicated that the walls filled with synthetic wood had low heat resistance at approximately 0.058m²k/W. The synthetic wood with horizontal cylindrical bamboo filled with plywood showed the best heat resistance at 0.357 m²k/W. When the figure was applied with energy consumption model by Visual DOE for a two-story synthetic wall house, the wall sample was proven that it reduced energy consumption of air-conditioning system up to 11.74%. Therefore, it was concluded that bamboo had good heat resistance suitable for insulation components of houses in tropical zone. Moreover, cost was relatively low and it could be made easily.

Department: Architecture

Student's Signature

Field of Study: Architecture

Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าฉบับนี้สามารถสำเร็จ และบรรลุวัตถุประสงค์ของผู้จัดทำไป ได้ด้วยความราบรื่น ด้วยความอนุเคราะห์ คอยดูแล และให้ความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.อรรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้แนวคิด แนววิเคราะห์ และให้คำปรึกษาที่ดี ตลอดการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวหมั่นเพียรกิจ ที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญ คอยเป็น แรงผลักดันให้สามารถผ่านอุปสรรคที่มีตลอดการศึกษา

ขอบคุณกลุ่มอาจารย์ผู้สอน หลักสูตร IDEA (นอกเวลาราชการ) และกลุ่มเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่คอยให้การดูแลเอาใจใส่ และช่วยเหลือในด้าน การศึกษาตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็น สถานที่บ่มเพาะความรู้แก่นิสิต รวมถึงแก่ข้าพเจ้าด้วย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	16
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	16
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	20
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	20
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	21
1.5 สมมุติฐาน.....	22
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	22
1.7 ลำดับขั้นตอนในการศึกษา	24
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
2.1 ทฤษฎีความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อผนังอาคาร.....	25
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับอาคาร	31
2.3 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใย (FIBER).....	36
2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)	40
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันความร้อนให้อาคาร	41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย.....	45

3.1 อุปกรณ์และขั้นตอนในการผลิตผนังทดสอบ(ตัวแปรต้น).....	45
3.2 การทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)	51
3.3 ขั้นตอนการทดลองส่วนที่ 2 (LAB & SIMULATE)	60
3.4 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	64
บทที่ 4 ผลการวิจัย	65
4.1 ผลการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง).....	65
4.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2 (Lab & Simulation)	75
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	98
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	103
5.1 สรุปผลการศึกษาด้านสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบ (กล่องทดลอง) .	103
5.2 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบ (LAB & SIMULATION)	105
5.3 สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	108
5.4 ข้อเสนอแนะในการทดลองและวิจัย.....	109
รายการอ้างอิง.....	111
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	122

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดง Embodied Energy ของวัสดุประเภทต่างๆ (based on AIA ERG)	17
ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่ผลิตจากพืชและขยะรีไซเคิล	19
ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของวัสดุประสงค์ วิธีการวิจัย และผลที่ได้รับของงานวิจัย	23
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ	26
ตารางที่ 5 แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุโดยทั่วไปของงานอาคาร (McMullan R., 1983)	27
ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนและการต้านทานความร้อนของช่องอากาศ	29
ตารางที่ 7 การแบ่งชนิดของเส้นใย	36
ตารางที่ 8 ความละเอียดของเส้นใย (Fiber Fineness)	37
ตารางที่ 9 คุณสมบัติของเส้นใยเซลลูโลส	39
ตารางที่ 10 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผนังทดสอบ	46
ตารางที่ 11 แสดงตัวแปรต้นในการทดลอง	50
ตารางที่ 12 แสดงตัวแปรต้นหรือผนังที่ใช้ในการทดลอง (กล่องทดลอง)	66
ตารางที่ 13 ผลการวัดอุณหภูมิของผนังทดสอบด้วยกล่องทดลอง	74
ตารางที่ 14 แสดงตัวแปรต้นหรือผนังที่ใช้ในการทดลอง (LAB)	76
ตารางที่ 15 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบจากห้องทดลอง	78
ตารางที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของผนัง ที่ความหนาต่างกัน	80
ตารางที่ 17 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบจากห้องทดลอง	81
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนของผนังไม้ได้กลางไม้ไผ่ทรงกระบอกวางกับวัสดุกันความร้อนห้องตลาด และวัสดุที่มีการวิจัยที่ผ่านมา	82

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางคืนเป็นหลัก (ผนังทดสอบหนา 5 ซม.)	85
ตารางที่ 20 แสดงผลการจำลองใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ และค่าไฟฟ้าต่อปี ที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางคืนเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 5 ซม.).....	87
ตารางที่ 21 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางคืนเป็นหลัก (ผนังทดสอบหนา 8 ซม.)	88
ตารางที่ 22 แสดงผลการจำลองใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ และค่าไฟฟ้าต่อปี ที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางคืนเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.).....	90
ตารางที่ 23 แสดงต้นทุนการก่อสร้างผนังไม้ไผ่ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร กรณีไม่รวมมูลค่าไม้ไผ่	99
ตารางที่ 24 แสดงต้นทุนการก่อสร้างผนังไม้ไผ่ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	100
ตารางที่ 25 แสดงผลการศึกษาค่าการลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน (ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก).....	101
ตารางที่ 26 แสดงผลการศึกษาค่าการลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน (ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก).....	101
ตารางที่ 27 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบจากห้องทดลอง.....	105
ตารางที่ 28 แสดงภาวะค่าไฟฟ้าต่อปีและระยะเวลาในการคืนทุน (ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก)	109
ตารางที่ 29 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนัง Base case 01)	114
ตารางที่ 30 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนัง Base case 02)	115
ตารางที่ 31 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนังทดสอบ A).....	116
ตารางที่ 32 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนังทดสอบ B).....	117

ตารางที่ 33 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนังทดสอบ C).....	118
---	-----



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 แสดงภาพบ้านพักอาศัยผนังไม้.....	17
รูปที่ 2 แสดงภาพตัดของเส้นใยไม้ไผ่พบว่ามียูพอรอนจำนวนมากและลักษณะของเส้นใยไม้ไผ่.	18
รูปที่ 3 แสดงการนำความร้อนของฉนวนแผ่นราบ	32
รูปที่ 4 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร	33
รูปที่ 5 รูปทรงตัดตามขวางและสภาพผิวของเส้นใยต่าง ๆ	37
รูปที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส.....	38
รูปที่ 7 แสดงการประกอบโครงคร่าไม้	47
รูปที่ 8 แสดงการติดตั้งไม้ฝาสังเคราะห์.....	48
รูปที่ 9 แสดงการเตรียมไม้ไผ่.....	48
รูปที่ 10 แสดงการติดตั้งไม้อัด	49
รูปที่ 11 กล่องทดลอง	52
รูปที่ 12 หลอดไฟอินฟราเรด 500 วัตต์.....	53
รูปที่ 13 Thermometer 12 chanel-SD Card Data logger รุ่น BTM-4208 sd.....	53
รูปที่ 14 อุปกรณ์ตั้งเวลา	54
รูปที่ 15 อุปกรณ์ระบายอากาศ.....	54
รูปที่ 16 อุปกรณ์วัดความเร็วลม	55
รูปที่ 17 เตรียมกล่องทดลอง	55
รูปที่ 18 แสดงการนำวัตถุทดสอบที่เตรียมไว้มาติดตั้งที่กล่องทดลอง.....	56
รูปที่ 19 เตรียมเครื่องวัดอุณหภูมิ.....	56
รูปที่ 20 เตรียมติดตั้งหลอดอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอดพร้อมบันทึกผล	57
รูปที่ 21 แสดงแบบแปลนกล่องทดลอง.....	57
รูปที่ 22 เครื่องวัดการนำความร้อน B480.....	60

รูปที่ 23 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล	61
รูปที่ 24 เครื่องมือสำหรับใช้วัดงานละเอียด (เวอร์เนียร์)	61
รูปที่ 25 โปรแกรม Visual DOE	62
รูปที่ 26 นำผนังทดสอบเข้าเครื่องค่าการนำความร้อน B480	63
รูปที่ 27 แสดงแบบบ้านอ้างอิง (บ้านพักอาศัย 2 ชั้น) ที่ใช้ในการศึกษา	64
รูปที่ 28 แสดงบรรยากาศในการทดลองส่วนที่ 1	67
รูปที่ 29 แสดงบรรยากาศในการทดลองส่วนที่ 2 ชั้นตอนที่ 1 ในแลปทดลอง.....	78
รูปที่ 30 แสดงแบบบ้านอ้างอิง (บ้านพักอาศัย 2ชั้น) ที่ใช้ในการศึกษา	83
รูปที่ 31 แสดงการปรับตั้งระบบเครื่องปรับอากาศในโปรแกรม Visual DOE	119
รูปที่ 32 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนอน (วันจันทร์-ศุกร์).....	120
รูปที่ 33 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนอน (วันเสาร์-อาทิตย์).....	120
รูปที่ 34 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนั่งเล่น (วันจันทร์-ศุกร์).....	121
รูปที่ 35 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนั่งเล่น (วันเสาร์-อาทิตย์).....	121

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยกับโลก.....	16
แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถูกระบายโดยอากาศ ของผนังทดสอบ.....	68
แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของผนังทดสอบ	69
แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังทดสอบ	70
แผนภูมิที่ 5 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในของผนังทดสอบ.....	71
แผนภูมิที่ 6 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 5 ซม.).....	84
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ใช้ในระบบปรับอากาศที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 5 ซม.).....	86
แผนภูมิที่ 8 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.).....	88
แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ใช้ในระบบปรับอากาศ โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)	89
แผนภูมิที่ 10 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (เปรียบเทียบระหว่างผนังทดสอบหนา 5 , 8 ซม.และผนังติดฉนวน Polyurethane).....	92
แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (เปรียบเทียบระหว่างผนังทดสอบหนา 5 , 8 ซม.และผนังติดฉนวน Polyurethane).....	93
แผนภูมิที่ 12 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา ที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชม. (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.).....	94
แผนภูมิที่ 13 แสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา ที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชม. (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)	95

แผนภูมิที่ 14 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ของวันที่ 21 มีนาคม..... 97

แผนภูมิที่ 15 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังทดสอบ 104

แผนภูมิที่ 17 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก (เปรียบเทียบระหว่างผนังทดสอบหนา 5 , 8 ซม.และผนังติดฉนวน Polyurethane) 107



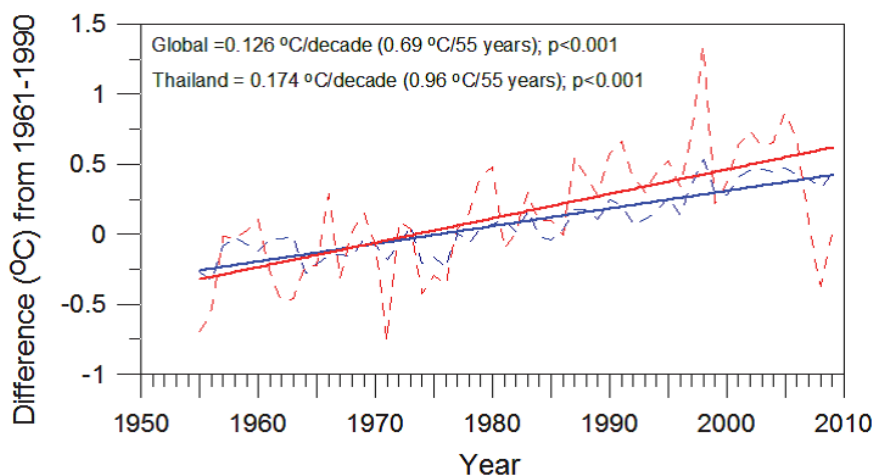
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

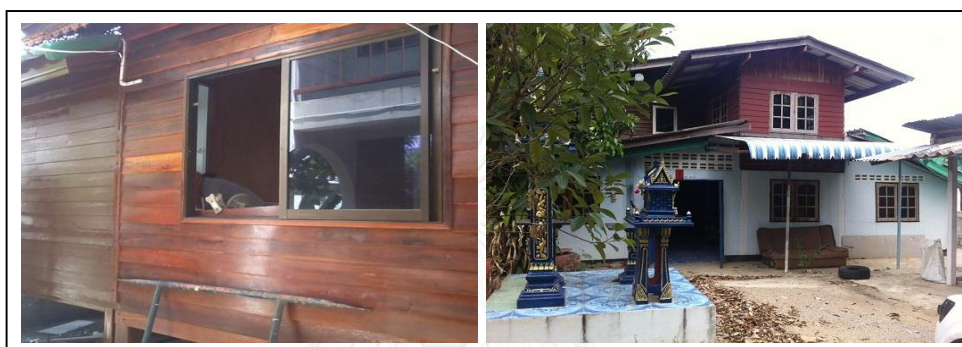
ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เกิดจากการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นอากาศใกล้ผิวโลกหรือน้ำในมหาสมุทรอันเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นจนก่อให้เกิดเป็นภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) สาเหตุสำคัญของวิกฤติการณ์โลกร้อนที่เรากำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2556)

ด้วยสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ส่งผลให้ฤดูหนาวสั้นลง ฤดูร้อนมาถึงเร็วกว่าที่เคยเป็น สำหรับประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดของสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศที่วิเคราะห์โดยนักวิจัยของสำนักงานสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลอย่างเข้มงวดตามมาตรฐานสากลพบว่าในรอบ 55 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2498-2552) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีทั้งประเทศของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มขึ้น 0.96 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2504-2533 ซึ่งสูงกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของโลกที่ 0.69 องศาเซลเซียส (อำนาจ และมัทนพรพรรณ, 2557)



แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยกับโลก
ที่มา : (<http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/politics/opinion/climate>)

ความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายในบ้านพักอาศัย โดยเฉพาะบ้านพักอาศัยผนังไม้และไม้สังเคราะห์ที่ได้รับความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านปริมาณมาก การติดตั้งเครื่องปรับอากาศจึงเป็นทางเลือกที่นิยมมากในการแก้ปัญหาอากาศร้อนในบ้านพักอาศัย แต่ปัญหาการส่งผ่านความร้อนปริมาณมากของผนังไม้ ทำให้ต้องใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองในการทำความเย็น แม้จะมีปัญหาการรั่วซึมของอากาศเย็นภายในของบ้านไม้สู่ภายนอกแต่ส่งผลต่อการพลังงานในระบบปรับอากาศน้อยมาก (คำรณ สุทธิ, 2554) ดังนั้นการติดตั้งฉนวนที่ผนังด้านในจึงเป็นอีกทางเลือกที่ดีสำหรับการปรับปรุงบ้านไม้ที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ



รูปที่ 1 แสดงภาพบ้านพักอาศัยผนังไม้

ทว่าในการผลิตวัสดุชนิดใดๆก็ตามจะก่อเกิดก๊าซเรือนกระจกระหว่างกระบวนการผลิตและการขนส่งซึ่งเรียกก๊าซเรือนกระจกที่เกิดระหว่างการแปรรูป และก๊าซเรือนกระจกอีกส่วนที่จะแผ่ออกมาตลอดการใช้งานเรียกว่าคาร์บอนที่เก็บอยู่ในวัสดุนั้นๆ ไม่เป็นวัสดุที่ก๊าซเรือนกระจกออกมาในปริมาณที่ต่ำมาก ดังแสดงในตาราง 1 อีกทั้งมีคุณสมบัติสามารถระบายความร้อนได้เร็ว จึงเหมาะสมกับสภาพอากาศที่ร้อนชื้นของประเทศไทย (Buchanan and Levine, 1999)

ตารางที่ 1 แสดง Embodied Energy ของวัสดุประเภทต่างๆ (based on AIA ERG)

Material	MJ/m ³	MJ/kg
1. ไม้*	1,380	2.5
2. ไม้อัด**	13,310	24.2
3. ไม้แผ่น MDF**	8,330	11.9
4. คอนกรีต (30Mpa)	3,180	1.3
5. อิฐ	5,170	2.5
6. อลูมิเนียม (รีไซเคิล)	21,870	8.1
7. อลูมิเนียม	515,700	227
8. เหล็ก (รีไซเคิล)	37,210	8.9



รูปที่ 2 แสดงภาพตัดของเส้นใยไม้ไผ่พบว่ามึรูพรุนจำนวนมากและลักษณะของเส้นใยไม้ไผ่
ที่มา: (<https://www.mtec.or.th/index.php/2013-05-29-09-06-21/2013-05-29-09-39-49/423->)

ไม้ไผ่มีองค์ประกอบสำคัญคือ เส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียวที่เกิดจากเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารประกอบมูลฐานเชื่อมต่อกันหลายๆโมเลกุลย่อยสลายตัวได้ยาก โมเลกุลของเซลลูโลสเรียงตัวกันในผนังเซลล์พืชจึงเกิดเป็นหน่วยเส้นใยขนาดเล็กมากเกาะจับตัวกันเป็นเส้นใย เซลลูโลสนี้เป็นกลูโคสโพลิเมอร์ ประกอบด้วย ANHYDRO GLUCOSE จำนวนไม่จำกัด (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556) ทำให้ไม้ไผ่มีแนวโน้มด้านสมบัติทางความร้อนที่ดีอาจจะสามารถนำมาศึกษาและพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับอาคารได้ดังแสดงในรูปที่ 2

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าที่ผ่านมาได้มีการศึกษา วิจัย และพัฒนาฉนวนกันความร้อนทั้งผนังและฝ้าเพดาน จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและขยะรีไซเคิล อาทิเช่น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังไม้จริงตัดขวาง (ฐิติรัตน์ ลิ้มปิยพันธ์, 2555) การพัฒนาฉนวนฝ้าเพดานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้ฟางข้าวและมะพร้าวฉาบ (พลพัฒน์ นิลอุบล, 2552) การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากขานอ้อย (ประยูร สุรินทร์, 2544) แผ่นฉนวนความร้อนจากใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียน (สโรชา เจริญวัย, 2544) การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าและผนังฉนวนกันความร้อนจากหญ้าคา ฐปถาษี และกระสุนยักษ์ (สปีศิริ แซ่ลี่ และ ศักชาย ลิกขา, 2555) ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้ต้นมันสำปะหลัง (ธัญชัช ปคุณวรวิจ, 2549) การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารโดยใช้กล่องนมเป็นวัสดุหลัก (นรากร พุทธิไชย & ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2553) วัสดุก่อสร้างมวลเบาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจากส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษ (วชิระ แสงรัศมี, 2553) การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผ้าเย็บรีไซเคิล (ทศพร ชวน์นันทน์เจริญ, 2555) ซึ่งมีการศึกษาและพัฒนาฉนวนให้มี

คุณสมบัติทนการลามไฟ และมีการดูดซับความชื้นต่ำตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งจากการ ทบทวนวรรณกรรมทำให้ทราบว่ามีการศึกษาและพัฒนาวัสดุประกอบอาคารประเภทฉนวนกัน ความร้อนอยู่ตลอด โดยใช้วัสดุเหลือใช้เป็นวัตถุดิบหลัก

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่ผลิตจากพืชและขยะรีไซเคิล

ผู้วิจัย	วิจัย
กิตติศักดิ์ บัวศรี (2544)	การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว
สโรชา เจริญวัย (2544)	แผ่นฉนวนความร้อนจากใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียน
ประยูร สุรินทร์ (2544)	การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากขาน้อย
ธัญชัย ปคุณวรกิจ และคณะ (2549)	ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจาก วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ขังข้าวโพด, มันสำปะหลัง)
วรรณดา ต.แสงจันทร์ (2552)	การพัฒนาอิฐมวลเบาจากเศษแก้ว
นรากร พุทธิไชย, ชูพงษ์ ทองคำสมุทร (2553)	การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุง สภาวะน่าสบายในอาคารกรณีศึกษา (กล่องนม, กล่องนม บรรจุกะแลบ)
พลพัฒน์ นิลอุบล (2553)	การพัฒนาฉนวนฝ้าเพดานจากวัสดุเหลือใช้ทาง การเกษตร (ฟางข้าว, มะพร้าวสับ)
วชิระ แสงรัศมี (2553)	วัสดุก่อสร้างมวลเบาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจาก ส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิต กระดาษ
จักรกริศน์ พิสุทธิเสียง (2553)	ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนใยพารา
ฐิติรัตน์ ลิ้มปิยพันธ์ (2555)	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังไม้ จริงตัดขวาง
ทศพร ชวัญนันท์เจริญ (2555)	การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผ้าเย็บรีไซเคิล
ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และคณะ (2555)	คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ (ใยมะพร้าว, ใยปาล์ม)

หากแต่ยังไม่เคยมีการนำไม้ไผ่ ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายจากท้องถิ่นและปลูกทดแทนได้รวดเร็ว มาศึกษาสมบัติด้านประสิทธิภาพทางความร้อน รวมถึงพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนของอาคาร งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของบ้านพักอาศัยผนังไม้และบ้านพักอาศัยผนังไม้ติดตั้งไม้ไผ่ตัดขวางในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากเทคนิคการก่อสร้างผนังกันความร้อนด้วยไม้ไผ่นั้นเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Ecological) ราคาไม่แพง (Economical) และคนทั่วไปสามารถก่อสร้างได้ด้วยตนเอง (Exercisable) จึงสมควรได้รับการพัฒนาให้เกิดการยอมรับและนำไปใช้อันจะเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจให้เกิดการพัฒนาตนเองตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง และสร้างทางเลือกในการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน รวมถึงความคุ้มค่าในการลงทุน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไม้ไผ่ซึ่งเป็นวัสดุหาง่ายและต้นทุนต่ำ มาพัฒนาเป็นผนังกันความร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยที่มีผนังเดิมเป็นไม้ฝาสังเคราะห์
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาการคายความร้อนของผนังไม้สังเคราะห์กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางไม้ไผ่จัดเรียงในรูปแบบต่างๆ
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงความร้อน ผนังไม้สังเคราะห์กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางไม้ไผ่จัดเรียงในรูปแบบต่างๆ
4. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ กรณีศึกษาบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่มีวัสดุผนังแตกต่างกันโดยมีไม้ไผ่เป็นตัวแปรในการศึกษา
5. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าในการลงทุน ของบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางผนังเป็นไม้ไผ่

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังบ้านไม้สังเคราะห์เท่านั้น โดยไม่ได้ศึกษาผนังคอนกรีต ผนังกระจก ผนังเหล็ก และผนังชนิดอื่นๆ
2. ศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของส่วนผนังเท่านั้น โดยไม่ได้ศึกษาครอบคลุมส่วนของหลังคา
3. ศึกษาไม้ไผ่ในด้านประสิทธิภาพทางความร้อนเท่านั้น ไม่ได้ศึกษาถึงวิธีการป้องกันแมลงและอายุการใช้งานจริง

4. ใช้วิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นหลัก แต่ใช้ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุจากแลปตรวจวัด

5. กรณีศึกษาบ้านพักอาศัยเรือนไม้ที่มีการใช้พลังงานที่ใช้งานทั่วไป คือ เปิดเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่เวลากลางคืนในห้องนอน

6. ใช้สภาพอากาศของกรุงเทพเป็นตัวแทนเขตอากาศร้อนชื้นในการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบ (ขึ้นตัวอย่าง) โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.4.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัย
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาวิธีการทดลอง
4. ศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุ

1.4.2 ขั้นตอนการศึกษาด้วยการทดลอง

1. ผลิตวัสดุที่ใช้ในการทดลอง
2. ทำการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)
3. ทำการทดลองส่วนที่ 2 (LAB & SIMULATION)

1.4.3 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบ
2. ผลการเปรียบเทียบด้านการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ
3. ผลการเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์
4. เสนอแนะงานวิจัยครั้งต่อไปและการนำไปประยุกต์ใช้

1.5 สมมุติฐาน

1. ไม้ไผ่ที่มีส่วนประกอบเป็นเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียว ที่เกิดจากเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารประกอบมูลฐานเชื่อมต่อกันหลายๆโมเลกุลนั้น มีสมบัติความเป็นฉนวน สามารถต้านทานความร้อนได้ดีกว่าผนังต้นแบบ
2. วัสดุไม้จะไม่สะสมความร้อนและจะทำให้บ้านเย็นลงอย่างรวดเร็วในเวลากลางคืน ส่งผลทำให้ประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น

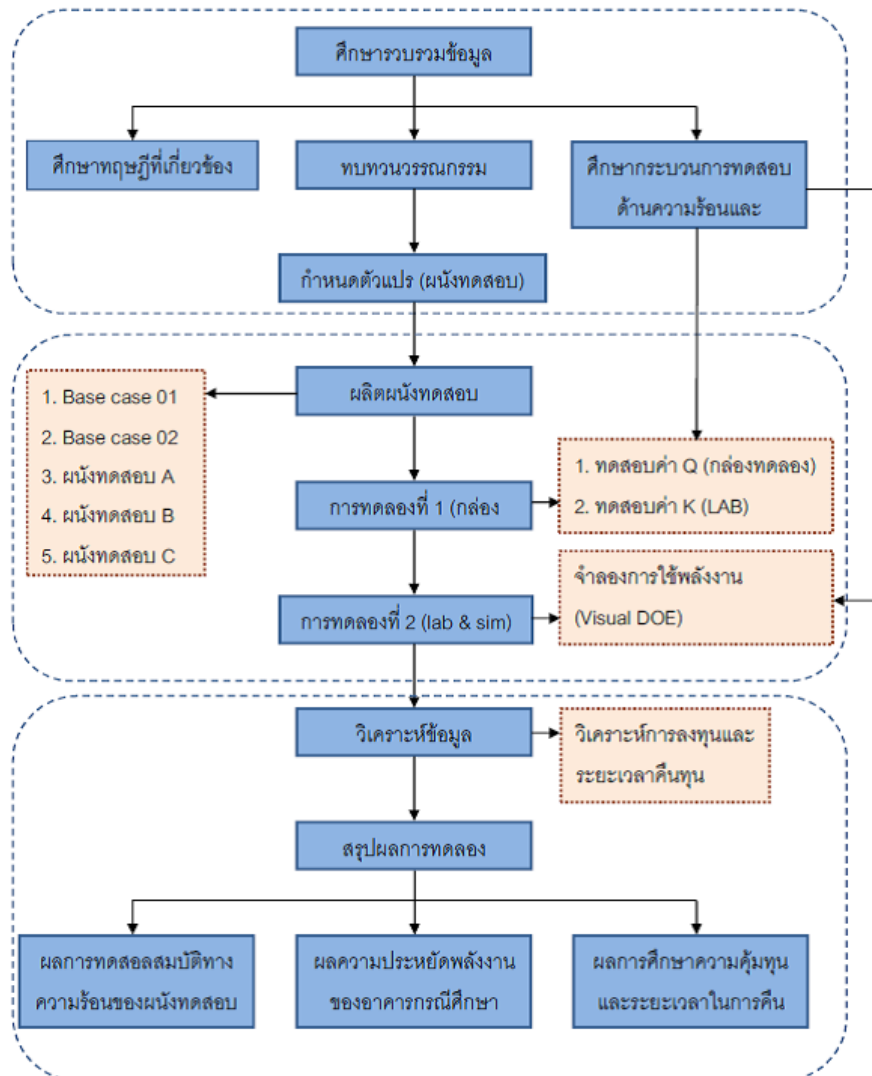
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างแนวทางและขั้นตอนการผลิตผนังบ้านใช้กลางไม้ไผ่ที่มีขั้นตอนง่าย สามารถทำเองได้ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ
2. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาการคายความร้อนที่ดี ของผนังไม้สังเคราะห์ใช้กลางไม้ไผ่
3. ได้ทราบถึงสมบัติเชิงความร้อน และความสามารถในการต้านทานความร้อนที่ดี ของผนังไม้สังเคราะห์ใช้กลางไม้ไผ่
4. ได้ทราบถึงความแตกต่างของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของผนังไม้สังเคราะห์ กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีใช้กลางไม้ไผ่จัดเรียงในรูปแบบต่างๆ
5. เป็นการพัฒนางานกันความร้อนจากไม้ไผ่ ที่ใช้กับบ้านพักอาศัยผนังไม้ ซึ่งมีต้นทุนต่ำ สามารถผลิตและก่อสร้างได้เอง เหมาะกับการปรับปรุงบ้านที่มีต้นทุนต่ำ

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย และผลที่ได้รับของงานวิจัย

วัตถุประสงค์	วิธีการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไม้ไฟซึ่งเป็นวัสดุหาง่ายและต้นทุนต่ำ มาพัฒนาเป็นผนังกันความร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยที่มีผนังเดิมเป็นไม้ฝาสังเคราะห์	1. ผลิตผนังทดสอบที่ใช้ไม้ไฟจัดเรียงเป็นไส้กลางของผนังในรูปแบบต่างๆ	1. แนวทางและขั้นตอนการผลิตผนังบ้านไส้กลางไม้ไฟที่มีขั้นตอนง่าย สามารถทำเองได้ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาการคายความร้อนของผนังไม้ Base case กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางไม้ไฟจัดเรียงในรูปแบบต่างๆ	2. ทดสอบการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาการคายความร้อนของผนังทดสอบและผนัง Base case ด้วยกล่องทดลอง	2. ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาการคายความร้อนที่ดี ของผนังไม้สังเคราะห์ไส้กลางไม้ไฟ
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงความร้อน ผนังไม้ Base case กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางไม้ไฟจัดเรียงในรูปแบบต่างๆ	3. ทดสอบหาค่า Thermal Conductivity (K) และ Thermal Resistance (R) ด้วยเครื่องวัดการนำความร้อน	3. คุณสมบัติเชิงความร้อนและความสามารถในการต้านทานความร้อน ของผนังไม้สังเคราะห์ไส้กลางไม้ไฟ
4. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการจำลองการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศกรณีศึกษาบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่มีวัสดุผนังแตกต่างกันโดยมีไม้ไฟเป็นตัวแปรในการศึกษา	4. นำค่าความต้านทานความร้อน Thermal Resistance (R) ของผนังที่ได้จากการทดลอง มาจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Visual DOE	4. ได้ทราบถึงความแตกต่างของการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศของผนังไม้ Base case กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางไม้ไฟจัดเรียงในรูปแบบต่างๆ
5. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าในการลงทุน ของบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ที่มีไส้กลางผนังเป็นไม้ไฟ	5. สรุปรายละเอียดต้นทุนการผลิตและนำผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Visual DOE มาคำนวณและศึกษาเปรียบเทียบ	5. เป็นการพัฒนามีทั้งกันความร้อนจากไม้ไฟ ที่ใช้กับบ้านพักอาศัยผนังไม้ ซึ่งมีต้นทุนต่ำ สามารถผลิตและก่อสร้างได้เอง เหมาะกับการปรับปรุงบ้านที่มีต้นทุนต่ำ

1.7 ลำดับขั้นตอนในการศึกษา



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้ไผ่ในบ้านเขตร้อนชื้น เป็นการศึกษาผลกระทบจากความร้อนของรังสีอาทิตย์ ที่กระทำต่อผนังบ้านพักอาศัยที่ทำด้วยวัสดุไม้ผาสังเคราะห์ และส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในบ้านพักอาศัย โดยที่ศึกษาถึงปัจจัยในการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร เพื่อสร้างแนวทางเลือกในการช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับแนวทางการลงทุน โดยจำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ทฤษฎีความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อผนังอาคาร
2. ทฤษฎีเกี่ยวกับฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับอาคาร
3. ลักษณะทางกายภาพของเส้นใย (Fiber)
4. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันความร้อนให้อาคาร

2.1 ทฤษฎีความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อผนังอาคาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนัง

พลังงานความร้อนจะถ่ายเทอยู่ตลอดเวลาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทั้งนี้ความร้อนจากภายนอกสามารถถ่ายเทเข้ามาในอาคารโดยผ่านทางผนังอาคารได้ 3 ทาง คือ

1. การนำความร้อน (Conduction)
2. การพาความร้อน (Convection)
3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลสู่โมเลกุล คือ เมื่อวัตถุได้รับความร้อน โมเลกุลจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นและถ่ายเทไปยังโมเลกุลข้างเคียง ทำให้โมเลกุลข้างเคียงร้อนขึ้น เช่น การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนัง เป็นต้น การนำความร้อนสามารถเกิดได้ทั้งในของแข็ง ของเหลว

และก๊าซ แต่จะมีอัตราที่แตกต่างกัน โดยของแข็งจะเกิดการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำมากที่สุด อัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 ประการ คือ

2.1.1.1 พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน โดยวัดตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนไหล หน่วยวัดเป็นตารางเมตร

2.1.1.2 ความหนาหรือความกว้างของวัตถุหรืออีกนัยหนึ่ง คือ ระยะทางที่ความร้อนไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หน่วยวัดเป็นเมตร

2.1.1.3 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุด 2 จุดที่พิจารณา เช่น ผิวด้านตรงข้ามกันของวัตถุ หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส

2.1.1.4 ความสามารถในการนำความร้อนความวัสดุ (Conductivity) ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity : k) ของวัสดุ มีหน่วยวัดเป็น $W/m \cdot K$ วัสดุที่นำความร้อนความร้อนได้ดี (ค่า k สูง) จะมีค่าสภาพการนำความร้อนสูง เช่น เหล็ก ทองแดง ส่วนวัสดุที่นำความร้อนได้ไม่ดี (ค่า k ต่ำ) ก็จะมีสภาพการนำความร้อนต่ำ เช่น ไม้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	Conductivity (K) : (W/m*K)
1. ก่ออิฐฉาบปูน (ความหนาแน่น 1700 กก./ลบ.ม.)	0.84
2. คอนกรีต (ความหนาแน่น 2400 กก./ลบ.ม.)	1.83
3. แผ่นยิปซั่ม	0.16
4. โพลีสไตรีนโฟม	0.033
5. โพลียูรีเทนโฟม	0.026
6. ไม้เนื้ออ่อน	0.13
7. ไม้เนื้อแข็ง	0.15

ที่มา : (McMullan R., 1983)

ตารางที่ 5 แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุโดยทั่วไปของงานอาคาร (McMullan R., 1983)

	Density (kg/m ³)	Thermal Conductivity k (W/m K)
Aluminium alloy, typical	2700	190
Asphalt roofing	2100	0.70
Bitumen/felt layers	1100	0.23
Brickwork, exposed	1700	0.77
Brickwork, internal	1700	0.56
Concrete, reinforced 1% steel	2300	2.3
Concrete, high density	2400	1.93
Concrete, medium density	1800	1.13
Concrete block, lightweight aggregate	1400	0.57
Concrete block, aerated	600	0.18
Copper, commercial	9840	160
Fibreboard	400	0.1
Glass, window pane	2560	1.022
Mortar, exposed	1750	0.94
Mortar, protected	1750	0.88
Plaster, dense	1300	0.57
Plaster, lightweight	600	0.18
Insulation, expanded polystyrene (EPS) board	15	0.04
Insulation, mineral wool batt	25	0.038
Insulation, mineral wool quilt	12	0.042
Insulation, phenolic foam board	30	0.025
Insulation, polyurethane board	30	0.025
Rendering, external	1300	0.57
Screed, floor	1200	0.41
Steel, mild structural	7900	60
Stone, chippings	2000	2.0
Stone, sandstone	2600	2.6
Stone, soft limestone	1800	1.1
Timber, softwood	500	0.13
Timber, hardwood	700	0.18
Timber, plywood, chipboard	500	0.13
Tiles, ceramic wall	7900	17.0
Tiles, clay roof	2000	1.0
Tiles, concrete roof	2100	1.5

2.1.2 การพาความร้อน (Convection)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของตัวกลางที่เป็นของไหล (Fluid) ได้แก่ ของเหลวและก๊าซเป็นสื่อกลาง การพาความร้อนโดยธรรมชาติปรากฏขึ้นเมื่อของไหลได้รับความร้อนจึงขยายตัวทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศโดยรอบและลอยตัวขึ้นสูง อากาศใหม่ที่เย็นกว่าและมีความหนาแน่นน้อยกว่าจึงไหลเข้ามาแทนที่ อัตราการไหลของความร้อนโดยการพาขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

2.1.2.1 ขนาดพื้นที่ (A) ของผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและของไหล มีหน่วยเป็นตารางเมตร

2.1.2.2 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัตถุที่เป็นของแข็งและของไหล (ΔT) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

2.2.1.3 สัมประสิทธิ์ในการพาความร้อน (hc : Convection Coefficient) โดยมีหน่วยเป็น วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส

การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{cv} = hc \times A \times \Delta T \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ hc = สัมประสิทธิ์ในการพาความร้อนมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผิววัตถุที่เป็นของแข็งและของไหล

A = ขนาดพื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

โดยที่ $hc = 3.0$ สำหรับผิวที่อยู่ในแนวตั้ง

$hc = 4.3$ สำหรับกรณีความร้อนไหลขึ้น

$hc = 1.5$ สำหรับความร้อนไหลลง

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารด้วยการพา สามารถเกิดได้จากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องอากาศ โดยเมื่อพื้นผิวของวัสดุอยู่ระหว่างช่องอากาศ การถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าออกส่วนประกอบนั้นจะได้รับผลกระทบจากตำแหน่งของช่องอากาศ ทิศทางการถ่ายเทความร้อน ระยะห่างของช่องอากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นผิวและคุณสมบัติของพื้นผิว

ช่องอากาศที่ไม่มีการรั่วไหลของอากาศมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนที่ดี โดยค่าความต้านทานนี้จะเปลี่ยนไปตามความกว้างของช่องอากาศ และจะสามารถป้องกันความร้อนได้ดีขึ้นหากใช้ร่วมกับแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนและการต้านทานความร้อนของช่องอากาศ

ช่องว่างอากาศ		Conductivity (K) : (W/m*k)	Resistance (R) (m²K/W)
แนวตั้ง กว้าง	20 mm	6.63	0.151
	25 mm	6.52	0.153
	38 mm	6.52	0.153
แนวระนาบ 76 mm	ถ่ายเทความร้อนขึ้น	7.48	0.133
	ถ่ายเทความร้อนลง	5.32	0.188

ที่มา : (Koenigsberger O. H., 1978)

ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องอากาศ ได้แก่

1. ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องอากาศ
2. ระยะห่างของช่องอากาศ
3. จำนวนชั้นของช่องอากาศ
4. การระบายอากาศในช่องอากาศ

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนผ่านอากาศหรือสุญญากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ถ่ายเทผ่านสุญญากาศมายังโลก เป็นต้น อาคารจะได้รับความร้อนโดยการแผ่รังสีซึ่งเป็นคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ และจากรังสีความร้อนคลื่นยาวที่แผ่มาจากวัตถุหรืออาคารอื่นรอบ ๆ ทั้งนี้อัตราการไหลของความร้อนโดยการแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับ

1. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิววัตถุที่แผ่รังสี กับผิวที่รับรังสี
2. ความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนออกจากหน้าผิววัตถุนั้น ซึ่งแสดงเป็นค่าสัดส่วน

ในการแผ่รังสีจากผิวของวัตถุนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดำ (Emittance) โดย ถือว่าวัตถุดำมีค่า Emittance เท่ากับ 1

3. ค่าสัดส่วนรังสีความร้อนที่วัตถุดูดซับไว้ได้ เมื่อเทียบกับรังสีความร้อนที่ตกกระทบ (Absorptance) ดังนั้น หากพิจารณาที่คุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุ จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของวัสดุหนึ่ง ได้แก่

- ความสามารถในการดูดกลืนรังสีความร้อน
- ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนด้วยการเปล่งรังสี

2.1.3.1 ความสามารถในการดูดกลืนรังสีความร้อน

โดยทั่วไปเมื่อรังสีความร้อนตกกระทบวัตถุที่บดแสง ความร้อนบางส่วนจะถูกดูดซับบางส่วนจะสะท้อนกลับ ซึ่งจะมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิววัสดุ โดยสัดส่วนความร้อนที่ดูดซับไว้ได้ (Absorptance) และสัดส่วนความร้อนที่สะท้อนกับ (Reflectance) จะมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 1 เสมอ กล่าวคือ $Absorptance + Reflectance = 1$ การดูดกลืนรังสีความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีความร้อน (Absorptivity) ซึ่งเป็นค่าที่บอกความสามารถในการดูดกลืนรังสีความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดำภายใต้สภาวะเดียวกัน โดยวัตถุดำสนิทจะมีค่า Absorptivity = 1.0 ซึ่งวัตถุที่มีสีเข้มจะมีการดูดกลืนรังสีความร้อนมากกว่าวัสดุสีอ่อน ทำให้มีอุณหภูมิที่ผิวสูงกว่าเนื่องจากมีการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ไว้มากแต่สะท้อนออกมาน้อย

2.1.3.2 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนด้วยการเปล่งรังสี

วัตถุโดยทั่วไปจะมีการเปล่งรังสีในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีสเปกตรัม (Spectrum) และความเข้มขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี สามารถบอกได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การเปล่งรังสี (Emissivity) เป็นค่าเทียบกับการเปล่งรังสีของวัตถุดำ (Black body) ซึ่งสามารถดูดกลืนรังสีที่ตกกระทบได้ทั้งหมดและจะเปล่งรังสีออกมาที่ความยาวคลื่นต่างๆ ตามสภาพอุณหภูมิ โดยกำหนดให้วัตถุดำมีค่า Emissivity เท่ากับ 1 หรือ 100% วัตถุอย่างอื่นจะมีค่า Emissivity น้อยกว่าของวัตถุดำที่อุณหภูมิเดียวกันรังสีความร้อนเมื่อตกกระทบผิวหน้าวัตถุแล้ว บางส่วนจะถูกดูดกลืนและส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อนออกมาในรูปของรังสีคลื่นยาว (Long Wave) ผลรวมของรังสีความร้อนที่ถูกดูดกลืนและรังสีที่ถูกสะท้อนจะเท่ากับรังสีความร้อนที่ตกกระทบผิวหน้าวัตถุนั้น ถ้าวัตถุมีการดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีก็มักจะเปล่งรังสีความร้อนได้ดีด้วย โดยทั่วไปหากเป็นสีของผนังธรรมดาหรือสีผิววัสดุตามธรรมชาติ ค่า Emissivity จะค่อนข้างสูง คือประมาณ 0.8 – 0.9 นอกจากนี้เป็นสีเคลือบผิวพิเศษอาจมีค่าการดูดกลืนรังสี

ความร้อนต่ำแต่มีสัมประสิทธิ์การเปล่งรังสีความร้อนสูงทำให้ผิวผนังเย็นกว่าปกติ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนด้วยการเปล่งรังสีจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะพื้นผิวของวัสดุ เช่น โลหะที่มีผิวมันจะมีการเปล่งรังสีความร้อนต่ำ แต่พวกที่ไม่ใช่โลหะผิวมันจะมีการเปล่งรังสีความร้อนสูง

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับอาคาร

2.2.1 ความหมายของฉนวนความร้อน

ฉนวนความร้อน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใด ๆ หรือการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกันการนำความร้อนเป็นกระบวนการ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอะตอมในกรณีของโลหะการนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ(คล้ายการนำไฟฟ้า)ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำ การสั่นของโมเลกุลข้างเคียงคิดว่าจะเป็นสาเหตุให้เกิดการนำความร้อน ส่วนในก๊าซการนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นระหว่างโมเลกุล จากการทดลองพบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนเป็นสัดส่วนตรงกับผลต่างของอุณหภูมิคร่อมผิววัตถุ (ด้านอุณหภูมิสูงและด้านอุณหภูมิต่ำ) และพื้นที่ผิวที่ความร้อนไหลผ่าน (ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน) แต่จะเป็นสัดส่วนกลับกับความหนาของวัตถุนั้นการนำความร้อนของแผ่นราบ และสามารถคำนวณได้ โดยใช้สมการ

$$Q = \frac{K.A(T_1-T_2)}{X} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

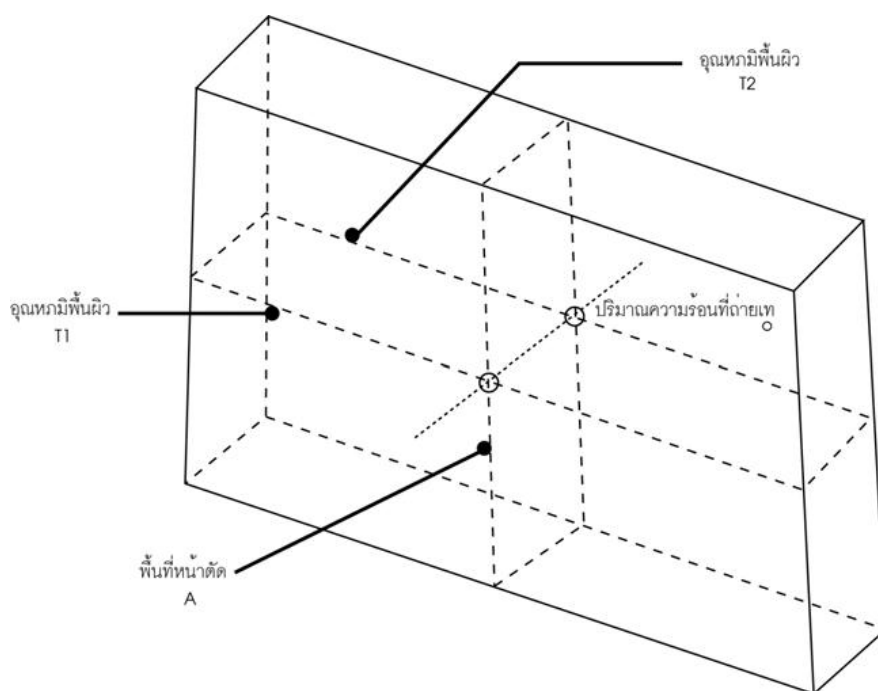
เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ผ่านเทต่อ 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

K = สภาพการนำความร้อน มีหน่วยเป็น วัตต์/เมตรต่อองศาเซลเซียส (W/m.K)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

T_1, T_2 = อุณหภูมิสูงและต่ำที่ผิวแต่ละด้าน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (K)

X = ความหนาของแผ่นราบมีหน่วยเป็น เมตร (m)



รูปที่ 3 แสดงการนำความร้อนของฉนวนแผ่นราบ

ที่มา: (ตระการ ก้าวกลีกรรม, 2537)

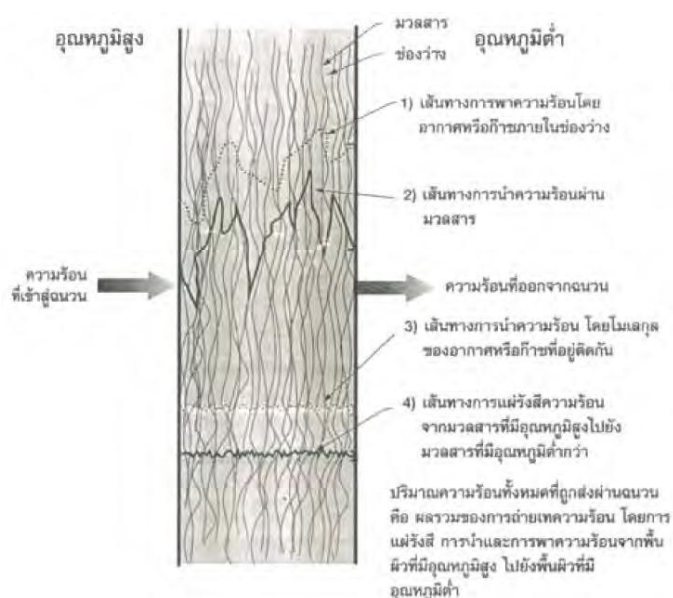
2.2.1.1 ฉนวนความร้อนสำหรับอาคารสิ่งก่อสร้าง

ฉนวนความร้อนนับว่าเป็นส่วนที่จำเป็นในอาคารสิ่งก่อสร้างสมัยใหม่ โดยจะทำหน้าที่หลายอย่างด้วยกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคาค่าก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในระหว่างใช้งานด้วย ในที่นี้ความจำเป็นของฉนวนไม่เพียงแต่กับพื้นที่ห้อง ผนัง และเพดานของตัวอาคาร แต่จะรวมถึงระบบเชิงกลในอาคารด้วย อย่างเช่น ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ โดยปกติแล้วฉนวนความร้อนนับเป็นโครงสร้างเดี่ยวเท่านั้นที่สถาปนิกส่วนใหญ่มักละเลย ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของฉนวนความร้อนว่าจะเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การใช้งานอาคารสิ่งก่อสร้างนั้นๆ มีการประหยัดพลังงานการใช้งานฉนวนความร้อนที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมกับพื้นที่ห้อง ผนัง และหลังคา โดยทั่วไปสามารถลดภาระความร้อนและความเย็น ซึ่งมีผลลดขนาดอุปกรณ์ทำความร้อนหรือความเย็น จากการที่ฉนวนความร้อนช่วยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในสถานะที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยในอาคาร มีความสะดวกสบายมากกว่าด้วย

2.2.1.2 การถ่ายเทความร้อนภายในฉนวน

การติดตั้งฉนวนความร้อน คือ การเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไปหรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ คือฉนวนความร้อนต้องยับยั้งหรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นทั้งสาม

รูปแบบฉนวนโดยส่วนใหญ่มีลักษณะรูปร่างเป็นของแข็ง และคาดว่าฉนวนจะถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนความเป็นจริงกลไกการถ่ายเทความร้อนในฉนวนไม่ได้เกิดขึ้น เฉพาะการนำความร้อนเท่านั้นการพาความร้อนและการแผ่รังสีก็เกิดขึ้นด้วย จึงมักใช้คำว่า สภาพการนำความร้อนปรากฏ (apparent thermal conductivity)



รูปที่ 4 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลดสาร

ที่มา: (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543)

พิจารณากลไกการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนดังรูปที่ 4 จากรูปผิวทางด้านซ้ายมือของฉนวนมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวทางด้านขวามือ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีความร้อนไหลผ่านทางขวามือไปทางซ้ายมือ ซึ่งความร้อนที่ไหลผ่านฉนวนที่บรรจุเต็มไปด้วยช่องอากาศหรือก๊าซจากการพอร์มตัวขึ้นตามสภาพเส้นใย หรือเซลล์ของวัสดุฉนวนจะมีอัตราการไหลที่ช้าลงโดยช่องอากาศหรือก๊าซเหล่านี้หาก มีขนาดที่เล็กอย่างพอเหมาะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาจากด้านหนึ่งของเซลล์สู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง และทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำผ่านส่วนที่เป็นของแข็งต้องเป็นเส้นทางที่ยาวและคดเคี้ยวเพื่อกำจัดการนำความร้อน

2.2.2 ประเภทของฉนวนความร้อน

การจำแนกประเภทของฉนวนความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้หรือกำหนดขึ้น เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปอ้างอิง วิธีการแบ่งฉนวนความร้อน (Thermal Insulation) ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ 1) ฉนวนมวลดสาร 2) ฉนวนสะท้อนความร้อน นอกจากนี้

ยังสามารถแบ่งประเภทของฉนวนตามชนิดของวัสดุพื้นฐาน (basic materials) ที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภทดังนี้

2.3.2.1 วัสดุประเภทใยแร่ (Mineral fibrous material) เช่น ใยหิน (rock wool) ที่โลหะที่ได้จากการถลุงโลหะ (Slag) ใยแก้ว (glass fiber or glass wool)

2.3.2.2 วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic fibrous material) เช่น ไม้ (wood) ชานอ้อย (cane) ฝ้าย (cotton) ขนสัตว์ (hair) เส้นใยเซลลูโลส (cellulose) ใยสังเคราะห์ (synthetic fiber)

2.3.2.3 วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (Organic cellular material) เช่น ไม้ก๊อก โฟมยางพอลิสไตรีน พอลิยูรีเทน

2.3.2.4 วัสดุประเภทเซลล์แร่ (Mineral cellular material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต (calciumsilicate) เพอร์ไลท์ (perlite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) โฟมคอนกรีต (foamed concrete)

2.2.3 สมบัติความเป็นฉนวนความร้อน

การเลือกใช้งานฉนวนให้เหมาะสมกับงาน ควรเลือกใช้ตามลักษณะสมบัติ (characteristics) ที่สำคัญของส่วนประกอบหลักที่เป็นวัสดุสำหรับทำหน้าที่กันความร้อน โดยแบ่งฉนวนความร้อนออกได้เป็น 6 ชนิด

2.2.3.1 ชนิดฉนวนชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ ประกอบด้วยพื้นผิวเดียวอย่างง่าย หรืออาจเป็นผิวพื้นหลายชั้น ซึ่งมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นของพื้นผิว ความต้านทานความร้อนจะเกิดจากชั้นของพื้นผิวเอง และชั้นของอากาศเองในลักษณะการนำความร้อน หรือพาความร้อนคร่อมระหว่างชั้นอากาศ

2.2.3.2 ชนิดวัสดุฉนวนแบบเส้นใย (Fibrous material) ประกอบด้วย เส้นใยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กๆจำนวนมาก วัสดุเส้นใยเหล่านี้อาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยของพืชต่างๆ หรือเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยแร่ ใยซีโลเซ ใยอะลูมินาซิลิกา ใยแร่ใยหิน ใยคาร์บอน เป็นต้น

2.2.3.3 ชนิดวัสดุฉนวนแบบช่องหรือเซลล์ (Cellular material) ประกอบด้วยเซลล์เล็กๆที่ผนังของเซลล์แต่ละเซลล์จะผนึกติดกัน ผลิตจากวัสดุจำพวกแก้ว พลาสติก หรือยาง ตัวอย่างของฉนวนพวกนี้ได้แก่ โฟมชนิดยืดหยุ่น โฟมพอลิสไตรีน โฟมพอลิยูรีเทน เป็นต้น

2.2.3.4 ชนิดวัสดุฉนวนแบบเป็นโพรงหรือช่องว่าง (Granule) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรง หรือกลวง โพรงเหล่านี้ติดต่อกันและกันได้ จึงทำให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้อาจเป็น แมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิเกต ดังนั้นความร้อนจึงสามารถถ่ายเทผ่านโพรงอากาศนี้ได้

2.2.3.5 ชนิดวัสดุฉนวนแบบเป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็กๆ (Flake) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กอนุภาคเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในโพรงอากาศ หรือทำให้เกาะตัวกันเข้าเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็งลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ เพอร์ไลต์ (perlite) และเวอร์มิคูไลต์ (permiculite)

2.2.3.6 ชนิดวัสดุฉนวนแบบเป็นแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี (Sheet) ทำจากวัสดุที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูง หรือมีสภาพการแผ่รังสีต่ำ การใช้งานฉนวนแบบแผ่นบางนี้ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุหลายชนิดประกอบกันเป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุเพียงชนิดเดียว การใช้งานฉนวนแบบแผ่นที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้ร่วมกับฉนวนแบบที่มีช่องว่างอากาศที่มีสภาวะอากาศอยู่นิ่ง เพื่อลดการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนและการพาความร้อน

2.2.4 ระบบฉนวนความร้อนและการใช้งาน

ระบบฉนวนความร้อนและการใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ๆ คือ ระบบฉนวน อาคาร ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล และระบบฉนวนในการประยุกต์ใช้งาน มีดังนี้

2.3.4.1 ระบบฉนวนอาคาร (Building systems) คือ ระบบฉนวนที่ติดตั้งภายในหรืออาคารที่ปิดมิดชิด ประกอบด้วย ฉนวนที่ใช้งานกับผนัง เพดาน หลังคา พื้น และฐานรากอาคาร ความร้อนที่สูญเสียหรือได้รับมาผ่านอาคาร โดยปกติมีการนำความร้อนมากกว่าตัวอาคารที่หุ้มฉนวนเอง และฉนวนที่หุ้มอาจจัดวางระหว่างชั้นส่วนโครงสร้าง หรือผิวด้านในหรือด้านนอกของชั้นส่วนเหล่านี้

2.3.4.2 ระบบอุปกรณ์เชิงกล (Mechanical systems) คือ ระบบฉนวนที่ใช้งานกับระบบท่อปรับอากาศทั้งการทำความเย็นและความร้อน ระบบท่อน้ำเย็น และน้ำร้อน ถังเก็บภาชนะต่างๆ และอุปกรณ์ทางกลอื่นๆ และระบบฉนวนจะยึดหลักพื้นฐานที่อุณหภูมิการใช้งาน ฉนวนที่เหมาะสมกับงานที่ใช้หุ้มหรือบุในแต่ละลักษณะงาน เนื่องจากความสามารถในการใช้งาน ฉนวนแต่ละชนิดมีข้อจำกัดโดยทั่วไปที่อุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดตามสภาพของฉนวน ซึ่งหากใช้งานเกินข้อจำกัดของอุณหภูมิ โครงสร้างฉนวนจะไม่เสถียรหรือไม่มีสภาพเป็นฉนวนอีกต่อไป

2.3.4.3 ระบบฉนวนในการประยุกต์ใช้งาน คือ เป็นระบบที่นอกเหนือจากระบบ ทั้งสองที่กล่าวข้างต้นอันได้แก่ สิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรักษา ความเย็น ห้องปรับ สภาพแวดล้อมและงานเรือ เป็นต้น

2.3 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใย (FIBER)

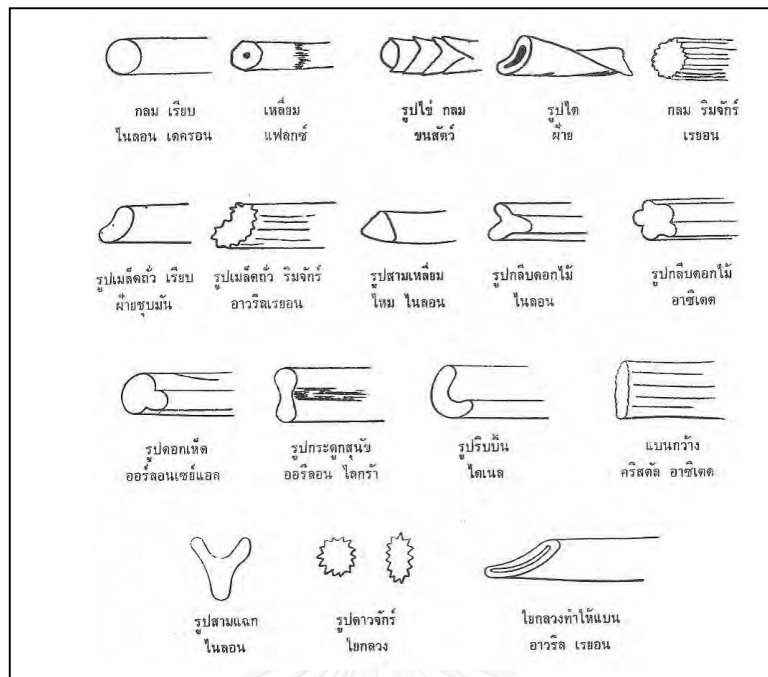
2.3.1 ความหมายของเส้นใย

เส้นใย คือ วัสดุที่มีมิติตามความยาวมากกว่ามิติตามภาคตัดขวาง ไม่น้อยกว่า 100 เท่า

ตารางที่ 7 การแบ่งชนิดของเส้นใย

เส้นใยธรรมชาติ			
เซลลูโลส (เส้นใยพืช)	โปรตีน (เส้นใยสัตว์)	แร่ใยหิน	ยาง
ฝ้าย	ขนสัตว์		
ลินิน	ไหม		
เส้นใยประดิษฐ์			
เซลลูโลส	พอลิเมอร์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส		แร่และเหล็ก
เรยอน	โอเลฟินส์	อะคริลิก	โลหะ
ไลโอเซลล์	พอลิเอสเทอร์	มอดอะคริลิก	แก้ว
แอซิเทต	ซาราน	อะรามิด	เซรามิก

ที่มา: (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, 2543)



รูปที่ 5 รูปทรงตัดตามขวางและสภาพผิวของเส้นใยต่าง ๆ

ขนาดของเส้นใยมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดการใช้งาน หน่วยที่วัดจะใช้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นใยเป็นตัวบ่งชี้ โดยจะใช้หน่วยของไมครอน (Micron) ซึ่งความยาว 1 ไมครอน คือ 1/1000 มิลลิเมตรนั่นเอง ตัวอย่างขนาดความละเอียดของเส้นใย มีดังนี้

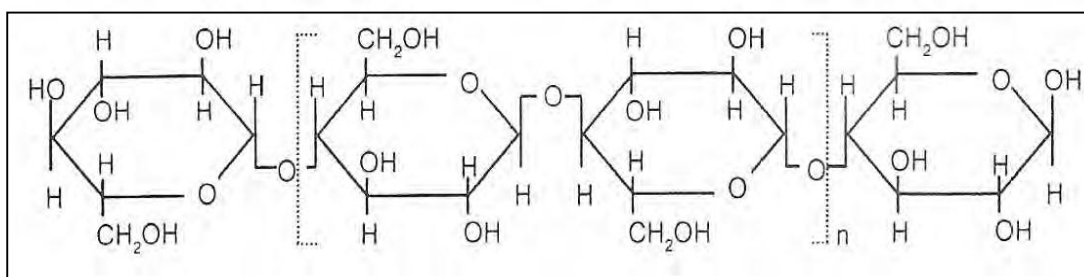
ตารางที่ 8 ความละเอียดของเส้นใย (Fiber Fineness)

ชนิดของเส้นใย	ช่วงความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมครอน)
ฝ้าย	16-20
ลินิน	12-16
ขนสัตว์	10-50
ไหม	11-12

ที่มา: (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, 2543)

2.3.2 เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ (Natural Cellulose Fibers)

เส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจัดเป็นเส้นใยประเภทเซลลูโลสที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยธาตุหลักคือ คาร์บอน 44.4% ไฮโดรเจน 6.2% และ ออกซิเจน 49.4% มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยขั้นพื้นฐานซึ่งเรียกว่า Anhydro-d-glucose ($C_6H_{10}O_5$) ต่อกันเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาว แต่หน่วยของกลูโคสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทั้งหมด 3 หมู่ด้วยกัน ซึ่งเหมือนกับโครงสร้างของน้ำตาลทั่วไป แต่เนื่องจากโมเลกุลต่อกันยาวเป็นลูกโซ่ทำให้ไม่ละลายน้ำเหมือนที่เกิดกับน้ำตาล (เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์, 2540)



รูปที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส

2.3.3 คุณสมบัติของเส้นใยเซลลูโลส

คุณสมบัติพิเศษของเซลลูโลสที่ต่างจากองค์ประกอบอื่น ๆ ของเยื่อไม้ คือทนต่อการเน่าเปื่อย ทนต่อแรงบิด ทนต่อสารเคมีที่เป็นด่างหรือกรดอ่อน ๆ และทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 9 ทำให้เมื่อกระบวนการผลิตเส้นใยจากพืชมีการนำคุณสมบัติพิเศษเหล่านี้มาใช้ทำส่วนที่เหลือสุดท้ายจึงเป็น เส้นใยเซลลูโลส แต่ความบริสุทธิ์ของเส้นใยเซลลูโลสในขั้นสุดท้ายนั้นก็ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตด้วยเช่นกัน (ทศพร ชวรัตน์ปิ่นเจริญ, 2555)

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของเส้นใยเซลลูโลส

สารต่างๆที่ประกอบเป็นพืช	
เซลลูโลส	สารอื่น ๆที่ไม่ใช่เซลลูโลส
1. การทนการเนาเปื่อย	1. ไม่ทนการเนาเปื่อย
2. ทนต่อแรงบิด	2. ไม่ทนต่อแรงบิด
3. ทนต่อต่างหรือกรดอ่อน	3. ไม่ทนต่อต่างหรือกรดอ่อน
4. ทนความร้อนที่อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ	4. ไม่ทนความร้อนที่อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ

พืชที่มีศักยภาพในการนำเส้นใยมาผลิตเอาเซลลูโลสเพื่อนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

2.3.3.1 กลุ่มที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรม (Industrial Crops) ได้แก่ ฝ้าย ใผ่ ปานศรนารายณ์ ปอชนิดต่าง ๆ และไม้โตเร็ว

2.2.3.2 กลุ่มส่วนที่เหลือจากการทำการเกษตร (Agricultural By-products) ได้แก่ ฟางข้าวเปลือกข้าวโพด ชังข้างโพด ชานอ้อย ใบสับปะรด ใยมะพร้าว และธัญพืชต่าง ๆ

2.2.3.3 กลุ่มพืช (Natural Grow Crops) ได้แก่ หญ้าแฝก หญ้าคา ต้นอ้อ และผักตบชวา

2.3.4 ข้อดีของการพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสเป็นวัสดุก่อสร้าง

2.3.4.1 เป็นวัสดุที่ผลิตใช้ได้ไม่มีวันหมดไปเหมือนแร่ธาตุตามธรรมชาติ ในพืชทุกชนิดในต้นไม้ทุกต้น มีเส้นใยเซลลูโลสประมาณ 40-60% ดังนั้น จึงมีเส้นใยเซลลูโลสอยู่รอบตัวมากมายมหาศาลและเกิดใหม่ได้ตลอดเวลาเป็นวัสดุที่น่ากลับมาใช้ใหม่ได้ ปัจจุบันมีการนำกระดาษที่ใช้แล้ว(เยื่อกระดาษก็คือเซลลูโลสของต้นไม้ที่นำมาผลิต) นำกลับมาผลิตเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น วัสดุฉนวนและไฟเบอร์อัดแน่น

2.3.4.2 ช่วยแก้ปัญหาสภาพะโลกร้อน จากการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาขยะที่เกิดจากเส้นใยเหล่านี้ทิ้ง

2.3.4.3 มีน้ำหนักเบาความหนาแน่นต่ำ แม้เส้นใยธรรมชาติจะมีความแข็งแรงไม่สูงเมื่อเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ แต่เมื่อนำมาทำเป็นวัสดุผสม (Composite) ก็จะได้วัสดุที่มีความแข็งแรง

2.3.4.4 ไม่ขัดสีและสร้างความสึกหรอให้เครื่องมือที่ใช้ในการแปรรูป

2.3.4.5 ใช้พลังงานในการผลิตน้อยกว่าเส้นใยสังเคราะห์

2.3.5 คุณสมบัติความเป็นฉนวนของเส้นใยเซลลูโลส (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543)

ฉนวน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้โดยง่าย การส่งความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุหรือการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ระหว่างวัสดุเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองด้านมีความแตกต่างกัน วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic Fibrous Material) เช่น ไม้ อ้อย ฝ้าย ขนสัตว์ และเส้นใยเซลลูโลส จะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวน ซึ่งวัสดุที่มีความเป็นฉนวนมีการแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ โดยการแยกตามลักษณะทางกายภาพของวัสดุ หรือแบ่งตามลักษณะคุณสมบัติของส่วนประกอบหลักที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับทำฉนวนกันความร้อน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

2.3.5.1 ประเภทเส้นใย (Fiber) ประกอบด้วยเส้นใยเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก

2.3.5.2 ประเภทที่เป็นช่องหรือเซลล์ (Cell) โดยแต่ละช่องผลึกแยกจากกัน

2.3.5.3 ประเภทวัสดุที่เป็นโพรง หรือช่องกลวง (Granute) ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทผ่านช่องเหล่านั้นได้

2.3.5.4 ประเภทที่วัสดุที่เป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็ก ๆ (Flake)

2.3.5.5 ประเภทที่เป็นแผ่นบาง ๆ (Sheet)

2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ที่จำเป็นเพื่อนำสู่การตัดสินใจในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในการออกแบบอาคารที่สำนึกเรื่องพลังงานเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์โปรแกรมปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน จนกระทั่งเข้าสู่การเสนอทางเลือกยุทธวิธีต่าง ๆ ในการลดการใช้พลังงานในอาคารท้ายสุด ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานว่าอาคารที่ออกแบบไปลดการใช้พลังงานได้เท่าไรเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารแบบธรรมดาทั่วไป ขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมาน่าจะเพียงพอเพราะว่าผลลัพธ์ที่ได้ทราบว่าอาคารได้ประหยัดพลังงานลงมาได้มากตามที่ต้องการ ออกแบบไว้ แต่จากความเป็นจริงทั้งผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารจะเผชิญกับคำถามที่ว่า ค่าใช้จ่ายที่ลดลงมาจากการประหยัดพลังงานนั้นคุ้มค่างับมูลค่าอาคารที่เพิ่มขึ้น จากมาตรการ

การออกแบบประหยัดพลังงานหรือไม่ยุทธวิธีการประหยัดพลังงานอาคารบางกรณีอาจจะไม่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงหรือเพิ่มขึ้น จากเดิมเช่น การวางอาคารให้เหมาะสมกับทิศทางโคจรของดวงอาทิตย์ การวางตำแหน่งช่องเปิดที่เหมาะสมกับทิศทางแสงธรรมชาติและรังสีอาทิตย์ แต่ก็มีอีกหลายยุทธวิธีจำนวนมากที่กำหนดลงไปในการออกแบบทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารเพิ่มขึ้น เช่น การใส่ฉนวนกันความร้อนที่ผนังและหลังคา เพราะยิ่งฉนวนหนามากขึ้นความร้อนก็ถ่ายเทเข้ามาได้น้อยลง ก็จะลดภาระการทำความเย็นได้มากยิ่งขึ้น แต่มูลค่าการก่อสร้างก็จะสูงตามไปด้วยหรือระหว่างการออกแบบแฉงกันแดดกับเปลี่ยนกระจกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น เปลี่ยนจากกระจกใสเป็นกระจกสะท้อนแสง หรือวัสดุประเภทอื่น ทางเลือกไหนจะคุ้มค่าง่ากัน เป็นต้น

2.4.1 ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Payback Period)

Simple payback period เป็นวิธีการที่ใช้กันมานานมากกว่า 100 ปี ในการช่วยตัดสินใจเลือกแนวทางการออกแบบที่มีประโยชน์ต่อเจ้าของอาคาร โดยหลักการแล้ว Simple payback period เป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิธีหนึ่งในการประเมินทางเลือกโดยอยู่บนพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับผลการเงินที่เกิดขึ้นและเป็น การประเมินระยะเวลาในการคืนทุนหรือจุดคุ้มทุน (ปี) เบื้องต้นเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจเรื่องความเหมาะสมในการเลือกทางเลือกของการออกแบบ วิธีการคำนวณทำได้ดังสมการ

$$\text{Simple payback period} = \text{Initial Investment} / \text{Annual Saving}$$

โดยที่ Initial Investment = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)

Annual Savings = ผลตอบแทนจากการดำเนินการต่อปี (บาท)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันความร้อนให้อาคาร

2.5.1 ลูตริตัน ลิมปิยพันธ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังไม้จริงตัดขวาง

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและระยะเวลาในการคายความร้อนของผนังไม้จริงซึ่งมีความหนาต่างๆกัน โดยศึกษาระหว่างวัสดุผนังไม้จริงที่ใช่วัสดุปิดช่องว่างระหว่างไม้ด้วยโฟม คอนกรีต และไม่ปิดช่องว่างด้วยอะไรเลย เปรียบเทียบกับวัสดุผนังคอนกรีตแบบที่ใช้ในบ้านพักอาศัยทั่วไป มีกระบวนการวิจัยประกอบด้วย

ส่วนที่เป็นการทดลองด้วยกล่องทดลองในสภาพคล้ายการใช้งานจริง โดยใช้กล่องทดลองขนาด 60x60x60 เซนติเมตร วางวัสดุต้นแบบในระนาบตั้ง และใช้หลอดไฟอินฟราเรดขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 ดวงส่องในแนวระนาบ โดยเปิดไฟให้ความร้อนสูงขึ้นจนอุณหภูมิคงที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที และปล่อยให้เย็นลงอีก 4 ชั่วโมง เก็บข้อมูลอุณหภูมิทุก 2 นาที เพื่อนำข้อมูลอุณหภูมิที่ได้ดังกล่าวมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการคายความร้อนของวัสดุต้นแบบ อีกส่วนคือการทดลองในห้องปฏิบัติการภายใต้การควบคุมของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity) และนำผลการทดลองดังกล่าวไปจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเมื่อนำวัสดุต้นแบบดังกล่าวไปใช้ในอาคารที่พักอาศัยที่ใช้งานช่วงกลางวันเป็นส่วนใหญ่ รวมถึงความคุ้มค่าในด้านการลงทุนในระยะยาว

พบว่าผนังต้นแบบทั้ง 9 ประเภทมีความสามารถในการคายความร้อนได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยผนังไม้จริงที่ปิดช่องว่างระหว่างไม้ด้วยโฟมโพลีสไตรีนจะหน่วงเหนี่ยวความร้อนในช่วงแรกได้ดีกว่าผนังไม้ที่ไม่มีการปิดช่องว่าง โดยที่ยังสามารถคายความร้อนได้เร็ว และจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE พบว่าบ้านที่ใช้วัสดุผนังไม้ทั้ง 9 แบบใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยกว่าบ้านที่ใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนประมาณร้อยละ 36 โดยวัสดุที่ใช้พลังงานในการทำความร้อนต่ำที่สุด และคืนทุนเร็วที่สุดก็คือผนังไม้จริงที่ปิดช่องว่างระหว่างไม้ด้วยโฟมโพลีสไตรีนใช้แล้วซึ่งคืนทุนในเวลา 8 เดือน

2.5.2 นายพลพัฒน์ นิลอุบล

การพัฒนาวัสดุประกอบอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาฉนวนฝ้าเพดานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อลดความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารและลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยศึกษาถึงกระบวนการผลิต และคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาด 30 X 30 ซม. เน้นการใช้ฟางข้าวและมะพร้าวสับเป็นวัตถุดิบ โดยแผ่นฉนวนฝ้าเพดานที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ความหนาที่แตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 15, 20 และ 30 มม. โดยพบว่า อัตราส่วนของปริมาณน้ำหนักฟางข้าว, มะพร้าวสับ และกาบฝาง คือ 3 : 1 : 1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฉนวนฝ้าเพดานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยนำขึ้นตัวอย่างมาทดสอบสมบัติทางความร้อน

พบว่าแผ่นฉนวนฝ้าเพดานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีศักยภาพในการผลิตเป็นฉนวนความร้อน โดยมีค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.046 – 0.060 W/m*k และพบว่าความหนาและปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนมีผลต่อค่าการนำความร้อน

2.5.3 อ.นรากร พุทธิไชย และ อ.ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร

การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร

กรณีศึกษา : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาแนวทางของการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวัสดุที่นำมาทดสอบในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุเคลือบเหลือใช้ที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายในที่ ความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต และกล่องบรรจุภัณฑ์นมเหลือใช้ที่มีลักษณะเป็นช่องว่างอากาศภายในที่มีอุณหภูมินุ่ม พอยล์อยู่ภายใน ทำการทดสอบโดยการจัดสร้างเซลล์ทดสอบจากโฟมโพลีสไตรีนหนา 6 นิ้ว มีการติดตั้งผนังทดสอบสามรูปแบบ ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกล่องบรรจุภัณฑ์นมติดตั้งอยู่ภายใน และผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกล่องบรรจุภัณฑ์นมบรรจุเคลือบติดตั้งอยู่ภายใน โดยการหันผนังทดสอบไปทางทิศใต้ที่ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดวัน เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่อง วัดอุณหภูมิ Fluke Hydra Logger วัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบ

พบว่า ในเวลากลางวันผลต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวน กล่องนมบรรจุเคลือบติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 2.5-3 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิ ภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 1.5-2 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ว่าการใช้ฉนวนกล่องนมและฉนวน กล่องนมบรรจุเคลือบในการติดตั้งร่วมกับผนังก่ออิฐฉาบปูนนั้น ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเคลือบที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายใน และคุณสมบัติความเป็นฉนวนของ ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีของกล่องบรรจุภัณฑ์นม

สรุป

1. ผนังที่ทำจากวัสดุไม่สามารถคายความร้อนได้เร็วกว่าผนังคอนกรีต ซึ่งเหมาะสมกับบ้านพักอาศัยที่มีการใช้งานส่วนใหญ่ในช่วงเวลากลางคืน
2. วัสดุเหลือใช้ทางเกษตรซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นเส้นใยโดยมีช่องว่างอากาศระหว่างเส้นใยจำนวนมาก ทำให้มีสมบัติทางความร้อนที่ดีเมื่อนำมาพัฒนาเป็นวัสดุประกอบอาคาร
3. สมบัติความเป็นฉนวนของแกลบที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศ และการสะท้อนรังสีของกล่องบรรจุภัณฑ์นม รวมถึงความหนาของวัสดุผนังมีส่วนทำให้สามารถป้องกันความร้อนจากนอกรอาคารได้



บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย

การศึกษาวิจัยประสิทธิภาพทางความร้อนของบ้านผนังไม้สังเคราะห์ในเขตร้อนชื้น ที่ใช้ไม้ไผ่ช่วยในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในบ้าน เป็นวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยในการศึกษาการผลิตจะคำนึงถึงการจัดหาวัสดุได้ง่ายในท้องถิ่น ความง่ายในการก่อสร้างและติดตั้ง และคำนึงถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ไม้ไผ่ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งในขั้นการทดลองหาประสิทธิภาพทางความร้อนของไม้ไผ่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การทดลองด้วยกล่องทดลองซึ่งให้ความร้อนที่ผนังทดสอบด้วยหลอดไฟอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอด เพื่อศึกษาลักษณะการส่งผ่านความร้อน และระยะเวลาการคายความร้อนของผนังทดสอบ

ส่วนที่ 2 การทดลองด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อน ซึ่งใช้วัดความร้อนที่สภาวะคงที่ เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity, K-Value) ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ (Thermal resistance, R-Value) และจำลองการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยโปรแกรม Visual DOE พร้อมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

3.1 อุปกรณ์และขั้นตอนในการผลิตผนังทดสอบ(ตัวแปรต้น)

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผนังทดสอบ

- 1) ไม้ไผ่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม. - 7 ซม.
- 2) ไม้ฝาสังเคราะห์ หน้า 1 ซม.
- 3) ไม้สำหรับประกอบโครงคร่าว หน้า 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว
- 4) แผ่นไม้อัดหนา 4 มม.
- 5) ค้อน , ตะปู
- 6) เลื่อยมือ
- 7) เลื่อยมือไฟฟ้า
- 8) เลื่อยไฟฟ้าตั้งพื้น
- 9) สว่าน , น็อต

ตารางที่ 10 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผนังทดสอบ

		
ไม้ไผ่	ไม้ฝาสังเคราะห์	ไม้สำหรับประกอบโครงคร่าว
		
แผ่นไม้อัดหนา 4 มม.	ค้อน , ตะปู	เลื่อยมือ
		
เลื่อยมือไฟฟ้า	เลื่อยไฟฟ้าตั้งพื้น	สว่าน , น็อต

3.1.2 ขั้นตอนการผลิตผนังทดสอบ

ในการทดลองหาประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบ (วัสดุต้นแบบ) ทั้งในการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง) และการทดลองส่วนที่ 2 (LAB & SIMULATION) จะต้องใช้ผนังทดสอบที่มีขนาด 30 X 30 ซม. (กว้าง X ยาว) ซึ่งกำหนดผนังทดสอบที่จะผลิตดังนี้

- 1) ผนัง Base case 01 = ผนังต้นแบบโดยใช้ไม้ฝาสังเคราะห์เนื้อผสมซีเมนต์ หนา 10 มม.
- 2) ผนัง Base case 02 = ผนังต้นแบบโดยใช้ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงคร่าว + ไม้อัด 4 มม.

- 3) ผนังทดสอบ A = ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ตัดขวางปล้องกลวง + ไม้อัด 4 มม.
- 4) ผนังทดสอบ B = ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ตัดขวางข้อปล้องตัน + ไม้อัด 4 มม.
- 5) ผนังทดสอบ C = ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม.

โดยกำหนดให้ความหนาของผนังทดสอบมีความหนารวม (ไม้ฝา + โครงคร่า + ไม้อัด) ที่ขนาด 8.50 ซม. สำหรับใช้ในการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง) และมีความหนารวมที่ขนาด 5 ซม. สำหรับใช้ในการทดลองส่วนที่ 2 (LAB & SIMULATION) ยกเว้นแต่ผนัง Base case 01 ที่ยังคงใช้เฉพาะไม้ฝาหนา 1 ซม. (มีลักษณะเป็นแผ่น) ในการทดลองทั้ง 2 ส่วน ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตผนังทดสอบดังนี้

3.1.2.1 ประกอบโครงเคร่าไม้

นำไม้สำหรับทำโครงคร่าผนังมาประกอบเป็นกล่องขนาด 30 x 30 ซม. (วัดจากริมนอกของวัสดุ) แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ใช้โครงไม้หนา 4 ซม. (ใช้ในการทดลองด้วยกล่อง) และชุดที่ 2 ใช้โครงไม้หนา 7 ซม. (ใช้ในการทดลองในแลป) โดยให้ผลิตชุดละ 4 กล่อง



รูปที่ 7 แสดงการประกอบโครงเคร่าไม้

3.1.2.2 ติดตั้งไม้ฝาสังเคราะห์

ตัดแผ่นไม้ฝาสังเคราะห์หนา 1 ซม. ให้ได้ขนาด 30 x 30 ซม. (ใช้ 2 แผ่นต่อกัน) เพื่อปิดบริเวณหน้ากล่องโครงไม้เพียงด้านเดียว เสมือนเป็นผนังบ้านที่ติดอยู่บนโครงคร่าวโดยติดตั้งให้ครบทั้ง 8 กล่อง ทำให้ความหนารวมกล่องเป็น 5 ซม. และ 8 ซม. ตามลำดับ



รูปที่ 8 แสดงการติดตั้งไม้ฝาสังเคราะห์

3.1.2.3 เตรียมไม้ไผ่

นำไม้ไผ่ที่เตรียมไว้มาตัดเป็น 3 รูปแบบ คือ 1. ตัดขวางแบบข้อปล้องกลวง 2. ตัดขวางแบบข้อปล้องตัน 3. ตัดเป็นทรงกระบอกยาว แล้วนำไม้ไผ่มาจัดเรียงในกล่องที่เตรียมไว้ ทั้งความหนา 4 ซม. และ 7 ซม. โดยเหลือกล่องเปล่าไว้อย่างละ 1 กล่อง



รูปที่ 9 แสดงการเตรียมไม้ไผ่

3.1.2.4 ติดตั้งไม้อัด

นำแผ่นไม้อัดความหนา 4 มม. มาตัดเป็นขนาด 30 x 30 ซม. จำนวน 8 แผ่น แล้วนำมาปิดกล่องผนังทดสอบด้านที่เหลือทั้ง 8 กล่อง เสมือนว่าไม้อัดเป็นวัสดุผนังด้านในบ้านพักอาศัย



รูปที่ 10 แสดงการติดตั้งไม้อัด

3.1.2.5 ตัดแผ่นไม้สังเคราะห์ (Base case 01)

ตัดแผ่นไม้สังเคราะห์หนา 1 ซม. ให้ได้ขนาด 30 x 30 ซม. (ใช้ 2 แผ่นต่อกัน) จำนวน 2 ชุด เพื่อใช้เป็น Base case ในการทดลองทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนทดลองด้วยกล่อง และส่วนทดลองในห้องแล็บ

3.1.3 ตัวแปรในการวิจัย






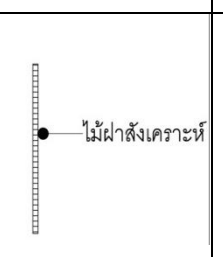

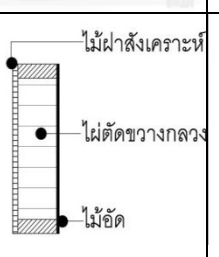

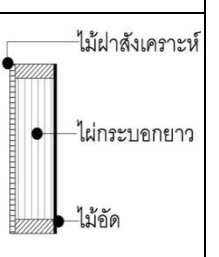
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้สังเคราะห์ในบ้านเขตร้อนชื้นกับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีการพัฒนาโดยนำไม้ไผ่มาเป็นองค์ประกอบในรูปแบบการจัดเรียงที่แตกต่างกันไป เพื่อที่จะได้ทราบถึงแนวทางในการพัฒนาวัสดุและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีการกำหนดรูปแบบตัวแปรในการทดลองดังต่อไปนี้

3.1.3.1 ตัวแปรต้น

1. ผนัง Base case 01 = ผนังต้นแบบโดยใช้แผ่นไม้สังเคราะห์เนื้อผสมซีเมนต์หนา 10 มม. ขนาด 30 x 30 ซม.

2. ผนัง Base case 02 = ผนังต้นแบบโดยใช้ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้อัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. (ความหนาผนังรวม 5 ซม. และ 8.5 ซม.)
3. ผนังทดสอบ A = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ไผ่ตัดขวางปล้องกลวง + ไม้อัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. (ความหนาผนังรวม 5 ซม. และ 8.5 ซม.)
4. ผนังทดสอบ B = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ไผ่ตัดขวางข้อปล้องตัน + ไม้อัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. (ความหนาผนังรวม 5 ซม. และ 8.5 ซม.)
5. ผนังทดสอบ C = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. (ความหนาผนังรวม 5 ซม. และ 8.5 ซม.)

ตารางที่ 11 แสดงตัวแปรต้นในการทดลอง

				
				
Base case 01	Base case 02	ผนังทดสอบ A	ผนังทดสอบ B	ผนังทดสอบ C

3.1.2.1 ตัวแปรตาม

1. การทดลองที่ 1 = (1) ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบ
(2) ระยะเวลาการคายความร้อนของผนังทดสอบ

2. การทดลองที่ 2 = (1) ค่าการนำความร้อนของผนังทดสอบ (Thermal Conductivity , K)(W/mK)
 (2) ค่าความต้านทานความร้อนของผนังทดสอบ (Thermal Resistance , R)(m²K/W)
 (3) ปริมาณการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ (kWh/y)

3.1.2.2 ตัวแปรควบคุม

1. การทดลองที่ 1 = (1) สภาพแวดล้อมภายในห้องทดลอง ให้ปิดเครื่องปรับอากาศและทำการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันของทุกครั้ง (19.00 – 03.00 น.) โดยเลือกช่วงเวลากลางคืน เพราะอุณหภูมิห้องค่อนข้างคงที่

- (2) ปริมาณความร้อนที่กระทำต่อผนังทดสอบ
 (3) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

2. การทดลองที่ 2 = (1) การตั้งระบบและระยะเวลาในการทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดการนำความร้อนในห้องแล็บ ต้องเหมือนกันทุกครั้งที่ทำการทดสอบผนัง

(2) การตั้งค่าจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Visual DOE โดยกำหนดให้ใช้กรณีศึกษาเดียวกัน และตั้งค่าระบบปรับอากาศเหมือนกันในการ Simulation ของทุก Case

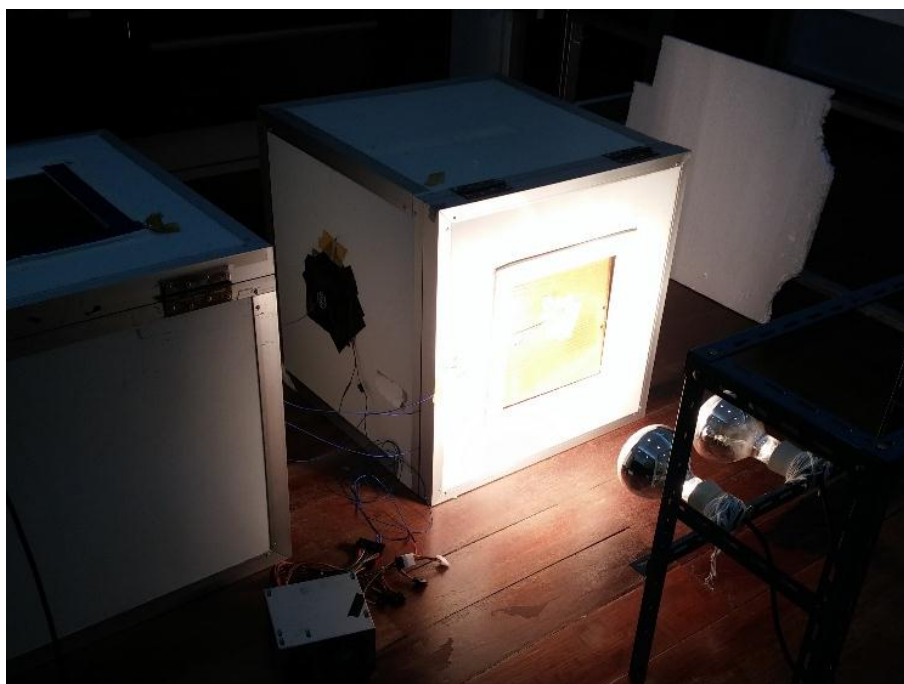
3.2 การทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)

การทดลองด้วยกล่องทดลองขนาด 50 X 50 X 50 ซม. (กว้าง X ยาว X สูง) เป็นการศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อน และระยะเวลาที่ใช้ในการคายความร้อนของผนังทดสอบ โดยการจำลองแหล่งกำเนิดความร้อนด้วยหลอดไฟอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยส่งไฟไปที่ผนังทดสอบและบันทึกผลเป็นอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ เป็นเวลา 8 ชม. โดยทำการทดลองภายในห้องหรือพื้นที่ปิด (ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองให้น้อยที่สุด และทำการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันในแต่ละวันของการทดลอง (เวลาที่ใช้ทดลอง 19.00-03.00) เพื่อให้อุณหภูมิห้องไม่ต่างกันมากนัก

3.2.1 อุปกรณ์ในการทดลองส่วนที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3 มีดังต่อไปนี้

3.2.1.1 กล่องทดลอง

เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายและมีผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดกล่องทดลองต้องมีผนังกล่องทั้ง 5 ด้าน ที่มีค่าความต้านทานสูง (R-Value) เพื่อป้องกันผลกระทบจากอากาศภายนอกกล่องต่ออุณหภูมิภายในกล่องโดยมีช่องอากาศเข้าและออก ขนาด 10 x 10 ซม. เพื่อใช้วัดค่าการระบายอากาศ



รูปที่ 11 กล่องทดลอง

3.2.1.2 หลอดไฟอินฟราเรด

แหล่งกำเนิดความร้อนจำลองใช้ไฟอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ติดตั้งกับขาตั้งเหล็กโดยให้หลอดชี้ตั้งฉากกับวัตถุห่างประมาณ 30 ซม. เพื่อใช้ทดแทนความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณความร้อนให้เท่ากันในทุกๆการทดลอง (เปิดให้ความร้อน 4 ชั่วโมงแรกของการทดลอง)



รูปที่ 12 หลอดไฟอินฟราเรด 500 วัตต์

3.2.1.3 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเครื่องวัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเครื่องวัดอุณหภูมิ Thermometer 12 channels-SD Card Data logger รุ่น BTM-4208 sd ใช้ติดตั้งบันทึกผลของกล่องทดลอง 4 จุด คือ 1. ผิวนอกของผนังทดสอบ 2. ผิวนอกของผนังทดสอบ 3. ช่องอากาศเข้ากล่องทดลอง 4. ช่องอากาศออกจากกล่องทดลอง



รูปที่ 13 Thermometer 12 channels-SD Card Data logger รุ่น BTM-4208 sd

3.2.1.4 อุปกรณ์ตั้งเวลา

อุปกรณ์ตั้งเวลาใช้อุปกรณ์พวงต่อปลั๊กไฟกำหนดระยะเวลาตัดกระแสไฟของแหล่งกำเนิดความร้อนเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง โดยกำหนดตัดกระแสไฟเมื่อครบเวลา 4 ชั่วโมง



รูปที่ 14 อุปกรณ์ตั้งเวลา

3.2.1.5 อุปกรณ์ระบายอากาศ

ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 12 ซม. ที่บริเวณช่องลมออกของกล่องทดลอง โดยพวงต่อพัดลมเข้ากับ power supply เพื่อควบคุมความเร็วของลมที่ระบายออกจากกล่องทดลอง ซึ่งจะต้องนำความเร็วลม (CFM) ที่ถูกระบายออกมาศึกษาการระบายความร้อนโดยอากาศของผนังทดสอบ



รูปที่ 15 อุปกรณ์ระบายอากาศ

3.2.1.6 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

อุปกรณ์วัดความเร็วลมยี่ห้อ TESTO รุ่น testo 350 / XL testo 454 ใช้วัดความเร็วลมที่ระบายออกจากกล่องด้วยพัดลมที่มีหน่วยการวัดเป็น CFM เพื่อนำค่าที่ได้มาแทนค่าการคำนวณหาอัตราการระบายความร้อนโดยอากาศ (Q/Watt)



รูปที่ 16 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

3.2.2 ขั้นตอนการทดลองส่วนที่ 1 มีดังต่อไปนี้

3.2.2.1 เตรียมกล่องทดลองพร้อมติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่บริเวณช่องลมออกของกล่องทดลองโดยสถานที่ทดลองต้องไม่มีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศนอกกล่องมากนัก (ในห้องกว้างที่ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศและทำการทดลองในช่วงเวลากลางคืน 19.00 - 03.00 น.)



รูปที่ 17 เตรียมกล่องทดลอง

3.2.2.2 นำวัตถุทดสอบที่เตรียมไว้มาติดตั้งที่กล่องทดลองให้ด้านไม่ฝ้าสังเคราะห์ อยู่ด้านนอก โดยใช้แผ่นโฟมและเทปกาวติดโดยรอบผนังทดสอบกันความร้อนรั่วเข้าไปในกล่องทดลอง



รูปที่ 18 แสดงการนำวัตถุทดสอบที่เตรียมไว้มาติดตั้งที่กล่องทดลอง

3.2.2.3 เตรียมเครื่องวัดอุณหภูมิ Thermometer 12channels-SD Card Data logger รุ่น BTM-4208sd กำหนดให้เก็บข้อมูลเป็นหน่วย องศาเซลเซียสทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมงพร้อมทั้งติดตั้งเซนเซอร์ที่กล่องทดลอง ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ได้แก่ 1. ผิวนอกผนังทดสอบ 2. ผิวในผนังทดสอบ 3. ช่องอากาศเข้ากล่องทดลอง 4. ช่องอากาศออกจากกล่องทดลอง



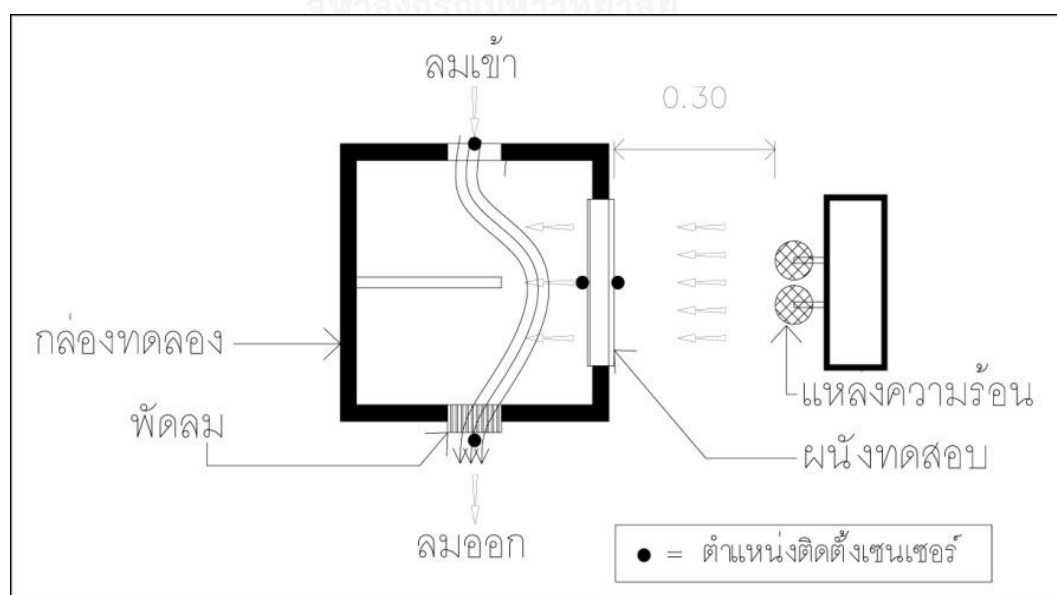
รูปที่ 19 เตรียมเครื่องวัดอุณหภูมิ

3.2.2.4 เตรียมติดตั้งหลอดอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยให้ทิศทางของไฟส่องตั้งฉากผิวของวัตถุที่ทดสอบ โดยตั้งหลอดไฟห่างจากวัตถุ ประมาณ 30 ซม. พร้อมทั้งเปิดไฟอินฟราเรดที่ติดตั้งไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมงแล้วดับไฟด้วยอุปกรณ์ตั้งเวลาตัดกระแสไฟบนที่กผลช่วงดับไฟต่ออีก 4 ชั่วโมง



รูปที่ 20 เตรียมติดตั้งหลอดอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอดพร้อมบันที่กผล

3.2.2.5 ทำการทดลองเหมือนกันกับผนังทดสอบทั้งหมด 5 ชั้น (โดยทำในช่วงเวลาเดียวกันในแต่ละวัน 19.00 – 03.00 น.)



รูปที่ 21 แสดงแบบแปลนกล่องทดลอง

3.2.2.6 วัดความเร็วลมระบายออกจากกล่องด้วยอุปกรณ์วัดความเร็วลมยี่ห้อ

TESTO รุ่น testo 350 / XL testo 454

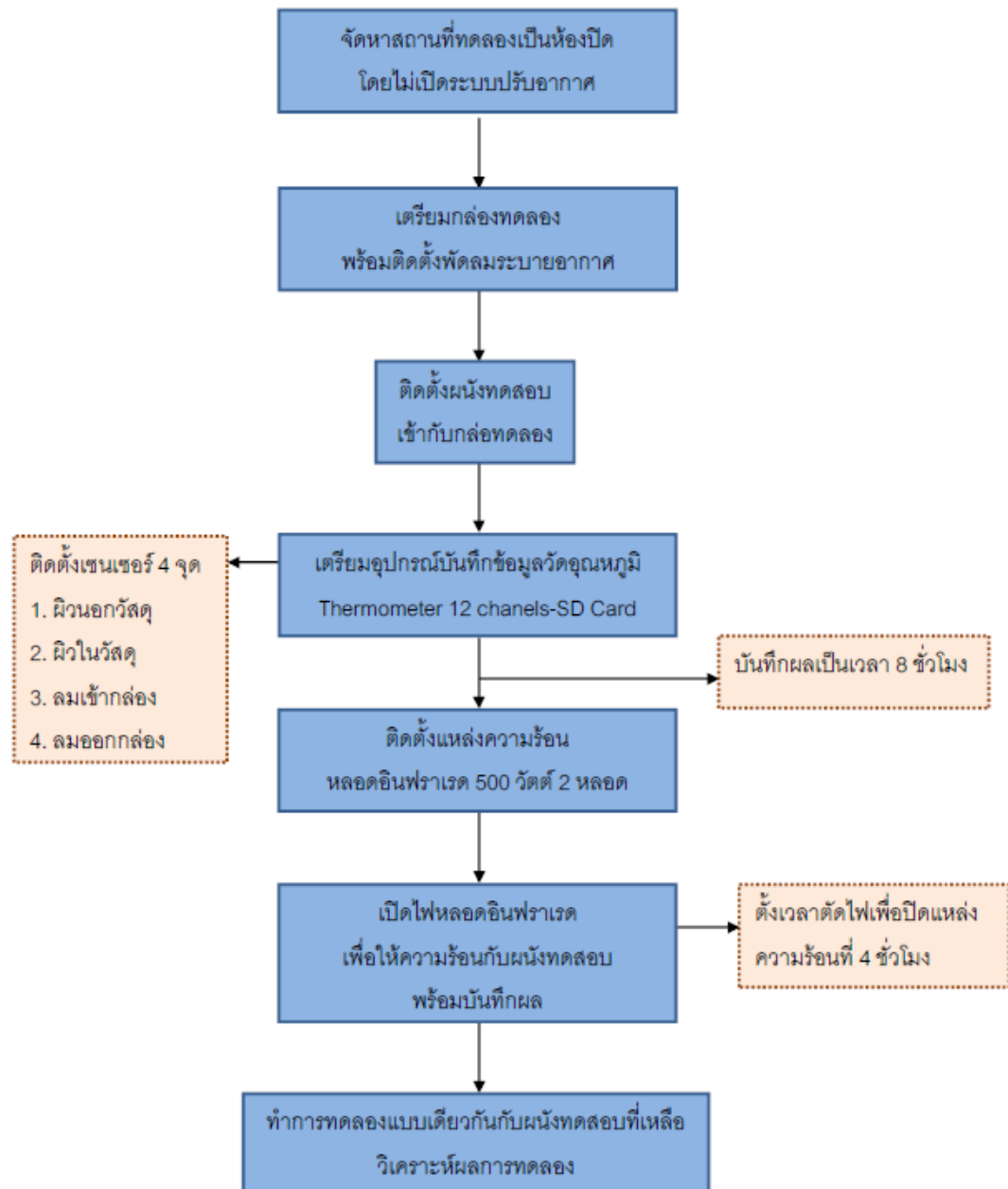
3.2.2.7 นำผลการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและการวัดค่าความเร็วลมที่ได้ที่ได้มาศึกษาคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ถูกระบายโดยอากาศด้วยสมการ

$$Q = CFM(1.08) \Delta T \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3}$$

- เมื่อ
- Q = ปริมาณความร้อนที่ถูกระบายโดยอากาศ (Btu/h)
 - CFM = ปริมาณการไหลของอากาศในกล่องทดลองที่เกิดจากพัดลม (ft³/min)
 - ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิช่องเข้ากับช่องออกของกล่องทดลอง (F^o)

3.2.2.8 นำผลการทดลองมาศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน และระยะเวลาการคายความร้อนของผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น

3.2.3 ลำดับขั้นตอนในการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)



3.3 ขั้นตอนการทดลองส่วนที่ 2 (LAB & SIMULATE)

การทดลองในแลปโดยใช้เครื่องวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุเพื่อนำผลที่ได้มาศึกษา และเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานความร้อนของผนังทดสอบ รวมถึงการศึกษาด้วยการจำลองการใช้พลังงาน (Simulation) ในการปรับอากาศให้กับบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น ด้วยโปรแกรม Visual DOE

3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลองส่วนที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 22 มีดังต่อไปนี้

3.3.1.1 เครื่องวัดการนำความร้อน

เครื่องวัดการนำความร้อน B480 ผลิตโดยบริษัท พี.เอ. ฮิลตัน จำกัด ใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนที่สภาวะคงที่ โดยวิธีการถ่ายเทความร้อนจากด้านบนสู่ด้านล่างของ ผนังทดสอบ (ณ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)



รูปที่ 22 เครื่องวัดการนำความร้อน B480

3.3.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก

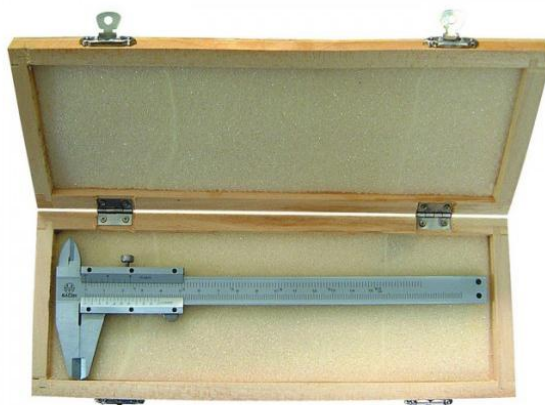
เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลค่าความละเอียดสูงยี่ห้อ KERN รุ่น KB มีค่าละเอียด 0.001 กรัม (ณ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) ใช้ชั่งน้ำหนักของผนังทดสอบทุกชิ้นเพื่อนำมาศึกษาค่าความหนาแน่นของผนังทดสอบ



รูปที่ 23 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

3.3.1.3 อุปกรณ์วัดความหนาวัสดุ

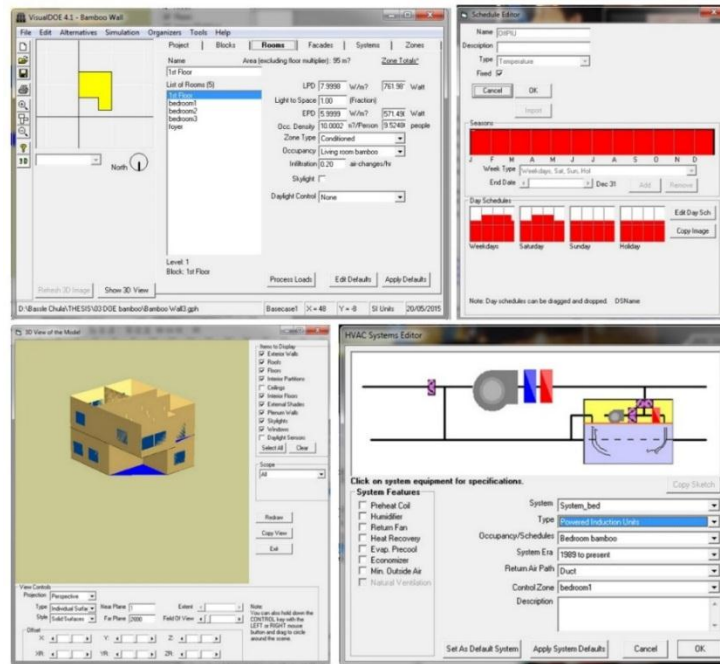
เครื่องมือสำหรับใช้วัดงานละเอียด (เวอร์เนีย) ใช้วัดความหนาเฉลี่ยของผนังทดสอบ เพื่อใช้ประกอบการคำนวณค่าความหนาแน่นของผนังทดสอบ



รูปที่ 24 เครื่องมือสำหรับใช้วัดงานละเอียด (เวอร์เนีย)

3.3.1.4 โปรแกรม Visual DOE

ซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการใช้พลังงานภายในอาคาร สามารถกำหนดรูปแบบอาคาร รูปแบบเครื่องใช้ไฟฟ้า และพฤติกรรมการใช้อาคารได้ เพื่อให้คำนวณผลการจำลองการใช้พลังงานได้อย่างละเอียดใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด



รูปที่ 25 โปรแกรม Visual DOE

3.3.2 ขั้นตอนการทดลองส่วนที่ 2 มีดังต่อไปนี้

3.3.2.1 คำนวณหาค่าความหนาแน่นของผนังทดสอบใช้มาตรฐาน JISA 5905 โดยนำค่าความหนา ผนัง และปริมาตรของผนังทดสอบ มาคำนวณด้วยสมการ

$$D = (m / v) \times 10^6 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ D = ค่าหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)

m = น้ำหนัก (กรัม)

v = ปริมาตร (ลบ.ม.)

3.3.2.2 นำผนังทดสอบเข้าเครื่องวัดค่าการนำความร้อน B480 โดยวัดค่าการนำความร้อนที่สภาวะคงที่ ใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนจากด้านบนสู่ด้านล่างของผนังทดสอบ ซึ่งควบคุมการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญของคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



รูปที่ 26 นำผนังทดสอบเข้าเครื่องวัดค่าการนำความร้อน B480

3.3.2.3 นำค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนด้วยสมการ

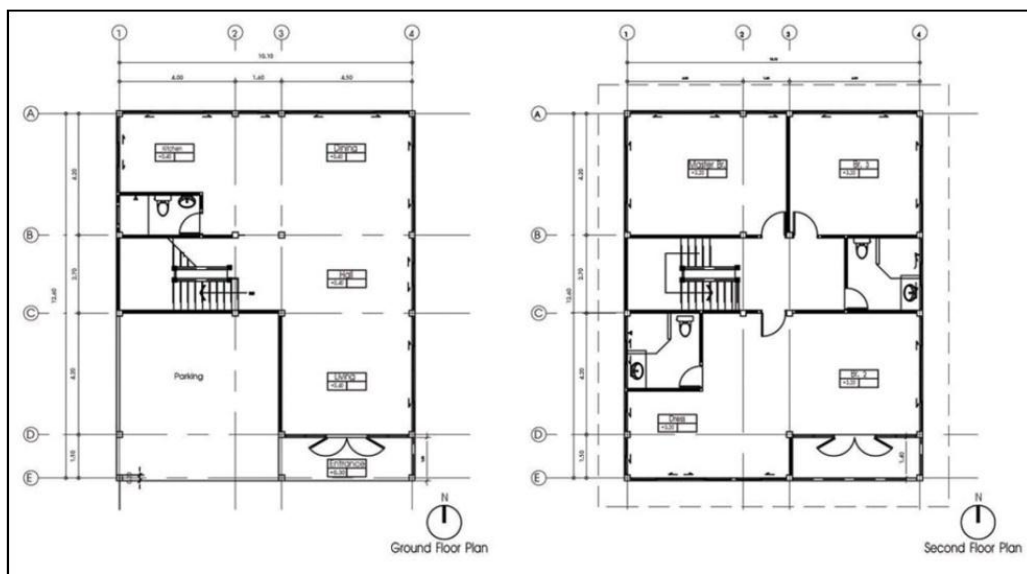
$$R = \Delta X / K \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ R = ค่าความต้านทานความร้อน (m^2K/W)

ΔX = ความหนาของฉนวนวัสดุ (เมตร)

K = ค่าการนำความร้อน (W/m^*K)

3.3.2.4 นำค่าความต้านทานความร้อน และความหนาของผนังทดสอบ มาแทนค่าใน Visual DOE เพื่อจำลองการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศให้กับบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ กรณีศึกษาบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 27



รูปที่ 27 แสดงแบบบ้านอสังอิง (บ้านพักอาศัย 2 ชั้น) ที่ใช้ในการศึกษา
ที่มา : (อรรจน์ เศรษฐบุตุตร และธนิต จินดาวงนิค, 2550)

3.4 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

3.4.1 วิเคราะห์ต้นทุน

สรุปรายละเอียดต้นทุนการผลิตและก่อสร้างผนังบ้านไม้สังเคราะห์ที่ทำการปรับปรุงให้มีการป้องกันความร้อนด้วยไม้ไผ่และตกแต่งผิวผนังด้านในด้วยไม้อัดหนา 4 มม. กำหนดให้คิดเป็นพื้นที่ผนังทั้งหมดโดยอ้างอิงรูปแบบบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ตามกรณีศึกษา ในข้อ 3.3.2.4 แล้วเฉลี่ยเป็นต้นทุนต่อตารางเมตร โดยให้คำนวณมูลค่าของต้นทุนจากวัสดุที่ใช้แต่จะไม่รวมถึงค่าแรงการก่อสร้าง เนื่องจากเป็นขั้นตอนการก่อสร้างที่สามารถทำได้

3.4.2 วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

สรุปผลการศึกษาความประหยัดพลังงาน กำหนดให้อ้างอิงค่าไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน แล้วนำมาคำนวณกับต้นทุนการก่อสร้างโดยอ้างอิงรูปแบบบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ตามกรณีศึกษา ในข้อ 3.3.2.4 เพื่อวิเคราะห์ถึงระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนปรับปรุงผนังซึ่งใช้ไม้ไผ่ที่หาได้ง่ายจากท้องถิ่น

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้ไผ่ในบ้านเขตร้อนชื้น เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และความต้านทานความร้อนของผนังไม้สังเคราะห์ (base case) กับผนังไม้สังเคราะห์ที่มีการนำไม้ไผ่มาติดตั้งเป็นส่วนประกอบไว้กลางของผนังในรูปแบบต่างๆ (ผนังทดสอบ) พร้อมทั้งศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในบ้านกรณีศึกษาเมื่อนำวัสดุต้นแบบมาจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งส่วนผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง) การศึกษาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบด้วยกล่องทดลอง

4.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2 (Lab & Simulation) การศึกษาสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบ ด้วยอุปกรณ์ในแลปทดลอง และศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศโดยการจำลอง ด้วย Visual DOE

4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ รวบรวมต้นทุนการก่อสร้างและนำมาเปรียบเทียบกับผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อศึกษา Simple payback Period เป็นการประเมินระยะเวลาในการคืนทุนหรือจุดคุ้มทุน

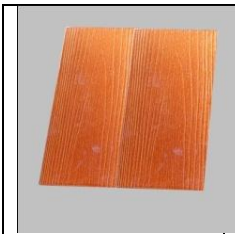




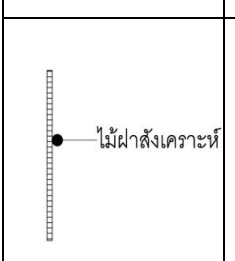
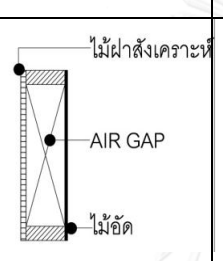
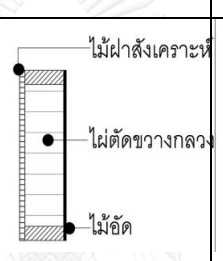
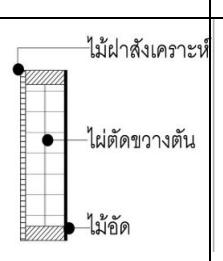
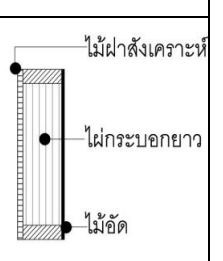
4.1 ผลการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)

ในการทดลองส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาในการคายความร้อนของผนังทดสอบ เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของความร้อนที่มีต่อภาวะน่าสบาย และมีผลต่อการทำงานของระบบปรับอากาศในบ้านพักอาศัยผนังไม้ในเขตร้อนชื้น โดยกำหนดให้มีตัวแปรต้นหรือผนังที่ใช้ทดลอง ขนาด 30 x 30 ซม. (กว้าง x ยาว) ดังนี้

1. ผนัง Base case 01 = ผนังต้นแบบโดยใช้แผ่นไม้ฝาสังเคราะห์เนื้อผสมซีเมนต์ ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 10 มม.
2. ผนัง Base case 02 = ผนังต้นแบบโดยใช้ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงเคร่า + ไม้อัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 8.5 ซม.
3. ผนังทดสอบ A = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ตัดขวางปล้องกลวง + ไม้อัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 8.5 ซม.

4. ผนังทดสอบ B = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม.+ โครมเคร่า + ไม้ไผ่ตัดขวางข้อปล้องตัน + ไม้อัด 4 มม.ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 8.5 ซม.
5. ผนังทดสอบ C = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครมเคร่า + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม.ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 8.5 ซม.

ตารางที่ 12 แสดงตัวแปรต้นหรือผนังที่ใช้ในการทดลอง (กล่องทดลอง)

				
				
Base case 01	Base case 02	ผนังทดสอบ A	ผนังทดสอบ B	ผนังทดสอบ C
หนา 1 ซม.	หนา 8.5 ซม.	หนา 8.5 ซม.	หนา 8.5 ซม.	หนา 8.5 ซม.

ขั้นตอนการทดลอง

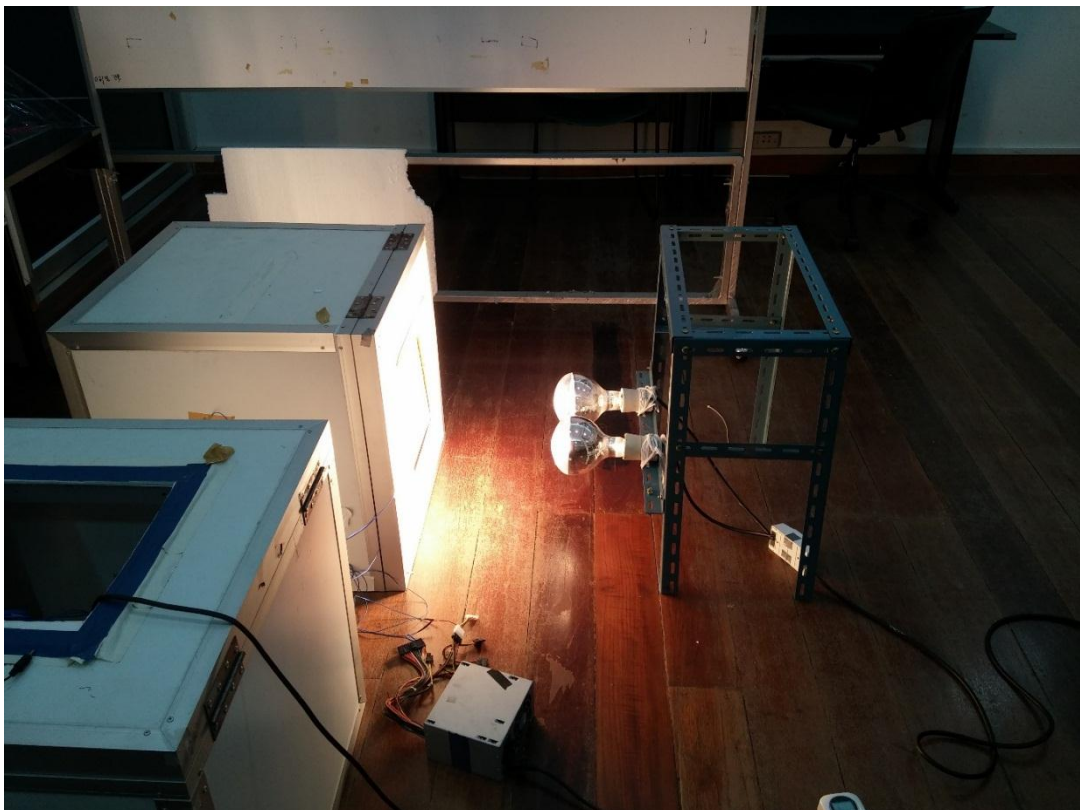
ติดตั้งผนังทดสอบเข้ากับกล่องทดลอง ขนาด 50 x 50 x 50 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) โดยให้ผนังทดสอบอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นโลก จากนั้นให้ความร้อนกับผิวผนังด้านนอกของผนังทดสอบด้วยหลอดไฟอินฟราเรด ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอด พร้อมบันทึกผลอุณหภูมิด้วย DATA LOGGER ทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยที่ให้ความร้อนกับผนังทดสอบจนอิ่มตัวในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงแรก แล้วจึงปิดแหล่งความร้อนเพื่อให้ผนังทดสอบคายความร้อนในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงถัดมา เพื่อนำผลการบันทึกมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกัน

ข้อจำกัดในการทดลอง

1. สถานที่ทดลองต้องเป็นห้องปิด ไม่มีอากาศถ่ายเทและไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ เพื่อ

ควบคุมอุณหภูมิห้องไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

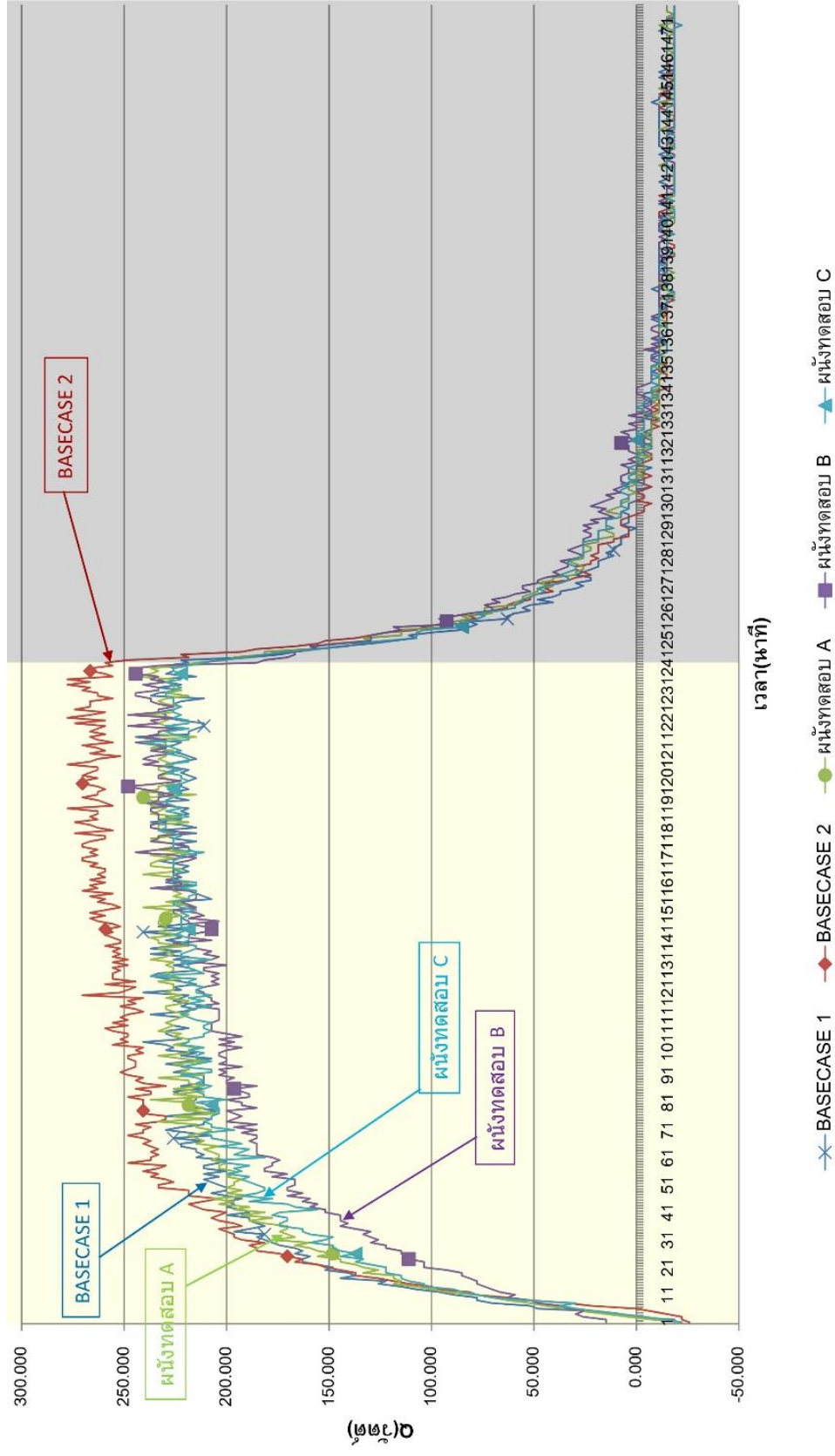
2. ใช้ช่วงเวลาในการทดลองของแต่ละครั้งให้ใกล้เคียงกัน โดยที่ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้ช่วงเวลา 19.00 – 03.00 น. ของทุกวันในการทดลอง เพราะในช่วงเวลาดังกล่าว ห้องทดลองจะได้รับผลกระทบจากความร้อนภายนอกค่อนข้างน้อย
3. อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งหลอดไฟอินฟราเรด ต้องมีความมั่นคงแข็งแรง และเป็นมาตรฐานเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของระยะและตำแหน่งของหลอดไฟอินฟราเรด ที่จะส่งผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่กระทำต่อผนังทดสอบ



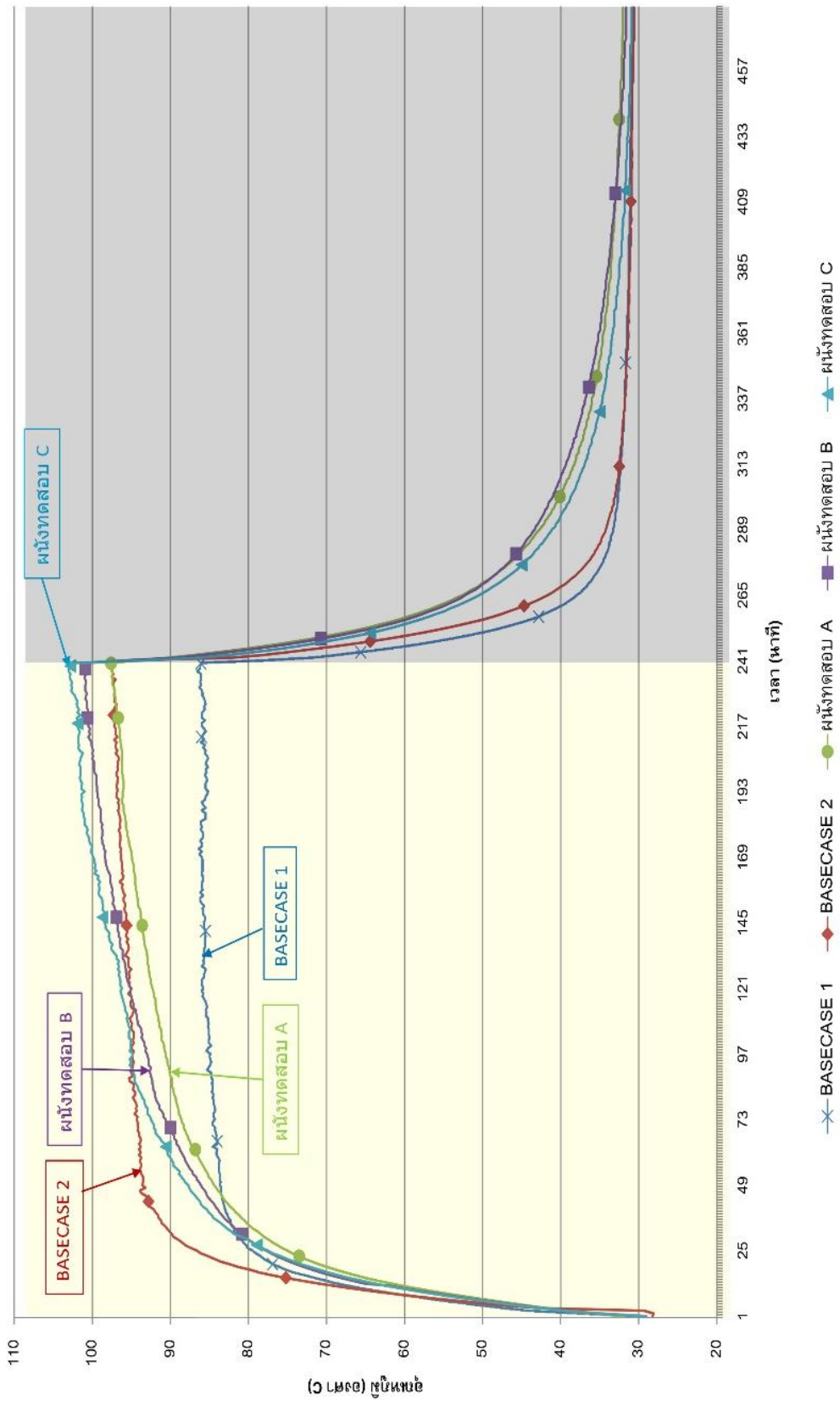
รูปที่ 28 แสดงบรรยากาศในการทดลองส่วนที่ 1

ผลการทดลอง

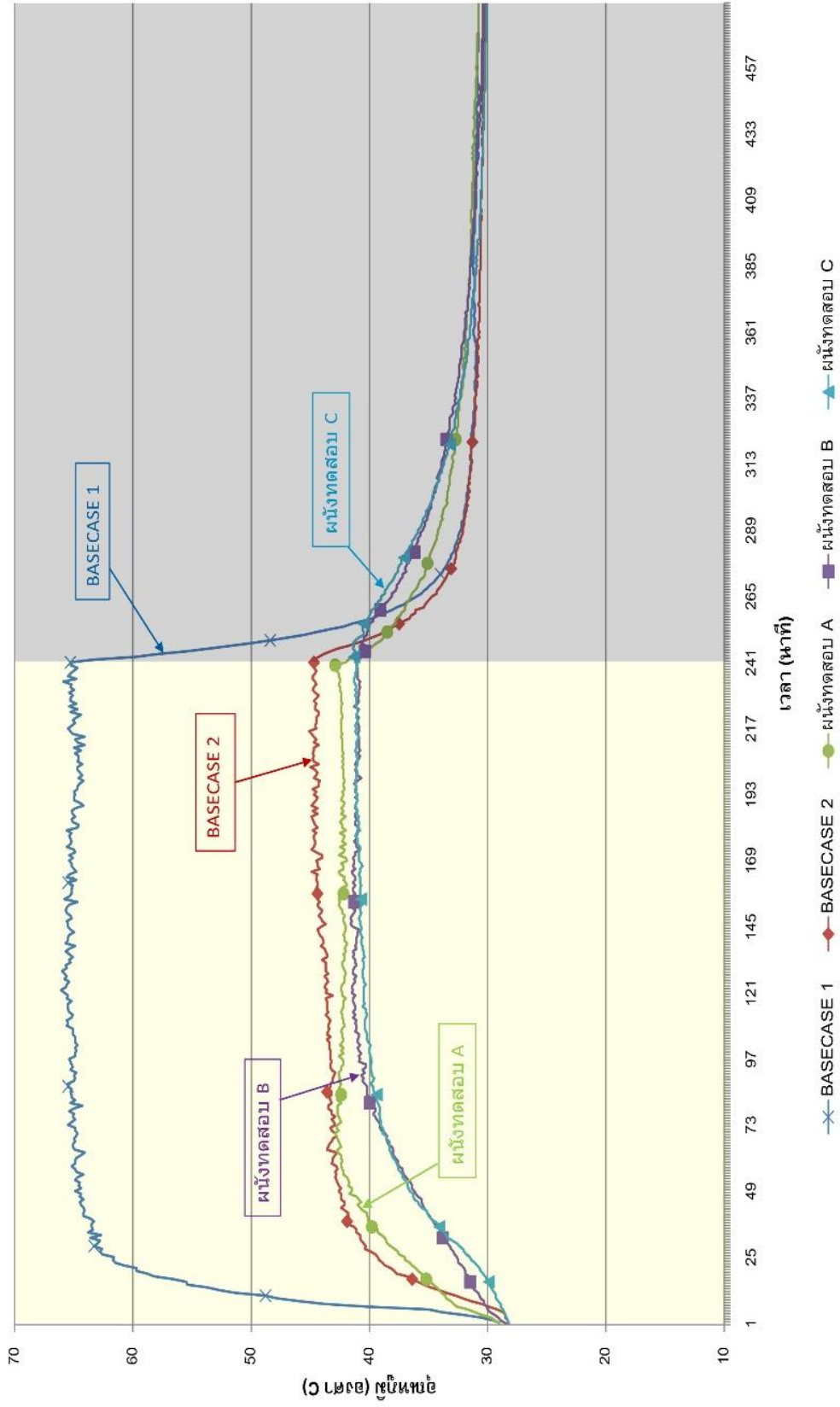
จากการบันทึกผลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดความร้อนไว้ทั้งหมด 4 จุด คือ 1.ผิวนอกผนังทดสอบ 2.ผิวในผนังทดสอบ 3.ช่องอากาศเข้ากล่องทดลอง 4.ช่องอากาศออกจากกล่องทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์ผล ซึ่งผลการทดลองผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้นมีดังนี้



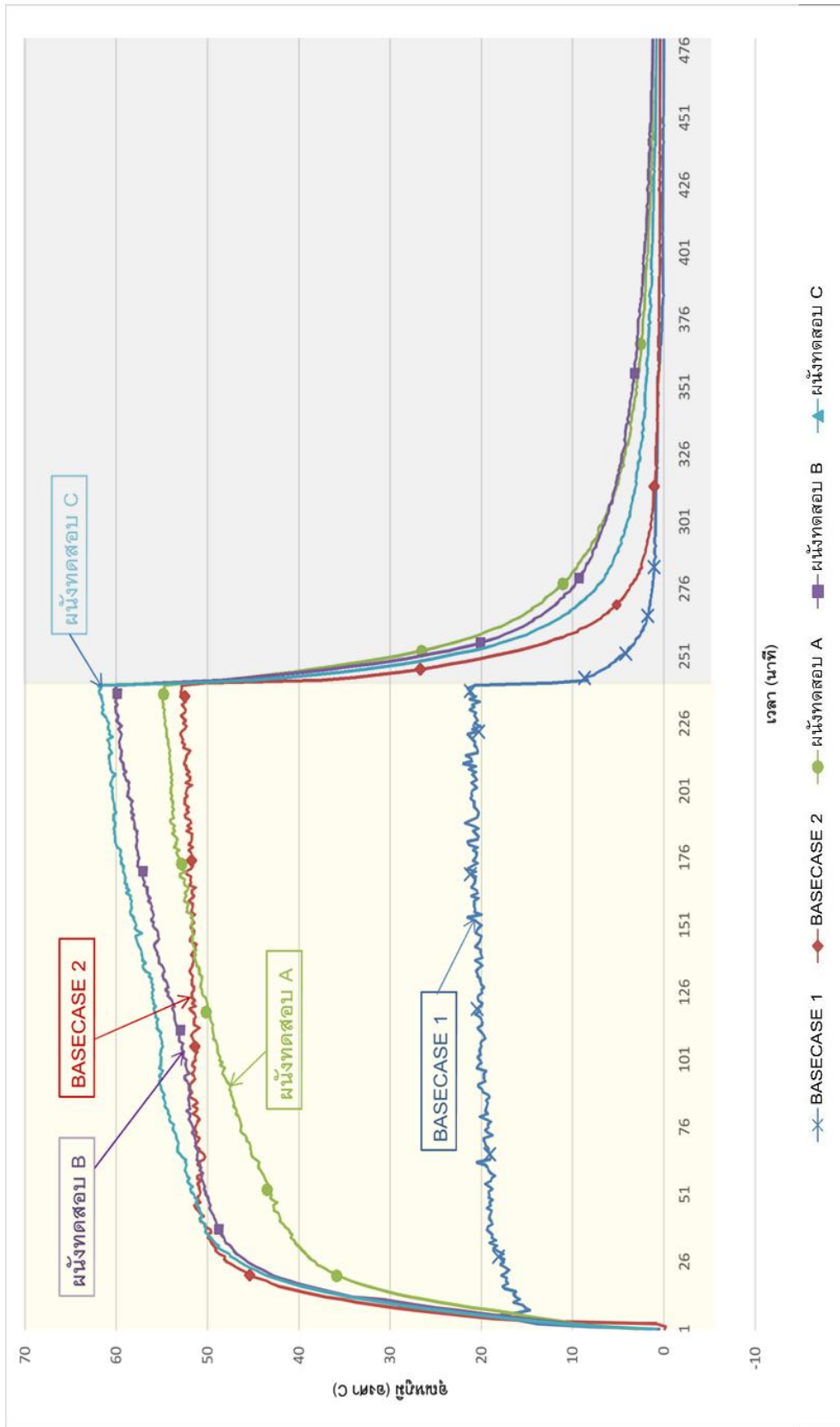
แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถูกระบายโดยอากาศ ของผั่งทดสอบ



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของผนังทดสอบ



แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังทดสอบ



แผนภูมิที่ 5 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในของผนังทดสอบ

จากแผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถูกระบายโดยอากาศ ของผนังทดสอบ

เป็นการศึกษาลักษณะการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time-lag) และระยะเวลาในการคายความร้อนของผนัง Base case 01 (1 ซม.), ผนัง Base case 02 (8.5 ซม.), ผนังทดสอบ A (8.5 ซม.), ผนังทดสอบ B (8.5 ซม.) และผนังทดสอบ C (8.5 ซม.) จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ทำการเปิดไฟอินฟราเรด(เปรียบเสมือนช่วงเวลากลางวัน) เพื่อให้ความร้อนกับผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้นนั้น พบว่าเส้นกราฟทั้ง 5 เส้น สูงขึ้นโดยมีความชันในช่วง 1 ชั่วโมงแรกของการรับความร้อน และกราฟเริ่มคงที่ในช่วงชั่วโมงที่ 3-4 สรุปได้ว่าผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น มีลักษณะการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ไม่ดีนักจึงมีอัตราการระบายความร้อนโดยอากาศที่ค่อนข้างสูงตั้งแต่วินาทีแรก

และในช่วงเวลาชั่วโมงที่ 5-8 หรือ 4 ชั่วโมงหลังของการทดลองที่ทำการปิดไฟอินฟราเรด (เปรียบเสมือนช่วงเวลากลางคืน) พบว่าเส้นกราฟทั้ง 5 เส้นมีลักษณะลดลงด้วยความชันตั้งแต่ในช่วงครึ่งชั่วโมงแรกของการปิดไฟ แสดงว่าผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น สามารถคายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว และสามารถคายความร้อนได้หมดตั้งแต่ครึ่งชั่วโมงแรกของการปิดแหล่งความร้อน โดยที่ผนังที่คายความร้อนได้เร็วที่สุดคือ ผนัง Base case 01

จากแผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของผนังทดสอบ

เป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของผนัง Base case 01 (1 ซม.), ผนัง Base case 02 (8.5 ซม.), ผนังทดสอบ A (8.5 ซม.), ผนังทดสอบ B (8.5 ซม.) และผนังทดสอบ C (8.5 ซม.) โดยการเก็บข้อมูลเป็นอุณหภูมิจากผิวด้านนอกของวัสดุทดสอบ ซึ่งเปรียบเสมือนผนังภายนอกของบ้านพักอาศัย จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงแรกทำการเปิดไฟอินฟราเรด (เปรียบเสมือนช่วงเวลากลางวัน) เพื่อให้ความร้อนกับผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้นนั้น พบว่าเส้นกราฟทั้ง 5 เส้น สูงขึ้นโดยมีความชันตั้งแต่ 25 นาทีแรกของการรับความร้อนแสดงถึงอุณหภูมิผิวของผนังที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และในช่วงชั่วโมงที่ 2-4 ของการเปิดไฟพบว่าผนัง Base case 02, ผนังทดสอบ A, ผนังทดสอบ B และผนังทดสอบ C ยังคงมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งผนังทดสอบ C มีอุณหภูมิผิวนอกสูงสุด แต่พบว่าผนัง Base case 01 มีอุณหภูมิกคงที่และไม่สูงขึ้นในช่วงชั่วโมงที่ 2-4 โดยผนัง Base case 01 มีอุณหภูมิผิวนอกต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับผนังอื่นๆ สรุปได้ว่าผนัง Base case 01 มีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผนังทดสอบอื่นๆ โดยที่ผนังทดสอบ C มีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้น้อยที่สุด

และในช่วงเวลาชั่วโมงที่ 5-8 หรือ 4 ชั่วโมงหลังของการทดลองที่ทำการปิดไฟอินฟราเรด (เปรียบเสมือนช่วงเวลากลางคืน) พบว่าเส้นกราฟทั้ง 5 เส้นมีลักษณะลดลงด้วยความชันตั้งแต่

ในช่วงครึ่งชั่วโมงแรกของการปิดไฟ โดยที่อุณหภูมิผิวผนังของผนัง Base case 01 และ ผนัง Base case 02 สามารถลดลงได้รวดเร็วกว่าผนังอื่น สรุปได้ว่าผนังทั้ง 2 ชั้นนั้นสามารถถ่ายเทความร้อนและคายความร้อนออกมาได้เร็วกว่าวัสดุอื่นๆ

จากแผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังทดสอบ

เป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของผนัง Base case 01 (1 ซม.), ผนัง Base case 02 (8.5 ซม.), ผนังทดสอบ A (8.5 ซม.), ผนังทดสอบ B (8.5 ซม.) และผนังทดสอบ C (8.5 ซม.) โดยการเก็บข้อมูลเป็นอุณหภูมิจากผิวด้านในของวัสดุทดสอบ ซึ่งเปรียบเสมือนผนังภายในของบ้านพักอาศัย จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงแรกทำการเปิดไฟอินฟราเรด (เปรียบเสมือนช่วงเวลากลางวัน) เพื่อให้ความร้อนกับผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้นนั้น พบว่าผนัง Base case 01 มีอุณหภูมิผิวด้านในสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 25 นาทีแรกของการทดลอง และมีอุณหภูมิที่สูงกว่าผนังทดสอบอื่นๆ ค่อนข้างมาก ซึ่งผนัง Base case 01 มีอุณหภูมิผิวด้านในสูงสุดอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส และผลการทดลองผนังทดสอบอื่นๆ พบว่ามีอุณหภูมิผิวด้านในสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 50 นาทีแรกของการทดลอง แต่อุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 40-45 องศาเซลเซียสเท่านั้น โดยที่ผนังทดสอบ C มีอุณหภูมิผิวด้านในสูงสุดน้อยกว่าผนังทดสอบอื่นๆ สามารถวัดได้ 41 องศาเซลเซียส ซึ่งยังพบว่าผนัง Base case 02 ที่มีลักษณะผนังเป็น Air Gap ธรรมดาสามารถช่วยลดความร้อนได้มากเช่นกัน สรุปได้ว่าผนัง Base case 01 มีการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้สูงมาก แตกต่างจากผนังทดสอบอื่นๆ และผนังทดสอบ C สามารถต้านทานความร้อนจากภายนอก เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้ดีที่สุด

และในช่วงเวลาชั่วโมงที่ 5-8 หรือ 4 ชั่วโมงหลังของการทดลองทำการปิดไฟอินฟราเรด (เปรียบเสมือนช่วงเวลากลางคืน) พบว่าผนัง Base case 01 มีอุณหภูมิผิวด้านในลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 40 นาทีแรกของการปิดไฟ โดยที่ผนังทดสอบ B และผนังทดสอบ C มีอุณหภูมิผิวด้านในลดลงช้ากว่าผนังทดสอบอื่นๆ สรุปได้ว่าในช่วงที่ปิดไฟช่วงแรกผนัง Base case 01 สามารถคายความร้อนออกมาได้มากที่สุด โดยที่ผนังทดสอบ B และผนังทดสอบ C สามารถคายความร้อนได้อย่างช้าๆ แต่ก็สามารถคายความร้อนออกมาได้ใกล้เคียงกับผนังทดสอบอื่นเมื่อเวลาหลังจากปิดไฟผ่านไปประมาณ 2 ชั่วโมง

จากแผนภูมิที่ 5 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในของผนังทดสอบ

เป็นการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในของผนังทดสอบ ซึ่งเปรียบเสมือนผนังไม้ของบ้านพักอาศัยที่ได้รับความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งพบว่าผนัง Base case 01 มีผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในน้อยมาก หมายความว่าผนังมีการส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในปริมาณมาก แตกต่างจากผนังทดสอบอื่น โดยเฉพาะผนังทดสอบ C ที่มีผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในสูงที่สุด หมายความว่าสามารถต้านทานความร้อนจากภายนอกได้ดี

ดังนั้น หากในกรณีบ้านพักอาศัยผนังไม้ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบปรับอากาศ ผนังทดสอบ C นั้นมีประสิทธิภาพที่ดีในการช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกในช่วงเวลากลางวันได้ดีกว่าผนังทดสอบอื่น

ตารางที่ 13 ผลการวัดอุณหภูมิของผนังทดสอบด้วยกล่องทดลอง

วัสดุ ทดสอบ	อุณหภูมิผิวผนังด้าน นอก (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิผิวผนังด้านใน (องศาเซลเซียส)			ความแตกต่างระหว่าง อุณหภูมิเข้า-ออก กล่อง (องศาเซลเซียส) / ΔT		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1. Base case 01	86.1	30.3	58.4	65.3	29	48.1	6.4	-0.5	2.8
2. Base case 02	97.5	28.2	63.4	44.7	28.3	37.2	7.5	-0.7	3.2
3. ผนัง ทดสอบ A	97.6	31.8	63.7	42.9	29	37	6.6	-0.6	2.9
4. ผนัง ทดสอบ B	101	29	65.2	41.1	28.5	36	6.7	-0.5	2.7
5. ผนัง ทดสอบ C	103	29	65	41	28.2	35.8	6.2	-0.6	2.7

สรุปผลการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)

พบว่าผนัง Base case 01 คือ ผนังต้นแบบโดยใช้แผ่นไม้ฝาสังเคราะห์เนื้อผสมซีเมนต์ ขนาด 30 x 30 ซม.หนา 10 มม. นั้นสามารถนำความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้มากที่สุด โดยมีอุณหภูมิของผิวผนังภายในสูงสุดที่ 65.3 องศาเซลเซียส ซึ่งต่างจากผนังทดสอบ A, ผนังทดสอบ B และผนังทดสอบ C ที่สามารถป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้ค่อนข้างดี โดยผนังทั้ง 3 ชั้น มีอุณหภูมิผิวภายในสูงสุด ตามลำดับ คือ 42.9 องศาเซลเซียส, 41.1 องศาเซลเซียส และ 41 องศาเซลเซียส






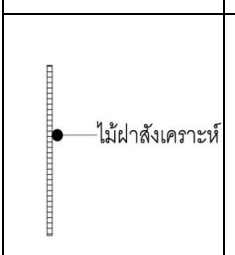
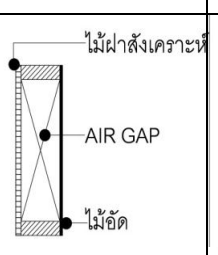
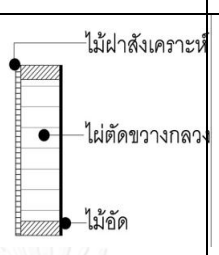
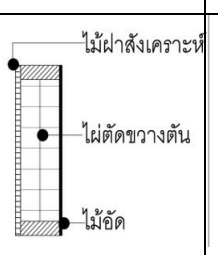
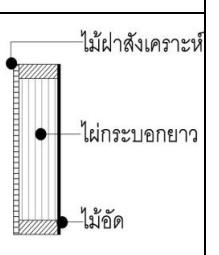
นอกจากนี้ยังพบว่าผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น มีลักษณะการคายความร้อนได้ดีมากซึ่งสามารถคายความร้อนได้ดีที่สุดในช่วง 40 นาทีแรก เนื่องจากองค์ประกอบหลังของผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น ทำจากไม้เกือบทั้งหมดจึงเป็นผนังที่ไม่สามารถหน่วงความร้อนไว้ได้มากนัก

4.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2 (Lab & Simulation)

ในการทดลองส่วนที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบโดยศึกษาในด้าน ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity, K-Value) ค่าความต้านทานความร้อนของวัตถุ (Thermal resistance, R-Value) และจำลองการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยโปรแกรม Visual DOE ซึ่งกำหนดให้มีตัวแปรต้นหรือผนังที่ใช้ทดลอง ขนาด 30 x 30 ซม. (กว้าง x ยาว) ดังนี้

1. ผนัง Base case 01 = ผนังต้นแบบโดยใช้แผ่นไม้ฝาสังเคราะห์เนื้อผสมซีเมนต์ ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 10 มม.
2. ผนัง Base case 02 = ผนังต้นแบบโดยใช้ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ฉัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 5 ซม.
3. ผนังทดสอบ A = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ไผ่ตัดขวาง ปล้องกลวง + ไม้ฉัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 5 ซม.
4. ผนังทดสอบ B = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ไผ่ตัดขวางข้อปล้องตัน + ไม้ฉัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 5 ซม.
5. ผนังทดสอบ C = ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 10 มม. + โครงคร่าว + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้ฉัด 4 มม. ขนาด 30 x 30 ซม. หนา 5 ซม.

ตารางที่ 14 แสดงตัวแปรต้นหรือผนังที่ใช้ในการทดลอง (LAB)

				
				
Base case 01	Base case 02	ผนังทดสอบ A	ผนังทดสอบ B	ผนังทดสอบ C
หนา 1 ซม.	หนา 5 ซม.	หนา 5 ซม.	หนา 5 ซม.	หนา 5 ซม.

ขั้นตอนการทดลอง

ในขั้นตอนการทดลองส่วนที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 (LAB)

ศึกษาทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังทดสอบด้วยการนำผนังทดสอบไปทดลองด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อน ซึ่งใช้วัดความร้อนที่สภาวะคงที่ ซึ่งควบคุมการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญและนำผลที่ได้มาศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 (SIMULATION)

ศึกษาการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในบ้านพักอาศัย 2 ชั้น(กรณีศึกษา) โดยนำค่าความต้านทานความร้อนของผนังทดสอบที่ได้จากการทดลองใน LAB ขั้นตอนที่ 1 มาจำลองการใช้งานด้วยโปรแกรม Visual DOE

ข้อจำกัดในการทดลอง

1. เครื่องวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุมีความจำกัดในการทดลองผนังที่หนาไม่เกิน 7.5 ซม. ทำให้จำเป็นต้องสร้างผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้นภายใต้ข้อจำกัดนี้
2. การทดลองด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อน จำเป็นต้องมีการควบคุมการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ

3. การปรับตั้งค่าในโปรแกรม Visual DOE จำเป็นต้องมีการตั้งค่าในการทดลองให้เหมือนกันในทุกการ Simulation ผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น เช่น ตั้งค่าการใช้ระบบเครื่องปรับอากาศ ตั้งค่าช่วงเวลาการใช้อาคาร เป็นต้น

ผลการทดลอง

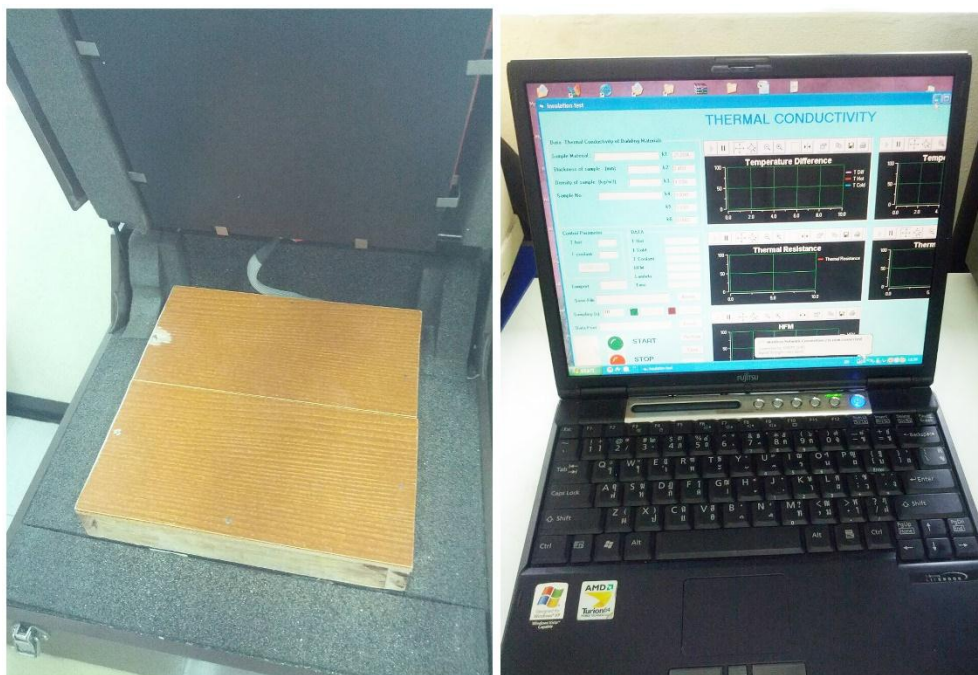
ผลการทดลอง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของผนังทดสอบ
2. ผลการจำลองการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น ด้วยโปรแกรม Visual DOE

4.2.1 ผลการทดลองด้วยเครื่องวัดการนำความร้อน (LAB)

การศึกษาค่าการนำความร้อนของผนังทดสอบด้วยเครื่องวัดการนำความร้อน B480 ได้รับความอนุเคราะห์จาก คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยได้รับความดูแลการทดลองภายใต้การควบคุมของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในการทดลองมีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อน B480 โดยวัดค่าการนำความร้อนที่สภาวะคงที่ ใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนจากด้านบนสู่ด้านล่างของผนังทดสอบ
2. วัดความหนาของผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น ด้วยเครื่องมือสำหรับใช้วัดงานละเอียด (เวอร์เนียร์)
3. ชั่งน้ำหนักของผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลอลค่าความละเอียดสูง มีค่าละเอียด 0.001 กรัม
4. นำความหนาเฉลี่ย และน้ำหนักของผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น มาคำนวณหาปริมาตร
5. หาค่าความหนาแน่นของผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้น ตามมาตรฐาน JISA 5905 โดยการคำนวณ
6. นำค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อน ซึ่งจากการศึกษาทั้ง 6 ขั้นตอน มีผลการทดลอง ดังนี้



รูปที่ 29 แสดงบรรยากาศในการทดลองส่วนที่ 2 ขั้นตอนที่ 1 ในแลปทดลอง

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบจากห้องทดลอง

วัสดุทดสอบ	หนา (m)	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	Density (kg/m ³)	Conductivity (K) (W/m*K)	Resistance (R) (m ² K/W)
1. ผนัง Base case 01	0.01	0.10	0.0009	120.00	0.172	0.058
2. ผนัง Base case 02	0.05	0.18	0.0045	40.56	0.374	0.134
3. ผนังทดสอบ A	0.05	0.30	0.0045	66.36	0.332	0.151
4. ผนังทดสอบ B	0.05	0.32	0.0045	71.96	0.363	0.138
5. ผนังทดสอบ C	0.05	0.28	0.0045	61.96	0.224	0.223

จากตาราง 15 พบว่าผนัง Base case 01 คือผนังไม้ฝาสังเคราะห์เนื้อผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 10 มม. นั้นมีความหนาแน่นสูงสุดคือ 120 kg/m^3 ทำให้ผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) ที่ค่อนข้างต่ำ แต่ด้วยความหนาของผนังที่มีเพียง 1 ซม. ทำให้มีผลต่อค่าความต้านทานความร้อน (R) ที่มีค่าต่ำเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับผนังทดสอบอื่นๆ จะเห็นได้ว่าผนัง Base case 01 มีค่าความต้านทานความร้อน (R) ต่ำที่สุดคือ $0.058 \text{ m}^2\text{K/W}$ โดยผนังทดสอบที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากขึ้นตามลำดับคือ ผนัง Base case 02 มีค่า $R = 0.134 \text{ m}^2\text{K/W}$, ผนังทดสอบ A มีค่า $R = 0.151 \text{ m}^2\text{K/W}$, ผนังทดสอบ B มีค่า $R = 0.138 \text{ m}^2\text{K/W}$ โดยพบว่าผนังทดสอบ C คือ ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 1 ซม. + โครงคร่าวไม้ยาง + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม. มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำสุดเป็นอันดับ 2 คือ $K = 0.224 \text{ W/m}^2\text{K}$ แต่ด้วยความหนา 5 ซม. ของผนังทดสอบ C ทำให้มีค่าความต้านทานความร้อนมากกว่าผนัง Base case 01 ซึ่งผนังทดสอบ C ที่ความหนา 5 ซม. มีค่า $R = 0.223 \text{ m}^2\text{K/W}$

สรุปได้ว่าผนังทดสอบ C หนา 5 ซม. มีสมบัติทางความร้อนดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 หนา 1 ซม. ผนัง Base case 02 หนา 5 ซม. และผนังทดสอบ A, B หนา 5 ซม.

เมื่อวัสดุหรือผนังทดสอบมีความหนาเพิ่มขึ้น จะช่วยให้มีความต้านทานความร้อนสูงขึ้น และถ้าพิจารณาการใช้งานก่อสร้างผนังไม้สำหรับบ้านพักอาศัยนั้นจะมีความหนาของผนังอยู่ที่ 5 ซม. ถึง 8 ซม. ดังนั้นในตารางที่ 4.5 จะแสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของผนังที่ความหนา 5 ซม., 6.5 ซม. และ 8 ซม. โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังมาเป็นตัวแปรในการคำนวณ โดยกำหนดให้ผนัง Base case 01 มีความหนา 1 ซม. เท่าเดิมเพื่อเป็นผนังต้นแบบในการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของผนัง ที่ความหนาต่างกัน

วัสดุทดสอบ	Conductivity (K) (W/m*K)	Resistance (R) ** (m ² K/W)		
		0.01 m.	0.05 m.	0.08 m.
1. ผนัง Base case 01 *	0.172	0.1080	–	–
2. ผนัง Base case 02	0.374	–	0.134	0.214
3. ผนังทดสอบ A	0.332	–	0.151	0.241
4. ผนังทดสอบ B	0.363	–	0.138	0.220
5. ผนังทดสอบ C	0.224	–	0.223	0.357

* ผนัง Base case 01 เป็นฝาผนังไม้สังเคราะห์ ให้คงความหนาที่ 0.01 m.

** สูตร $R = \Delta X / K$ เมื่อ R = ค่าความต้านทานความร้อน , ΔX = ความหนาของชั้นวัสดุ , K = ค่าการนำความร้อน

จากตารางที่ 16 พบว่า เมื่อผนังทดสอบมีความหนามากขึ้นเป็น 8 ซม. ทำให้มีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนได้ดีขึ้นด้วย ซึ่งผนังทดสอบ C ที่มีความหนาผนัง 8 ซม. นั้นมีค่าความต้านทานความร้อนของผนังสูงที่สุด คือ $R = 0.357 \text{ m}^2\text{K/W}$ และเมื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 ทำให้ทราบว่าผนังทดสอบ C ที่มีความหนาผนัง 8 ซม. มีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าผนัง Base case 01 ประมาณ 3.3 เท่าตัว

ตารางที่ 17 ผลการศึกษาศสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบจากห้องทดลอง

วัสดุทดสอบ	หนา (cm)	Resistance (R) (m ² K/W)
1. ผนัง Base case 01	1.00	0.058
2. ผนัง Base case 02	5.00	0.134
3. ผนังทดสอบ A	5.00	0.151
4. ผนังทดสอบ B	5.00	0.138
5. ผนังทดสอบ C	5.00	0.223
6. ผนัง Base case 02 (8 cm)	8.00	0.214
7. ผนังทดสอบ A (8 cm)	8.00	0.241
8. ผนังทดสอบ B (8 cm)	8.00	0.220
9. ผนังทดสอบ C (8 cm)	8.00	0.357
10. ฉนวนโพลียูรีเทน 2 นิ้ว	5.00	2.210
11. ฉนวนโพลียูรีเทน 3 นิ้ว	7.50	3.310

จากตารางที่ 17 เป็นการเปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนคือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และค่าความต้านทานความร้อนของผนังทดสอบที่มีความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. กับผนัง Base case ที่มีความหนา 1 ซม. พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับฉนวนโพลียูรีเทนความหนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว

พบว่าผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. มีค่าความต้านทานความร้อนสูงที่สุดคือ $R = 0.357$ m²K/W เมื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case และผนังทดสอบทั้งหมด แต่ก็พบว่าผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. มีค่าความต้านทานความร้อนที่ต่ำกว่าฉนวนโพลียูรีเทนหนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว อยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งต่ำกว่าฉนวนโพลียูรีเทนหนา 2 นิ้ว ประมาณ 6.1 เท่าตัว และต่ำกว่าฉนวนโพลียูรีเทนหนา 3 นิ้ว ประมาณ 9.2 เท่าตัว

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนของผนังไม้ไผ่กลางไม้ไผ่ทรงกระบอกวางกับวัสดุกันความร้อนห้องตลาด และวัสดุที่มีการวิจัยที่ผ่านมา

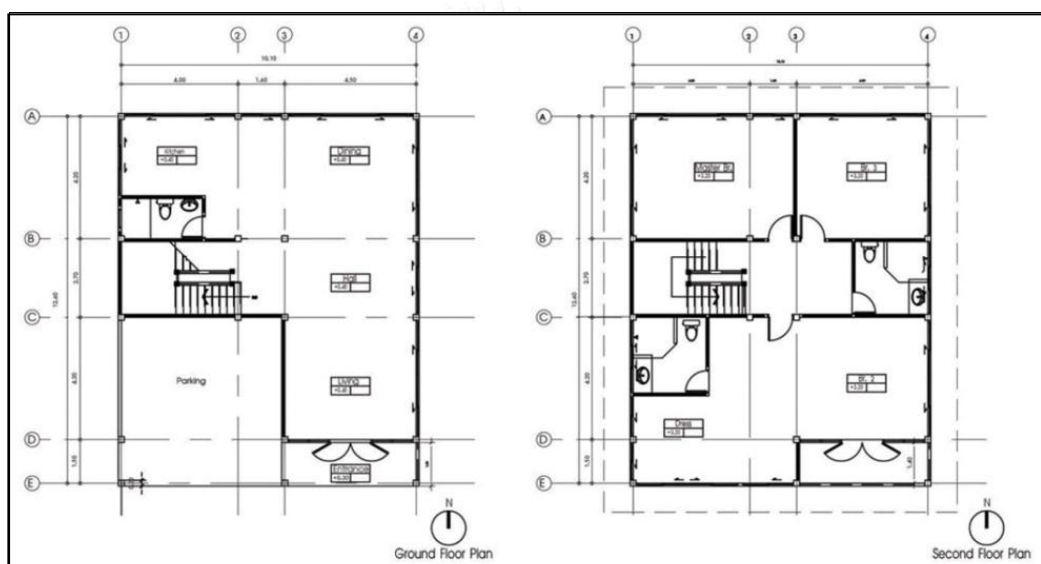
วัสดุ	หนา (cm)	Resistance (R) (m ² K/W)
1. ฉนวนโพลียูรีเทน 2 นิ้ว	5.00	2.210
2. ฉนวนโพลียูรีเทน 3 นิ้ว	7.50	3.310
3. ฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผ้าใยสังเคราะห์เคลือบ	4.00	1.364
4. โยแก้ว	2.50	0.714
5. แผ่นฝ้าเพดานจากฟางข้าวผสมมะพร้าวสับ	3.00	0.497
6. ผนังไม้จริงตัดขวาง	8.00	0.432
7. ผนังไม้ไผ่กลางไม้ไผ่ทรงกระบอกวางตามยาว (ผนังทดสอบ C)	8.00	0.357
8. แผ่นฝ้าเพดานจากฟางข้าวผสมมะพร้าวสับ	2.00	0.326
9. ผนังไม้ไผ่กลางไม้ไผ่ทรงกระบอกวางตามยาว (ผนังทดสอบ C)	5.00	0.223
10. แผ่นฉนวนกันความร้อนจากชานอ้อย	10.00	0.108
11. แผ่นฉนวนกันความร้อนจากฟางข้าว	10.00	0.104
12. แผ่นฉนวนจากต้นมันสำปะหลัง	9.35	0.094
13. มวลเบาจากส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง	7.50	0.081
14. อิฐมวลเบาจากเศษแก้ว	2.00	0.065

จากตารางที่ 18 เป็นการเปรียบเทียบ สมบัติทางความร้อนของผนังไม้ไผ่กลางไม้ไผ่ทรงกระบอกวางกับวัสดุกันความร้อนห้องตลาด และวัสดุที่มีการวิจัยที่ผ่านมา พบว่าผนังที่ทำการศึกษาวิจัยนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผนังด้วยกัน มีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้น้อยกว่าผนังไม้จริงตัดขวาง แต่สามารถช่วยป้องกันความร้อนได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับผนัง

ประเภทอิฐมวลเบา อย่างไรก็ตามความสามารถในการป้องกันความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุด้วยเช่นกัน

4.2.2 ผลการทดลองโดยจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Visual DOE (Simulation)

โปรแกรม Visual DOE เป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร โดยสามารถจำแนกประเภทของพลังงานที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็น 4 ประเภท คือ 1. Lights 2. Equipment 3. Cooling 4. Fans ซึ่งในการจำลองบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ จะพิจารณาในส่วนของพลังงานที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ คือในส่วนของ Cooling และ Fans



รูปที่ 30 แสดงแบบบ้านอ้างอิง (บ้านพักอาศัย 2 ชั้น) ที่ใช้ในการศึกษา

ที่มา : (อรรจน์ เศรษฐบุต และธนิต จินดาวณิก, 2550)

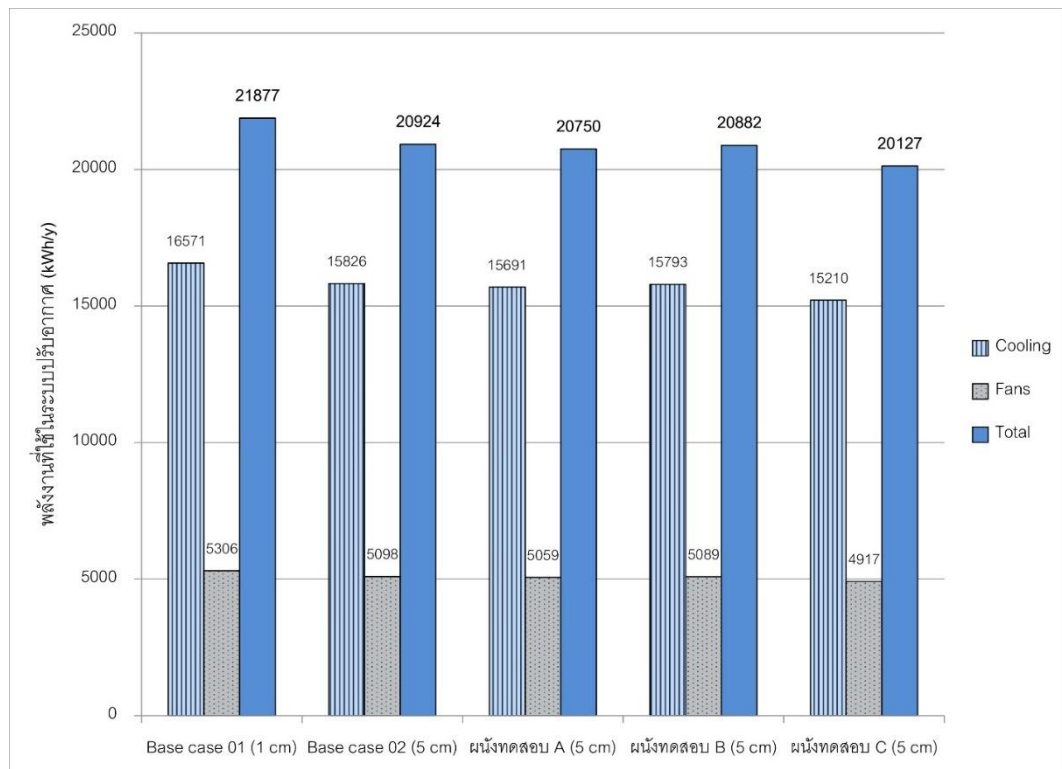
ในการจำลองการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรม Visual DOE ในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาสูง 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ใช้สอย 224 ตร.ม. ดังแสดงในรูปที่ 30 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของผนัง Base case 01, 02 กับผนังทดสอบ A, B และ C โดยทำการศึกษาผนังที่ความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. รวมถึงการเปรียบเทียบกับผนังไม้สังเคราะห์ที่ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ด้วย

กำหนดรูปแบบบ้านพักอาศัยให้มีการตั้งค่าการใช้งานของผู้อาศัย (Schedules) ให้มีลักษณะการใช้งานกลางคืนเป็นหลักตามลักษณะการใช้สอยบ้านพักอาศัยทั่วไปของประเทศไทย (รายละเอียด Schedules อยู่ในภาคผนวก) และปรับตั้งประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศให้มี

ความใกล้เคียงกับอุปกรณ์ห้องตลาด โดยกำหนดให้มีค่า Energy Efficiency Ratio (EER) = 11.5 (ในหน่วยเมตริก) เพื่อให้ผลการทดลองมีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

และศึกษาถึงภาระค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงาน โดยคำนวณจากหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ อ้างอิงค่าไฟฟ้าที่ราคา 3.50 บาทต่อหน่วย และวิเคราะห์ผลการประหยัดค่าไฟฟ้า

4.2.1.1 ผลการศึกษาผนังทดสอบด้านพลังงานของผนังทดสอบหนา 5 ซม.

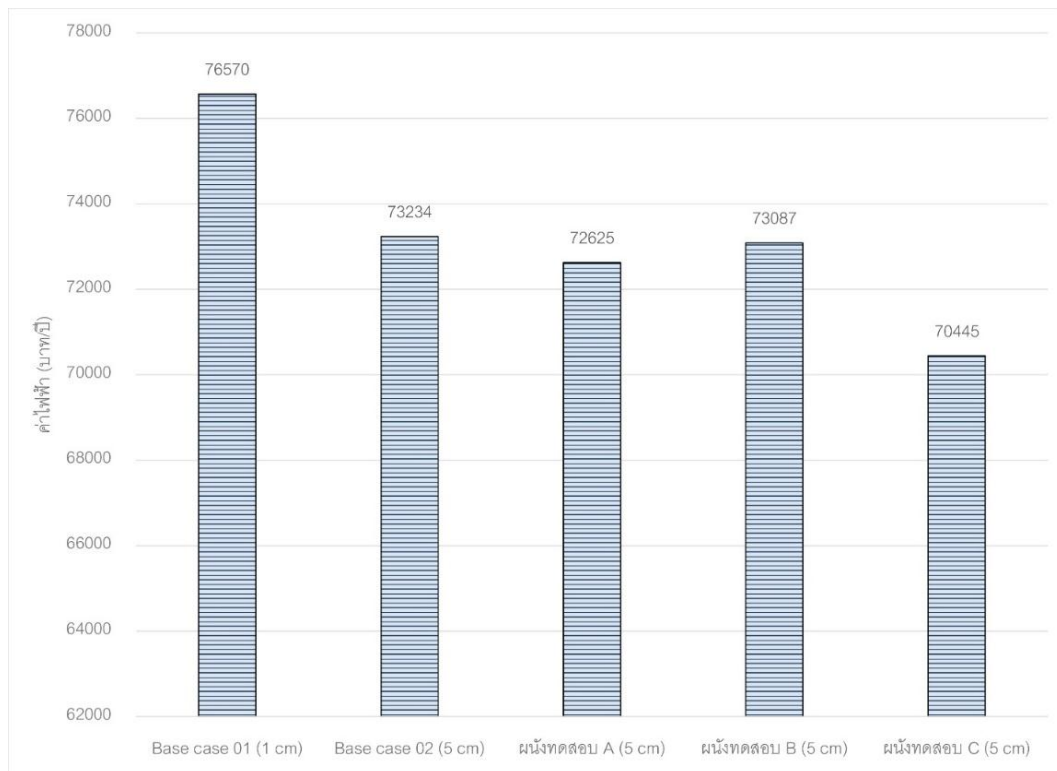


แผนภูมิที่ 6 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 5 ซม.)

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (ผนังทดสอบหนา 5 ซม.)

ชนิดผนัง	Cooling	Fans	Total Cooling Energy (kWh/y)
1. Base case 01 (1 cm)	16,571	5,306	21,877
2. Base case 02 (5 cm)	15,826	5,096	20,924
3. ผนังทดสอบ A (5 cm)	15,691	5,059	20,750
4. ผนังทดสอบ B (5 cm)	15,793	5,089	20,882
5. ผนังทดสอบ C (5 cm)	15,210	4,917	20,127

จากผลการศึกษาผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ A, B และ C ที่มีความหนา 5 ซม. เปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 ที่มีความหนา 1 ซม. โดยพิจารณาในส่วนปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศสะสมต่อปี (แสดงในแผนภูมิที่ 6 และตารางที่ 19) และพิจารณาค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อปี (แสดงในแผนภูมิที่ 7) พบว่าผนัง Base case 01 มีอัตราการใช้พลังงานสูงสุดเป็นอันดับ 1 คือ 21,877 kWh/y คิดเป็นค่าไฟฟ้า 76,570 บาทต่อปี โดยที่ผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ B, A และ C สามารถช่วยลดอัตราการใช้พลังงานให้น้อยลงมาได้ตามลำดับ ซึ่งผนังทดสอบ C คือ ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 1 ซม. + โครงเคร่าไม้ยาง + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม. มีอัตราการใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ 20,127 kWh/y คิดเป็นค่าไฟฟ้า 70,445 บาทต่อปี



แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ใช้ในระบบปรับอากาศที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 5 ซม.)

ตารางที่ 20 แสดงผลการจำลองใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ และค่าไฟฟ้าต่อปี ที่ใช้ในบ้าน
กรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 5 ซม.)

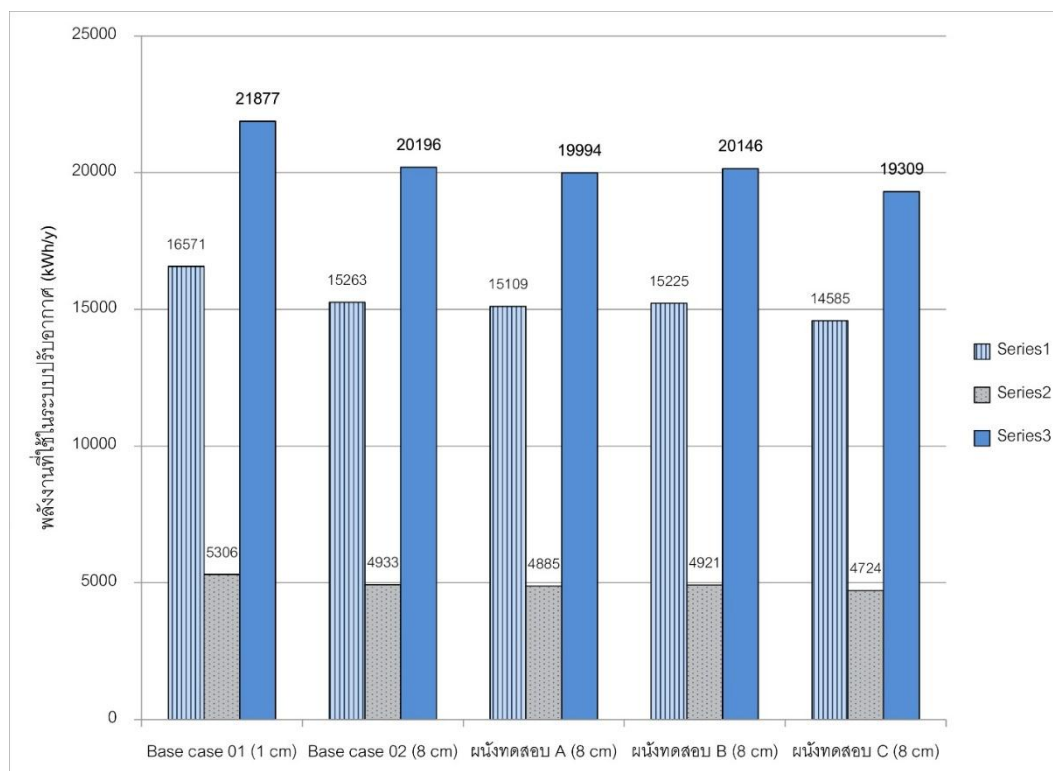
ชนิดผนัง	ระบบปรับอากาศ		หน่วยการ ใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kWh)	ค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท)	ค่าไฟลดลง จาก Base case (บาท)	ค่าไฟลดลง จาก Base case (%)
	COOLING	FAN				
1. Base case 01 (1 cm)	16,571	5,306	21,877	76,570	-	-
2. Base case 02 (5 cm)	15,826	5,096	20,924	73,234	3,336	4.36%
3. ผนังทดสอบ A (5 cm)	15,691	5,059	20,750	72,625	3,945	5.15%
4. ผนังทดสอบ B (5 cm)	15,793	5,089	20,882	73,087	3,483	4.55%
5. ผนังทดสอบ C (5 cm)	15,210	4,917	20,127	70,445	6,126	8.00%

จากตารางที่ 20 เป็นการศึกษาอัตราการช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของ
ผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ A, B และ C ที่มีความหนา 5 ซม. เปรียบเทียบกับผนัง Base
case 01 ที่มีความหนา 1 ซม. โดยพบว่า

1. ผนัง Base case 02 สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 3,336 บาท คิดเป็น 4.36%
2. ผนังทดสอบ A สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 3,945 บาท คิดเป็น 5.15%
3. ผนังทดสอบ B สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 3,483 บาท คิดเป็น 4.55%
4. ผนังทดสอบ C สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 6,126 บาท คิดเป็น 8.00%

ซึ่งผนังทดสอบ C หนา 5 ซม. สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ
ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาสูง 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ใช้สอย 224 ตร.ม. ได้มากที่สุดคิดเฉลี่ยเป็นเงิน
510 บาทต่อเดือน

4.2.1.2 ผลการศึกษาผนังทดสอบด้านพลังงานของผนังทดสอบหนา 8 ซม.

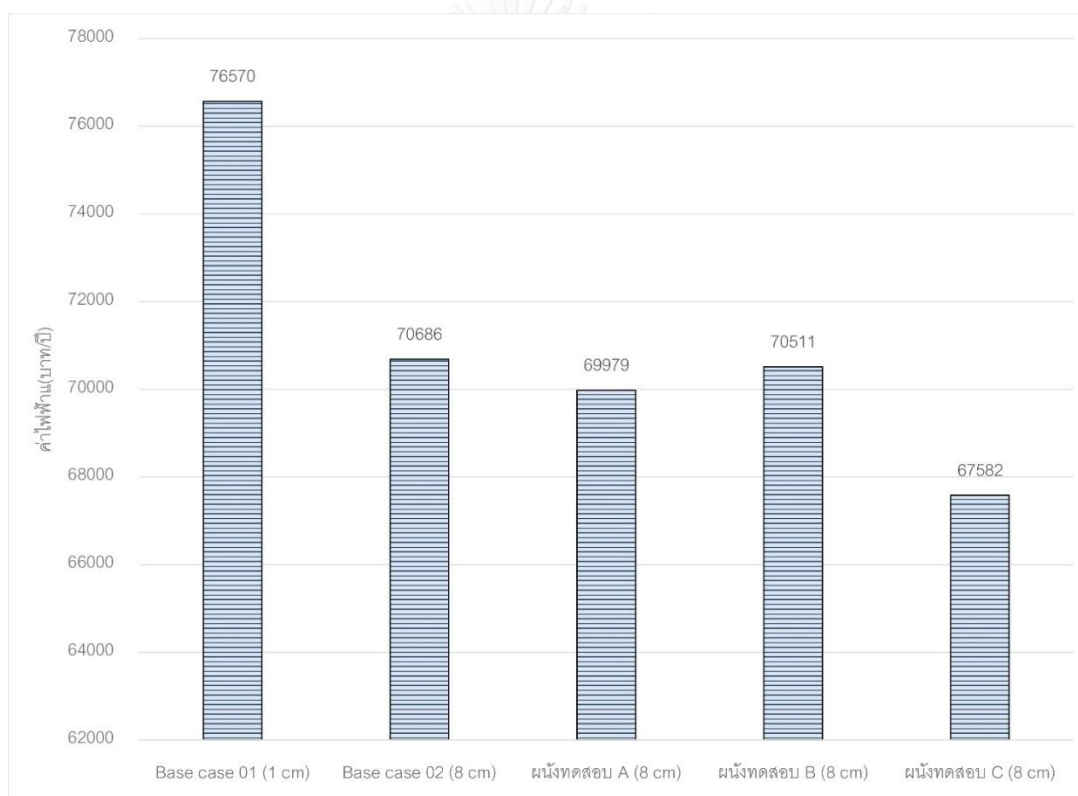


แผนภูมิที่ 8 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้
งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

ตารางที่ 21 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้
งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (ผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

ชนิดผนัง	Cooling	Fans	Total Cooling Energy (kWh/y)
1. Base case 01 (1 cm)	16,571	5,306	21,877
2. Base case 02 (8 cm)	15,263	4,933	20,196
3. ผนังทดสอบ A (8 cm)	15,109	4,885	19,994
4. ผนังทดสอบ B (8 cm)	15,225	4,921	20,146
5. ผนังทดสอบ C (8 cm)	14,585	4,724	19,309

จากผลการศึกษาน้ำ Base case 02 ผนังทดสอบ A, B และ C ที่มีความหนา 8 ซม. เปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 ที่มีความหนา 1 ซม. โดยพิจารณาในส่วนปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศสะสมต่อปี (แสดงในแผนภูมิที่ 8 และตารางที่ 21) และพิจารณาค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อปี (แสดงในแผนภูมิที่ 9) พบว่าผนัง Base case 01 มีอัตราการใช้พลังงานสูงสุดเป็นอันดับ 1 คือ 21,877 kWh/y คิดเป็นค่าไฟฟ้า 76,570 บาทต่อปี โดยที่ผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ B, A และ C สามารถช่วยลดอัตราการใช้พลังงานให้น้อยลงมาได้ตามลำดับ ซึ่งผนังทดสอบ C คือ ไม้ฝาสังเคราะห์หนา 1 ซม. + โครงโครงไม้ยาง + ไม้ฝาทองกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม. มีอัตราการใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ 19,309 kWh/y คิดเป็นค่าไฟฟ้า 67,582 บาทต่อปี



แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ใช้ในระบบปรับอากาศ โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

.ตารางที่ 22 แสดงผลการจำลองใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ และค่าไฟฟ้าต่อปี ที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

ชนิดผนัง	ระบบปรับอากาศ		หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อปี (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	ค่าไฟลดลงจาก Base case (บาท)	ค่าไฟลดลงจาก Base case (%)
	COOLING	FAN				
1. Base case 01 (1 cm)	16,571	5,306	21,877	76,570	-	-
2. Base case 02 (8 cm)	15,263	4,933	20,196	70,686	5,884	7.68%
3. ผนังทดสอบ A (8 cm)	15,109	4,885	19,994	69,979	6,591	8.61%
4. ผนังทดสอบ B (8 cm)	15,225	4,921	20,146	70,511	6,059	7.91%
5. ผนังทดสอบ C (8 cm)	14,585	4,724	19,309	67,582	8,989	11.74%

จากตารางที่ 22 เป็นการศึกษาอัตราการช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ A, B และ C ที่มีความหนา 8 ซม. เปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 ที่มีความหนา 1 ซม. โดยพบว่า

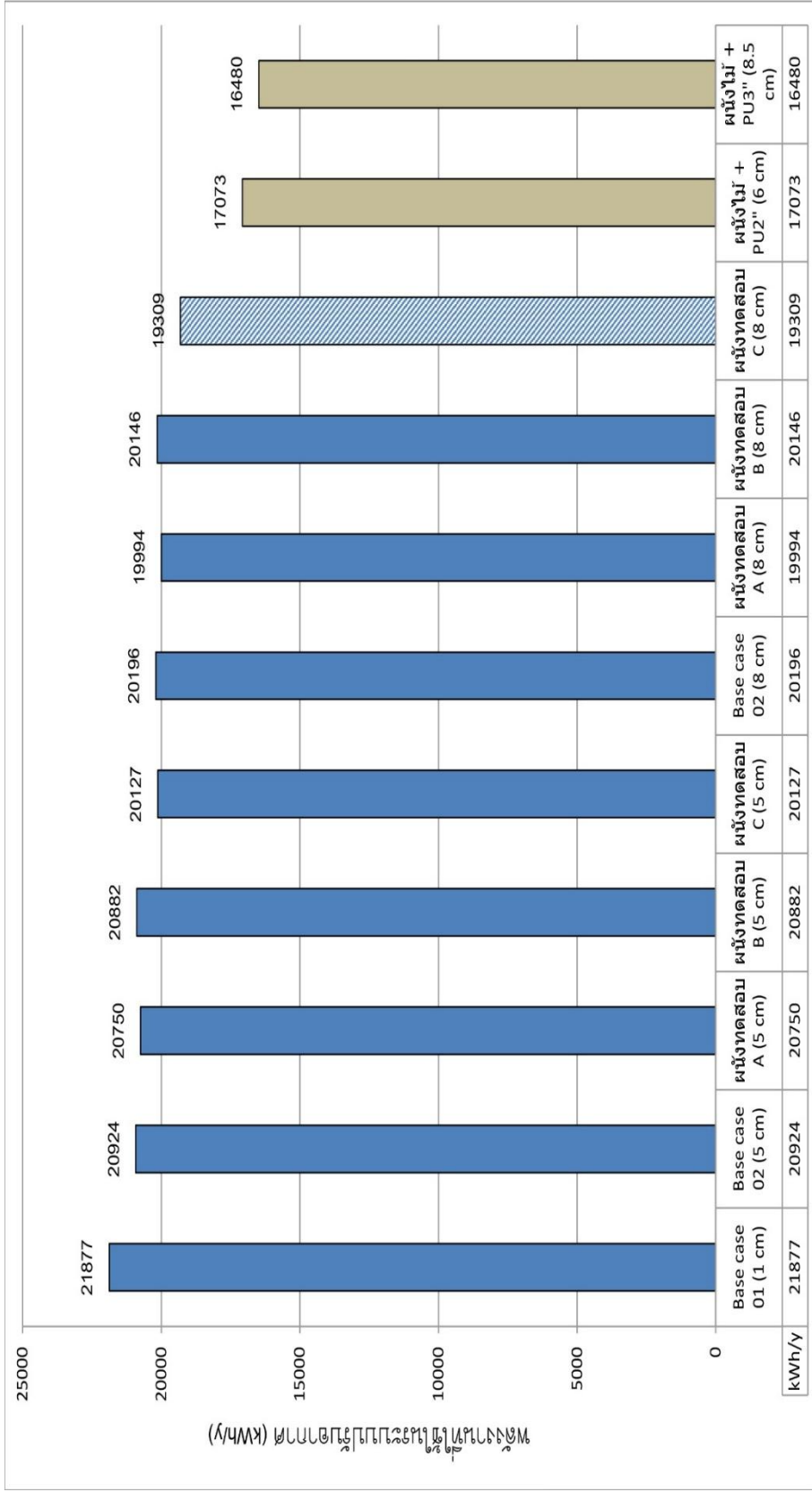
1. ผนัง Base case 02 สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 5,884 บาท คิดเป็น 7.68%
2. ผนังทดสอบ A สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 6,591 บาท คิดเป็น 8.61%
3. ผนังทดสอบ B สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 6,059 บาท คิดเป็น 7.91%
4. ผนังทดสอบ C สามารถช่วยลดภาระค่าไฟฟ้าได้ปีละ 8,989 บาท คิดเป็น 11.74%

ซึ่งผนังทดสอบ C หนา 8 ซม.สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาสูง 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ใช้สอย 224 ตร.ม. ได้มากที่สุดคิดเฉลี่ยเป็นเงิน 749 ต่อเดือน

4.2.1.3 ผลการศึกษาด้านพลังงานของผนังทดสอบหนา 5 ซม. 8 ซม. กับฉนวน PU

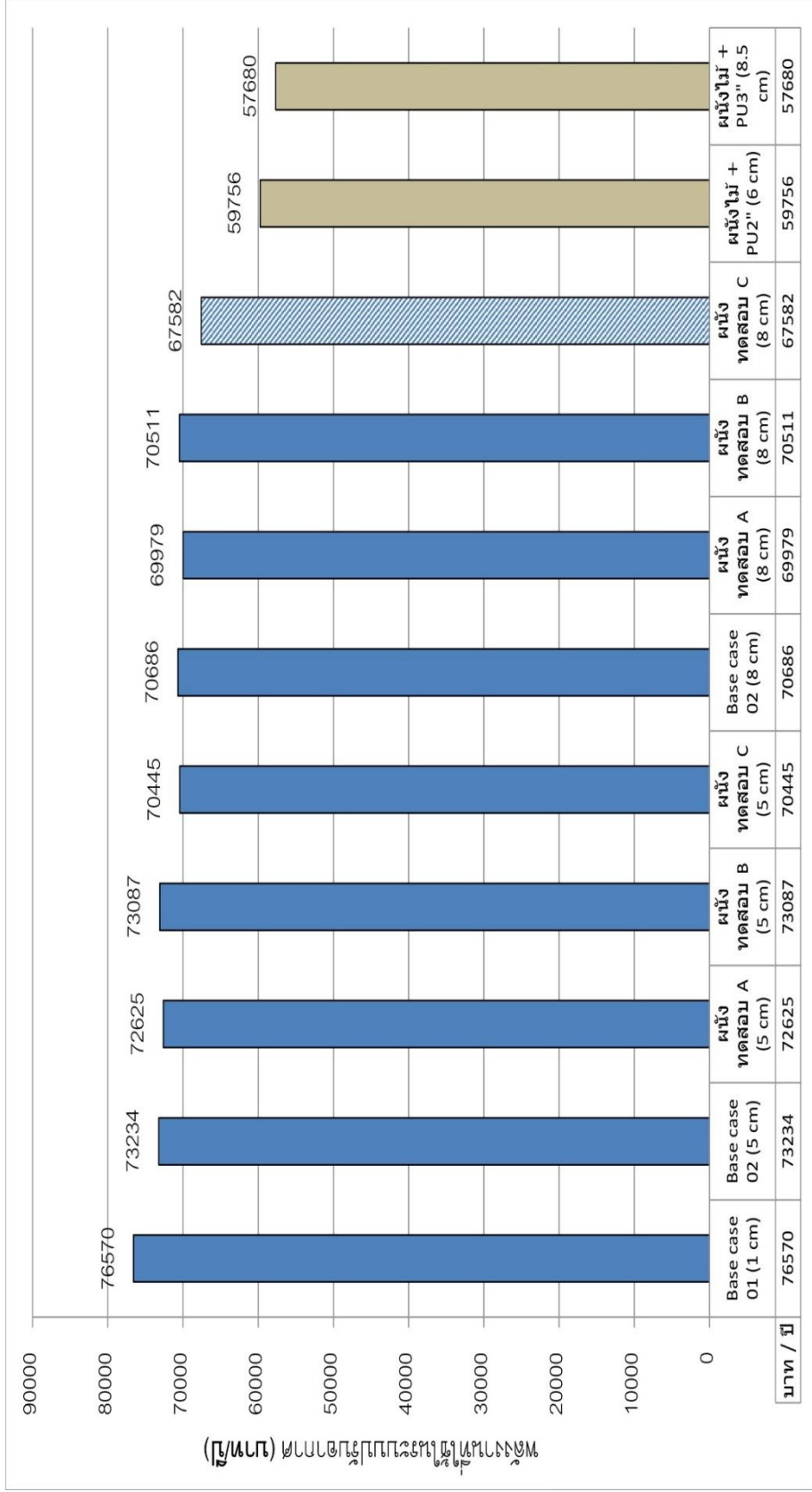
ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของผนัง Base case 01 หนา 1 ซม. ผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ A,B และ C ที่มีความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. กับผนังไม้สังเคราะห์ที่ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ซึ่งฉนวนโพลียูรีเทนเป็นวัสดุท้องตลาดที่นิยมใช้ทั่วไป แต่มีราคาสูง โดยมีผลการศึกษาดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.8 และ 4.9





แผนภูมิที่ 10 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้งานช่วงกลางคืนเป็นหลัก

(เปรียบเทียบระหว่างผนังทดสอบหนา 5 , 8 ซม. และผนังชนิดฉนวน Polyurethane)

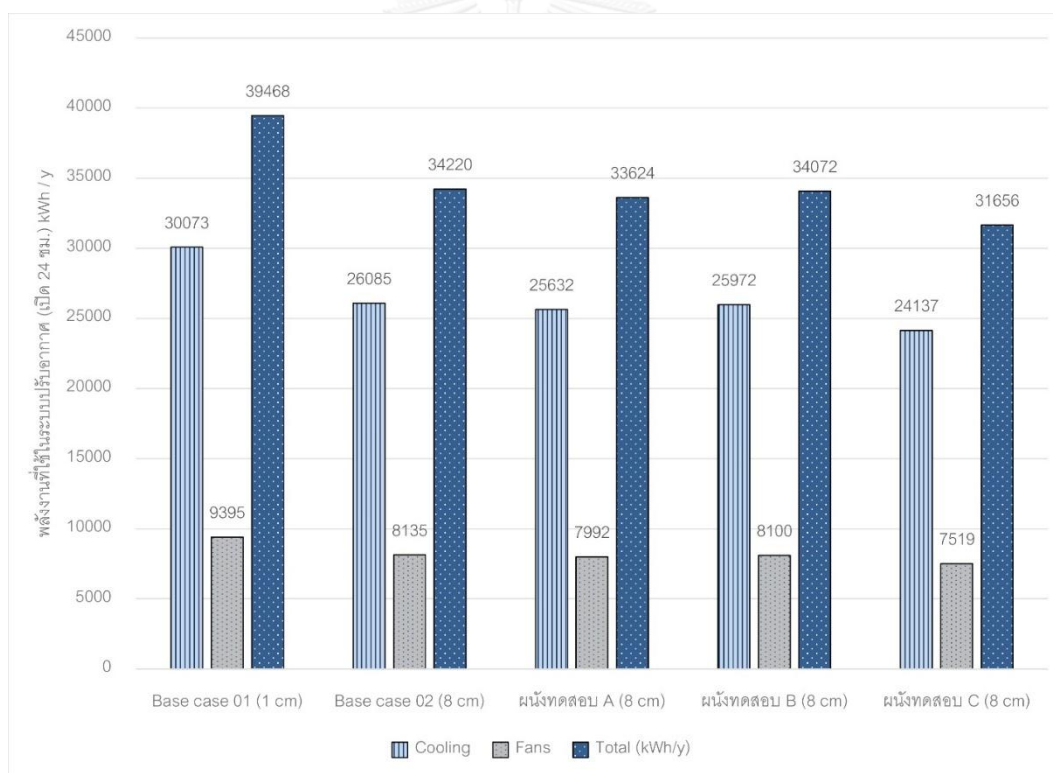


แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมีการใช้ในช่วงกลางคืนเป็นหลัก (เปรียบเทียบ

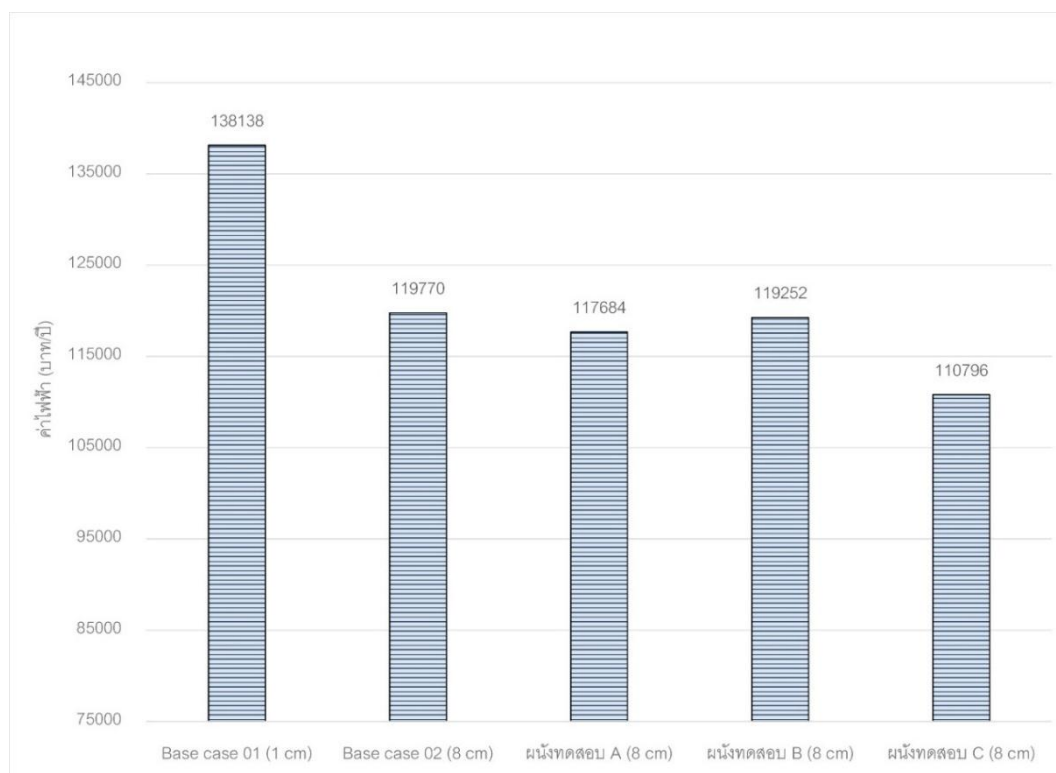
ระหว่างผนังทดสอบหนา 5 , 8 ซม. และผนังฉนวน Polyurethane)

จากแผนภูมิที่ 10 และ 11 แสดงผลการทดลองผนังทดสอบที่ความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบ โดยเฉพาะผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. ที่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้มากที่สุดโดยใช้พลังงาน 19,309 kWh/y แต่เมื่อนำผนังไม้สังเคราะห์ที่ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว มาจำลองการใช้พลังงานเช่นเดียวกับผนังทดสอบที่ศึกษา พบว่า ผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. นั้นมีอัตราการใช้พลังงานมากกว่าผนังไม้สังเคราะห์ที่ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว อยู่ถึง 2,236 kWh/y คิดเป็นค่าไฟฟ้า 7,825 บาทต่อปี และ 2,829 kWh/y คิดเป็นค่าไฟฟ้า 9,902 บาทต่อปี ตามลำดับ ทำให้ผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. ยังคงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าฉนวนโพลียูรีเทน

4.2.1.4 ผลการศึกษาด้านพลังงานของผนังทดสอบที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชม.



แผนภูมิที่ 12 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา ที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชม. (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

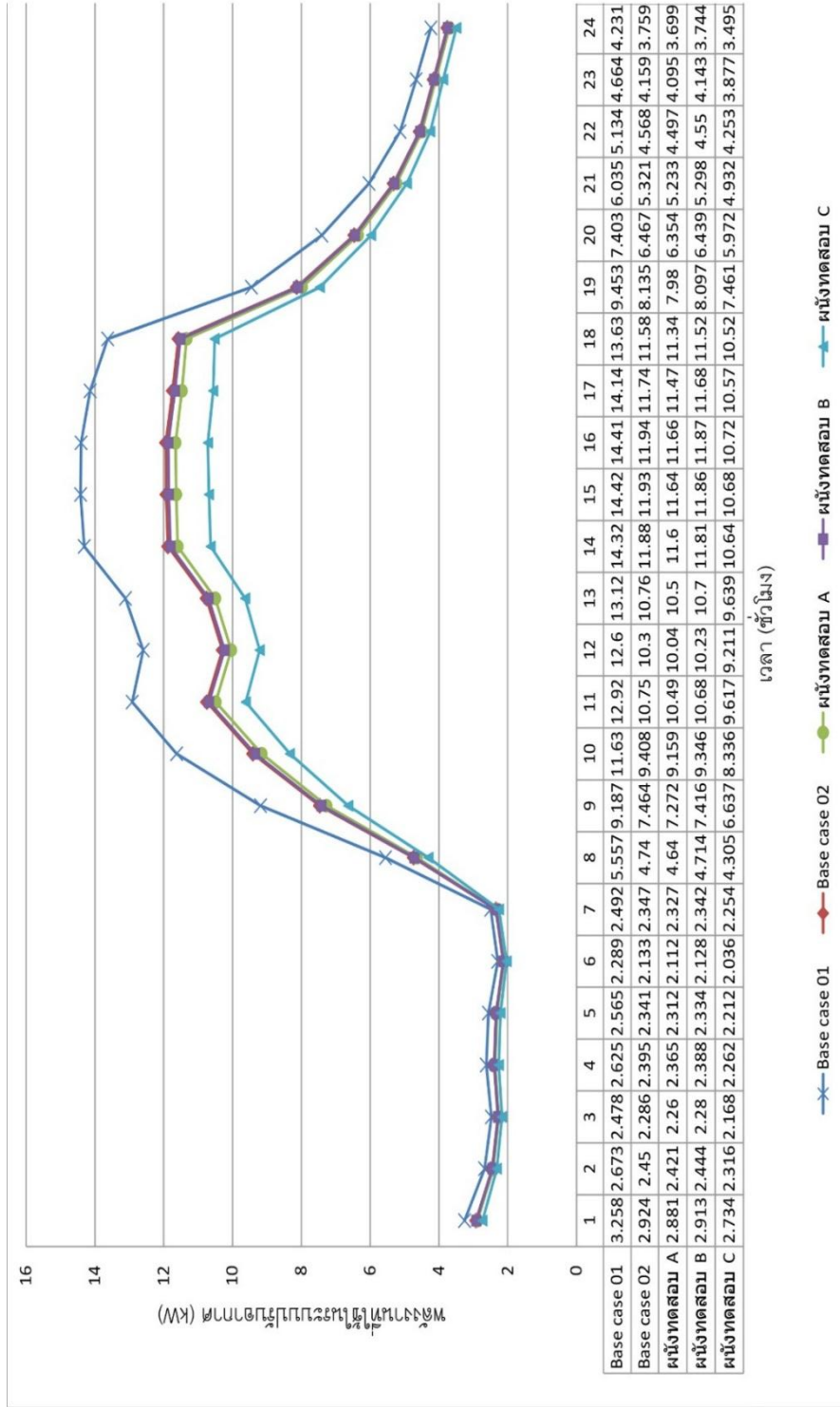


แผนภูมิที่ 13 แสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา ที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชม. (กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

จากแผนภูมิที่ 12 และ 13 เป็นการศึกษามผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ A, B และ C ที่มีความหนา 8 ซม. เปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 ความหนา 1 ซม. โดยการจำลองการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาสูง 2 ชั้น ซึ่งกำหนดให้เปิดเครื่องปรับอากาศทุกพื้นที่ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 ปี เพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าผนัง Base case 01 มีอัตราการใช้พลังงานสูงมากที่สุดคือ 138,138 kWh/y คิดเป็นเงิน 483,483 บาทต่อปี ซึ่งสูงกว่าผนังทดสอบอื่นค่อนข้างมาก โดยพบว่าผนังทดสอบ C มีอัตราการใช้พลังงานที่ต่ำสุดคือ 110,796 kWh/y คิดเป็นเงิน 387,786 บาทต่อปี โดยมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าผนัง Base case 01 ประมาณ 20 %

จากแผนภูมิที่ 14 เป็นการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ของวันที่ 21 มีนาคมซึ่งเป็นวันที่มีอุณหภูมิอากาศร้อนที่สุดของปี พบว่าเส้นกราฟของผนัง Base case 01 แสดงอัตราการใช้พลังงานสูงกว่าผนังทดสอบอื่นค่อนข้างมาก ซึ่งต่างจากผนังทดสอบ C ที่มีอัตราการใช้พลังงานสะสมตลอดทั้งวันต่ำที่สุดและยังพบว่าผนังทดสอบทั้ง 5 ชั้นมีอัตราการใช้พลังงานมากที่สุดในช่วงเวลากลางวันเนื่องจากได้รับอิทธิพลความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์





แผนภูมิที่ 14 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ของวันที่ 21 มีนาคม

(กรณีผนังทดสอบหนา 8 ซม.)

4.3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.3.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

จากการวิจัยประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังไม้ไผ่ในบ้านเขตร้อนชื้น โดยการสร้างต้นแบบผนังทดสอบเป็น 3 รูปแบบเพื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case คือ

ผนังทดสอบ A = ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ตัดขวางปล้องกลวง + ไม้อัด 4 มม.

ผนังทดสอบ B = ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ตัดขวางข้อปล้องตัน + ไม้อัด 4 มม.

ผนังทดสอบ C = ไม้ฝาสังเคราะห์ + โครงเคร่า + ไม้ไผ่ทรงกระบอกยาว + ไม้อัด 4 มม.

มีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างและผลิตดังนี้

1. ไม้ไผ่
2. ไม้ฝาสังเคราะห์
3. ไม้โครงยางพารา
4. แผ่นไม้อัดหนา 4 มม.
5. ตะปู

4.3.1.1 การวิเคราะห์ต้นทุนกรณีไม่รวมมูลค่าไม้ไผ่

ซึ่งวัสดุและอุปกรณ์ข้างต้นทำให้เกิดต้นทุนในการก่อสร้าง แต่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาโดยใช้วัสดุไม้ไผ่ที่หาได้ง่ายจากท้องถิ่นนำมาปรับปรุงบ้านพักอาศัยผนังไม้หรือไม้สังเคราะห์เดิมด้วยตนเอง ทำให้ไม้ไผ่ ไม้ฝาสังเคราะห์ และค่าแรงก่อสร้างไม่คิดรวมอยู่ในต้นทุนการก่อสร้างในครั้งนี้ โดยสามารถสรุปต้นทุนการก่อสร้างผนังบ้านต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ได้ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 แสดงต้นทุนการก่อสร้างผนังไม้ไผ่ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร กรณีไม่รวมมูลค่าไม้ไผ่

วัสดุ	ราคา(เฉลี่ยต่อตารางเมตร)
1. ไม้ไผ่	หาจากท้องถิ่น
2. ไม้ฝาสังเคราะห์	ผนังบ้านเดิม
3. ไม้โครงยกพารา (1 นิ้ว x 2 นิ้ว)	28 บาท/ตารางเมตร
4. แผ่นไม้อัดหนา 4 มม.	65 บาท/ตารางเมตร
5. ตะปู	5 บาท/ตารางเมตร
รวมค่าก่อสร้าง	98 บาท/ตารางเมตร

จากตารางที่ 23 สรุปได้ว่า ในพื้นที่ก่อสร้าง 1 ตารางเมตร ต้องใช้ต้นทุนในการก่อสร้างประมาณ 98 บาท ซึ่งบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีพื้นที่ผนังภายนอกที่ต้องปรับปรุงด้วยไม้ไผ่ทั้งหมด 365 ตารางเมตร ดังนั้นจึงสรุปต้นทุนของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาได้ดังนี้

พื้นที่ผนังภายนอกที่ต้องปรับปรุง = 365 ตารางเมตร

ต้นทุนก่อสร้างต่อตารางเมตร = 98 บาท

ดังนั้น ต้นทุน = 365 x 98 บาท

= 35,770 บาท / บ้านกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.1.2 การวิเคราะห์ต้นทุนกรณีรวมมูลค่าไม้ไผ่

แต่หากเกิดกรณีที่ไม่สามารถหาไม้ไผ่จากแหล่งธรรมชาติในท้องถิ่นได้ ทำให้เกิดมูลค่าของต้นทุนที่สูงขึ้น โดยสามารถสรุปต้นทุนการก่อสร้างผนังบ้านต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่รวมมูลค่าของไม้ไผ่ด้วย ได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 24 แสดงต้นทุนการก่อสร้างผนังไม้ไผ่ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

วัสดุ	ราคา(เฉลี่ยต่อตารางเมตร)
1. ไม้ไผ่	85 บาท/ตารางเมตร
2. ไม้ฝาสังเคราะห์	ผนังบ้านเดิม
3. ไม้โครงยกพารา (1 นิ้ว x 2 นิ้ว)	28 บาท/ตารางเมตร
4. แผ่นไม้อัดหนา 4 มม.	65 บาท/ตารางเมตร
5. ตะปู	5 บาท/ตารางเมตร
รวมค่าก่อสร้าง	183 บาท/ตารางเมตร

จากตารางที่ 24 สรุปได้ว่า ในพื้นที่ก่อสร้าง 1 ตารางเมตร ต้องใช้ต้นทุนในการก่อสร้างประมาณ 183 บาท ซึ่งบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีพื้นที่ผนังภายนอกที่ต้องปรับปรุงด้วยไม้ไผ่ทั้งหมด 365 ตารางเมตร ดังนั้นจึงสรุปต้นทุนของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาได้ดังนี้

$$\text{พื้นที่ผนังภายนอกที่ต้องปรับปรุง} = 365 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{ต้นทุนก่อสร้างต่อตารางเมตร} = 183 \text{ บาท}$$

$$\text{ดังนั้น ต้นทุน} = 365 \times 183 \text{ บาท}$$

$$= 66,795 \text{ บาท / บ้านกรณีศึกษา}$$

4.3.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

Simple payback period เป็นการประเมินระยะเวลาการคืนทุนหรือจุดคุ้มทุน (ปี) อย่างง่ายเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการลงทุนการก่อสร้างว่าเหมาะสมหรือไม่ วิธีการคำนวณอ้างอิงจากสมการดังนี้

$$\text{Simple payback period} = \text{Initial Investment} / \text{Annual Saving}$$

เมื่อ Initial Investment คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ต้นทุนก่อสร้าง)

Annual Saving คือ ผลตอบแทนต่อปี (ผลการประหยัดค่าไฟฟ้า)

ซึ่งมีผลการศึกษาระยะเวลาคืนทุนกรณีไม่รวมมูลค่าไม้ไผ่ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงผลการศึกษาค่าการลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน (ในบ้านกรณีศึกษา โดยมี
การใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก)

ชนิดผนัง	หน่วยการใช้ ไฟฟ้าต่อปี (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อ ปี (บาท)	ค่าไฟลดลงจาก Base case (บาท)	ต้นทุน การก่อสร้าง (บาท)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
1. Base case 01 (1 cm)	21,877	76,570	-	-	-
2. Base case 02 (8 cm)	20,196	70,686	5,884	35,770	6 ปี
3. ผนังทดสอบ A (8 cm)	19,994	69,979	6,591	35,770	5 ปี 5 เดือน
4. ผนังทดสอบ B (8 cm)	20,146	70,511	6,059	35,770	5 ปี 11 เดือน
5. ผนังทดสอบ C (8 cm)	19,309	67,582	8,989	35,770	3 ปี 11 เดือน

และมีผลการศึกษาระยะเวลาการคืนทุนกรณีคิดรวมมูลค่าไม้ไผ่ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงผลการศึกษาค่าการลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน (ในบ้านกรณีศึกษา โดยมี
การใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก)

ชนิดผนัง	หน่วยการใช้ ไฟฟ้าต่อปี (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อ ปี (บาท)	ค่าไฟลดลงจาก Base case (บาท)	ต้นทุน การก่อสร้าง (บาท)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
1. Base case 01 (1 cm)	21,877	76,570	-	-	-
2. Base case 02 (8 cm)	20,196	70,686	5,884	66,795	11 ปี 4 เดือน
3. ผนังทดสอบ A (8 cm)	19,994	69,979	6,591	66,795	10 ปี 2 เดือน
4. ผนังทดสอบ B (8 cm)	20,146	70,511	6,059	66,795	11 ปี
5. ผนังทดสอบ C (8 cm)	19,309	67,582	8,989	66,795	7 ปี 5 เดือน

จากผลการศึกษาการลงทุนและระยะเวลาการคืนทุนของผนังไม้ไผ่ในรูปแบบต่างๆพบว่า
ในกรณีการก่อสร้างผนังโดยสามารถหาวัสดุไม้ไผ่ได้เองจากท้องถิ่นนั้นสามารถช่วยให้ประหยัด
ต้นทุนก่อสร้างได้มากถึงประมาณ 50 % โดยมีระยะการคืนทุนที่รวดเร็วเพียง 3 ปี 11 เดือน ดัง
แสดงในตาราง 4.16 ซึ่งต่างจากกรณีการก่อสร้างที่จำเป็นต้องซื้อไม้ไผ่มาเป็นวัตถุดิบทำให้มี
ระยะเวลาการคืนทุนที่นานขึ้นคือ 7 ปี 5 เดือน

ดังนั้นหากสามารถหาวัสดุไม้ไผ่จากท้องถิ่นได้เองจะช่วยให้ลดต้นทุนการก่อสร้างและมี
ระยะเวลาการคืนทุนที่รวดเร็วมากขึ้น โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างที่มีต้นทุนต่ำ



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาและพัฒนาผนังของบ้านพักอาศัยผนังไม้ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เพื่อการประหยัดพลังงานในการทำความเย็นให้กับบ้านพักอาศัย ซึ่งทำการศึกษาเฉพาะบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ติดตั้งระบบปรับอากาศ ผู้วิจัยเลือกศึกษาไม้ไผ่ที่เป็นวัสดุท้องถิ่น หาได้ง่าย และสามารถปลูกทดแทนได้เร็ว มาเป็นตัวแปรในการศึกษาซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาด้านสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบ (กล่องทดลอง)

5.1.1 การระบายความร้อน

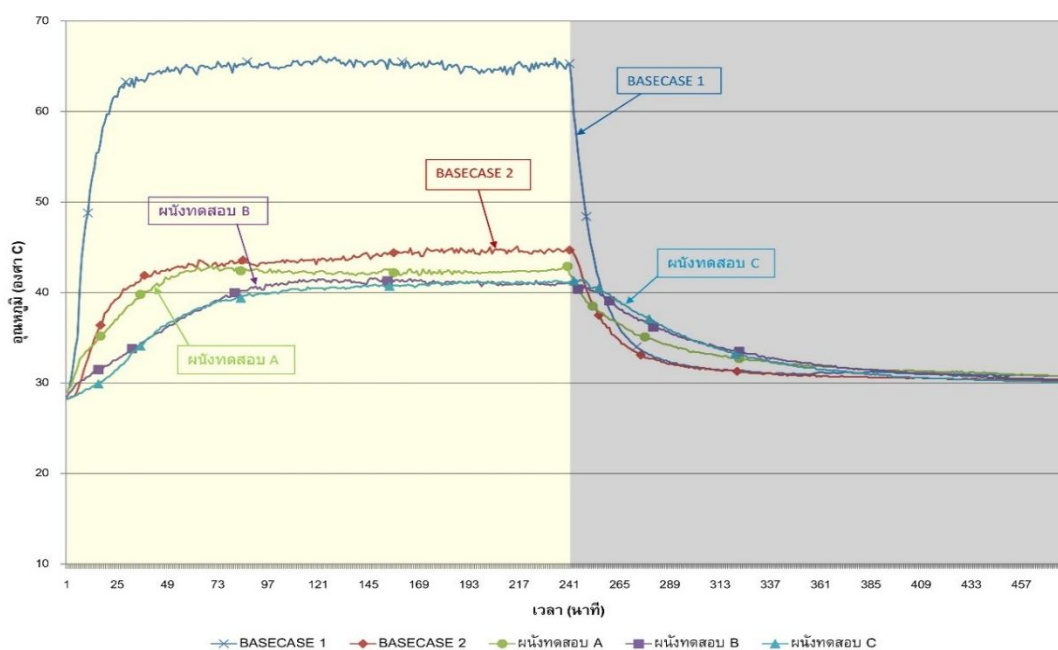
จากการศึกษาด้วยกล่องทดลองเพื่อสังเกตประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและลักษณะการคายความร้อนของผนังทดสอบ ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่นำมาทดลอง ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นวัสดุไม้ทั้งหมดนั้นมีอัตราการระบายความร้อนค่อนข้างสูงในช่วงเวลาที่เปิดหลอดไฟอินฟราเรด เนื่องจากผนังส่งผ่านความร้อนจากภายนอกเข้ามาในกล่องเป็นปริมาณมาก แต่ก็สามารถคายความร้อนออกจากผนังทดสอบได้รวดเร็วในช่วงเวลาที่ปิดหลอดไฟอินฟราเรด เนื่องจากผนังทดสอบมีองค์ประกอบเป็นไม้จึงอมความร้อนไว้ไม่นาน โดยสามารถคายความร้อนได้จนเกือบหมดตั้งแต่ช่วง 30 นาทีแรกที่ทำการปิดหลอดไฟอินฟราเรด

จึงวิเคราะห์ได้ว่าวัสดุไม้ไผ่ที่นำมาประกอบเป็นผนังทดสอบ มีสมบัติในการคายความร้อนที่ดีทำให้ไม่ส่งกระทบต่อการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะการใช้งานช่วงเวลากลางคืนเป็นหลัก

5.1.2 สมบัติการนำความร้อนและความต้านทานความร้อนของผนังทดสอบ

จากผลการทดลองด้วยกล่องที่มีการเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิผิวนอกของผนังทดสอบเปรียบเสมือนผนังด้านนอกของบ้าน และเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิผิวในของผนังทดสอบ เปรียบเสมือนผนังภายในของบ้าน พบว่าผนัง Base case 01 คือผนังไม้ฝาสังเคราะห์ มีการนำความร้อนจากด้านนอกเข้าสู่ภายในปริมาณมากซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิภายในมีความร้อนสูงมาก จากปัญหาการนำความร้อนภายนอกเข้าสู่ภายในของผนัง จึงเป็นปัญหาสำคัญในการเพิ่มภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

และพบว่าผนัง Base case 02 ผนังทดสอบ A ,B และ C มีความต้านทานความร้อนที่ดี เมื่อพิจารณาจากอุณหภูมิผิวด้านในของผนัง โดยเฉพาะผนังทดสอบ C ที่มีความต้านทานความร้อนสูงที่สุด เนื่องจากในผนังทดสอบ C มีไม้ไผ่ทรงกระบอกยาววางเรียงตามตั้งทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุ และในลำไม้ไผ่กลวงมีลักษณะเป็นช่องว่างอากาศ (Air Gap Layer) รวมถึงไม้ไผ่ที่มีเส้นใยเซลลูโลสจำนวนมากเมื่อความร้อนผ่านผนังทดสอบ C จึงเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ซึ่งมีผลการวัดอุณหภูมิผิวด้านในของผนังทดสอบดังแผนภูมิที่ 15



แผนภูมิที่ 15 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของผนังทดสอบ

5.1.3 สรุปการทดลองส่วนที่ 1 (กล่องทดลอง)

วัสดุไม้ไผ่ที่มีเส้นใยเซลลูโลสจำนวนมากเป็นส่วนประกอบทำให้มีสมบัติในการต้านทานความร้อนที่ดี และสามารถคายความร้อนออกจากวัสดุได้อย่างรวดเร็วเมื่ออากาศเย็นลงหรืออยู่ในช่วงเวลากลางคืน จึงเหมาะสมที่จะใช้กับบ้านพักอาศัยติดตั้งระบบปรับอากาศที่มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนเป็นหลัก

5.2 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของผนังทดสอบ (LAB & SIMULATION)

5.2.1 ผลสัมฤทธิ์การนำความร้อนและความต้านทานความร้อน (LAB)

จากการศึกษาทดลองผนังทดสอบที่มีความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. เพื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 ซึ่งเปรียบเสมือนผนังบ้านพักอาศัยเดิม และทำการเปรียบเทียบกับฉนวนโพลีเอทรีเทน หนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ซึ่งเป็นวัสดุช่วยป้องกันความร้อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน พบว่าผนังทดสอบที่มีส่วนประกอบของไม้ไผ่ทั้งความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. มีค่าการนำความร้อน (K) น้อยกว่าผนัง Base case 01 และมีค่าความต้านทานความร้อน (R) มากกว่าผนัง Base case 01 โดยเฉพาะผนังทดสอบ C ที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากที่สุด คือ $R = 0.357 \text{ m}^2\text{K/W}$ ทำให้ผนังทดสอบ C มีคุณสมบัติในการช่วยต้านทานความร้อนจากภายนอกบ้านพักอาศัยได้ดี โดยปัจจัยที่ทำให้ผนังทดสอบ C ต้านทานความร้อนได้สูงนั้นคือ 1. ไม้ไผ่มีเส้นใยเซลลูโลสจำนวนมาก 2. ในลำไม้ไผ่มีความกลวงซึ่งทำให้เกิดเป็นช่องว่างอากาศ (Air Gap) 3. ความหนาของผนัง ซึ่งผลการทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อนของผนังทดสอบมีดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของผนังทดสอบจากห้องทดลอง

วัสดุทดสอบ	หนา (cm)	Resistance (R) ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1. ผนัง Base case 01	1.00	0.058
2. ผนัง Base case 02	5.00	0.134
3. ผนังทดสอบ A	5.00	0.151
4. ผนังทดสอบ B	5.00	0.138
5. ผนังทดสอบ C	5.00	0.223
6. ผนัง Base case 02 (8 cm)	8.00	0.214
7. ผนังทดสอบ A (8 cm)	8.00	0.241
8. ผนังทดสอบ B (8 cm)	8.00	0.220
9. ผนังทดสอบ C (8 cm)	8.00	0.357
10. ฉนวนโพลีเอทรีเทน	5.00	2.210
11. ฉนวนโพลีเอทรีเทน	7.50	3.310

5.2.2 ผลการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

การศึกษ้อัตราการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา สูง 2 ชั้น ที่มีลักษณะการใช้งานช่วงเวลากลางคืนเป็นหลักด้วยโปรแกรม Visual DOE โดยเป็นการเปรียบเทียบผนังทดสอบที่มีความหนา 5 ซม. และ 8 ซม. เพื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 และทำการเปรียบเทียบกับฉนวนโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว โดยพิจารณาทั้งในส่วนของการใช้พลังงานและภาระค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้น พบว่าผนัง Base case 01 มีอัตราการใช้พลังงานสะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี สูงมาก ประมาณ 21,877 kWh/y ทำให้มีภาระค่าไฟฟ้าสูงถึง 76,570 บาท ต่อปี โดยพบว่าถ้ามีการปรับปรุงบ้านพักอาศัยด้วยผนังทดสอบ C จะทำให้มีอัตราการใช้พลังงาน ประมาณ 19,309 kWh/y ซึ่งคิดเป็นค่าไฟฟ้า 67,582 บาทต่อปี ทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้มากถึง 8,989 บาทต่อปี โดยคิดเป็น 11.74 % โดยมีผลการใช้พลังงานของแต่ละผนังดังแสดงในแผนภูมิที่ 17 จากผลการวิจัยสามารถพิจารณาผนังทดสอบได้ดังนี้

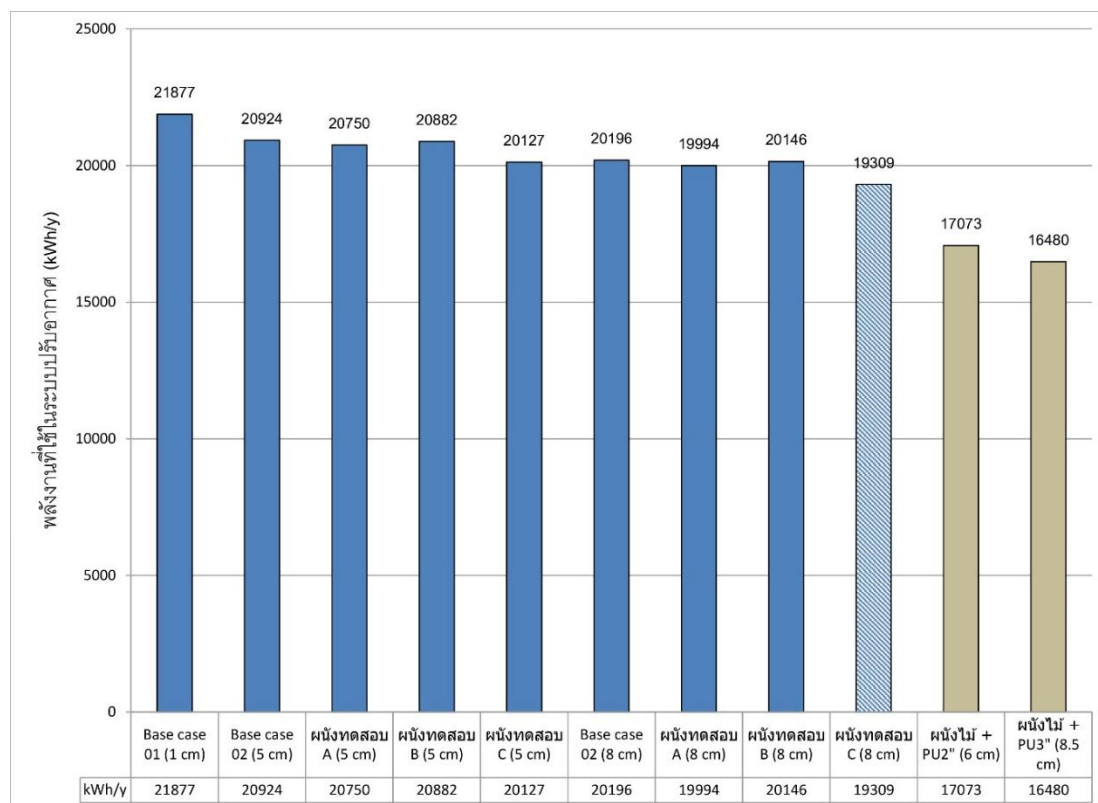
ผนัง Base case 02 = มีช่องว่างอากาศ (Air Gap) ระหว่างไม้ฝากับไม้อัด 4 มม. ทำให้ช่วยในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้บ้างแต่ไม่มากนัก

ผนังทดสอบ A = การเรียงไม้ฝาแบบตัดขวางปล้องกลวง ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุ และช่องกลวงของลำไม้ฝา ส่งผลให้ความร้อนสามารถส่งจากไม้ฝาไปยังไม้อัดได้ง่าย จึงทำให้ผนังมีความต้านทานความร้อนน้อย

ผนังทดสอบ B = การเรียงไม้ฝาแบบตัดขวางปล้องตัน ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุและด้วยข้อปล้องที่มีตาไม้ฝาทำให้จัดเรียงยากจึงวางไม้ฝาด้านน้อย ส่งผลให้ความร้อนสามารถส่งจากไม้ฝาไปยังไม้อัดได้ง่าย จึงทำให้ผนังมีความต้านทานความร้อนน้อย

ผนังทดสอบ C = มีการเรียงตัวของลำไม้ฝาเป็นทรงกระบอกยาววางชิดกันจนไม่ทำให้เกิดช่องว่าง และลำไม้ฝาปล้องมีลักษณะเป็นช่องว่างอากาศ (Air Gap) รวมถึงไม้ฝามีเส้นใยเซลลูโลสจำนวนมาก ช่วยให้ผนังทดสอบ C มีความต้านทานความร้อนสูงกว่าผนังทดสอบอื่นๆ

แผนภูมิที่ 16 แสดงปริมาณพลังงานของระบบปรับอากาศทั้งปีที่ใช้ในบ้านกรณีศึกษา โดยมี
การใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก (เปรียบเทียบระหว่างผนังทดสอบหนา 5 , 8
ซม.และผนังติดฉนวน Polyurethane)



5.2.3 ผลการศึกษาน้ำหนักของไม้ไผ่ที่เพิ่มขึ้นในผนังบ้านพักอาศัย

ในการปรับปรุงบ้านพักอาศัยผนังไม้สังเคราะห์ด้วยวัสดุไม้ไผ่ โดยใช้ผนังตามรูปแบบผนังทดสอบ C คือผนังไม้สังเคราะห์ที่ใส่ไม้ไผ่ตัดตามยาวทรงกระบอกวางชิดกัน ทำให้อาคารมีน้ำหนักมากขึ้นและอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างได้ ซึ่งสามารถคำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

จาก ผนังทดสอบ C ขนาด 30 X 30 ซม. (0.09 ตารางเมตร) มีน้ำหนักไม้ไผ่ = 0.1 กิโลกรัม

ดังนั้น ผนังไม้ที่ปรับปรุงด้วยไม้ไผ่ ขนาด 1 X 1 เมตร (1 ตารางเมตร) = 1.1 กิโลกรัม

น้ำหนักของวัสดุไม้ไผ่ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด = น้ำหนักไม้ไผ่ 1 ตารางเมตร X พื้นที่ผนัง

= 1.1 กิโลกรัม X 356 ตารางเมตร

= 401.5 กิโลกรัม / บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

เมื่อศึกษาถึงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากวัสดุไม้ไผ่ในบ้านพักอาศัย พบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ของผนังบ้าน และจากบ้านพักอาศัย 2 ชั้นกรณีศึกษาพบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 401.5 กิโลกรัม

5.3 สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

สรุปผลต้นทุนการก่อสร้างและความคุ้มค่าในการลงทุน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของบ้านพักอาศัยผนังไม้และบ้านพักอาศัยผนังไม้ติดตั้งไม้ไผ่ตัดขวางในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากเทคนิคการก่อสร้างผนังกันความร้อนด้วยไม้ไผ่นั้นเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Ecological) ราคาไม่แพง (Economical) และคนทั่วไปสามารถก่อสร้างได้ด้วยตนเอง (Exercisable) โดยส่งเสริมให้เกิดการพึ่งพาตนเองตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง

ดังนั้นต้นทุนในการก่อสร้างจึงไม่รวมถึงไม้ไผ่ที่สามารถหาได้เองจากในท้องถิ่น และไม่รวมถึงค่าแรงในการก่อสร้าง ซึ่งทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างจากวัสดุไม้ไผ่ไม่สูงมากนักโดยต้นทุนนี้ประกอบไปด้วย 1) แผ่นไม้อัดหนา 4 มม. 2) ไม้โครงยางพารา 3) ตะปู โดยเมื่อคำนวณจากพื้นที่ของผนังบ้านกรณีศึกษา พบว่ามีต้นทุนการก่อสร้างประมาณ 35,770 บาท และเมื่อนำมาศึกษาถึงความคุ้มค่าในการลงทุน หรือ Simple payback period โดยนำผลการศึกษาค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมาคำนวณ ทำให้ทราบว่า ผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. มีระยะเวลาในการคืนทุนเร็วที่สุด 3 ปี 11 เดือน ทำให้ผนังทดสอบ C นั้น เป็นวัสดุที่น่าสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้จริง (Apply) กับบ้านพักอาศัย

โดยการนำไปประยุกต์ใช้จริงจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยอื่นเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น แหล่งที่มาของไม้ไผ่ ระยะเวลาในการก่อสร้างจริง (ซึ่งอาจทำให้เจ้าของบ้านเสียเวลาประกอบอาชีพหารายได้) และการคำนึงถึงอายุการใช้งานของวัสดุ เป็นต้น

ตารางที่ 28 แสดงภาวะค่าไฟฟ้าต่อปีและระยะเวลาในการคืนทุน (ในบ้านกรณีศึกษา โดยมี การใช้พลังงานช่วงกลางคืนเป็นหลัก)

ชนิดผนัง	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	ค่าไฟลดลงจาก Base case (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1. Base case 01 (1 cm)	76,570	–	–
2. Base case 02 (8 cm)	70,686	5,884	6 ปี
3. ผนังทดสอบ A (8 cm)	69,979	6,591	5 ปี 5 เดือน
4. ผนังทดสอบ B (8 cm)	70,511	6,059	5 ปี 11 เดือน
5. ผนังทดสอบ C (8 cm)	67,582	8,989	3 ปี 11 เดือน

หมายเหตุ – ไม้ไฟมาจากท้องถิ่นไม่รวมในต้นทุน
– ต้นทุนคิดจากบ้านกรณีศึกษา 224 ตารางเมตร

ตารางที่ 28 แสดงภาวะค่าไฟฟ้า และระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้วัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับผนัง Base case 01 โดยที่ผนัง Base case 02 หนา 8 ซม. สามารถคืนทุนได้ช้าที่สุดที่ระยะเวลา 6 ปี และผนังทดสอบ A, B หนา 8 ซม. สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาประมาณ 5 ปี 5 เดือน และ 5 ปี 11 เดือน ตามลำดับ โดยที่ผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. นั้นมีประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีที่สุดส่งผลให้ผนังทดสอบ C หนา 8 ซม. สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาเพียง 3 ปี 11 เดือนเท่านั้น

5.4 ข้อเสนอแนะในการทดลองและวิจัย

ถึงแม้ว่าจากการวิจัยจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของไม้ไฟที่ดีและน่าสนใจในการนำไปใช้งานจริง แต่การวิจัยนี้ศึกษาเพียงสมบัติทางความร้อนของไม้ไฟในการจัดเรียง 3 รูปแบบเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาพัฒนาต่อโดยลงลึกถึงรายละเอียดปลีกย่อยอื่นๆ เช่น

1. ศึกษาการเรียงไม้ไฟในรูปแบบอื่นๆ หรืออาจใช้ไม้ไฟชิ้นเล็กในการทดลอง เนื่องจากปริมาณมวลวัสดุมีผลต่อประสิทธิภาพการนำความร้อนของผนัง เมื่อไม้ไฟที่มีชิ้นเล็กทำให้เพิ่มปริมาณของมวลวัสดุ

2. เพิ่มตัวแปรในการวิจัย เช่น แกลบ ดินเหนียว เศษผ้า เศษขยะรีไซเคิล หรือวัสดุเหลือใช้อื่นๆ โดยที่ผ่านมามีการวิจัยประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของวัสดุเหลือใช้ เช่น แกลบที่นำมาใส่ในกล่องนมเพื่อทำผนังกันความร้อน เศษผ้าเย็บที่นำมาทำฉนวนผ้าเพดาน จึงอาจนำมาใช้ร่วมกับผนังไม้ไผ่ได้

3. ศึกษาถึงการคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง เนื่องจากในปัจจุบันการคำนึงถึงผลกระทบจากการก่อสร้างต่อสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นเรื่องสำคัญมากเพื่อพัฒนาและสร้างแนวทางเลือกในการปรับปรุงบ้านพักอาศัยผนังไม้ที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับการใช้งานและการลงทุนมากที่สุดต่อไป



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรุงเทพมหานคร, ในรอบ 55 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยเพิ่มขึ้น 0.96 องศาเซลเซียส

[ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/politics/opinion/climate_r [2555]

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2543). การใช้ฉนวน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม.

คำรณ สุทธิ. (2554). ผลกระทบของการรั่วซึมของอากาศ ต่อผลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของเรือนไทยและบ้านร่วมสมัย. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตรีรัตน์ ลิ้มปิยะพันธ์. (2555). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังไม้จริงตัดขวาง. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตระการ ก้าวกลีกรรม. (2537). คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพมหานคร: เอ็มแอนดีดี.

ทศพร ชวรัตน์ปิ่นเจริญ. (2555). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผ้าใยสัริโซเคล. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธัญชัย ปศุณวรรกิจ. (2549). ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิตศึกษ. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

นรากร พุทธิไชย, & ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2553). การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารกรณีศึกษา: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พลพัฒน์ นิลอุบล. (2552). การพัฒนาฉนวนฝ้าเพดานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วชิระ แสงรัศมี. (2553). วัสดุก่อสร้างมวลเบาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจากส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. (2543). วิทยาศาสตร์เส้นใย. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2556).

สโรชา เจริญวัย. (2544). แผ่นฉนวนความร้อนจากใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียน. สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2556).

อรรถน์ เศรษฐบุตตร และธนิต จินดาวณิศ. (2550). การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการ

ป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่าย
พลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3.

อำนาจ และมัทนพรพรณ. (2557). ชุดโครงการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย.

ภาษาอังกฤษ

Buchanan and Levine. (1999). *Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions: Environmental Science & Policy 2*

Koenigsberger O. H. (1978). *Manual of tropical housing and building*. London:
Longman Group Limited.

McMullan R. (1983). *Environmental Science in Building*. London: Macmillan Press.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 29 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนัง Base case 01)

BASECASE 01 24H			
ชั่วโมงที่	พลังงานในระบบปรับอากาศ		
	cooling	fan	KWh
1	2.49	0.768	3.258
2	2.035	0.638	2.673
3	1.889	0.589	2.478
4	2.009	0.616	2.625
5	1.961	0.604	2.565
6	1.743	0.546	2.289
7	1.879	0.613	2.492
8	4.143	1.414	5.557
9	6.939	2.248	9.187
10	8.791	2.834	11.625
11	9.882	3.034	12.916
12	9.664	2.935	12.599
13	10.124	2.991	13.115
14	11.086	3.23	14.316
15	11.115	3.305	14.42
16	11.117	3.289	14.406
17	10.917	3.225	14.142
18	10.487	3.142	13.629
19	7.245	2.208	9.453
20	5.638	1.765	7.403
21	4.592	1.443	6.035
22	3.9	1.234	5.134
23	3.554	1.11	4.664
24	3.23	1.001	4.231

ตารางที่ 30 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนัง Base case 02)

BASECASE 02 24H			
ชั่วโมงที่	พลังงานในระบบปรับอากาศ		
	cooling	fan	KWh
1	2.239	0.685	2.924
2	1.867	0.583	2.45
3	1.745	0.541	2.286
4	1.836	0.559	2.395
5	1.792	0.549	2.341
6	1.625	0.508	2.133
7	1.77	0.577	2.347
8	3.535	1.205	4.74
9	5.642	1.822	7.464
10	7.116	2.292	9.408
11	8.227	2.521	10.748
12	7.874	2.421	10.295
13	8.323	2.439	10.762
14	9.205	2.673	11.878
15	9.198	2.731	11.929
16	9.219	2.72	11.939
17	9.073	2.671	11.744
18	8.916	2.661	11.577
19	6.237	1.898	8.135
20	4.933	1.534	6.467
21	4.054	1.267	5.321
22	3.474	1.094	4.568
23	3.173	0.986	4.159
24	2.874	0.885	3.759

ตารางที่ 31 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนังทดสอบ A)

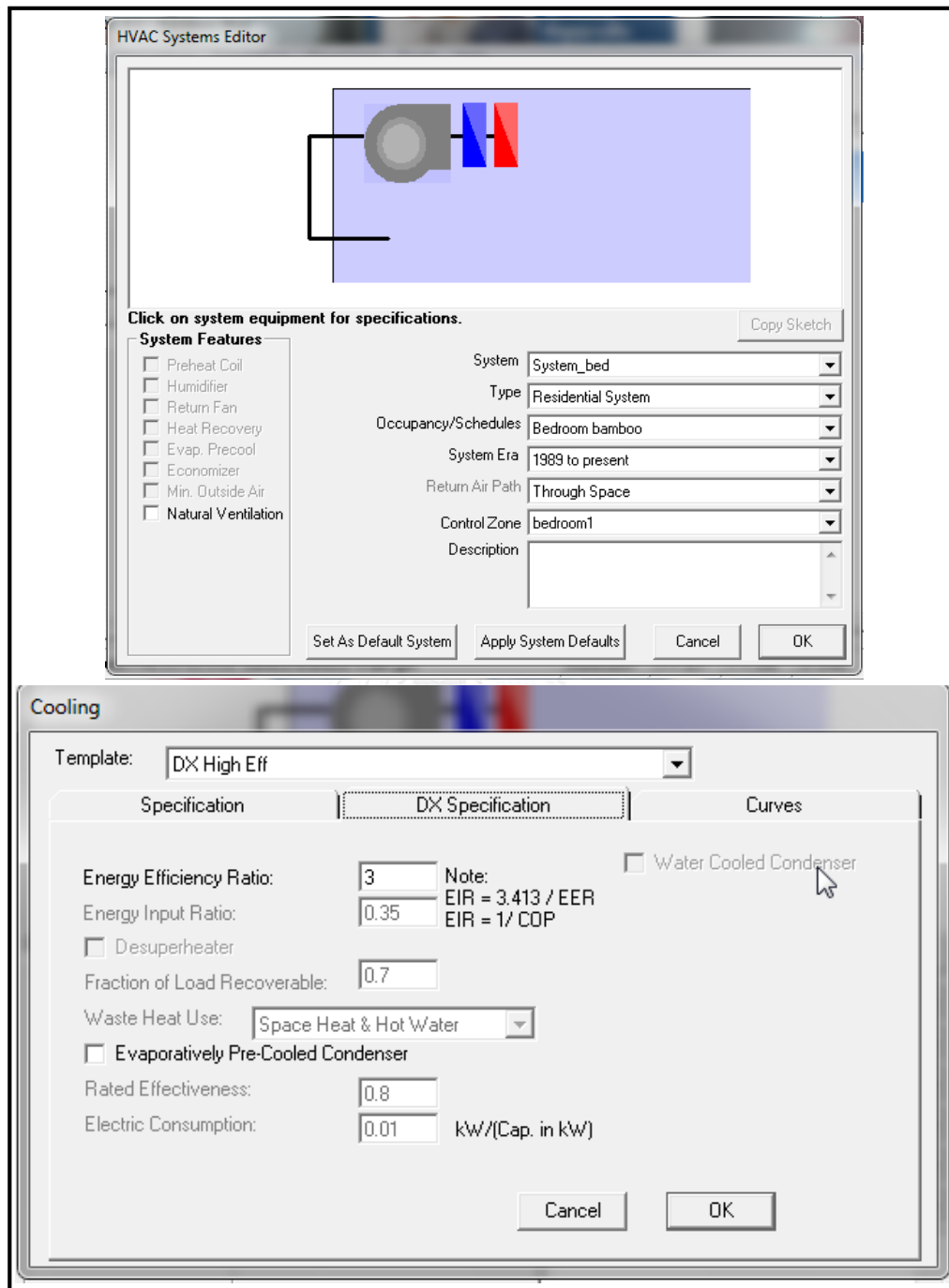
ผนังทดสอบ A 24H			
ชั่วโมงที่	พลังงานในระบบปรับอากาศ		
	cooling	fan	KWh
1	2.207	0.674	2.881
2	1.845	0.576	2.421
3	1.725	0.535	2.26
4	1.814	0.551	2.365
5	1.771	0.541	2.312
6	1.609	0.503	2.112
7	1.755	0.572	2.327
8	3.461	1.179	4.64
9	5.497	1.775	7.272
10	6.928	2.231	9.159
11	8.032	2.461	10.493
12	7.682	2.361	10.043
13	8.122	2.378	10.5
14	8.988	2.609	11.597
15	8.975	2.663	11.638
16	9.002	2.655	11.657
17	8.863	2.608	11.471
18	8.734	2.605	11.339
19	6.119	1.861	7.98
20	4.848	1.506	6.354
21	3.988	1.245	5.233
22	3.421	1.076	4.497
23	3.125	0.97	4.095
24	2.829	0.87	3.699

ตารางที่ 32 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนังทดสอบ B)

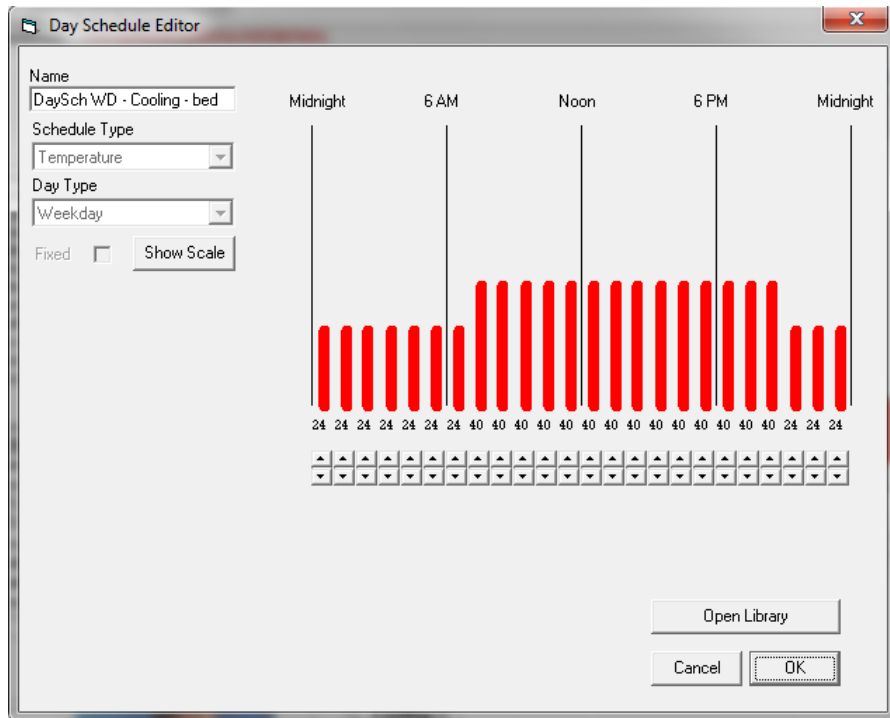
ผนังทดสอบ B 24H			
ชั่วโมงที่	พลังงานในระบบปรับอากาศ		
	cooling	fan	KWh
1	2.231	0.682	2.913
2	1.862	0.582	2.444
3	1.74	0.54	2.28
4	1.831	0.557	2.388
5	1.787	0.547	2.334
6	1.621	0.507	2.128
7	1.766	0.576	2.342
8	3.516	1.198	4.714
9	5.606	1.81	7.416
10	7.069	2.277	9.346
11	8.178	2.506	10.684
12	7.826	2.406	10.232
13	8.273	2.424	10.697
14	9.151	2.657	11.808
15	9.142	2.714	11.856
16	9.165	2.704	11.869
17	9.02	2.655	11.675
18	8.871	2.647	11.518
19	6.208	1.889	8.097
20	4.912	1.527	6.439
21	4.037	1.261	5.298
22	3.461	1.089	4.55
23	3.161	0.982	4.143
24	2.863	0.881	3.744

ตารางที่ 33 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศวันที่ 21 มีนาคม โดยเปิดระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง (ผนังทดสอบ C)

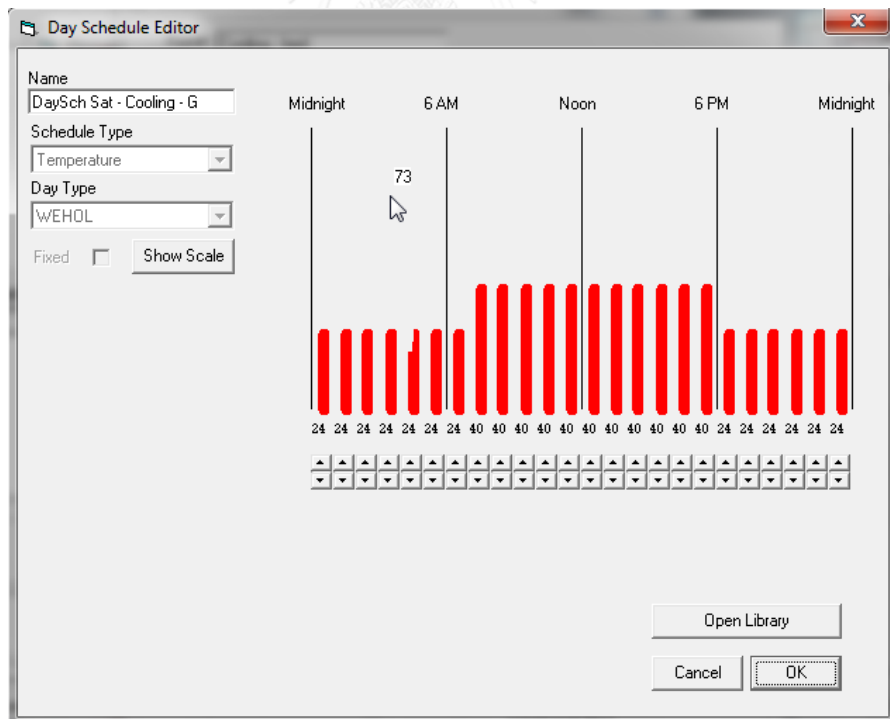
ผนังทดสอบ C 24H			
ชั่วโมงที่	พลังงานในระบบปรับอากาศ		
	cooling	fan	KWh
1	2.096	0.638	2.734
2	1.766	0.55	2.316
3	1.656	0.512	2.168
4	1.736	0.526	2.262
5	1.695	0.517	2.212
6	1.552	0.484	2.036
7	1.7	0.554	2.254
8	3.211	1.094	4.305
9	5.019	1.618	6.637
10	6.307	2.029	8.336
11	7.364	2.253	9.617
12	7.048	2.163	9.211
13	7.459	2.18	9.639
14	8.248	2.391	10.639
15	8.242	2.442	10.684
16	8.281	2.439	10.72
17	8.167	2.398	10.565
18	8.11	2.413	10.523
19	5.725	1.736	7.461
20	4.559	1.413	5.972
21	3.761	1.171	4.932
22	3.237	1.016	4.253
23	2.96	0.917	3.877
24	2.675	0.82	3.495



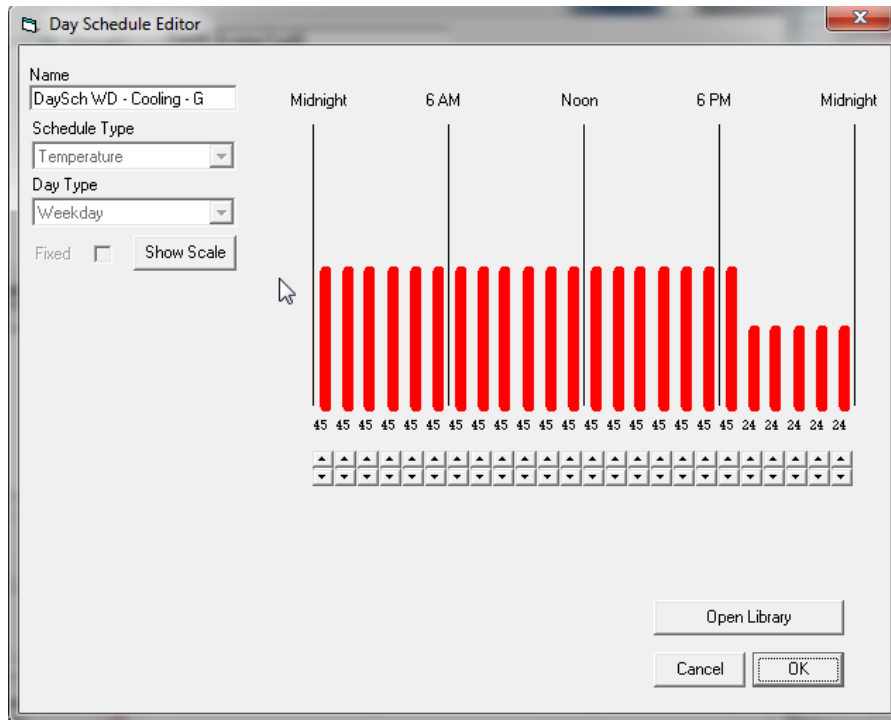
รูปที่ 31 แสดงการปรับตั้งระบบเครื่องปรับอากาศในโปรแกรม Visual DOE



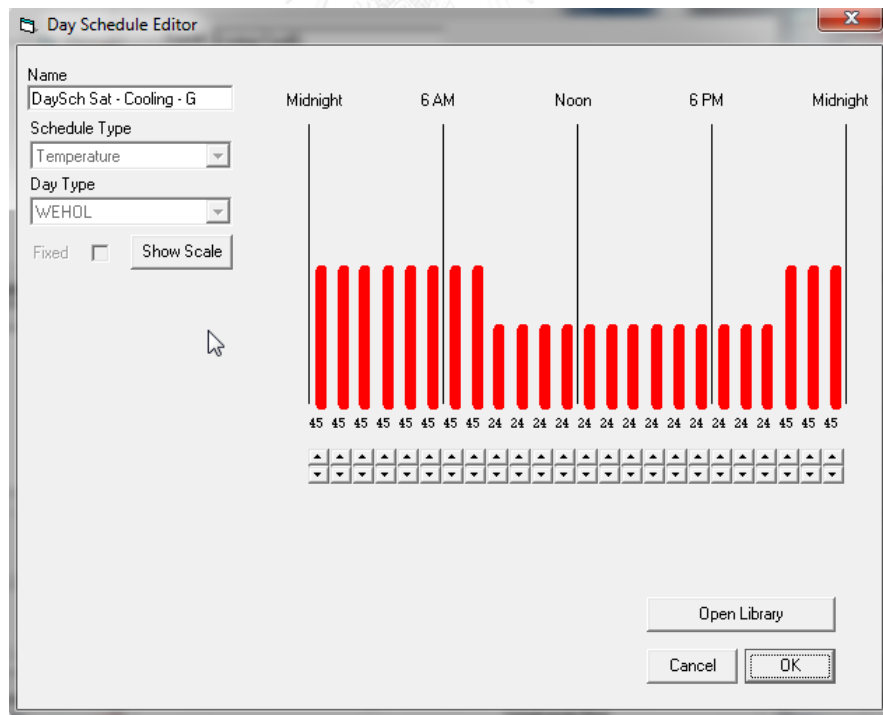
รูปที่ 32 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนอน (วันจันทร์-ศุกร์)



รูปที่ 33 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนอน (วันเสาร์-อาทิตย์)



รูปที่ 34 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนั่งเล่น (วันจันทร์-ศุกร์)



รูปที่ 35 แสดงการปรับตั้ง Schedule การเปิดระบบปรับอากาศส่วนห้องนั่งเล่น (วันเสาร์-อาทิตย์)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธงชัย หมั่นเพียรกิจ เกิดวันพุธที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2530 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนต้น และตอนปลาย จากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในปีการศึกษา 2553 และ ได้เข้ารับการศึกษต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาสถาปัตยกรรม กลุ่มวิชา นวัตกรรมการออกแบบนิเวศน์สถาปัตยกรรม ในปีการศึกษา 2556

