

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์

เนื่องจากการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม จากการเปรียบเทียบราคาหรือต้นทุนในการก่อสร้าง ที่คำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร โดยมีอาคารกรณีศึกษา 2 หลังที่ใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)

ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ในส่วนที่มีการปรับอากาศของอาคารแต่ละประเภท ต้องมีค่าไม่เกิน ดังต่อไปนี้¹

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) (วัตต์ต่อตารางเมตร)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(1)สถานศึกษา สำนักงาน	50	15
(2)โรงแรมรีสอร์ท ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมชน	40	12
(3)โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30	10

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารและหลังคาอาคาร

ในปัจจุบันอาคารบ้านพักอาศัยยังไม่เข้าข่ายอาคาร 9 ประเภทที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายก็ตาม แต่เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม โดยประเมินเฉพาะค่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารเท่านั้น ที่อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน ในที่นี้ $RTTV = 10 \text{ Watt/m}^2$ ของหลังคา

ดังนั้นจึงต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ และสร้างเงื่อนไขสำหรับการเปรียบเทียบ ดังนี้

1. แต่ละกรณีศึกษา มีการประเมินเปรียบเทียบหลังคาชั้นเดียว และหลังคา 2 ชั้น จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)

¹ พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ท. 2553.

2. แต่ละกรณีศึกษา มีการประเมินเปรียบเทียบหลังคา 1 ชั้น แบบมีและไม่มีฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)
3. แต่ละกรณีศึกษา มีการประเมินเปรียบเทียบหลังคา 2 ชั้น แบบมีและไม่มีฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)

สรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 1
กรณีเปรียบเทียบเมื่อออกแบบเป็นหลังคาชั้นเดียว และหลังคา 2 ชั้น

ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร	บ้านพักอาศัย
ชื่อโครงการ / อาคาร	บ้านพักอาศัย 2 ชั้น
สถานที่ตั้งโครงการ	การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
เจ้าของแบบอาคาร	คุณจันทนา ชี้อรรถนกร
ผู้ออกแบบ	นายสาโรช พระวงศ์

<u>พื้นที่อาคารทั้งหมด</u>	354	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยรวม	354	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศ	280	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยที่ไม่ปรับอากาศ	74	ตร.ม.
พื้นที่จอดรถในตัวอาคาร	0	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยบนดาดฟ้า	0	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยอื่นๆ	0	ตร.ม.

รูปแบบอาคารส่วนใหญ่

จำนวนชั้น / ความสูง	2 ชั้น
ผนัง	ผนังภายนอกก่ออิฐฉาบปูน ทาสีขาว
กระฉก	กระฉกใส หนา 6 mm.

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคา คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm ราคาค่าก่อสร้าง (รวม) 135,611.30 บาท (ราคาเฉลี่ย) 854 บาทต่อตร.ม. (158.80 ตร.ม.)

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกริดลอน สีขาว (475.77 บาทต่อตร.ม.)
 หลังคา2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm (854 บาทต่อตร.ม.)

ราคาค่าก่อสร้าง (รวม) 250,511.84 บาท (ราคาเฉลี่ย) 1,329.745 บาทต่อตร.ม.

หมายเหตุ ราคาเฉลี่ยคิดเฉพาะพื้นที่ที่ติดตั้งฉนวนเท่านั้น คือ 158.80 ตร.ม. ส่วนราคาโครงสร้างอื่นๆ ของหลังคาไม่ได้นำมารวมกับต้นทุนเนื่องจากเป็นส่วนพื้นฐานที่บ้านทุกหลังจะต้องมี เช่น หลังคาด้านล่าง ในงานวิจัยนี้หมายถึง คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm งานวิจัยนี้จึงคิดค่าต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มเติมจากส่วนพื้นฐานของบ้านทั่วไปเท่านั้น คือ 1. ฉนวน และ 2. หลังคาชั้นบนสุด คือ หลังคาเหล็กกริดลอน สีขาวและงานโครงสร้างที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากหลังคาเหล็กกริดลอน

ผลการประเมินแบบอาคาร

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน (ตามกฎหมายกระทรวง)	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 1 ชั้น	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 2 ชั้น	ผลประเมิน (ผ่าน / ไม่ผ่าน)
ค่า OTTV (วัตต์ / ตร.ม.)	30*	25.57	25.57	ผ่าน
ค่า RTTV (วัตต์ / ตร.ม.)	10*	29.03	11.51	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV ค่า RTTV

* อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน

**เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม สนใจเฉพาะค่า RTTV

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบหลังคาชั้นเดียว และหลังคา 2 ชั้น จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น² เท่ากับ 29.03 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น³ เท่ากับ 11.51 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปสู่การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น 135,611.30 บาท

² หลังคา 1 ชั้น ได้แก่หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

³ หลังคา 2 ชั้น ได้แก่หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกริดลอน สีขาว หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น 250,511.84 บาท

สรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 1

เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคาชั้นเดียว ไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคา คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm (135,611.30 บาท)

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคา คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm (162,408.80 บาท)

ผลการประเมินแบบอาคาร

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน (ตามกฎหมายกระทรวง)	กรณีออกแบบ เป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 1 ชั้น มี ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	ผลประเมิน (ผ่าน / ไม่ผ่าน)
ค่า OTTV (วัตต์ / ตรม.)	30*	25.57	25.57	ผ่าน
ค่า RTTV (วัตต์ / ตรม.)	10*	29.03	7.18	ใส่ฉนวนผ่าน

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV ค่า RTTV

* อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน

**เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม สนใจเฉพาะค่า RTTV เท่านั้น

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบหลังคาชั้นเดียว ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา พบว่า

(1) กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เท่ากับ 29.03 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

(2) กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ติดฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว เท่ากับ 7.18 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

(3) ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน

135,611.30 บาท ราคาเฉลี่ย 853.975 บาทต่อตร.ม.

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ตัดฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว (158.8 ตร.ม.)
162,408.80 บาท ราคาเฉลี่ย 1,022.725 บาทต่อตร.ม.

สรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 1

เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น แบบไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว
หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร
ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว
หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร
ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

ตารางแสดงผลการประเมินแบบอาคาร

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน (ตามกฎหมาย กระทรวง)	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 2 ชั้น ไม่มี ฉนวนกันความร้อน	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 2 ชั้น มี ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	ผลประเมิน (ผ่าน / ไม่ผ่าน)
ค่า OTTV (วัตต์ / ตร.ม.)	30*	25.57	25.57	ผ่าน
ค่า RTTV (วัตต์ / ตร.ม.)	10*	11.51	3.14	ใส่ฉนวนผ่าน

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV ค่า RTTV

* อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน

**เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม สนใจเฉพาะค่า RTTV เท่านั้น

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบหลังคา 2 ชั้น ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา พบว่า

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เท่ากับ 11.51 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ติดฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว เท่ากับ 3.14 Watt/m² ของหลังคา ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน
250,511.84 บาท ราคาเฉลี่ย 1,305.633 บาทต่อตร.ม.

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ติดฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว
277,309.34 บาท ราคาเฉลี่ย 1,474.413 บาทต่อตร.ม.

การลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน กรณีศึกษาที่ 1
บ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ใส่ฉนวนกันความร้อน
3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

รายละเอียด	หลังคา 1 ชั้น ฉนวนใยแก้วหนา 3"
1.ค่าRTTV ก่อนการบุฉนวน	= 29.03 W/m^2
2.ค่าRTTV หลังการบุฉนวน	= 7.18 W/m^2
3.ความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลังการบุฉนวน	= 21.85 W/m^2
4.พื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน	= 158.80 m^2
5.ค่าความร้อนที่ลดได้	$= [158.8 \times 21.85] / 1,000$ $= 3.47 \text{ kW}$ $= 3.47 / 0.000293$ $= 11,843.00 \text{ Btu/hr}$
6.ค่าEER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในชั้นบนสุด (สมมติให้หลังคาได้รับแสงวันละ 8 ชม. และเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น 60%)	= 11.6 Btu/hr-W

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการลดค่าความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน อาคารกรณีศึกษาที่ 1

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาของหลังคาชั้นเดียว ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ค่าRTTV ก่อนการบุฉนวน เท่ากับ 29.03 W/m^2 เมื่อมีการติดฉนวนแล้ว ค่าRTTV หลังการบุฉนวน 7.18 W/m^2 ซึ่งคิดเป็นค่าความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลัง

การคูณรวม เท่ากับ 21.85 W/m^2 จากพื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน 158.80 m^2 ค่าความร้อนที่ลดได้เท่ากับ $11,843.00 \text{ Btu/hr}$ โดยเมื่อนำมาคิดเป็นค่าการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนของระบบปรับอากาศ กรณีหลังคา 1 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน $330.0452826 \text{ kW/เดือน}$ เป็นเงินค่าไฟฟ้า $1369.795202 \text{ บาท/เดือน}$ ส่วนกรณีใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว ค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ $81.63021459 \text{ kW/เดือน}$ เป็นเงินค่าไฟฟ้า $317.7070494 \text{ บาท/เดือน}$ ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ลักษณะ	ค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ (kW/เดือน)	ค่าไฟ (บาท/เดือน)
หลังคา 1 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน	330.0452826	1369.795202
หลังคา 1 ชั้น ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	81.63021459	317.7070494

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศและค่าไฟฟ้า ต่อ เดือน ของกรณีศึกษาที่ 1

การลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน กรณีศึกษาที่ 1
บ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว
หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร
ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว
หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร
ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

รายละเอียด	หลังคา 2 ชั้น ฉนวนใยแก้วหนา 3"
1.ค่าRTTV ก่อนการบุฉนวน	= 11.51 W/m^2
2.ค่าRTTV หลังการบุฉนวน	= 3.14 W/m^2
3.ความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลังการบุฉนวน	= 8.37 W/m^2
4.พื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน	= 158.80 m^2
5.ค่าความร้อนที่ลดได้	= $[158.8 \times 8.37] / 1,000$ = 1.33 kW = $1.33 / 0.000293$ = 4,539.25 Btu/hr
6.ค่าEER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในชั้นบนสุด (สมมติให้หลังคารับแสงวันละ 8 ชม. และเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น 60%)	= 11.6 Btu/hr-W

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการลดค่าความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน อาคารกรณีศึกษาที่ 1

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาของหลังคา 2 ชั้น ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาของหลังคาสองชั้น ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ค่า RTTV ก่อนการบุฉนวน เท่ากับ 11.51 W/m^2 เมื่อมีการติดฉนวนแล้ว ค่า RTTV หลังการบุฉนวน 3.14

W/m^2 ซึ่งคิดเป็นค่าความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลังการบุฉนวน เท่ากับ $8.37 W/m^2$ จากพื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน $158.80 m^2$ ค่าความร้อนที่ลดได้เท่ากับ $4,539.25 Btu/hr$ โดยเมื่อนำมาคิดเป็นค่าการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนของระบบปรับอากาศ กรณีหลังคา 1 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน $130.85 kW/เดือน$ เป็นเงินค่าไฟฟ้า 484.64 บาท/เดือน ส่วนกรณีใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว ค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ $35.69 kW/เดือน$ เป็นเงินค่าไฟฟ้า 161.95 บาท/เดือน ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ลักษณะ	ค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ (kW/เดือน)	ค่าไฟ (บาท/เดือน)
หลังคา 2 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน	130.8584638	484.6422084
หลังคา 2 ชั้น ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	35.69900749	161.9523052

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศและค่าไฟฟ้า ต่อ เดือน ของกรณีศึกษาที่ 1

การลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาโดยการออกแบบหลังคาแบบ 1 ชั้นและ 2 ชั้น กรณีศึกษาที่ 1

บ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น และหลังคา 2 ชั้น ไม่มีและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่และใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว

หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่และใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

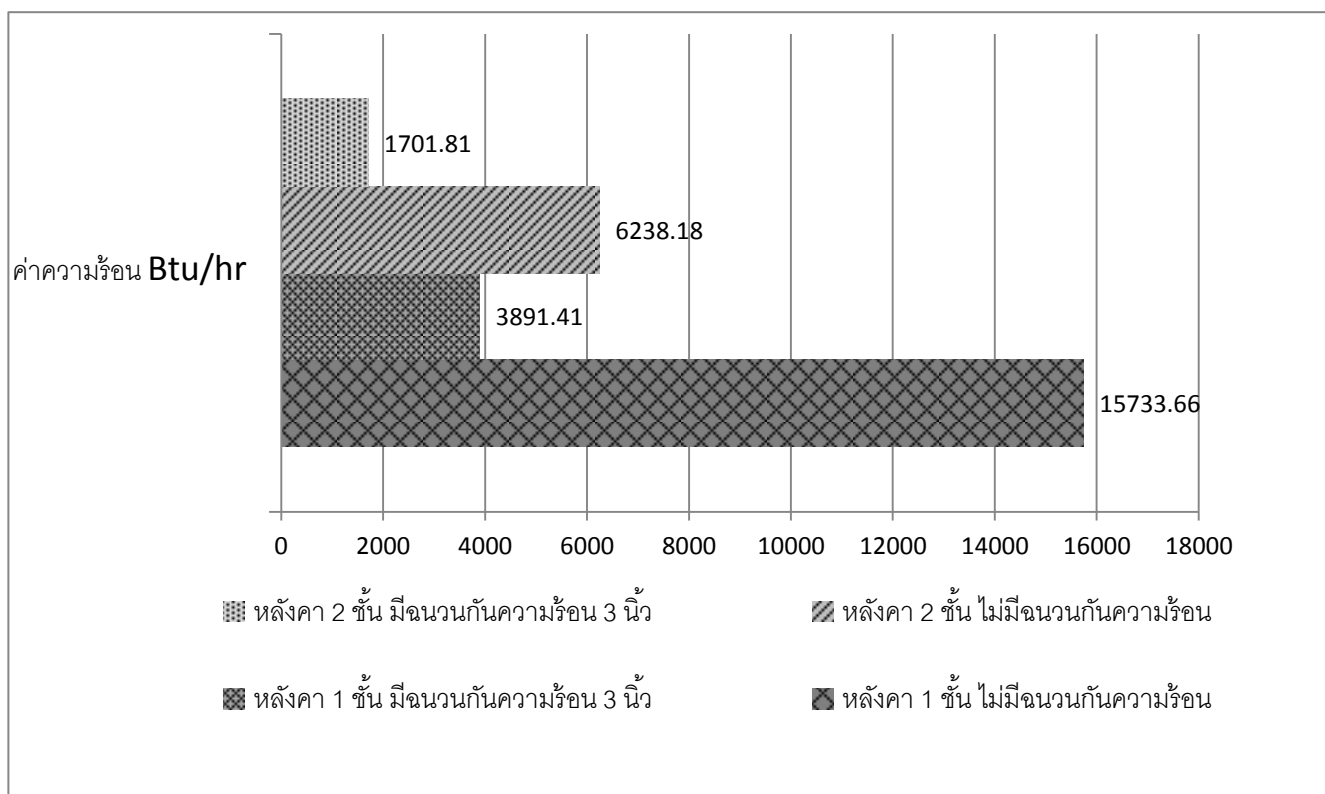
รายละเอียด	หลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	หลังคา 1 ชั้น มีฉนวนกัน ความร้อน 3 นิ้ว	หลังคา 2 ชั้น ไม่มี ฉนวนกันความร้อน	หลังคา 2 ชั้น มีฉนวน กันความ ร้อน 3 นิ้ว
ค่า RTTV (W/m ²)	29.03	7.18	11.51	3.14
ค่าความร้อน Btu/hr (พื้นที่ 158.80 m ²)	15733.66553	3891.412969	6238.1843	1701.8157
ค่ากำลังไฟฟ้า kw/ปี (EER 11.6 Btu/hr-w)	1.35	0.33	0.53	0.14
พลังงานไฟฟ้า kw/ปี สมมติให้หลังคารับแสง วันละ 8 ชม.	3960.543392	979.562575	1570.301565	428.38808 99
พลังงานไฟฟ้า kw/เดือน	330.0452826	81.63021459	130.8584638	35.699007
ราคาติดตั้งฉนวน (158.80 ตรม.)	0 บาท	26,797.5 บาท	0 บาท	26,797.5 บาท
ราคาก่อสร้างหลังคา ชั้นที่ 1	135,611.304 บาท	135,611.304 บาท	135,611.304 บาท	135,611.30 4 บาท
ราคาก่อสร้างหลังคา ชั้นที่ 2	0 บาท	0 บาท	114,900.53 บาท	114,900.53 บาท
รวมราคาก่อสร้าง หลังคา	135,611.304 บาท	162,408.804 บาท	250,511.834 บาท	277,309.33 4 บาท

(ต่อ)

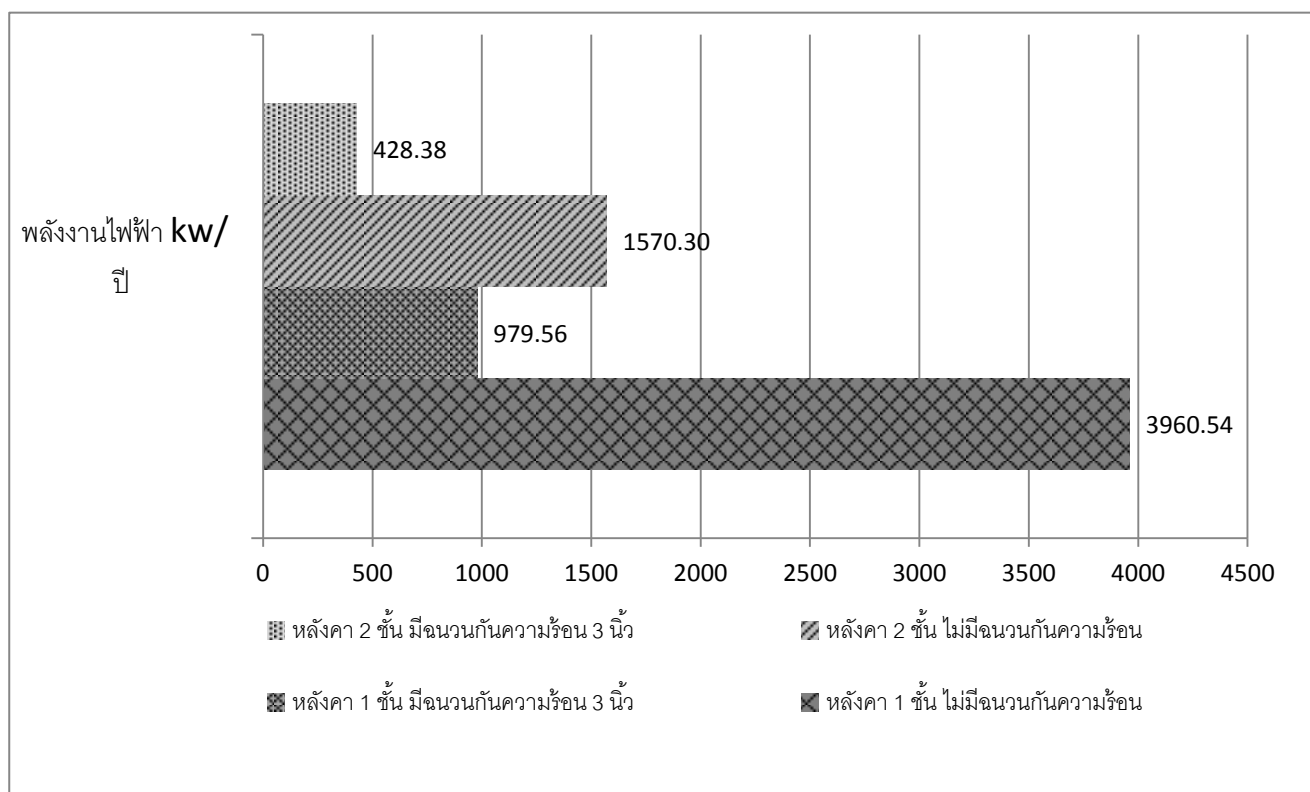
รายละเอียด	หลังคา 1 ชั้น ไม่มี ฉนวนกัน ความร้อน	หลังคา 1 ชั้น มีฉนวนกัน ความร้อน 3 นิ้ว	หลังคา 2 ชั้น ไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	หลังคา 2 ชั้น มีฉนวนกัน ความร้อน 3 นิ้ว
คิดค่าไฟฟ้า (การทำงานของเครื่องปรับอากาศ)	330.04528 26 kw/เดือน	81.63021459 kw/เดือน	130.8584638 kw/เดือน	35.69900749 kw/เดือน
1-150 หน่วย คิด 2.7628 บาท	414.42	220.4015794	353.3178522	96.38732023
151-400 หน่วย คิด 3.7362 บาท	672.68518 5	0	0	0
เกินกว่า 400 หน่วย คิด 3.9361 บาท	0	0	0	0
ค่าบริการ 38.22 บาท	38.22	38.22	38.22	38.22
ค่าไฟฟ้าผันแปร Ft	154.85724 66	38.30089668	61.3987912	16.74997432
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	89.612770 22	20.78457332	31.70556504	10.59501062
รวมค่าไฟฟ้า (การทำงานของเครื่องปรับอากาศ)	1,369.795 202 บาท	317.7070494 บาท	484.6422084 บาท	161.952305 2 บาท
ความต่างของค่าไฟฟ้า เปรียบเทียบกับหลังคา 1 ชั้นไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	0 บาท	1052.088152 บาท	885.1529934 บาท	1207.842897 บาท
ระยะเวลาคืนทุน (เดือน) เทียบกับหลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกันความ ร้อน	0	26,797.5/105 2.08 = 25.47	114,900.53/8 85.1 = 129.81	141698/120 7.84 = 117.31
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	0	2.12	10.81	9.77

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการเปรียบเทียบกรณีศึกษาที่ 1

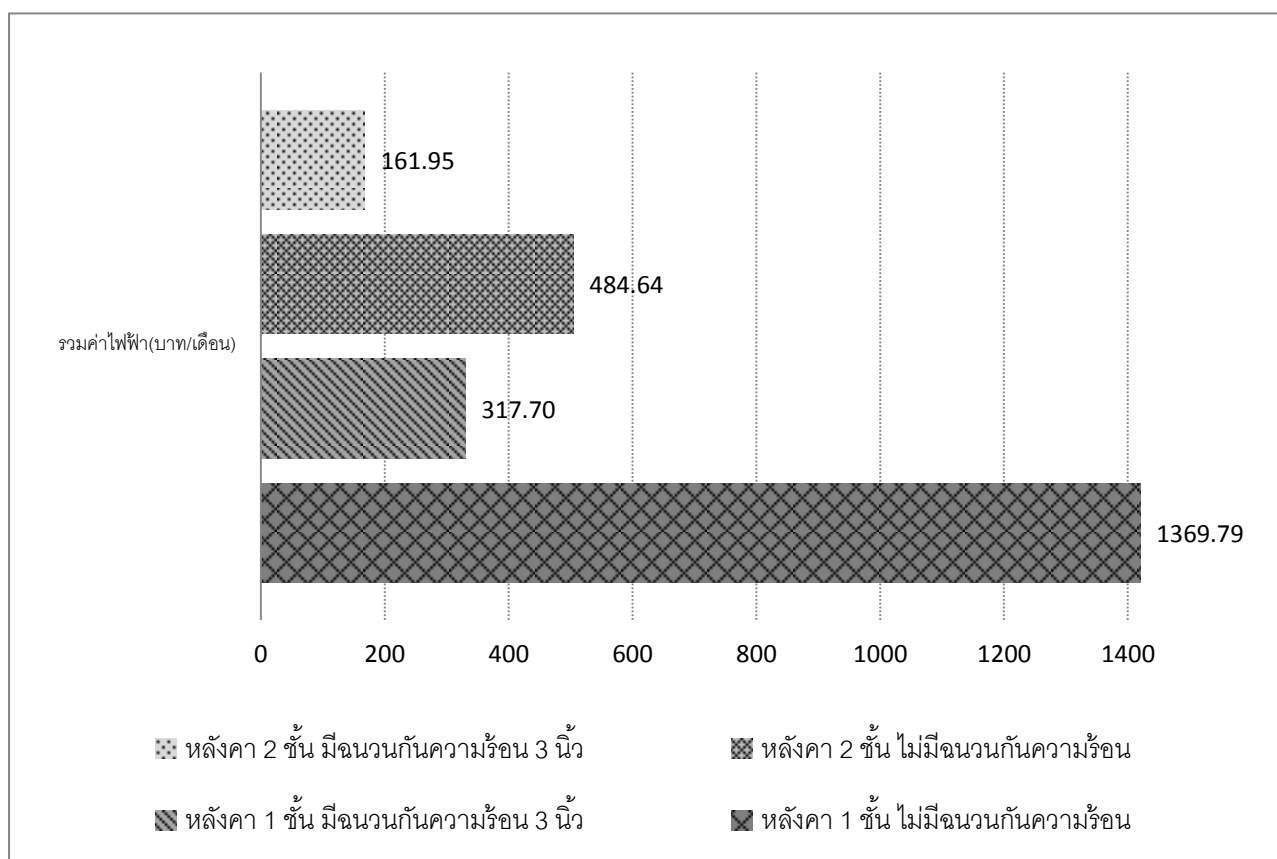
เพื่อการเปรียบเทียบที่ชัดเจนและเข้าใจง่ายจึงเปรียบเทียบโดยใช้แผนภูมิ ดังนี้



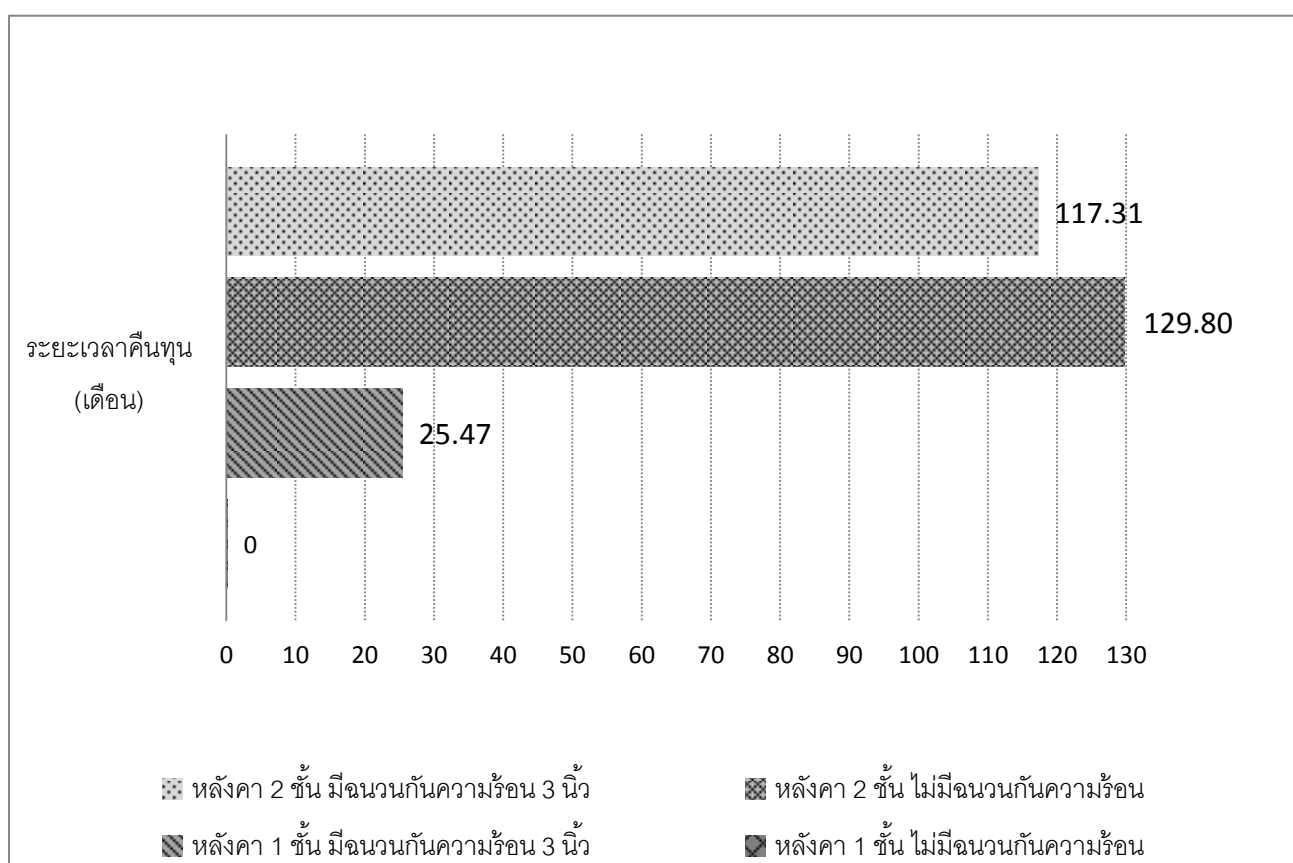
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาทางหลังคา



แผนภูมิที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า Kw/ปี



แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่คิดจากเครื่องปรับอากาศ (บาท/เดือน)



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน (เดือน)

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านของหลังคา 1 ชั้น และหลังคา 2 ชั้น ไม่มี และมีฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น การเคหะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ค่า RTTV (W/m^2) เท่ากับ 29.03 (W/m^2), 7.18(W/m^2), 11.51 (W/m^2) และ 3.14 (W/m^2) ตามลำดับ และค่าความร้อนที่ได้จากพื้นที่ 158.80 m^2 คือ 15733.66 Btu/hr 3891.41 Btu/hr, 6238.18 Btu/hr, และ 1701.81 Btu/hr เมื่อนำมาคิดค่าพลังงานไฟฟ้า kw/ปี ที่สมมติให้หลังคารับแสงแดดวันละ 8 ชม. จะได้ 3960.54 kw/ปี, 979.562 kw/ปี, 1570.30 kw/ปี และ 428.38 kw/ปี เมื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้านครหลวง (ดูภาคผนวก) ซึ่งในกรณีนี้จะคิดเฉพาะค่าภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเท่านั้น ผลที่ได้ คือ 1,369.79 บาท, 317.70 บาท 484.64บาท 161.95 บาท ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบระยะเวลาในการคืนทุนโดยเปรียบเทียบกับแบบหลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกันความร้อน พบว่า ในการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อแปลงเป็นค่าเงินแล้ว กรณีที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว จะคืนทุนเร็วที่สุด โดยใช้เวลา 2.21 ปี เนื่องจากมีต้นทุนในการติดตั้งฉนวนเพิ่มขึ้น 26,797.5 บาท รองลงมาได้แก่ กรณีหลังคา 2 ชั้น ที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยใช้เวลา 9.77 ปี เนื่องจากมีต้นทุนในการก่อสร้างหลังคาเพิ่มขึ้นอีก 1 ชั้นและค่าฉนวนกันความร้อน เป็นจำนวนเงินถึง 141,698 บาท แต่เมื่อหลังจากนั้นจะเสียค่าใช้จ่ายในอัตราที่ต่ำกว่าทุกกรณีศึกษา

สรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 2
กรณีเปรียบเทียบเมื่อออกแบบเป็นหลังคาชั้นเดียว และหลังคา 2 ชั้น

ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร	บ้านพักอาศัย
ชื่อโครงการ / อาคาร	บ้านพักอาศัย 2 ชั้น
สถานที่ตั้งโครงการ	โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร
เจ้าของแบบอาคาร	บริษัท เอ็น เกท ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด
ผู้ออกแบบ	นายอรรถสิทธิ์ ศรีมาเสริม

<u>พื้นที่อาคารทั้งหมด</u>	333	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยรวม	333	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศ	293	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยที่ไม่ปรับอากาศ	40	ตร.ม.
พื้นที่จอดรถในตัวอาคาร	56	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยบนดาดฟ้า	136	ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยอื่นๆ	0	ตร.ม.

รูปแบบอาคารส่วนใหญ่

จำนวนชั้น / ความสูง	2 ชั้น
ผนัง	ผนังภายนอกก่ออิฐมวลเบา ภายในก่ออิฐฉาบปูน ทาสีขาว
กระฉก	กระฉกเขียว หนา 6 mm.

<u>กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น</u>	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร		
	<u>ไม้ไผ่ฉนวนกันความร้อน</u> แผ่นยิปซัมบอร์ด หนา 9 mm		
<u>ราคาค่าก่อสร้าง (รวม)</u>	170,388.50 บาท	(ราคาเฉลี่ย)	1,026.43 บาทต่อตร.ม.
<u>กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น</u>	หลังคา1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว		
	(126,163 บาท (ราคาเฉลี่ย) 492.82 บาทต่อตร.ม.)		
	หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร		
	<u>ไม้ไผ่ฉนวนกันความร้อน</u> แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm		
<u>ราคาค่าก่อสร้าง (รวม)</u>	296,551.50 บาท	(ราคาเฉลี่ย)	1,519.25 บาทต่อตร.ม.

หมายเหตุ เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการควบคุมตัวแปรอื่นๆให้มากที่สุด ดังนั้นในส่วนของพื้นระเบียงชั้น 2 ที่เป็นคอนกรีตปูกระเบื้องเซรามิค จึงใส่นวนกันความร้อน 3 นิ้ว ไว้ในทุกกรณีของการทดลองเพื่อให้ไม่มีผลกระทบต่อค่า RTTV ในการทดลองครั้งนี้

ผลการประเมินแบบอาคาร

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน (ตามกฎกระทรวง)	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 1 ชั้น	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 2 ชั้น	ผลประเมิน (ผ่าน / ไม่ผ่าน)
ค่า OTTV (วัตต์ / ตรม.)	30*	32.92**	32.92**	ไม่ผ่าน**
ค่า RTTV (วัตต์ / ตรม.)	10*	24.94	10.70	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 5.10

* อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน

**เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม สนใจเฉพาะค่า RTTV

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบหลังคาชั้นเดียว และหลังคา 2 ชั้น จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่า

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น⁴ เท่ากับ 24.94 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น⁵ เท่ากับ 10.70 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปสู่การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น	170,388.50	บาท
ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น	296,551.50	บาท

⁴ หลังคา 1 ชั้น ได้แก่หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่นวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

⁵ หลังคา 2 ชั้น ได้แก่หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกริดลอน สีขาว หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ไม่ใส่นวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

สรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 2

เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคาชั้นเดียว ไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคา คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ใส่ฉนวนกันความร้อนหนา 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

ผลการประเมินแบบอาคาร

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน (ตามกฎหมายกระทรวง)	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 1 ชั้น ไม่มี ฉนวนกันความ ร้อน	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 1 ชั้น มี ฉนวนกันความ ร้อน 3 นิ้ว	ผลประเมิน (ผ่าน / ไม่ผ่าน)
ค่า OTTV (วัตต์ / ตรม.)	30*	32.92**	32.92**	ไม่ผ่าน**
ค่า RTTV (วัตต์ / ตรม.)	10*	24.94	7.18	ใส่ฉนวนผ่าน

ตารางที่ 5.11

* อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน

**เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม สนใจเฉพาะค่า RTTV เท่านั้น

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบหลังคาชั้นเดียว ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนน ศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่า

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เท่ากับ 24.94 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ติดฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว เท่ากับ 7.18 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน

170,388.50 บาท ราคาเฉลี่ย 1026.43 บาทต่อตร.ม.

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ติดฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว

198,401 บาท ราคาเฉลี่ย 1,195.18 บาทต่อตร.ม.

สรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 2

เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น แบบไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกริดลอน สีขาว

หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกริดลอน สีขาว

หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน (ตามกฎหมายกระทรวง)	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 2 ชั้น ไม่มี ฉนวนกันความร้อน	กรณีออกแบบเป็น หลังคา 2 ชั้น มี ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	ผลประเมิน (ผ่าน / ไม่ผ่าน)
ค่า OTTV (วัตต์ / ตรม.)	30*	32.92**	32.92**	ไม่ผ่าน**
ค่า RTTV (วัตต์ / ตรม.)	10*	10.70	4.28	ใส่ฉนวนผ่าน

ตารางที่ 5.12 ผลการประเมินแบบอาคาร

* อ้างอิงจากอาคารประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวัน

**เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม สนใจเฉพาะค่า RTTV เท่านั้น

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบหลังคา 2 ชั้น ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนน ศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่า

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เท่ากับ 10.70 Watt/m² ของหลังคา ซึ่งไม่ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ติดฉนวนกันความร้อน 1 นิ้ว เท่ากับ 4.28 Watt/m² ของหลังคา ผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 อาคารประเภท 3

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ไม่ติดฉนวนกันความร้อน

296,551.50 บาท ราคาเฉลี่ย 1,519.25 บาทต่อตร.ม.

ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนหลังคา กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ตีคณวนกันความร้อน 3 นิ้ว
324,564.00 บาท ราคาเฉลี่ย 1,688 บาทต่อตร.ม.

การลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน กรณีศึกษาที่ 2
บ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร
เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร ใส่ฉนวนกันความร้อน
3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

รายละเอียด	หลังคา 1 ชั้น ฉนวนใยแก้วหนา 3"
1.ค่าRTTV ก่อนการบุฉนวน	= 24.94 W/m^2
2.ค่าRTTV หลังการบุฉนวน	= 7.18 W/m^2
3.ความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลังการบุฉนวน	= 17.76 W/m^2
4.พื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน	= 175.00 m^2
5.ค่าความร้อนที่ลดได้	= $[175.00 \times 17.76] / 1,000$ = 3.11 kW = $3.11 / 0.000293$ = 10,614.33 Btu/hr
6.ค่าEER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในชั้นบนสุด สมมติให้หลังคาได้รับแสงวันละ 8 ชม. (เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น 60%)	= 11.6 Btu/hr-W

ตารางที่ 5.13 ผลการลดค่าความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน อาคารกรณีศึกษาที่ 2

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาของหลังคาชั้นเดียว ที่ไม่ตีคณวนกันความร้อนและตีคณวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่า หลังคา 1 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน มีค่า RTTV ก่อนการบุฉนวน เท่ากับ 24.94 W/m^2 ค่า RTTV เมื่อมีการบุฉนวน ค่า RTTV 7.18 W/m^2 ความแตกต่างของค่า RTTV ก่อนและหลังการบุฉนวนเท่ากับ 17.76 W/m^2 ค่าความร้อนที่ลดได้ 10,614.33 Btu/hr

ของหลังคาที่รับความร้อน 175.00 m^2 โดยสามารถนำมาคำนวณหาค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศแบบรายเดือน ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.14 ทั้งนี้การคิดค่าไฟฟ้าใช้หลักเกณฑ์ของการไฟฟ้านครหลวง(ดูภาคผนวก)

ลักษณะ	ค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ (kW/เดือน)	ค่าไฟ (บาท/เดือน)
หลังคา 1 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน	312.47	1,290.71
หลังคา 1 ชั้น ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	89.95	345.95

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศและเปรียบเทียบค่าไฟฟ้ารายเดือน

การลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาโดยการบุนนวนกันความร้อน กรณีศึกษาที่ 2
บ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร
เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น ไม่มีฉนวนและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว

หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว

หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

รายละเอียด	หลังคา 2 ชั้น ฉนวนใยแก้วหนา 3"
1.ค่าRTTV ก่อนการบุนนวน	= 10.70 W/m^2
2.ค่าRTTV หลังการบุนนวน	= 4.28 W/m^2
3.ความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลังการบุนนวน	= 6.42 W/m^2
4.พื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน	= 175.00 m^2
5.ค่าความร้อนที่ลดได้	= $[175.00 \times 6.42] / 1,000$ = 1.12 kW = $1.12 / 0.000293$ = 3,822.53 Btu/hr
6.ค่าEER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในชั้นบนสุด สมมติให้หลังคาได้รับแสงวันละ 8 ชม. (เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น 60%)	= 11.6 Btu/hr-W

ตารางที่ 5.15 ผลการลดค่าความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาโดยการบุนนวนกันความร้อน อาคารกรณีศึกษาที่ 2

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาของหลังคา 2 ชั้น ที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อนและติดฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่าหลังคา 2 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน มีค่าRTTV ก่อนการบุนนวน เท่ากับ 10.70 W/m^2 ค่าRTTV เมื่อมีการบุนนวน ค่าRTTV 4.28 W/m^2 ความแตกต่างของค่าRTTV ก่อนและหลังการบุนนวนเท่ากับ 6.42 W/m^2 ค่าความร้อนที่ลดได้ 3,822.53 Btu/hr ของหลังคาที่รับความร้อน 175.00 m^2 โดยสามารถนำมาคำนวณหาการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศแบบรายเดือน ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.16 ทั้งนี้การคิดค่าไฟฟ้าใช้หลักเกณฑ์ของการไฟฟ้านครหลวง(ดูภาคผนวก)

ลักษณะ	ค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ (kW/เดือน)	ค่าไฟ (บาท/เดือน)
หลังคา 2 ชั้น ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน	134.05	495.498
หลังคา 2 ชั้น ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	53.62	222.723

ตารางที่ 5.16 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศและเปรียบเทียบค่าไฟฟ้ารายเดือน

การลดค่าความร้อนส่งผ่านหลังคาโดยการออกแบบหลังคาแบบ 1 ชั้นและ 2 ชั้น กรณีศึกษาที่ 2

บ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร

เปรียบเทียบกรณีเมื่อออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น และหลังคา 2 ชั้น ไม่มีและมีฉนวนกันความร้อน

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 1 ชั้น หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ไม่ใส่ฉนวนกันความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

กรณีออกแบบเป็นหลังคา 2 ชั้น หลังคา 1 (ชั้นบนสุด) หลังคาเหล็กกรีดลอน สีขาว

หลังคา 2 (ด้านล่าง) คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 เซนติเมตร

ใส่ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm

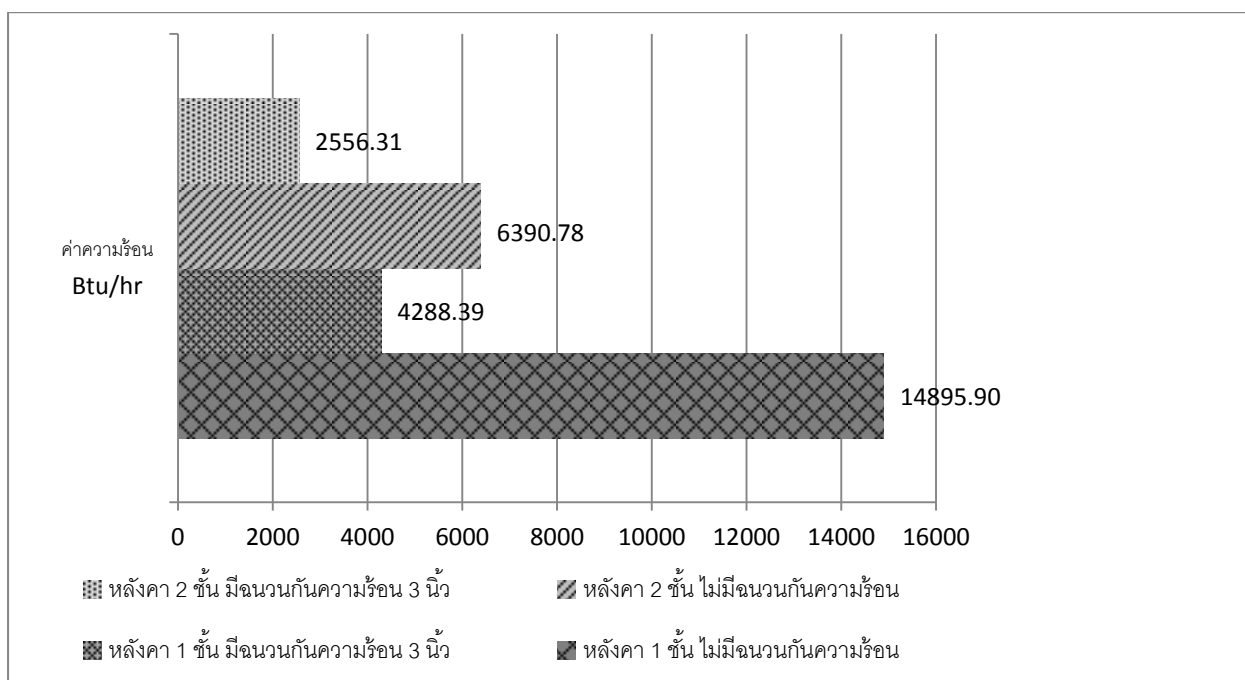
รายละเอียด	หลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	หลังคา 1 ชั้น มี ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว	หลังคา 2 ชั้น ไม่มี ฉนวนกันความร้อน	หลังคา 2 ชั้น มี ฉนวนกันความร้อน 3 นิ้ว
ค่า RTTV (W/m ²)	24.94	7.18	10.70	4.28
ค่าความร้อน Btu/hr (พื้นที่ 175 m ²)	14895.90	4288.39	6390.78	2556.31
ค่ากำลังไฟฟ้า kw/ปี (EER 11.6 Btu/hr-w)	1.28	0.37	0.55	0.22
พลังงานไฟฟ้า kw/ปี สมมติให้หลังคารับแสง วันละ 8 ชม.	3749.65	1079.49	1608.71	643.48
พลังงานไฟฟ้า kw/เดือน	312.47	89.95	134.05	53.62
ราคาติดตั้งฉนวน (158.80 ตรม.)	0 บาท	28012.50 บาท	0 บาท	28012.50 บาท
ราคาก่อสร้างหลังคา ชั้นที่ 1	170,388.50 บาท	170,388.50 บาท	170,388.50 บาท	170,388.50 บาท
ราคาก่อสร้างหลังคา ชั้นที่ 2	0 บาท	0 บาท	126,163.00 บาท	126,163.00 บาท
รวมราคาก่อสร้าง หลังคา	170,388.50 บาท	198,401.00 บาท	296,551.50 บาท	324,564.00 บาท

(ต่อ)

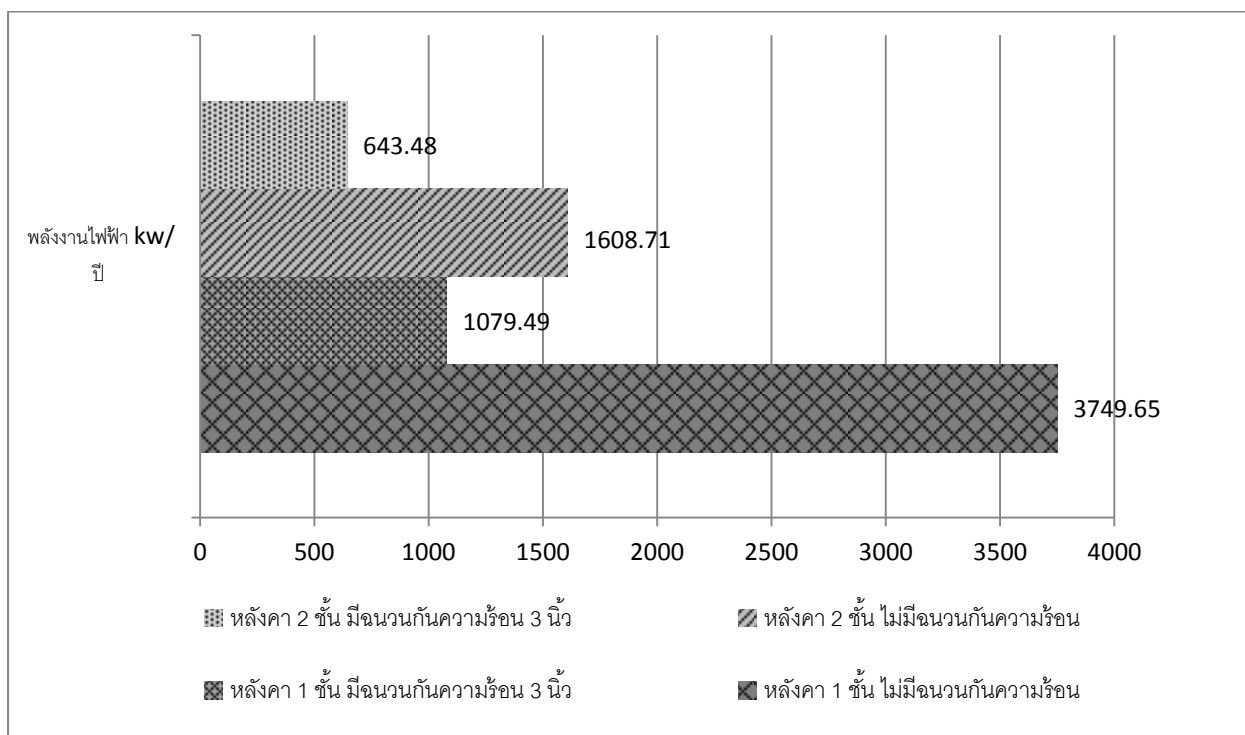
รายละเอียด	หลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	หลังคา 1 ชั้น มีฉนวนกันความ ร้อน 3 นิ้ว	หลังคา 2 ชั้น ไม่มีฉนวนกัน ความร้อน	หลังคา 2 ชั้น มี ฉนวนกันความ ร้อน 3 นิ้ว
คิดค่าไฟฟ้า (การทำงาน เครื่องปรับอากาศ)	312.47 kw/เดือน	89.95 kw/เดือน	134.05 kw/เดือน	53.62 kw/เดือน
1-150 หน่วย คิด 2.7628 บาท	414.42	242.892	361.962	144.774
151-400 หน่วย คิด 3.7362 บาท	607.020414	0	0	0
เกินกว่า 400 หน่วย คิด 3.9361 บาท	0	0	0	0
ค่าบริการ 38.22 บาท	38.22	38.22	38.22	38.22
ค่าไฟฟ้าผันแปร Ft	146.610924	42.209232	62.900952	25.158504
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	84.43899366	22.63248624	32.41580664	14.57067528
รวมค่าไฟฟ้า (การทำงาน เครื่องปรับอากาศ)	1290.710332	345.9537182	495.4987586	222.7231793
ความต่างของค่าไฟฟ้า เปรียบเทียบกับหลังคา 1 ชั้นไม่มีฉนวนกันความ ร้อน	0 บาท	944.7566134 บาท	795.211573 บาท	1067.987152 บาท
ระยะเวลาคืนทุน (เดือน) เทียบกับหลังคา 1 ชั้น ไม่มีฉนวนกันความร้อน	0	29.65049368	158.65	185.77
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	0	2.47	13.22	15.48

ตารางที่ 5.17 ผลการลดค่าความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาโดยการบุฉนวนกันความร้อน อาคารกรณีศึกษาที่ 2

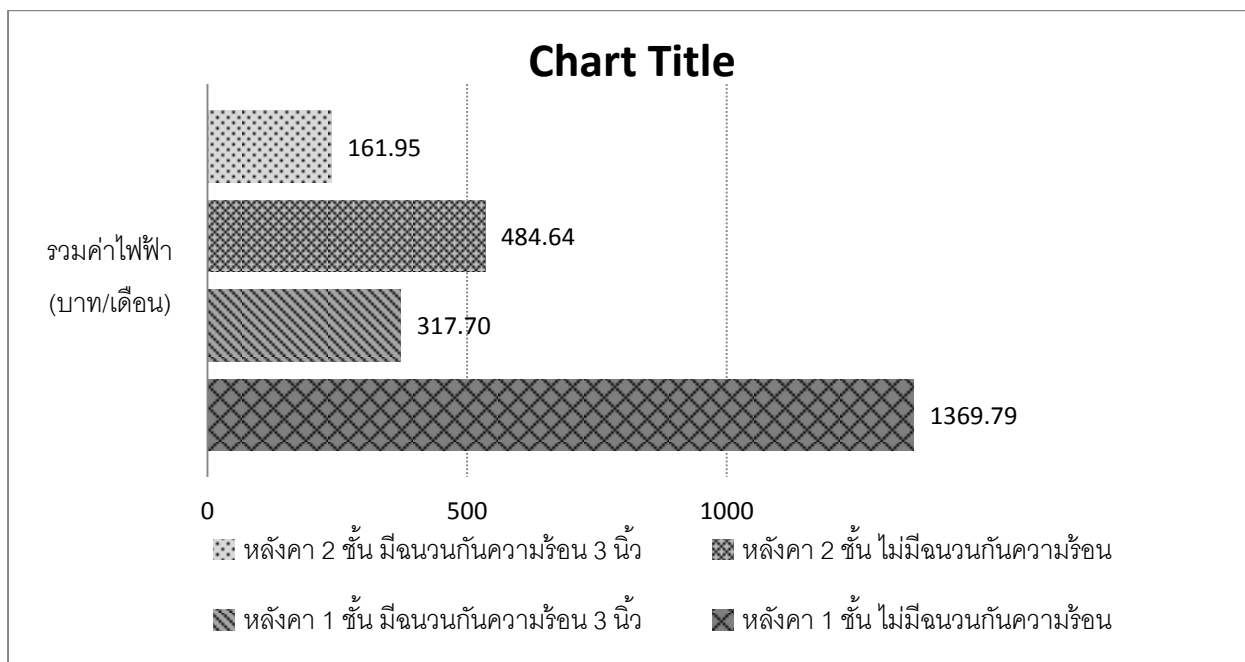
เพื่อการเปรียบเทียบที่ชัดเจนและเข้าใจง่ายจึงเปรียบเทียบโดยใช้แผนภูมิ ดังนี้



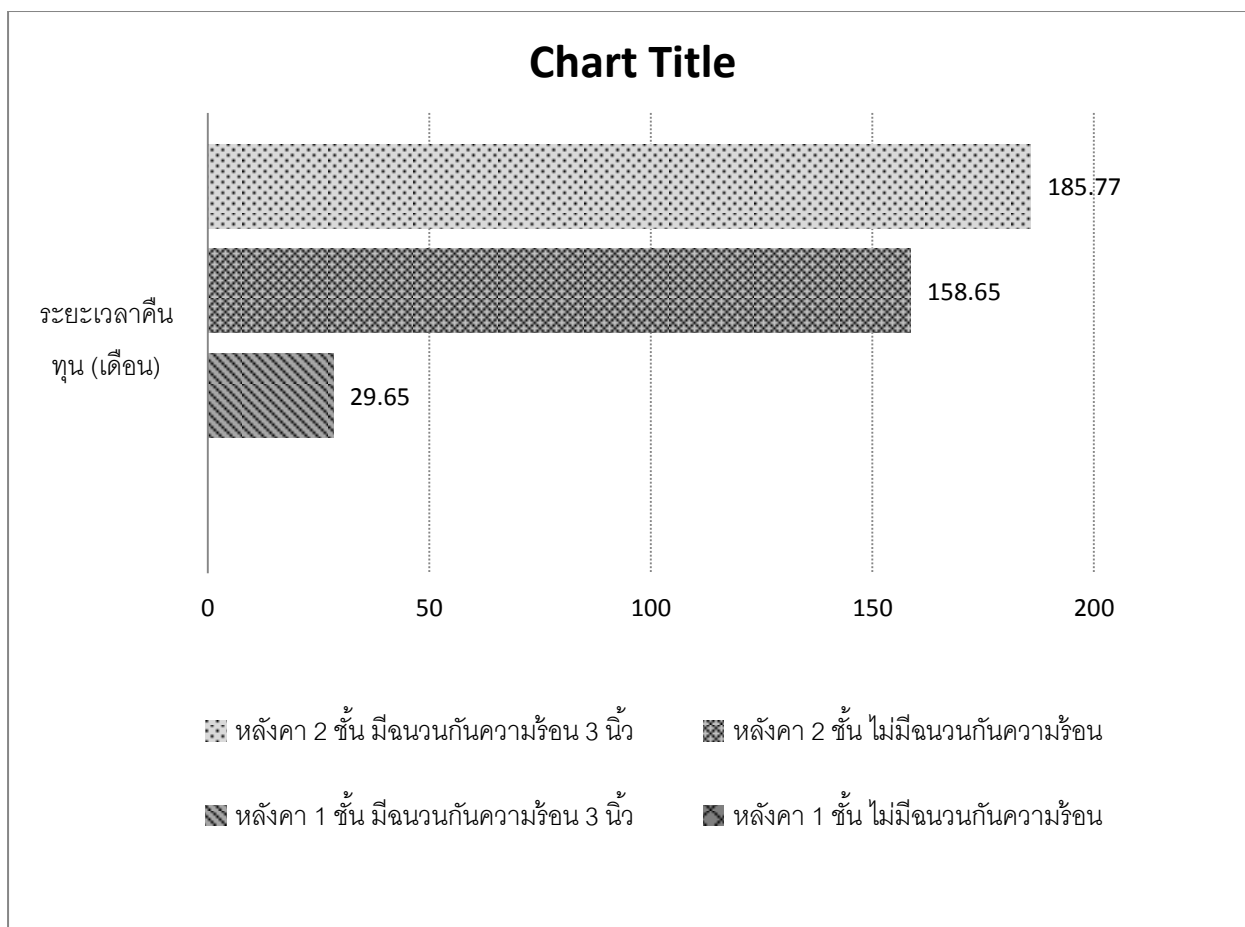
แผนภูมิที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาทางหลังคา



แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า Kw/ปี



แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่คิดจากเครื่องปรับอากาศ (บาท/เดือน)



แผนภูมิที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน (เดือน)

ผลที่ได้จากการประเมินเปรียบเทียบการลดค่าความร้อนส่งผ่านของหลังคา 1 ชั้น และหลังคา 2 ชั้น ไม่มี และมีฉนวนกันความร้อน จากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงการ ศรีนครินทร์ ปาร์ค ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่ามีค่า RTTV 4.28 วัตต์ / ตรม. ลำดับถัดมาได้แก่ หลังคาแบบชั้นเดียวมีฉนวนกันความร้อน มีค่า RTTV 7.18 วัตต์ / ตรม. แบบหลังคาสองชั้นที่ไม่มีฉนวนกันความร้อน มีค่า RTTV 10.70 วัตต์ / ตรม. ในขณะเดียวกันแบบหลังคาชั้นเดียว ที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีค่า RTTV สูงที่สุด คือ 24.94 วัตต์ / ตรม. และเมื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยเปรียบเทียบกับหลังคาชั้นเดียวไม่ติดฉนวนกันความร้อนที่เป็นตัวแทนอาคารทั่วไป พบว่า กรณีหลังคาชั้นเดียวที่มีฉนวนกันความร้อน นั้นสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 2.5 ปี ส่วนหลังคาสองชั้นไม่มีฉนวนกันความร้อน คืนทุนในระยะเวลา 13.2 ปี ส่วนหลังคาสองชั้นมีฉนวนกันความร้อนนั้น คืนทุนในระยะเวลา 15.48 ปี ตามลำดับ

การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคาวัสดุก่อสร้างกับการลดการใช้พลังงานของหลังคาแบบชั้นเดียว กับหลังคา 2 ชั้นในงานสถาปัตยกรรม จากการเปรียบเทียบราคาหรือต้นทุนในการก่อสร้าง ที่คำนึงถึงประสิทธิภาพ การใช้พลังงานในอาคาร โดยมีอาคารกรณีศึกษา 2 หลังที่ใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) สรุปได้ว่า หลังคา 2 ชั้นสามารถลดค่าความร้อนส่งผ่านลงได้มากกว่าหลังคาชั้นเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังคาสองชั้นที่ติดฉนวนกันความร้อน จะลดค่าถ่ายเทความร้อนจากหลังคาได้ดี คือมีค่า RTTV 3.14 วัตต์ / ตรม. (นครราชสีมา) และ 4.28 วัตต์ / ตรม. (กรุงเทพมหานคร) ลำดับถัดมาได้แก่ หลังคาแบบชั้นเดียวมีฉนวนกันความร้อน มีค่า RTTV 7.18 วัตต์ / ตรม. ทั้งสองกรณีศึกษา แบบหลังคาสองชั้นที่ไม่มีฉนวนกันความร้อน มีค่า RTTV 11.51 วัตต์ / ตรม. และ 10.70 วัตต์ / ตรม. ในขณะเดียวกันแบบหลังคาชั้นเดียว ที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีค่า RTTV สูงที่สุด คือ 29.03 วัตต์ / ตรม. และ 24.94 วัตต์ / ตรม. และเมื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยเปรียบเทียบกับหลังคาชั้นเดียว ไม่ติดฉนวนกันความร้อนที่เป็นตัวแทนอาคารทั่วไป พบว่า กรณีหลังคาชั้นเดียวที่มีฉนวนกันความร้อน นั้นสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 2.1 ปี (นครราชสีมา) และ 2.5 ปี (กรุงเทพมหานคร) ส่วนหลังคาสองชั้นไม่มีฉนวนกันความร้อน คืนทุนในระยะเวลา 10.8 และ 13.2 ปี ส่วนหลังคาสองชั้นมีฉนวนกันความร้อนนั้น คืนทุนในระยะเวลา 9.7 และ 15.48 ปี ตามลำดับ แม้ว่าการก่อสร้างหลังคาแบบสองชั้นจะมีต้นทุนการก่อสร้างสูงแต่หากมองในมุมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวแล้ว จะมีความคุ้มค่าอย่างยิ่ง ทั้งนี้การทำหลังคาสองชั้นนั้นหากทำชั้นบนสุดให้มีความสูงตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป จะเพิ่มพื้นที่ใช้สอยให้กับอาคารได้อีกด้วย