บทที่ 5

การพิจารณาแนวทางเลือกการปรับปรุงอาคาร

เกณฑ์การเลือกวิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

วิธีการศึกษาทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้วิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมตามลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านการอนุรักษ์พลังงานและสภาวะน่าสบายในอาคาร

ลำดับที่ 2 ปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

ทั้งนี้ต้องมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าคงที่ และมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ 8.5 % เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาเปิดใช้งานมาแล้วประมาณ 20 ปี และอาคารถาวรของทางราชการกำหนดให้มีอายุใช้งานประมาณ 30 ปี ดังนั้นกรณีศึกษานี้จึงกำหนดระยะเวลาคืนทุนที่ไม่ควรเกิน 10 ปี โดยจะพิจารณาทดลองจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารแยกตามองค์ประกอบของอาคารที่มีปัญหา กำหนดวิธีการที่ควรใช้เพื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคารศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง แล้วจึงทำการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงในแต่ละองค์ประกอบอาคารมาปรับปรุงอาคารร่วมกันเพื่อศึกษาผลกระทบในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษาเมื่อทำการปรับปรุงรวมทุกองค์ประกอบที่เป็นปัญหา

การกำหนดองค์ประกอบของอาคารที่ต้องปรับปรุงโดยพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ

จากการสำรวจเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษานำมาสรุปเปรียบเทียบกับมาตรฐานในการออกแบบอาคารได้ผลดัง ตารางที่ 5.1

	ข้อมูล	เกณฑ์มาตรฐาน อาคารประเภทสำนักงาน	ข้อมูลกองวิทยาการ อาคารกรณีศึกษา
ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารประเภทสำนักงาน	ค่า OTTV (W/m^2)	55.00	*62.93*
	ค่า RTTV(W/m^2)	25.00	15.53
	พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (W/m^2) (ในพื้นที่ปรับอากาศ)	16.00	*17.51*
	มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ (kW/ton)	1.61	1.29
ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารประเภทสำนักงาน	ระดับความส่องสว่าง (Lux)	300.00-500.00	*อาคารชั้นที่ 1 349.50* *อาคารชั้นที่ 2 265.33* *อาคารชั้นที่ 3 147.69*
	อุณหภูมิ (° C)	25 °	*22.40* °

หมายเหตุ : ก.การกำหนดภาวะแวดล้อมภายในอาคารเพื่อการปรับอากาศ

ข. จากการวัดข้อมูลอาคารจริงเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ

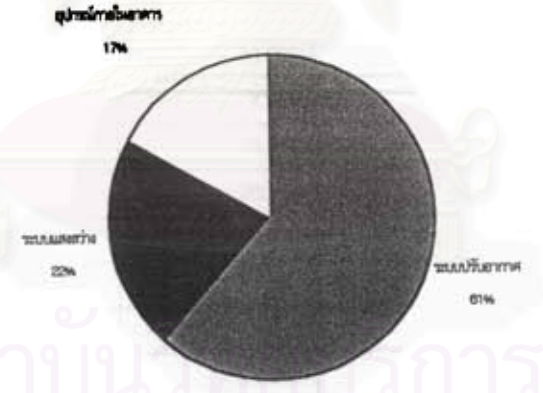
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกับ ข้อมูลอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐาน อาคารกรณีศึกษาจะต้องทำการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารในด้านต่างๆ 3 ประการ คือ

1. ระบบกรอบอาคารเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร(OTTV) ได้แก่ ระบบผนังทึบ ผนังโปร่งแสง เป็นต้น
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อ
   2.1 ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่
   2.2 เพิ่มระดับความส่องสว่างในอาคารให้เพียงพอแก่การทำงาน
3. ระบบปรับอากาศ เพื่อปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

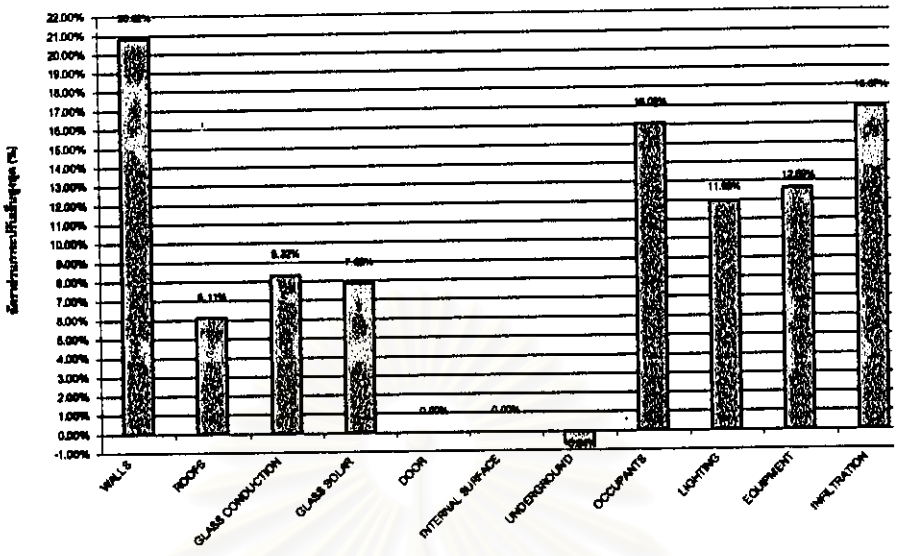
การกำหนดองค์ประกอบของอาคารที่ต้องปรับปรุง โดยพิจารณาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

ผลการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลอาคาร อาคารกรณีศึกษามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีประมาณ 346,486.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อแบ่งอัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งานจะเห็นว่าอัตราส่วนการใช้พลังงานส่วนใหญ่ในอาคารกรณีศึกษา จะใช้ในส่วนระบบปรับอากาศและระบบการให้แสงสว่างเป็นหลักดังแผนภูมิที่ 5.1 ดังนั้นในการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารควรพิจารณาที่ตัวแปรที่มีผลต่อภาระการปรับเย็นสูงสุด(peak cooling load) ซึ่งมีผลต่อขนาดเครื่องปรับอากาศ และภาระปรับเย็นรายปี(annual cooling load)



แผนภูมิที่ 5.1 อัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งาน
(ประเมินจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่จำลองสภาพจากโปรแกรม DOE 2.1 D)

ภาระปรับเย็นที่ได้จากการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้คำนวณขนาดของระบบปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา ในวันที่ 12 เมษายน เวลา 16.00 น.ซึ่งมีภาระปรับเย็นสูงสุด(peak cooling load) มีค่า 551,120.00 บีทียูต่อชั่วโมง (161,409 กิโลวัตต์ความเย็น) และภาระปรับเย็นรายปี (annual cooling load)มีค่า 141,154.74บีทียูต่อชั่วโมง (481,620 กิโลวัตต์ความเย็น-ชั่วโมง) เมื่อพิจารณาพบว่า องค์ประกอบของอาคารที่มีภาระปรับเย็นสูงสุด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ผนังทึบ การรั่วไหลของอากาศ ผู้ใช้อาคาร อุปกรณ์อาคาร มีรายละเอียดดังแผนภูมิที่ 5.2 และตาราง 5.2



แผนภูมิที่ 5.2 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดของอาคารกรณีศึกษา จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน

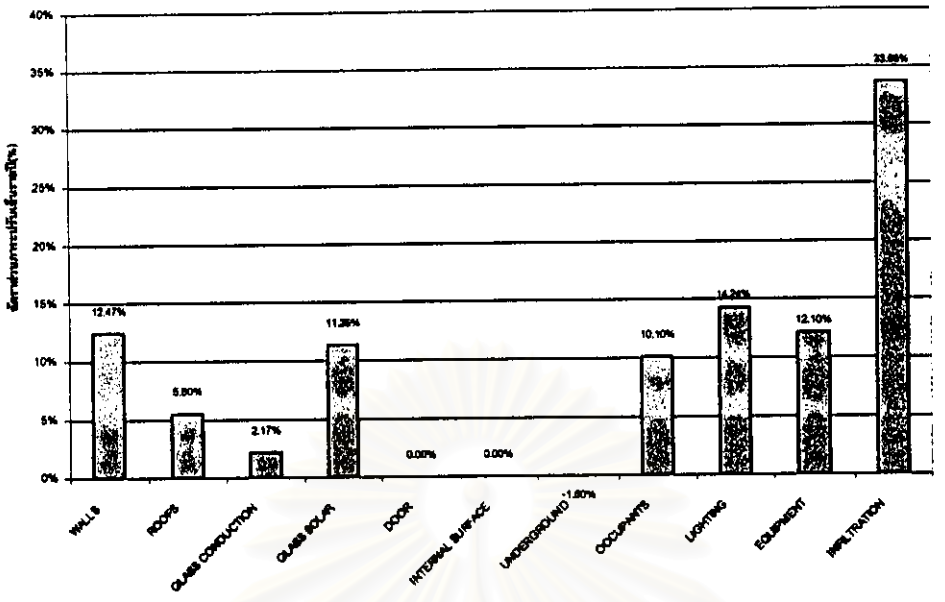
แหล่งที่มา	ภาระปรับเย็นสูงสุด (กิโลวัตต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	ร้อยละ[ก]
ผนังทึบ	33.609	0	33.609	20.82
การรั่วไหลอากาศ	9.917	17.319	27.236	16.87
ผู้ใช้อาคาร	15.313	10.661	25.947	16.09
อุปกรณ์ในอาคาร	20.329	0	20.329	12.59
ระบบแสงสว่าง	19.310	0	19.310	11.96
การนำความร้อนผ่านกระจก	13.433	0	13.433	8.32
รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจก	12.688	0	12.688	7.86
หลังคา	9.858	0	9.858	6.11
ความเย็นจากพื้นดิน	-1.028	0	-1.028	-0.64
รวม	133.429	27.980	161.409	100

หมายเหตุ : ก. เป็นอัตราส่วนที่เปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดรวม

ตารางที่ 5.2 สรุปภาระปรับเย็นสูงสุดในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน(กิโลวัตต์)

ที่มา : การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชั่วโมง-ชั่วโมง

ภาระปรับเย็นรายปี สามารถจำแนกองค์ประกอบของอาคารที่มีภาระปรับเย็นเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ การรั่วไหลอากาศ ระบบแสงสว่าง ผนังทึบ อุปกรณ์ในอาคาร รายละเอียดดังแผนภูมิที่ 5.3 และตารางที่ 5.3



แผนภูมิที่ 5.3 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีของอาคารกรณีศึกษา (เมกกะวัตต์ชั่วโมง) จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน

แหล่งที่มา	ภาระปรับเย็นรายปี (เมกกะวัตต์ชั่วโมง)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	ร้อยละ
การรั่วไหลอากาศ	21.144	140.990	162.134	33.66
ระบบแสงสว่าง	68.595	0	68.595	14.24
ผนังทึบ	60.049	0	60.049	12.47
อุปกรณ์ในอาคาร	58.256	0	58.258	12.10
รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจก	54.679	0	54.679	11.34
ผู้ใช้อาคาร	29.482	19.167	48.649	10.10
หลังคา	26.485	0	26.485	5.50
การนำความร้อนผ่านกระจก	10.460	0	10.460	2.17
ความเย็นจากพื้นดิน	-7.687	0	-7.687	-1.60
รวม	321.463	160.157	481.620	100

หมายเหตุ : ก. เป็นอัตราส่วนที่เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีรวม

ตารางที่ 5.3 สรุปภาระปรับเย็นรายปีในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน (เมกกะวัตต์-ชั่วโมง)
ที่มา : การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชั่วโมง-ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่มีผลต่อภาระปรับเย็นสูงสุดและภาระปรับเย็นรายปีสามารถสรุปองค์ประกอบอาคารที่ควรพิจารณาปรับปรุงดังนี้

1. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบของอาคาร ด้วยการเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร เพื่อช่วยลดค่า OTTV
2. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร ด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา
3. ลดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเปลือกอาคารส่วนช่องแสง ด้วยการเปลี่ยนชนิดของกระจกที่ใช้ในอาคาร
4. การปรับปรุงระบบให้แสงสว่างในอาคาร เพื่อให้มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
5. ลดการพาความร้อนเข้าสู่อาคารเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศ ด้วยการติดยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดการรั่วไหลอากาศผ่านรอยแยก
6. ลดแหล่งความร้อนเนื่องจากอุปกรณ์ภายในพื้นที่ปรับอากาศ ด้วยการแยกอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งความร้อนในพื้นที่ปรับอากาศ ออกไปไว้ในพื้นที่ไม่ปรับอากาศ
7. ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ด้วยการจัดการใช้งานเครื่องปรับอากาศในอาคารให้เป็นไปตามความต้องการจริง

ในการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารแต่ละส่วน มีวิธีการปรับปรุงได้หลายวิธี ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการประกอบก่อน แล้วทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

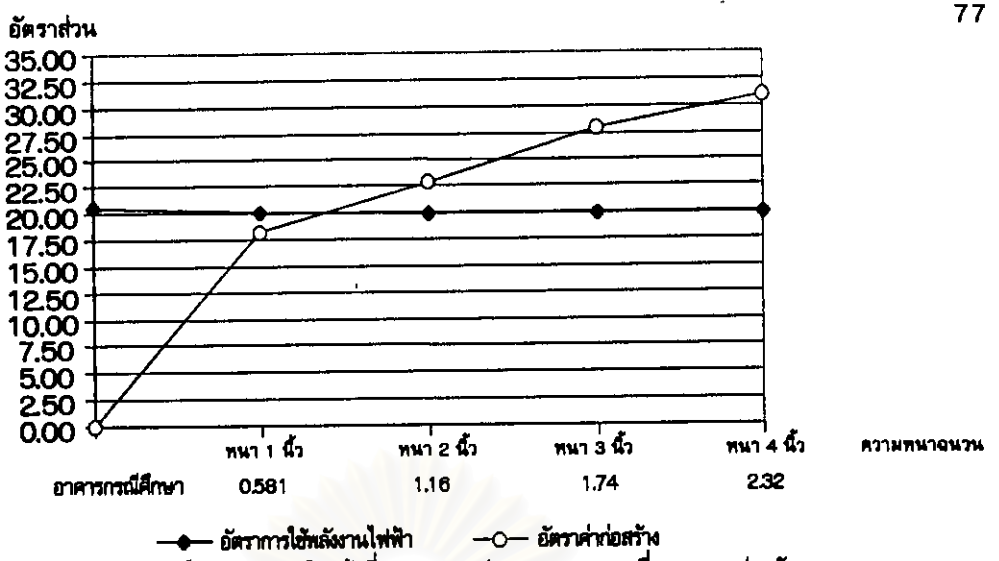
เมื่อจำลองสภาพการใช้พลังงานในแต่ละวิธีที่เป็นไปได้ของแต่ละองค์ประกอบอาคาร เลือกวิธีที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์พิจารณาในด้านการประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานรายปีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ ประเมินระยะเวลาคุ้มทุนอย่างง่ายและพิจารณามูลค่าอาคารสะสม(net present value) แล้วนำแต่ละวิธีที่เหมาะสม การปรับปรุงที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบมาปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาร่วมกัน เพื่อศึกษาผลแล้วจึงเลือกว่าควรจะทำการปรับปรุงมาก-น้อยเพียงใดตามแผนการปรับปรุงอาคาร โดยใช้เกณฑ์พิจารณาทางเลือกในด้านต้นทุนการลงทุนและมีระยะเวลาคุ้มทุนที่น้อยที่สุดอีกครั้งหนึ่ง

5.1 วิธีการลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบของอาคารกรณีศึกษา

เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงต้องปรับปรุงแก้ไขให้อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเกณฑ์ก่อน วิธีการอย่างง่ายที่จะทำการปรับปรุงได้แก่การเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง ก็คือการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่ม ซึ่งจะต้องพิจารณาว่าควรใช้ฉนวนชนิดใด มีค่าเท่าใด จึงจะเหมาะสม

การเลือกชนิดและความหนาของฉนวนที่มีประสิทธิภาพ

แนวทางในการพิจารณาอย่างง่ายก็คือการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของภาระปรับเย็นรายปี กับอัตราค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนชนิดนั้นๆ ตามความหนาของฉนวนที่เพิ่มขึ้น ทดลองเลือกฉนวนใยแก้วที่ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ที่ความหนาต่างๆกันได้แก่ 1 2 3และ 4 นิ้วตามลำดับ มีวิธีการติดตั้งคือติดตั้งภายในอาคารกรุด้วยผนังอิปซั่มหนา 12 มม.ทดลองจำลองสภาพการใช้งานอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วพิจารณาค่าได้ผลดัง แผนภูมิที่ 5.4 (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ง -1)



หมายเหตุ : 1. พิจารณาเลือกจากฉนวนใยแก้วที่ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ที่ความหนาต่างกัน

2. ทดลองจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา เพื่อหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของอาคาร

แผนภูมิที่ 5.4 การพิจารณาฉนวนที่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี

จากแผนภูมิจะเห็นว่าค่าความต้านทานความร้อน(ค่าR)ของฉนวนที่เหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการลดภาระปรับเย็นรายปีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.581 - 1.160 วัตต์-เคลวิน/ตร.ม.(3.29 - 6.58 บีทียู/ชั่วโมง-ตร.ฟุต-ฟาเรนไฮต์) หรือฉนวนใยแก้วที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ที่ความหนาระหว่าง 1 นิ้ว ถึง 2 นิ้ว หากพิจารณาที่ราคาค่าติดตั้งควรมีค่าระหว่าง 224 - 283 บาท/ตร.ม.

ข้อมูลฉนวนสำหรับติดตั้งผนังประเภทต่างๆที่มีจำหน่ายในประเทศไทยสามารถสรุปได้ดังตาราง 5.5 เปรียบเทียบข้อมูลฉนวนสำหรับติดตั้งผนังที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

ประเภท	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	ความหนา (มม.)	ค่าความต้านทานความร้อน (วัตต์-เคลวิน/ตร.ม.)	ราคาค่าติดตั้งรวม (บาท/ตร.ม.)
ฉนวนใยแก้ว	16	25	0.581	224.00
		50	1.160	283.00
		75	1.744	345.00
		100	2.325	384.00
ฉนวนใยแก้ว	24	25	0.677	251.00
		50	1.351	338.00
		75	2.027	427.00
ฉนวนใยแก้ว	32	25	0.730	277.00
		50	1.470	388.00
ฉนวนแยือกระดาษฟน	45	25	0.625	270.00
ฉนวนโพลียูรีเทน	50	25	2.174	250.00[ก]
ฉนวนโพลีเอทธิลีน	50	10	1.667	250.00[ก]
ฉนวนโพลีสไตรลีน	50	25	1.515	250.00[ก]

หมายเหตุ : ก . เป็นราคาค่าวัสดุไม่รวมค่าติดตั้งและโครงผนัง

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลฉนวนติดตั้งผนังที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

ที่มา : ข้อมูลผลิตภัณฑ์ และ ดัชนีการก่อสร้าง สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้ากรมการค้าภายใน พ.ศ.2543

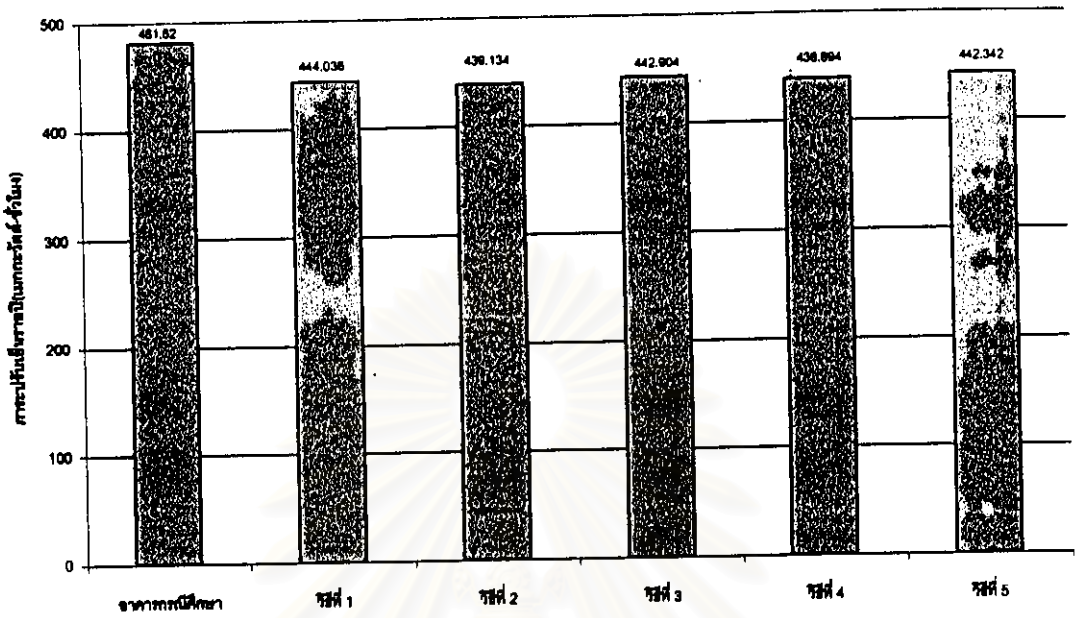
ฉนวนที่เหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการลดภาระปรับเย็นรายปีในอาคารกรณีศึกษาได้แก่ กลุ่มฉนวนใยแก้วที่ความหนาแน่น 16 และ24 กก./ลบ.ม. ความหนา 1 นิ้ว 2 นิ้ว และ32 ความหนา 1 นิ้ว สรุปเป็นแนวทางในการศึกษาตัวแปรด้านการเพิ่มค่าต้านทานความร้อนผนังอาคาร ได้ 5 วิธี รายละเอียดดังตาราง 5.5

วิธีการปรับปรุงผนังอาคาร	รายละเอียด	ค่าความต้านทานความร้อนรวม (ตร.ม./วัตต์-เคลวิน)
อาคารกรณีศึกษา	-	0.2401
วิธีที่ 1	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	1.0403
วิธีที่ 2	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว	1.6187
วิธีที่ 3	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	1.1346
วิธีที่ 4	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว	1.8073
วิธีที่ 5	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	1.1942

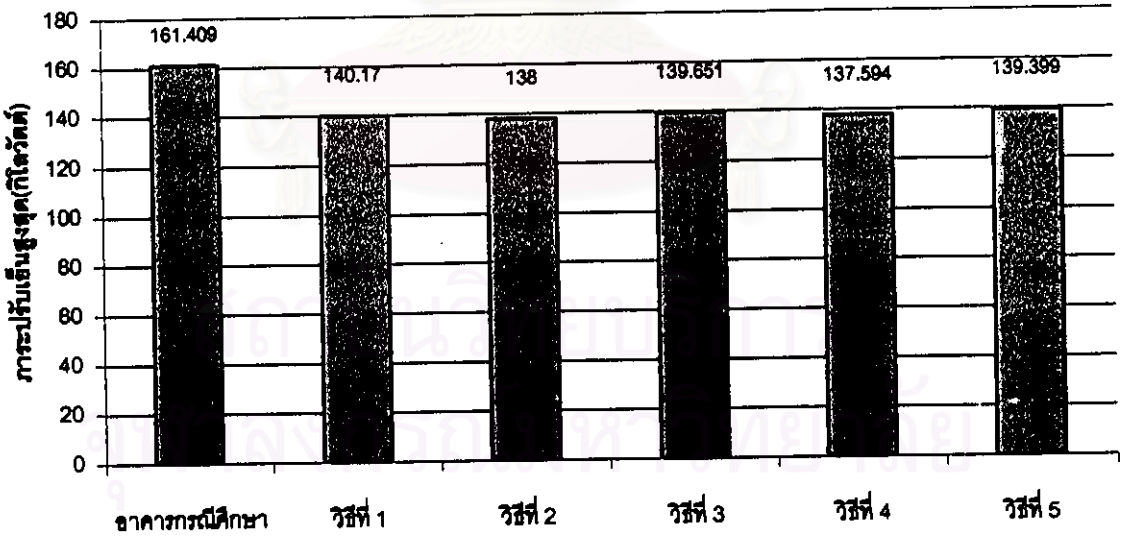
หมายเหตุ : ค่าความต้านทานความร้อนรวม เป็นค่ารวมของค่าความต้านทานของผนังก่ออิฐฉาบปูน ฉนวนใยแก้วช่องว่างอากาศ ผนังเบา และฟิลม์อากาศภายใน โดยมิได้รวมค่าความต้านทานของฟิลม์อากาศภายนอก

ตารางที่ 5.5 แนวทางการเพิ่มฉนวนผนังอาคารที่ทำการศึกษา

จากวิธีการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร เมื่อทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีที่ลดลง พบว่า แต่ละวิธีการปรับปรุงสามารถลดภาระปรับเย็นรายปีได้ประมาณ 8.44% โดยวิธีที่สามารถลดได้มากที่สุดคือวิธีที่ 4 ติดตั้งฉนวนความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม.หนา 2 นิ้ว สามารถลดภาระปรับเย็นรายปีได้ประมาณ 8.67% สามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลงในแต่ละวิธีได้ดังแผนภูมิที่ 5.5 ภาระปรับเย็นสูงสุดพบว่าแต่ละวิธีการสามารถลดภาระปรับเย็นสูงสุดได้ประมาณ 13.97% โดยวิธีที่ 4 สามารถลดภาระปรับเย็นสูงสุดได้มากที่สุด คือ 14.75% สามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลงในแต่ละวิธีได้ดังแผนภูมิที่ 5.6



แผนภูมิที่ 5.5 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีของอาคารกองวิทยาการ เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ผนังอาคารเพิ่มเติมตามแนวทางปรับปรุง



แผนภูมิที่ 5.6 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดของอาคารกองวิทยาการ เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ผนังอาคารเพิ่มเติมตามแนวทางปรับปรุง

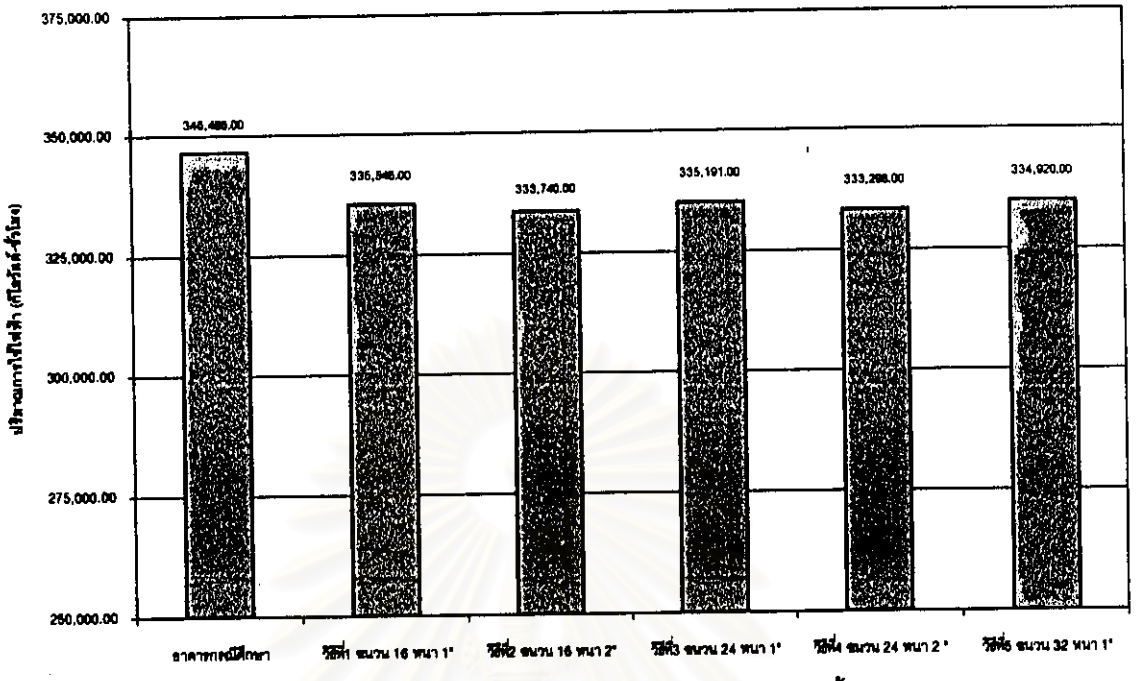
พบว่าในการลดพลังงานไฟฟ้ารายปี เมื่อทำการติดตั้งฉนวนที่ความหนาแน่นและความหนาต่างๆสามารถลดอัตราการใช้พลังงานรายปีโดยรวมได้ประมาณ 3%โดยมีผลการพิจารณาในด้านระยะเวลาคืนทุน และมูลค่าสะสมอาคารในปีที่ 10 เป็นดังตารางที่ 5.6

รายละเอียดอาคาร		ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารสะสมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	62.93	161.41		346,486.00		965,307.60	-		6,333,719.00
1. ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 1"	44.16	140.11	86.80%	335,546.00	96.84%	935,926.25	294,899.00	19.51	6,436,637.00
ลดจากอาคารเดิม	*18.77*	*21.30*	*13.20%*	*10,940.00*	*3.16%*	*29,381.35*			
2. ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 2"	36.73	138.00	85.50%	333,740.00	96.32%	931,081.92	373,759.23	23.70	6,481,912.00
ลดจากอาคารเดิม	*26.20*	*23.41*	*14.50%*	*12,746.00*	*3.68%*	*34,225.68*			
3. ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 1"	38.72	139.65	86.52%	335,191.00	96.74%	934,965.33	330,671.35	23.74	6,466,304.00
ลดจากอาคารเดิม	*24.21*	*21.76*	*13.48%*	*11,295.00*	*3.26%*	*30,342.27*			
4. ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 2"	36.23	137.59	85.25%	333,298.00	96.19%	929,928.04	444,314.85	36.90	6,546,765.00
ลดจากอาคารเดิม	*26.70*	*23.82*	*14.75%*	*13,188.00*	*3.81%*	*35,379.56*			
5. ฉนวนใยแก้ว 32 หนา 1"	38.39	139.40	86.36%	334,920.00	96.66%	934,412.60	364,693.19	30.29	6,495,899.00
ลดจากอาคารเดิม	*24.54*	*22.01*	*13.64%*	*11,566.00*	*3.34%*	*30,895.00*			

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อติดตั้งฉนวนผนังอาคาร

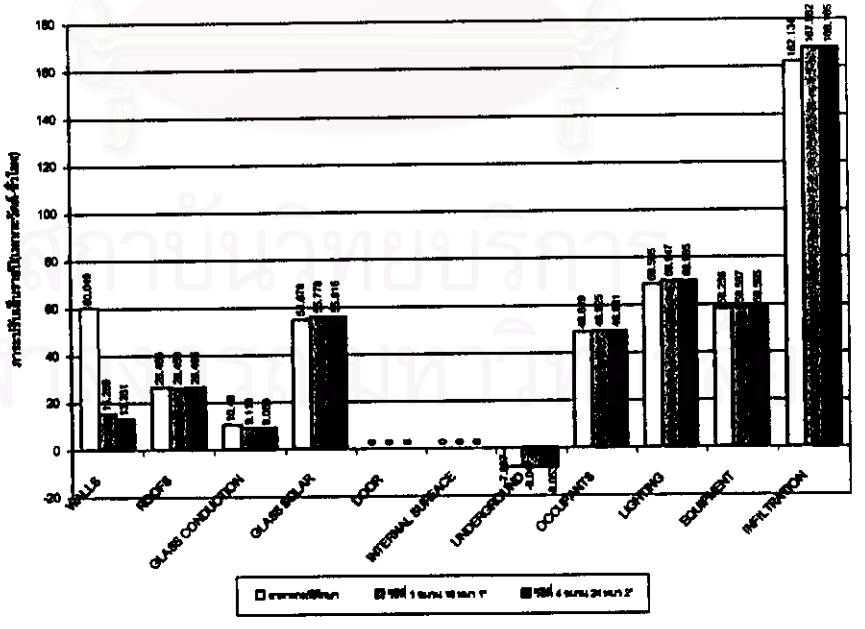
จากการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร พบว่าวิธีการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ฉนวนที่เมื่อนำมาติดตั้งแล้วสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุดคือ ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ที่ความหนา 2 นิ้ว ซึ่งเมื่อนำมาติดตั้งในอาคารสามารถลดค่า OTTV เหลือ 36.23 วัตต์/ตร.ม. สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ประมาณ 3.81% แต่กลับมีระยะเวลาคืนทุนที่มากที่สุด แต่หากพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบ พบว่าวิธีการที่มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ที่มีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดและมูลค่าสะสมของอาคาร ณ เวลา 10 ปี น้อยที่สุดได้แก่ การติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. เมื่อนำมาติดตั้งในอาคารสามารถลดค่า OTTV เหลือ 44.16 วัตต์/ตร.ม. สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ประมาณ 3.16% ผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีกับอาคารกรณีศึกษาเป็นดังแผนภูมิที่ 5.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



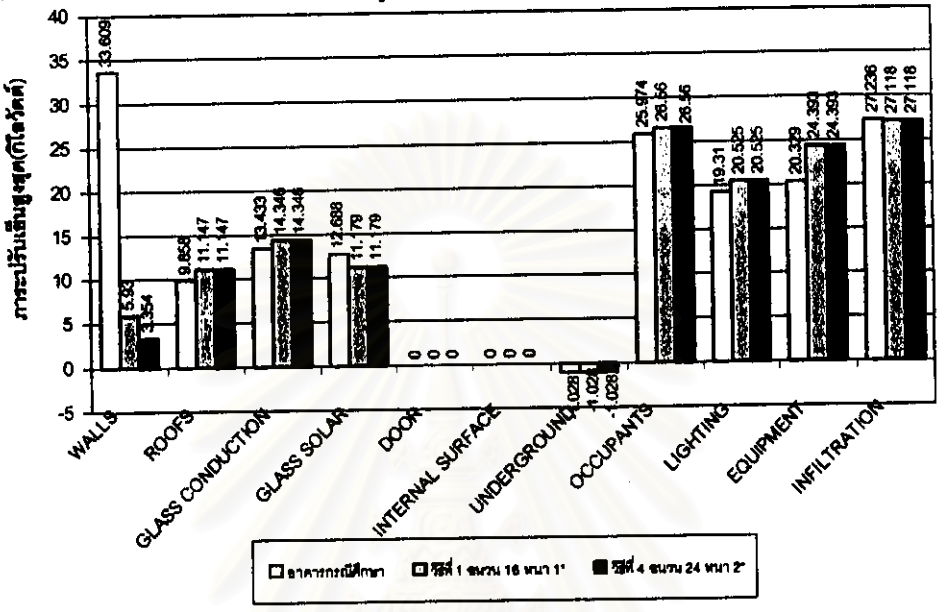
แผนภูมิที่ 5.7การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในแต่ละแนวทางติดตั้งฉนวนผนังอาคาร

เมื่อเปรียบเทียบค่าภาระปรับเย็นรายปีระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารที่ปรับปรุงด้วยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว และการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว สามารถลดภาระปรับเย็นรวม ได้ 8.87% และ 8.80% ตามลำดับ เปรียบเทียบจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.8



แผนภูมิที่ 5.8 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน

เมื่อเปรียบเทียบค่าภาระปรับเย็นสูงสุดระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารที่ปรับปรุงด้วยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว และการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว สามารถลดภาระปรับเย็นรวมได้ 3.16% และ 4.25% ตามลำดับ เปรียบเทียบจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.9



แผนภูมิที่ 5.9 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน

ดังนั้นวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารที่เหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ การติดตั้งฉนวนใยแก้วที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว

5.2 ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคารกรณีศึกษา

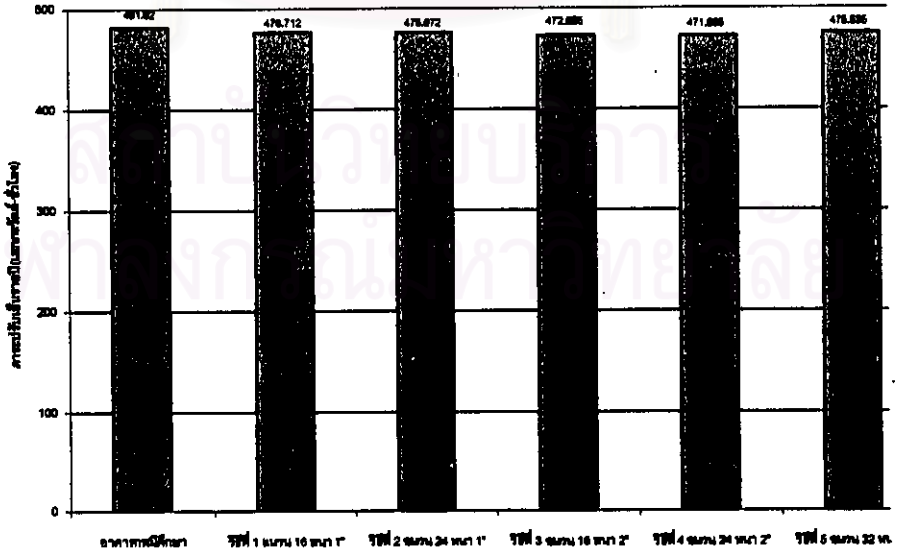
ฉนวนที่เหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการลดภาระปรับเย็นรายปีในอาคารกรณีศึกษาได้แก่ กลุ่มฉนวนใยแก้ว จากการพิจารณาประสิทธิภาพการลดภาระปรับเย็นของฉนวนในหัวข้อ 5.1 สรุปเป็นแนวทางในการศึกษาตัวแปรด้านการเพิ่มค่าต้านทานความร้อนส่วนหลังอาคาร ได้ 5 แนวทางรายละเอียดดังตาราง 5.7

วิธีการปรับปรุงหลังคาอาคาร	รายละเอียด	ค่าความต้านทานความร้อนรวม (ตร.ม./วัตต์-เคลวิน)
อาคารกรณีศึกษา	-	2.0313
วิธีที่ 1	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	2.6147
วิธีที่ 2	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	2.7090
วิธีที่ 3	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว	3.1961
วิธีที่ 4	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว	3.3840
วิธีที่ 5	ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	3.5039

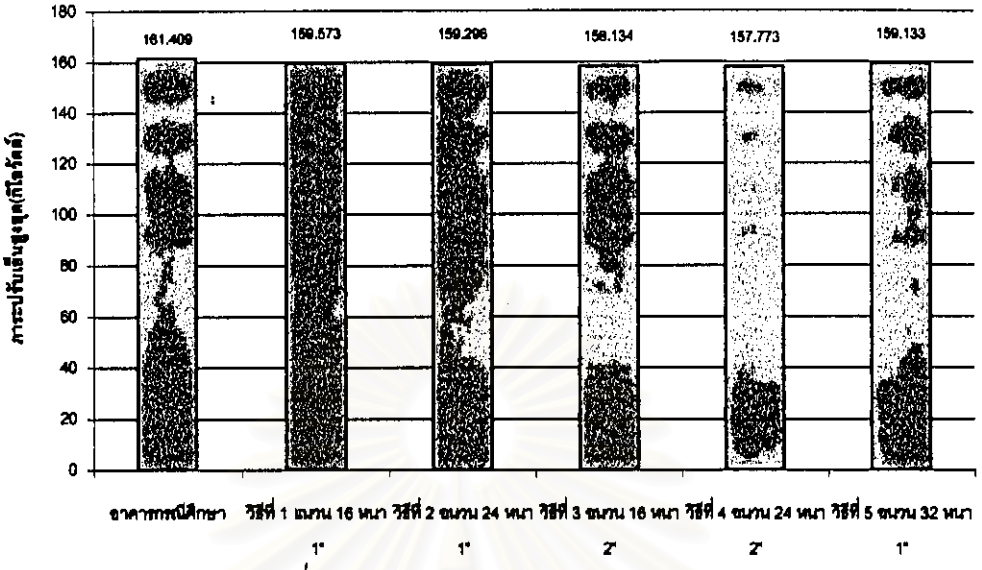
หมายเหตุ : ค่าความต้านทานความร้อนรวม เป็นค่ารวมของค่าความต้านทานของหลังคา ช่องว่างอากาศ ฉนวนใยแก้ว โดยมิได้รวมค่าความต้านทานของฟิลม์อากาศภายนอก

ตารางที่ 5.7 แนวทางการปรับปรุงด้วยการติดตั้งฉนวนใต้หลังคา ในอาคารกรณีศึกษา

จากแนวทางในการปรับปรุงอาคารทั้งหมด เมื่อทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา พบว่าแต่ละวิธีที่ทำการปรับปรุงสามารถลดภาระปรับเย็นรายปีลงได้ระหว่าง 2-3.25% โดยวิธีที่สามารถลดได้มากที่สุดคือวิธีที่ 4 สามารถลดภาระปรับเย็นรายปีได้ 2.02% ดังแผนภูมิที่ 5.10 สามารถลดภาระปรับเย็นสูงสุดลงได้ระหว่าง 2 - 3% โดยวิธีที่สามารถลดได้มากที่สุดคือวิธีที่ 4 สามารถลดภาระปรับเย็นสูงสุดได้ 2.25% ดังแผนภูมิที่ 5.11



แผนภูมิที่ 5.10 ภาระปรับเย็นรายปีอาคารกองวิทยาการ
เมื่อติดตั้งฉนวนหลังคาเพิ่มตามวิธีการปรับปรุงหลังคาอาคารกรณีศึกษา



แผนภูมิที่ 5.11 ภาระปรับเย็นสูงสุดอาคารกองวิทยาการ
เมื่อติดตั้งฉนวนหลังคาเพิ่มตามแนวทางการปรับปรุง

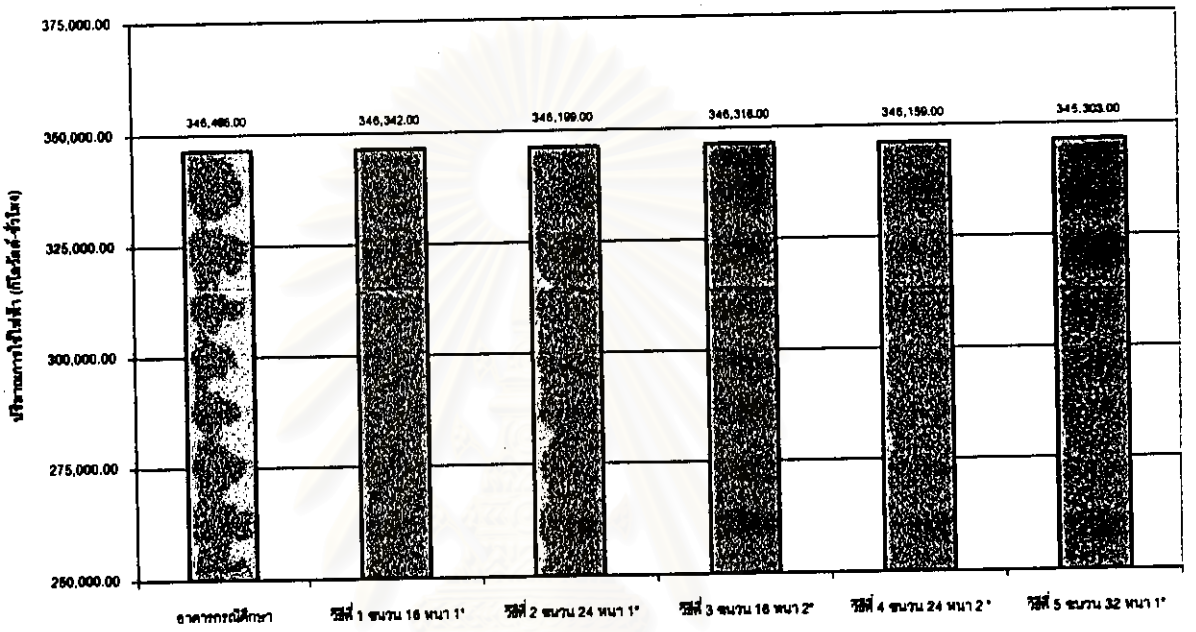
เมื่อทำการติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่นและความหนาต่างๆสามารถลดอัตราการใช้พลังงานรายปี เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาได้ 0.04 - 0.09% โดยวิธีที่ 4 สามารถลดค่าไฟฟ้าได้มากที่สุด คือ 0.09% มีรายละเอียดดังตาราง 5.8

รายละเอียดอาคาร		ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	RTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารของในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	15.26	161.41		346,486.00		965,307.60	-		6,333,719.00
1. ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 1"	13.75	159.57	98.86%	346,342.00	99.96%	964,874.95	90,612.00	37.53	6,421,601.00
ลดจากอาคารเดิม	*1.51*	*1.84*	*1.14%*	*144.00*	*0.04%*	*432.65*			
2. ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 1"	9.43	159.30	98.69%	346,199.00	99.92%	964,446.73	119,981.00	33.18	6,448,052.00
ลดจากอาคารเดิม	*5.83*	*2.11*	*1.31%*	*287.00*	*0.08%*	*860.87*			
3. ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 2"	11.28	158.13	97.97%	346,318.00	99.95%	964,802.51	147,670.00	42.46	6,476,076.00
ลดจากอาคารเดิม	*3.98*	*3.28*	*2.03%*	*168.00*	*0.05%*	*505.09*			
4. ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 2"	8.87	157.77	97.75%	346,159.00	99.91%	964,326.34	163,979.00	33.18	6,481,250.00
ลดจากอาคารเดิม	*11.02*	*3.64*	*2.25%*	*327.00*	*0.09%*	*981.26*			
5. ฉนวนใยแก้ว 32 หนา 1"	38.39	159.13	98.59%	346,303.00	99.95%	964,757.38	210,383.00	46.39	6,640,493.00
ลดจากอาคารเดิม	- *23.13*	*2.28*	*1.41%*	*183.00*	*0.05%*	*550.22*			

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อติดตั้งฉนวนใต้หลังคาอาคาร

ผลการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคา พบว่า วิธีการที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุด คือ การติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ที่ความหนา 2 นิ้ว เมื่อนำมาติดตั้งในอาคารสามารถลดค่า RTTV เหลือ 8.87 วัตต์/ตร.ม.

สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ 0.09 % แต่กลับมีระยะเวลาคืนทุนที่มากเป็นอันดับที่2 หากพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบ พบว่าวิธีการที่มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ที่มีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดและมูลค่าสะสมของอาคาร ณ เวลา 10 ปี น้อยที่สุดได้แก่ การติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. เมื่อนำมาติดตั้งในอาคารสามารถลดค่า RTTV เหลือ 13.748 วัตต์/ตร.ม. สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ประมาณ 0.04 % เปรียบเทียบการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละแนวทางการปรับปรุงได้ดังแผนภูมิที่ 5.12



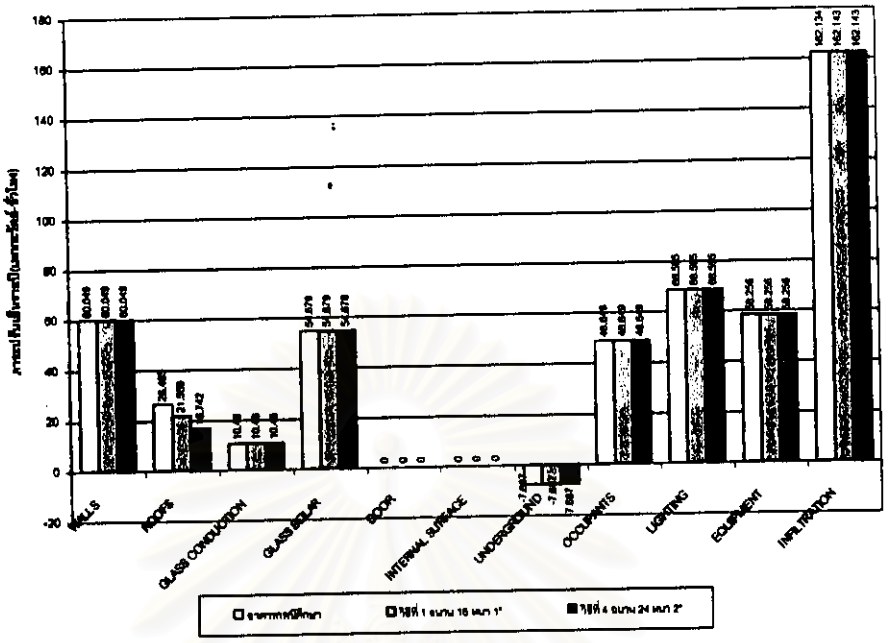
แผนภูมิที่ 5.12 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในแต่ละแนวทางติดตั้งฉนวนหลังคาอาคาร

ข้อพึงสังเกตก็คือ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงในแต่ละทางเลือกไม่ว่าเลือกใช้ฉนวนขนาดเท่าใดก็มีผลช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้น้อยคือไม่ถึง 2.5% เนื่องจากอาคารมีการติดแผ่นสะท้อนรังสีความร้อนไว้เหนือแปอาคาร และค่า RTTV เบื้องต้นก็ไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด ดังนั้นอาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านจากทางหลังคาก็ได้

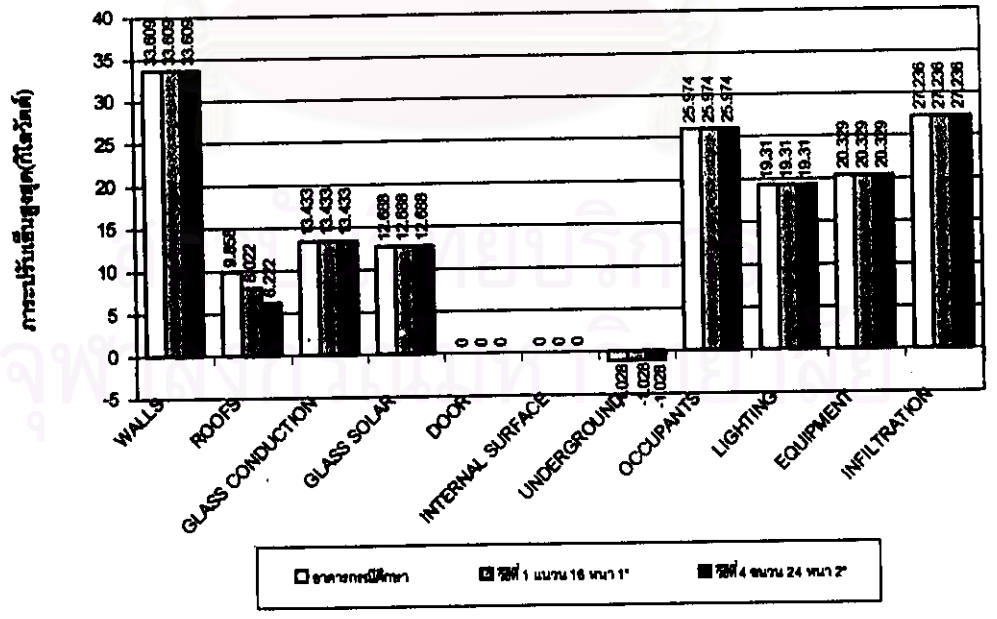
เมื่อเปรียบเทียบค่าภาระปรับเย็นรายปีระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารที่ปรับปรุงด้วยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้วและติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว สามารถลดภาระปรับเย็นรวม ได้ 1.82 % และ 2.82 % ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาจำแนกตามที่มาของความร้อนได้แผนภูมิที่ 5.13

หากพิจารณาการปรับเย็นสูงระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารที่ปรับปรุงด้วยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้วและติดตั้งฉนวนใยแก้ว ที่มีความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว สามารถลดภาระปรับเย็นรวม ได้ 1.14 % และ 2.25 % ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาจำแนกตามที่มาของความร้อนได้แผนภูมิที่ 5.14

ดังนั้นวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารที่เหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ การติดตั้งฉนวนใยแก้วที่มีความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว



แผนภูมิที่ 5.13 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อติดตั้งฉนวนกันความร้อนใยแก้วใต้หลังคา



แผนภูมิที่ 5.14 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อติดตั้งฉนวนความร้อนใยแก้วใต้หลังคา

5.3 ลดการถ่ายเทความร้อนอันเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องแสง

ส่วนประกอบของเปลือกอาคารอีกส่วนที่มีผลต่อการนำความร้อนเข้าสู่อาคารก็คือช่องแสงที่รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบระนาบของผนังอาคารดังนั้นการพิจารณาเลือกกระจกที่ใช้ในอาคารก็มีผลต่อการถ่านเทความร้อนรวมเข้าสู่อาคาร ซึ่งกระจกที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ก็คือกระจกที่มีค่า SC ต่ำ และมีค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติที่สูงเพื่อ เพื่อลดการส่งผ่านความร้อนเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ในขณะที่ยังได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเหมาะ

จากการศึกษาเรื่องค่า solar spectrum กับค่าการส่องผ่านตัวกลางของกระจกสีต่างๆสิ่งที่เราต้องการก็คือ คลื่นแสงที่ตามองเห็นได้เพื่อนำมาใช้ให้แสงสว่างในในอาคาร แต่สิ่งที่ไม่ต้องการก็คือคลื่นรังสีความร้อน และรังสี UV เมื่อพิจารณาจะพบว่ากระจกใสจะยอมให้แสงสว่างที่ตามองเห็นเข้ามาได้มากที่สุดแต่ขณะเดียวกันก็ยอมให้คลื่นรังสีความร้อนและUV ผ่านเข้ามาสูงสุดเช่นกัน ในขณะที่กระจกสีชาที่นิยมใช้กันก็ยอมให้คลื่นแสงทั้ง 3 ประเภทผ่านเข้าน้อยที่สุด เมื่อศึกษาที่กระจกสีเขียวและสีฟ้าจะเห็นว่าเป็นกระจกที่ยอมให้คลื่นแสงที่ตามองเห็นผ่านเข้าได้สูงในขณะที่ยอมให้คลื่นรังสีความร้อนและ UV ผ่านได้น้อย จึงควรเลือกกระจกที่มีสีโทนเขียวและฟ้ามาใช้งานในอาคาร

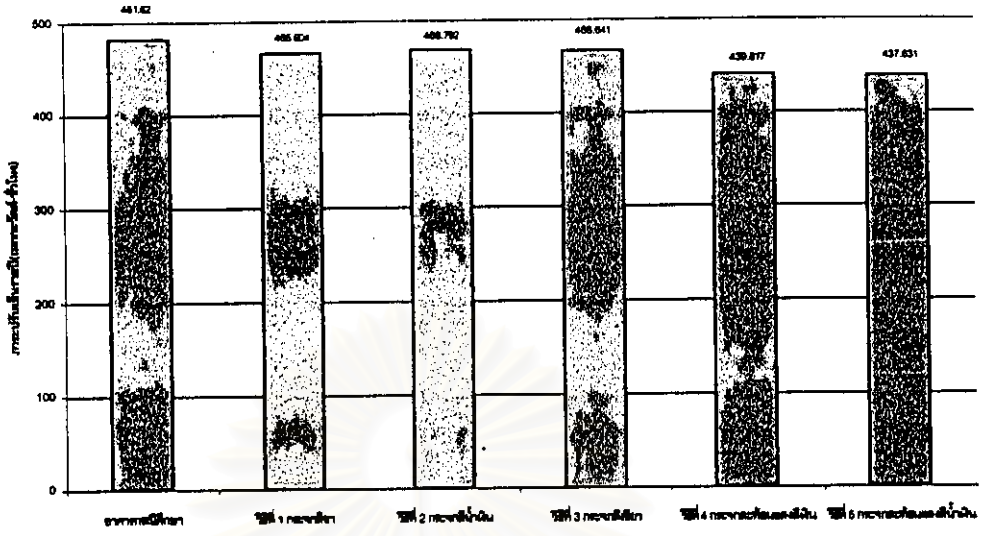
การทดลองศึกษาเพื่อจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าพิจารณาเลือกแนวทางในการปรับเปลี่ยนชนิดของกระจกที่ใช้ในอาคารมีรายละเอียดดังตาราง 5.9

วิธีปรับปรุงกระจกอาคาร	ประเภทกระจก (หนา 6 มม.)	ค่า SC	U-Value (W/m^2-K)	Light Transmitance(%)	ราคาในการติดตั้งใหม่ (บาท/ตร.ม)
อาคารกรณีศึกษา	กระจกฝ้า	0.85	5.830	89	-
	กระจกสีชา	0.64	6.270	38	-
วิธีที่ 1	กระจกสีชา	0.64	6.270	38	330.00
วิธีที่ 2	กระจกสีฟ้า	0.68	6.210	58	550.00
วิธีที่ 3	กระจกสีเขียว	0.65	6.230	72	550.00
วิธีที่ 4	กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	0.28	5.030	14	750.00
วิธีที่ 5	กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	0.26	5.150	8	950.00

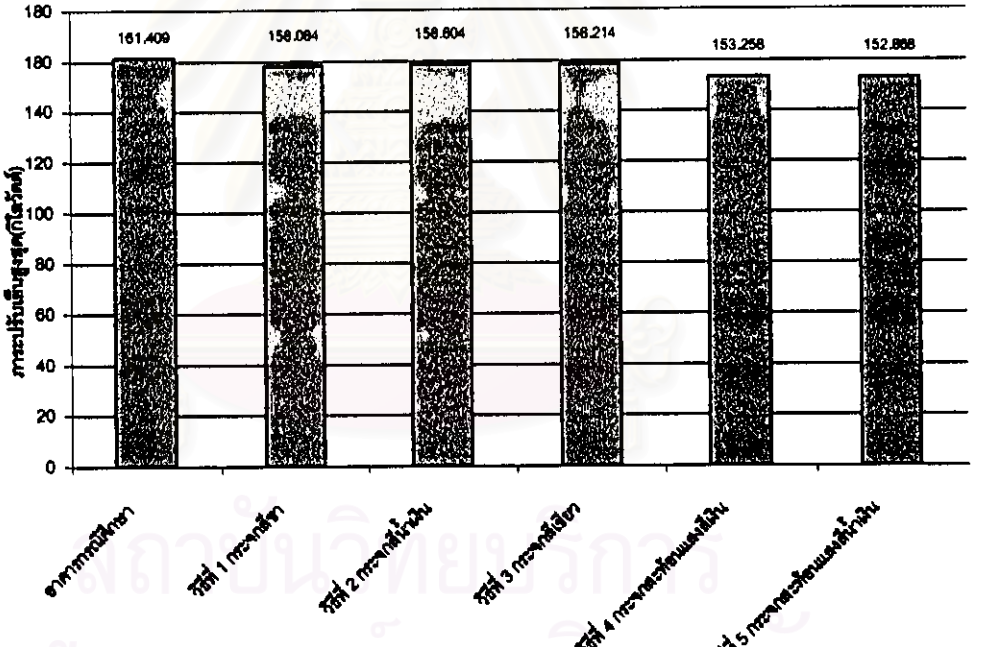
ตารางที่ 5.9 แสดงรายละเอียดในการทดลองศึกษาจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงชนิดกระจกที่ใช้ในอาคาร

จากแนวทางในการปรับปรุงอาคารทั้งหมด เมื่อทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษาพบว่า แต่ละวิธีสามารถลดค่าภาระปรับเย็นรายปีได้ 3.26-9.13% โดยที่วิธีที่ 4 และ 5 สามารถลดค่าภาระปรับเย็นรายปีได้มากใกล้เคียงกันดังคือ 8.68 และ 9.13% ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 5. และ 5.

15 16

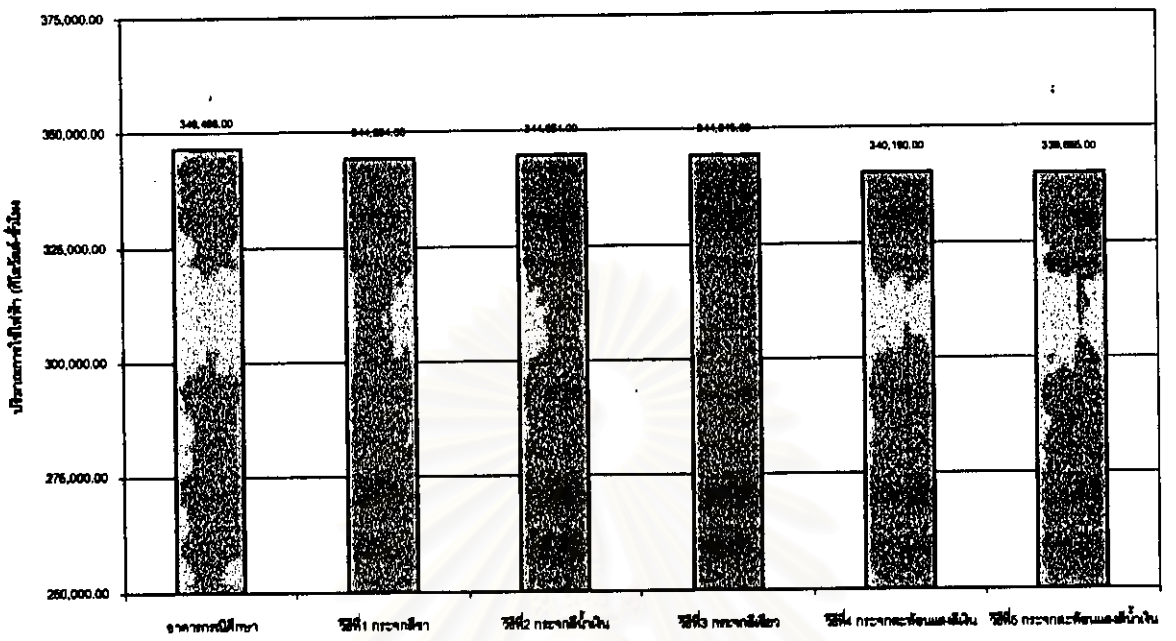


แผนภูมิที่ 5.15 ค่าภาระปรับเย็นรายปีอาคารกองวิทยาการ
เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคาร



แผนภูมิที่ 5.16 ค่าภาระปรับเย็นสูงสุดอาคารกองวิทยาการ
เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคาร

จำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารเมื่อทดลองเปลี่ยนกระจกพบว่า แต่ละวิธีสามารถลดค่าไฟฟ้าลงไปประมาณ 0.33 - 1.94 %มีผลดังตารางที่ 5.10 โดยวิธีที่ 4 และ 5 สามารถลดค่าไฟฟ้ารายปีได้ 1.82 และ 1.92 % ตามลำดับ รายละเอียดดังแผนภูมิที่ 5.1 และตารางที่ 5.10



แผนภูมิที่ 5.17 เปรียบเทียบการใช้พลังงานรายปี เมื่อทำการเปลี่ยนกระจกที่ใช้ในอาคาร

รายละเอียดอาคาร		ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารสะสมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	62.93	161.41		346,486.00		965,307.60	-		6,333,719.00
1. กระจกสีชา	58.12	158.08	97.94%	344,204.00	99.34%	958,717.39	154,103.00	23.36	6,444,582.00
ลดจากอาคารเดิม	*6.81*	*3.32*	*2.06%*	*2,282.00*	*0.66%*	*6,590.21*			
2. กระจกสีฟ้า	57.20	158.60	98.26%	344,551.00	99.44%	960,030.85	273,823.00	51.81	6,572,920.00
ลดจากอาคารเดิม	*5.73*	*2.80*	*1.74%*	*1,935.00*	*0.56%*	*5,276.75*			
3. กระจกสีเขียว	56.35	158.21	98.02%	344,335.00	99.38%	959,044.01	273,823.00	43.71	6,586,444.00
ลดจากอาคารเดิม	*6.58*	*3.19*	*1.98%*	*2,151.00*	*0.62%*	*6,263.59*			
4. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	43.95	153.26	94.95%	340,190.00	98.18%	946,914.14	367,743.00	19.99	6,690,778.00
ลดจากอาคารเดิม	*18.98*	*8.15*	*5.05%*	*6,296.00*	*1.82%*	*18,393.46*			
5. กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	43.54	152.87	94.71%	339,855.00	98.09%	945,928.81	459,663.00	23.71	6,566,231.00
ลดจากอาคารเดิม	*19.39*	*8.54*	*5.29%*	*6,631.00*	*1.91%*	*19,378.79*			

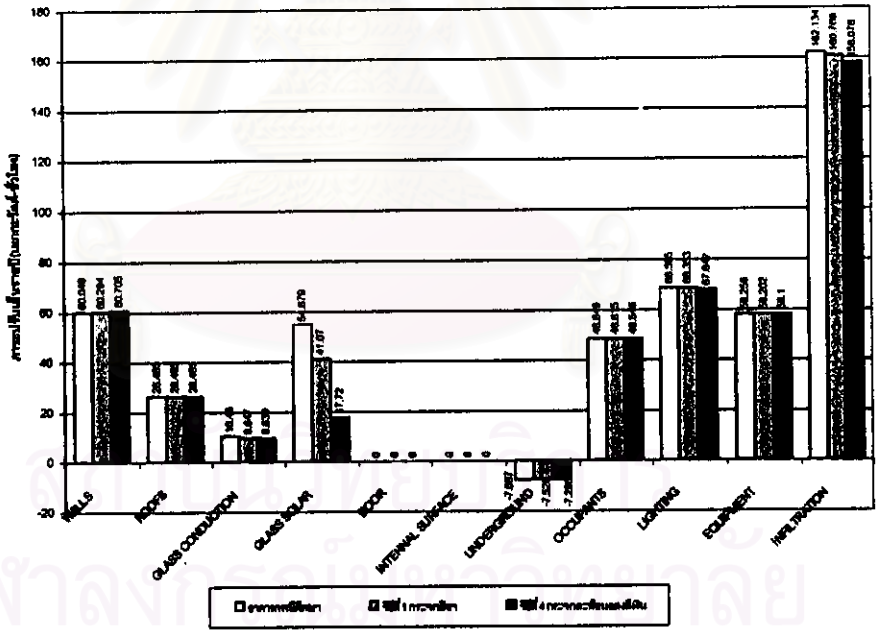
ตารางที่ 5.10 การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกของอาคาร

ผลการจำลองสภาพการใช้งานอาคาร เพื่อเลือกติดตั้งกระจกที่เหมาะสม โดยพิจารณาทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ หากใช้ระยะเวลาคืนทุนพิจารณาพบว่ากระจกที่เหมาะสมคือ กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงินแต่หากใช้มูลค่าสะสมของอาคารที่เวลา 10 ปี พบว่า กระจกสีชาเป็นกระจกที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเปรียบเทียบด้วยการให้คะแนนรวมแต่ละตัวแปร โดยอาศัยเกณฑ์ จากมูลค่าสะสมอาคาร ระยะเวลาคืนทุน ลำดับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี และค่าก่อสร้าง ให้คะแนนเรียงลำดับจาก 1 ถึง 5 โดยวิธีที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเป็น 1 ได้ผลดังตารางที่ 5.11

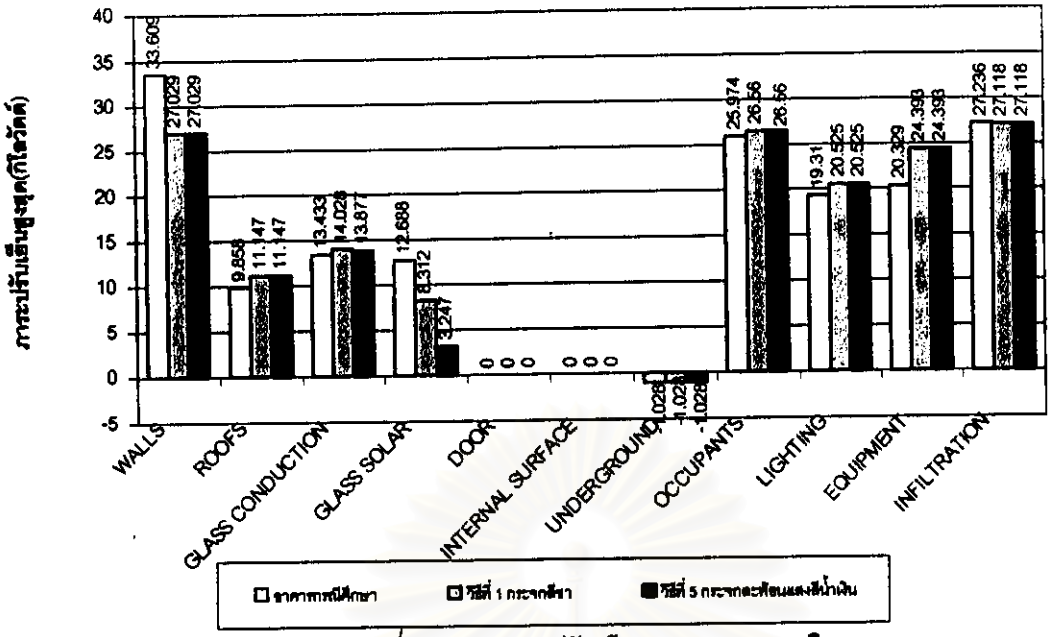
วิธีการปรับปรุง	การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	ค่าก่อสร้าง	ระยะเวลาคืนทุน	มูลค่าอาคารสะสมในปีที่ 10	รวมคะแนน
1. กระจกสีชา	3	1	2	1	7
2. กระจกสีฟ้า	5	2	5	3	15
3. กระจกสีเขียว	4	3	4	5	16
4. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	2	4	1	4	11
5. กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	1	5	3	2	11

ตารางที่ 5.11 การเปรียบเทียบให้คะแนนวิธีการปรับปรุงแต่ละวิธี

การประเมินผลแสดงว่าวิธีการเปลี่ยนชนิดกระจกที่ใช้ในอาคารที่เหมาะสมทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ก็คือ การใช้กระจกสะท้อนแสงสีชา สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ประมาณ 2.06 % การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีและภาระปรับเย็นสูงสุดสามารถลดภาระปรับเย็นรวมได้ 2.06 % และ 3.26 % ตามลำดับเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาจำแนกตามที่มาความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.18 และ 5.19



แผนภูมิที่ 5.18 ค่าภาระปรับเย็นรายปีอาคารกองวิทยาการ
เปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารเป็นกระจกสีชาและกระจกสะท้อนแสงสีเงิน



แผนภูมิที่ 5.19 ค่าภาระปรับเย็นสูงสุด อาคารกองวิทยาการ
เปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารเป็นกระจกสีชาและกระจกสะท้อนแสงสีเงิน

ข้อพึงสังเกตก็คือ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงในแต่ละทางเลือกไม่ว่าเลือกใช้กระจกแบบใดมีผลช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้น้อยคือไม่เกิน 2% ดังนั้นอาจไม่จำเป็นต้องปรับปรุงอาคารส่วนนี้ก็ได้

5.4 การปรับปรุงระบบการให้แสงสว่างในอาคาร

การพิจารณาเลือกวิธีการปรับปรุงระบบแสงสว่างประดิษฐ์ในอาคารจะพิจารณาถึงความเป็นไปได้และง่ายต่อการปรับปรุงอาคารทดลองจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยอาศัยวิธีการคำนวณจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ต้องการในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธี Lumen Method ทดลองเลือกวิธีเพื่อทำการศึกษาเป็น 6 วิธี รายละเอียดดังตาราง 5.11

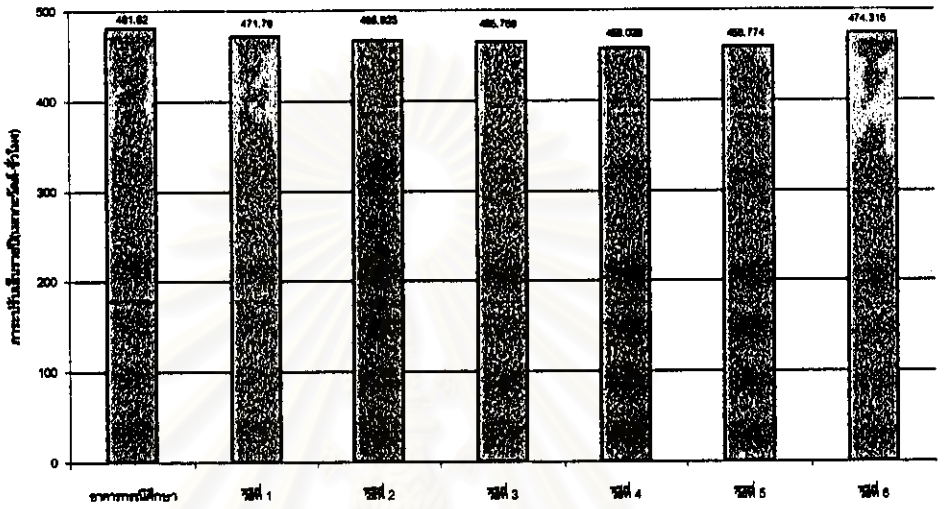
วิธีปรับปรุง	รายละเอียดการเปลี่ยนแปลง
อาคารกรณีศึกษา	-
วิธีที่ 1	เปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์ ขดลวดสูญเสียความร้อนต่ำ ร่วมกับดวงโคมเดิม
วิธีที่ 2	เปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์ Electronic ร่วมกับดวงโคมเดิม
วิธีที่ 3	หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง 3300 ลูเมนต่อหลอด ร่วมกับบัลลาสต์ขดลวดชนิดธรรมดา
วิธีที่ 4	หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง 3300 ลูเมนต่อหลอด ร่วมกับบัลลาสต์ขดลวดชนิดสูญเสียความร้อนต่ำ
วิธีที่ 5	ใช้ดวงโคมส่องเฉพาะจุด หลอดดอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ ในพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่างมากเป็นพิเศษ ลดหลอดไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา
วิธีที่ 6	ใช้ดวงโคมส่องเฉพาะจุด หลอดอินแคนเดสเซนต์ 100 วัตต์ ในพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่างมากเป็นพิเศษ ลดหลอดไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา

หมายเหตุ : รายละเอียดในการคำนวณและจำนวนดวงโคมที่ต้องการในแต่ละ Zone เป็นดังภาคผนวก ค - 4

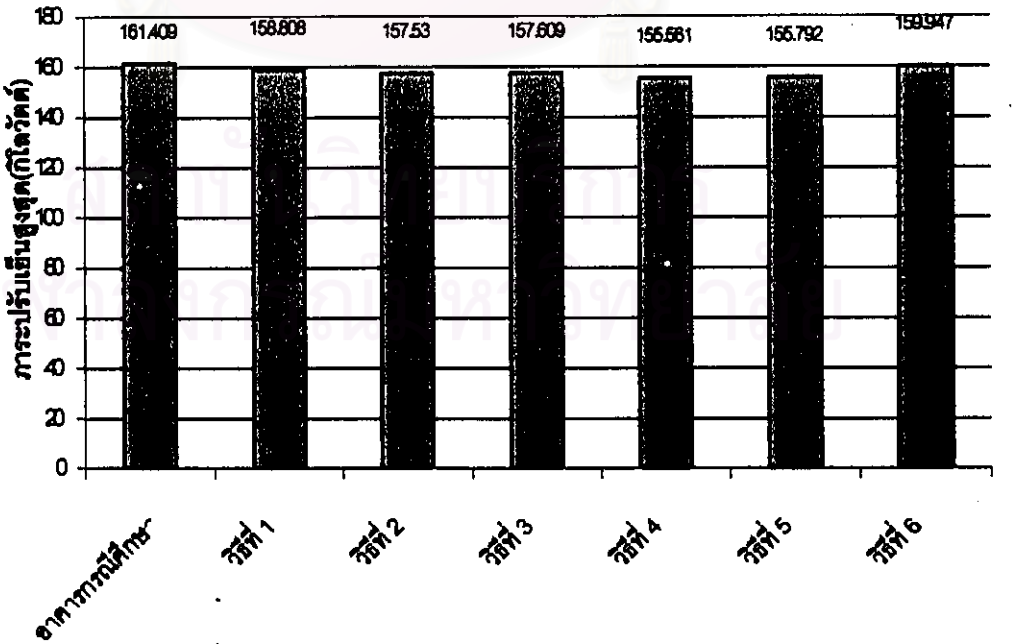
ตารางที่ 5.11 วิธีปรับปรุงระบบแสงสว่างในอาคาร

วิธีการปรับปรุงแต่ละวิธีสามารถลดภาระปรับเย็นรายปีได้ประมาณ 1.52 - 4.74 % โดยวิธีการปรับปรุงที่ 4 และ 5 สามารถลดภาระปรับเย็นรายปีได้ใกล้เคียงกันคือ 4.90% และ 4.74 % ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 5.20

สำหรับภาระปรับเย็นสูงสุด ทุกวิธีสามารถลดภาระปรับเย็นสูงสุดได้ 0.01-4.62% โดยวิธีการปรับปรุงที่ 4 และ 5 สามารถลดภาระปรับเย็นสูงสุดได้ใกล้เคียงกันคือ 4.60% และ 4.48 % ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 5.21



แผนภูมิที่ 5.20 ค่าภาระปรับเย็นรายปี อาคารกองวิทยาการ เมื่อใช้วิธีการปรับปรุงระบบแสงสว่างแบบต่างๆ

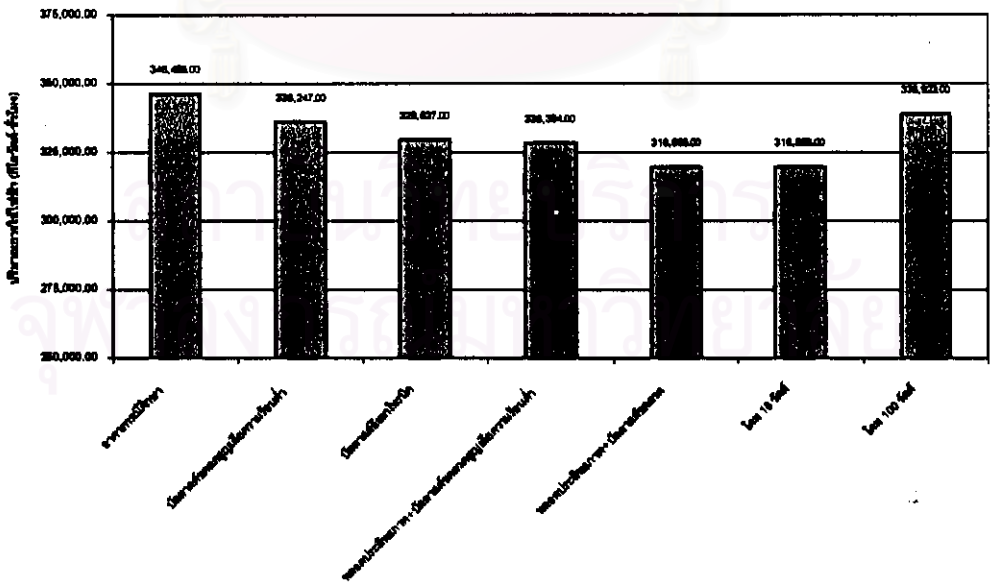


แผนภูมิที่ 5.21 ค่าภาระปรับเย็นสูงสุด อาคารกองวิทยาการ เมื่อใช้วิธีการปรับปรุงระบบแสงสว่างแบบต่างๆ

ผลการจำลองสภาพใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษาและรายละเอียดของแนวทางในการปรับปรุงระบบแสงสว่างโดยวิธีที่ 4 และ 5 สามารถลดค่าไฟฟ้ารายปีได้ 8.76 และ 8.77% ตามลำดับดังตาราง 5.13 และเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าดังแผนภูมิที่ 5.22

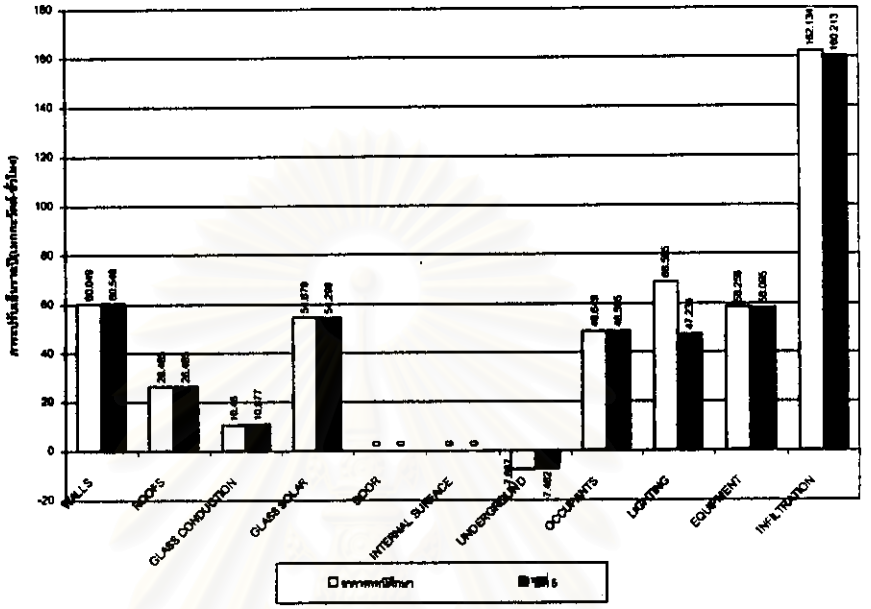
รายละเอียดอาคาร		ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารระยะเวลาใน10ปี ที่
อาคารกรณีศึกษา	17.51	161.41		346,486.00		965,307.60	-		6,333,719.00
1. บัลลาสต์ชนิดลดการสูญเสียความร้อนต่ำ	15.19	158.81	98.39%	336,247.00	97.04%	937,705.23	209,104.00	11.72	6,361,716.00
ลดจากอาคารเดิม	2.32	2.60	1.61%	10,239.00	2.96%	27,602.37			
2. บัลลาสต์อิเลคโทรนิค	14.01	157.53	97.60%	329,527.00	95.11%	919,835.70	623,153.00	50.01	6,658,516.00
ลดจากอาคารเดิม	3.50	3.88	2.40%	16,959.00	4.89%	45,471.90			
3. หลอดประสิทธิภาพ	14.06	157.61	97.65%	326,384.00	94.20%	916,552.41	103,100.00	2.41	6,119,919.00
ลดจากอาคารเดิม	3.45	3.80	2.35%	20,102.00	5.80%	48,755.19			
4. หลอดประสิทธิภาพ+ บัลลาสต์ชนิดลดการสูญเสียความร้อนต่ำ	12.21	155.56	96.38%	319,598.00	92.24%	892,846.93	307,568.00	5.35	6,185,548.00
ลดจากอาคารเดิม	5.30	5.85	3.62%	26,888.00	7.76%	72,460.67			
5. โคมส่องเฉพาะจุด 18 วัตต์	8.75	155.79	96.52%	319,569.00	92.23%	893,343.03	122,131.00	1.90	5,983,557.00
ลดจากอาคารเดิม	8.76	5.62	3.48%	26,917.00	7.77%	71,964.57			
6. โคมส่องเฉพาะจุด 100 วัตต์	10.88	159.95	99.09%	338,923.00	97.82%	946,655.52	96,105.00	6.82	6,307,441.00
ลดจากอาคารเดิม	6.63	1.46	0.91%	7,563.00	2.18%	18,652.08			

ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อปรับเปลี่ยนระบบแสงสว่างประดิษฐ์ในอาคาร

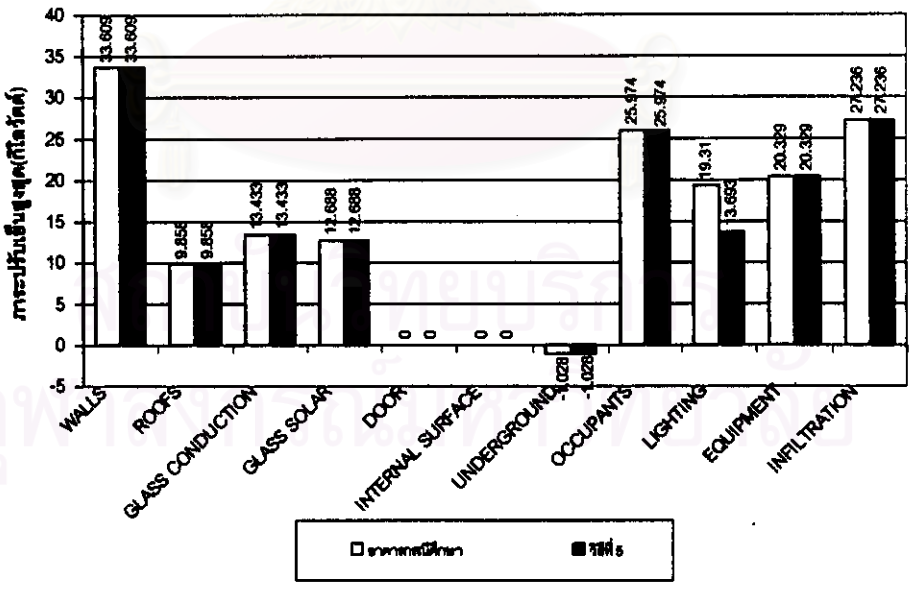


แผนภูมิที่ 5.22 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี อาคารกองวิทยาการ เมื่อใช้วิธีการปรับปรุงระบบแสงสว่างแบบต่างๆ

จากผลการศึกษา เมื่อพิจารณาทั้งด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ พบว่า วิธีที่ 5 คือ การใช้ควงโคมส่องเฉพาะจุดหลอดคอมแพคฟลูออเรสต์เซนต์ 18 วัตต์ เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงอาคาร โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเหลือ 319,598 กิโลวัตต์-ชั่วโมง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 7.77 % สามารถลดภาระการปรับเย็นรายปีรวมและภาระปรับเย็นสูงสุดรวม ได้ 4.74%และ 3.48% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา ได้ดังแผนภูมิที่ 5.23 และ 5.24



แผนภูมิที่ 5.23 ภาระปรับเย็นรายปี เมื่อทำการปรับปรุงระบบแสงสว่างประดิษฐ์ตามวิธีที่ 5



แผนภูมิที่ 5.24 ภาระปรับเย็นสูงสุด เมื่อทำการปรับปรุงระบบแสงสว่างประดิษฐ์ตามวิธีที่ 5

ข้อสังเกตประการหนึ่งคือเมื่อปรับปรุงระบบแสงสว่างภายในอาคารจะเกิดผลในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมใน 2 ส่วน คือ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างโดยตรงและลดภาระปรับเย็นเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนในระบบแสงสว่าง

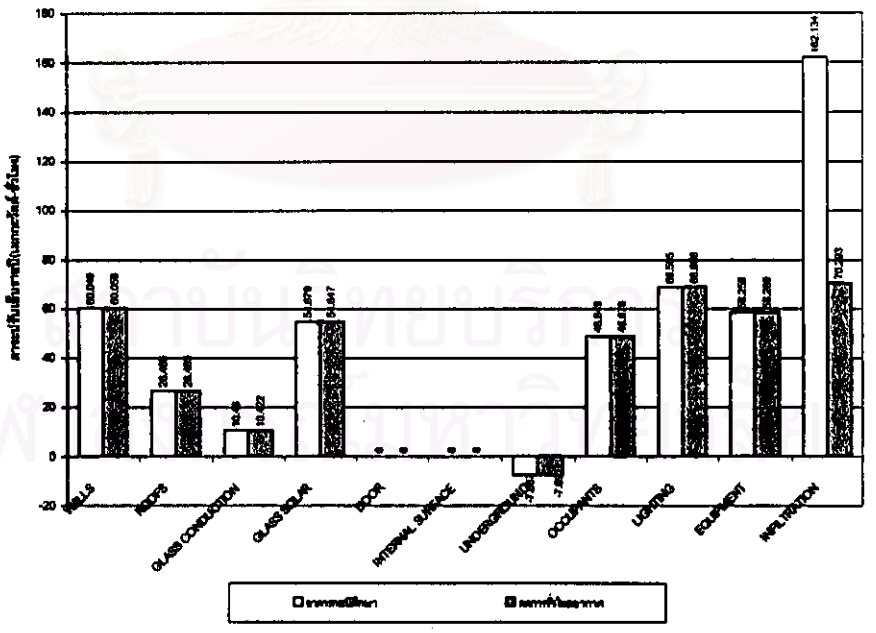
5.5 ผลการพาความร้อนเข้าสู่อาคารเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศ

สภาพอาคารในปัจจุบันมีลักษณะมีรอยรั่วไหลของอากาศสูง ในลักษณะที่ Loose อีกทั้งระบบหน้าต่างของอาคารชั้นที่ 3 เป็นหน้าต่างบานเลื่อนที่มีช่องว่างอากาศระหว่างบานสูงทำให้ภาระปรับเย็นอันเนื่องมาจากการรั่วไหลของอากาศภายนอกที่เข้าสู่ตัวอาคารมีค่าสูง เมื่อทดลองทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคาร โดยเพิ่มการติดตั้งแผ่นยางกันรั่ว(PVC)ตามรอยต่อของหน้าต่างมีผลทำให้ภาระปรับเย็นสูงสุดและพลังงานไฟฟ้ารายปีมีค่าลดจากอาคารกรณีศึกษาดังตารางที่ 5.13

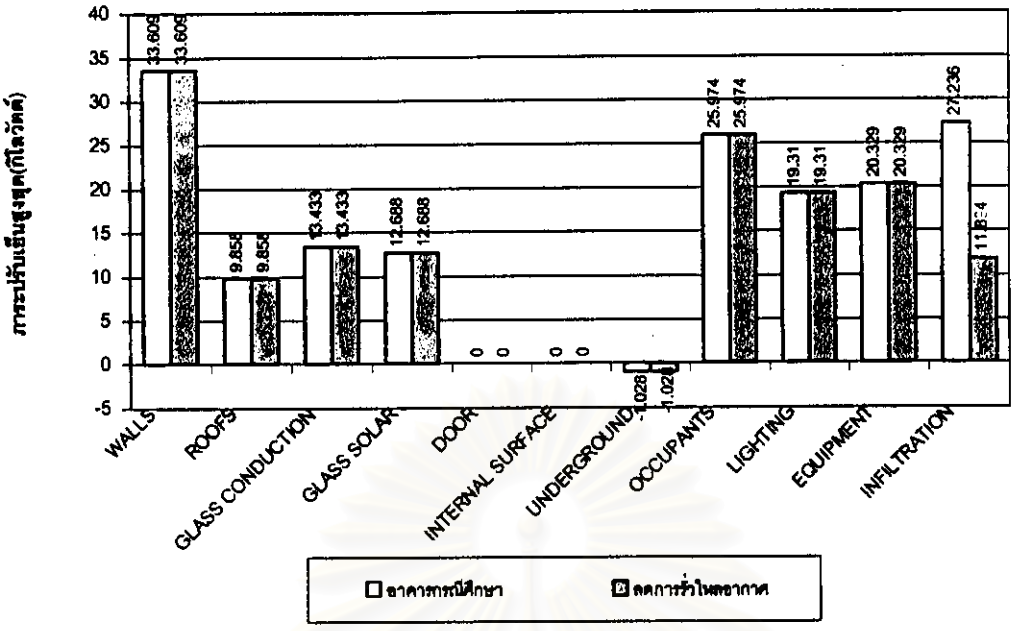
รายละเอียดอาคาร	ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารสะสมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	161.41	-	346,486.00	-	965,307.60	-	-	6,333,719.00
ลดการรั่วไหลอากาศ	145.98	90.44%	338,978.00	97.83%	945,074.38	108,945.94	7.22	6,309,908.00
ลดจากอาคารเดิม	*15.43*	*9.56%*	*7,508.00*	*2.17%*	*20,233.22*			

ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี

ได้ผลการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารที่ลดลงจากอาคารกรณีศึกษาเหลือ 338,978.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ลดลงจากอาคารกรณีศึกษา 2.17% โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณ 108,948 บาท ภาระปรับเย็นรายปี และภาระปรับเย็นสูงสุด ลดลง 19.06 และ 9.57 % ตามลำดับ เปรียบเทียบจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.25 และ5.26



แผนภูมิที่ 5.25 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อนเมื่อลดรอยรั่วอากาศของช่องหน้าต่าง



แผนภูมิที่ 5.26 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อลดรอยรั่วอากาศของช่องหน้าต่าง

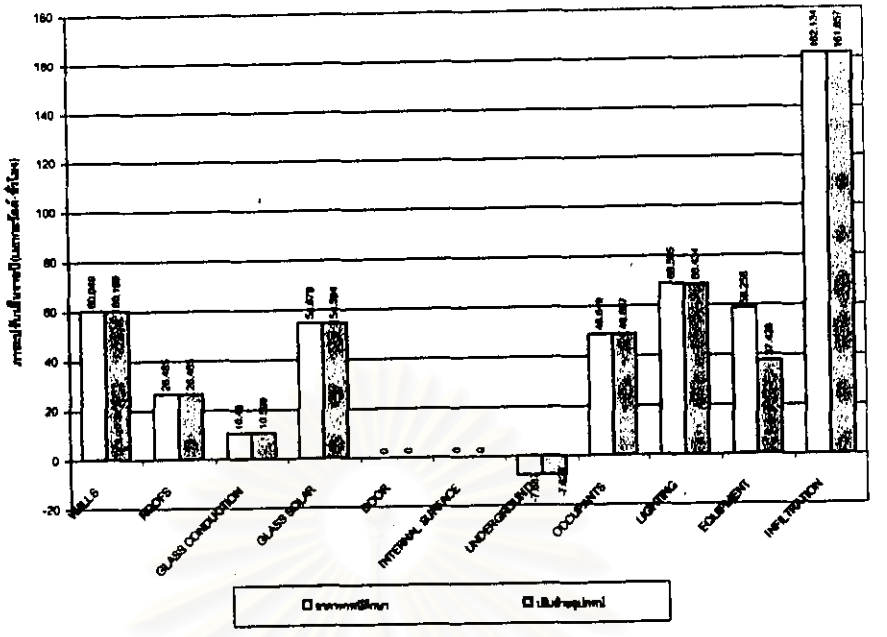
5.6 ลดแหล่งความร้อนเนื่องจากอุปกรณ์ภายในพื้นที่ปรับอากาศ

จากการเก็บข้อมูลอาคารจริงพบว่าการจัด zone สำหรับจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดที่เป็นแหล่งพลังงานความร้อนสูงอยู่ใน zone ที่มีการปรับอากาศจึงทดลองจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยการปรับอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นออกจากส่วนที่มีการปรับอากาศ เหตุที่พิจารณาเรื่องการจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ปรับอากาศเนื่องจากเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ และสามารถจัดการได้ทันทีด้วยการย้ายอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นออกนอกพื้นที่ปรับอากาศ โดยมีผลการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าภาระปรับเย็นสูงสุดและพลังงานไฟฟ้ารายปีมีค่าลดจากอาคารกรณีศึกษาดังตารางที่ 5.14

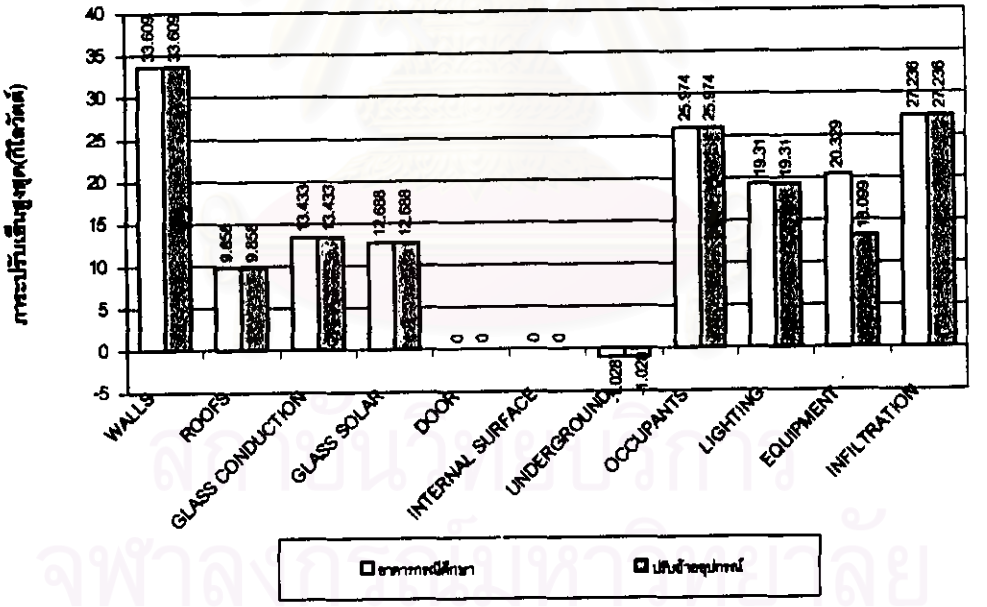
รายละเอียดอาคาร	ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารของในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	161.41	-	346,486.00	-	965,307.60	-	-	6,333,719.00
ย้ายอุปกรณ์	154.18	95.52%	342,420.00	98.83%	953,963.14	-	-	6,259,284.00
ลดจากอาคารเดิม	*7.23*	*4.48%*	*4,066.00*	*1.17%*	*11,344.46*			

ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดและภาระปรับเย็นรายปี

ผลการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสามารถลดพลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารเหลือ 342,420.00 กิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเป็น 98.83 % เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา หรือ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้1.17 % โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ภาระปรับเย็นรายปีและภาระปรับเย็นสูงสุด ลดลง 4.37 และ 4.48 % ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาจำแนกตามแหล่งความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.27 และ 5.28



แผนภูมิที่ 5.27 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อปรับย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าออกจากพื้นที่ปรับอากาศ



แผนภูมิที่ 5.28 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อปรับย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าออกจากพื้นที่ปรับอากาศ

5.7 ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

จากการเก็บข้อมูลอาคารจริงพบว่าค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศทั้งอาคารมีค่าประมาณ 9.28 สูงกว่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 จึงทำการทดลองด้วยการปรับลดการใช้งานให้เป็นไปตาม peak cooling load ที่ต้องการใช้ในแต่ละ zone ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการจัดระบบการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่แล้วให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจัดตารางเวลาสลับการเปิดใช้งาน(เนื่องจากอาคารนี้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศมากเกินความจำเป็นเห็นได้จากอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศที่ต่ำเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศครบทุกเครื่อง) ผลการจำลองสภาพการใช้พลังงาน สามารถลดพลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารเหลือ 296,386.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 85.54 % หรือลดลง 14.46% โดยค่าภาระปรับเย็นรายปีและภาระปรับเย็นสูงสุดมีค่าคงที่ เนื่องจากตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของอาคารไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้หากทำการพิจารณาเพื่อจัดตารางการเปิดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมจะต้องพิจารณาจำแนกเป็นพื้นที่การใช้งาน หรือหากจะทำการปรับปรุงระบบในรายละเอียดอื่นจะต้องใช้ความรู้ความสามารถทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลมาพิจารณา ซึ่งมิได้ครอบคลุมอยู่ในการศึกษาครั้งนี้

5.8 การเลือกวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร เพื่อวางแผนแนวทางการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ในการหาวิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในครั้งนี้ คือ การพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงอาคารที่ทำให้ตัวอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคารกำหนด และ ปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

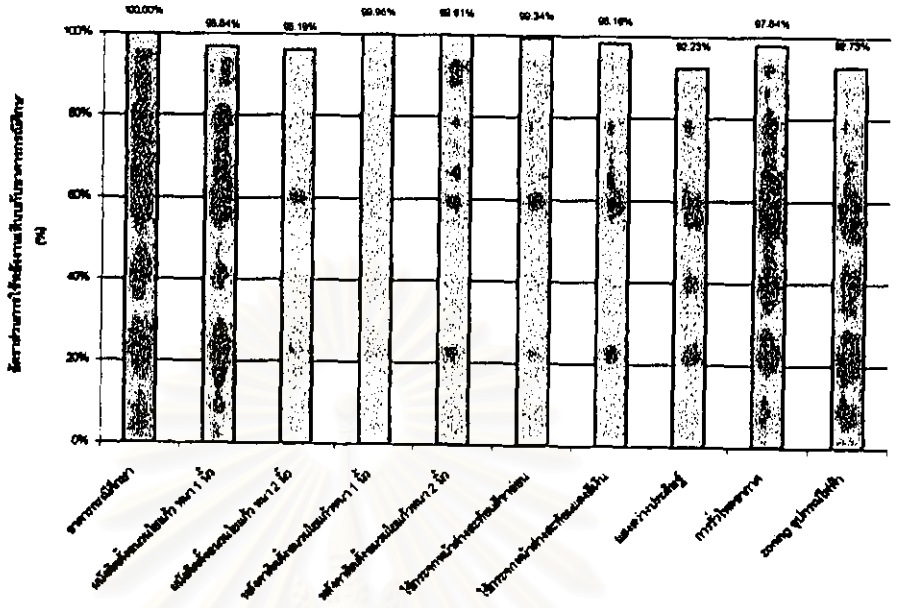
เมื่อพิจารณาการปรับปรุงองค์ประกอบของอาคารโดยเลือกจากวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจำแนกแต่ละองค์ประกอบอาคารได้ดังนี้

	องค์ประกอบอาคาร	วิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม
1.	ผนังอาคาร	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว [ก]
		ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว [ข]
2.	หลังคาอาคาร	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว [ก]
		ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว [ข]
3.	หน้าต่างอาคาร	เปลี่ยนกระจกหน้าต่างอาคารเป็นกระจกสีชา [ก]
		เปลี่ยนกระจกหน้าต่างอาคารเป็นกระจกสะท้อนแสงสีเงิน [ข]
4.	ระบบแสงประดิษฐ์	ใช้ดวงโคมส่องเฉพาะที่ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ใน พื้นที่ ที่ต้องการความสว่างเป็นพิเศษ
5.	ลดการรั่วไหลอากาศ	ติดยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดรอยรั่วบริเวณรอยต่อ
6.	ปรับย้ายอุปกรณ์ออกจากพื้นที่ปรับอากาศ	ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นและเป็นแหล่งความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ

หมายเหตุ : ก. เป็นแนวทางที่เหมาะสมทั้งในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์

ข. เป็นแนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารได้มากที่สุด

แต่ละวิธีปรับปรุงองค์ประกอบอาคารสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาได้ดังแผนภูมิ 5.29



แผนภูมิที่ 5.29 เปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคารแต่ละวิธี

พบว่าแต่ละวิธีสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ระหว่าง 0.09 - 7.77 % อย่างไรก็ตามหากต้องการให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดจะต้องพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงอาคารร่วมกันในหลายองค์ประกอบจากวิธีการปรับปรุงอาคารแต่ละองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสม โดยพิจารณาตามวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงดังนี้ ปรับปรุงอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคาร ปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ และปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด(ไม่คำนึงความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์) แล้วนำมาศึกษาในด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ระยะเวลาคุ้มทุน และมูลค่าสะสมอาคารอีกครั้งและสรุปเป็นแผนการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม

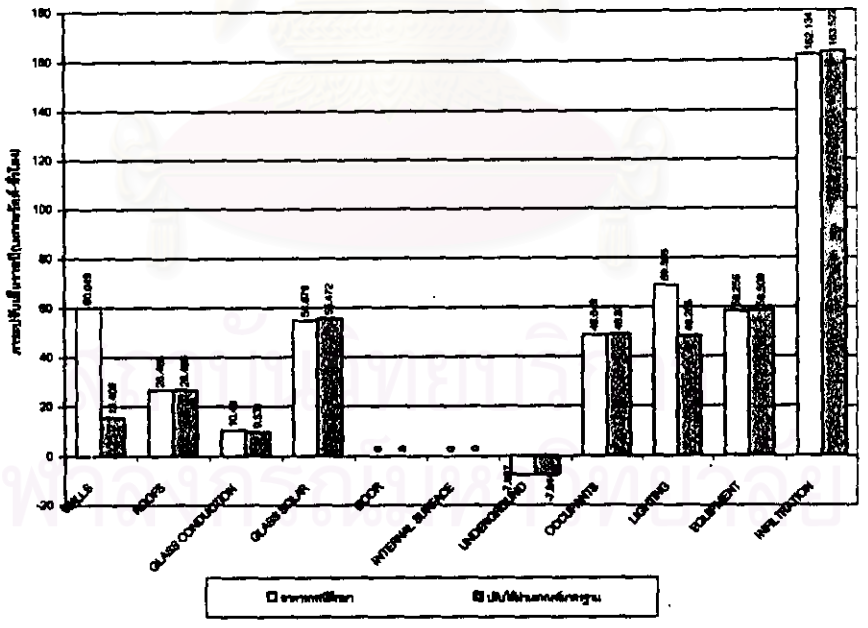
5.8.1 แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม

อาคารนี้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมในส่วนของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารและ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างต่อตารางเมตร จึงเลือกวิธีการปรับปรุงในส่วนของผนังอาคารและระบบแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสมมาเป็นแนวทางการปรับปรุงอาคาร โดยทำการติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 " ในส่วนผนังอาคาร และ ให้ปรับเปลี่ยนมาใช้ดวงโคมส่องเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่างเป็นพิเศษ ผลการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารผลดังตารางที่ 5.15

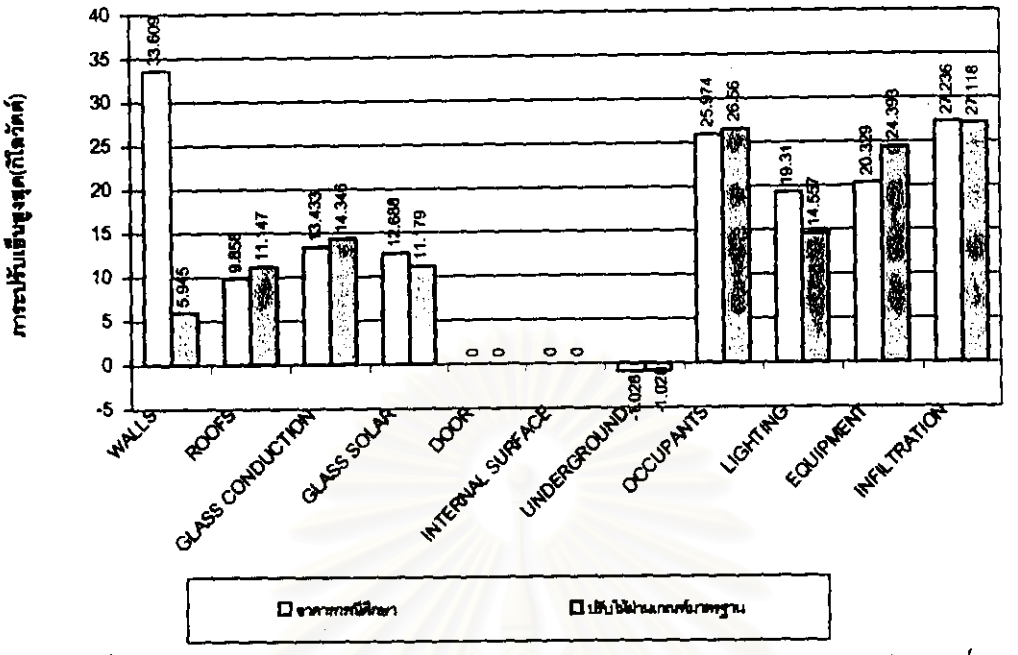
รายละเอียดอาคาร	ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารตลอดใน10ปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	161.41		346,486.00		965,307.60	-		6,333,719.00
ผนัง ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 1"	140.11	86.80%	335,546.00	96.84%	935,926.25	294,899.00	19.51	6,436,837.00
ลดจากอาคารเดิม	*21.30*	*13.20%*	*10,940.00*	*3.16%*	*29,381.35*			
โดม 18 วัตต์	155.79	96.52%	319,569.00	92.23%	893,343.03	122,131.00	1.90	5,363,657.00
ลดจากอาคารเดิม	*5.62*	*3.48%*	*26,917.00*	*7.77%*	*71,964.57*			
การปรับปรุงให้ผ่านมาตรฐานควบคุมอาคาร	134.22	83.15%	309,034.00	89.19%	864,736.67	411,905.00	5.12	6,266,743.00
ลดจากอาคารเดิม	*27.19*	*16.85%*	*37,452.00*	*10.81%*	*100,570.93*			

ตารางที่ 5.15 ผลการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม

โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงประมาณ 405,275.00 บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 100,571.00 บาท มีระยะเวลาคืนทุนที่ประมาณ 5 ปี มีภาระการปรับเย็นรายปีรวมและภาระปรับเย็นสูงสุดที่ลดลง 12.54 % และ 16.18% ตามลำดับ สามารถเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.30 และ 5.31

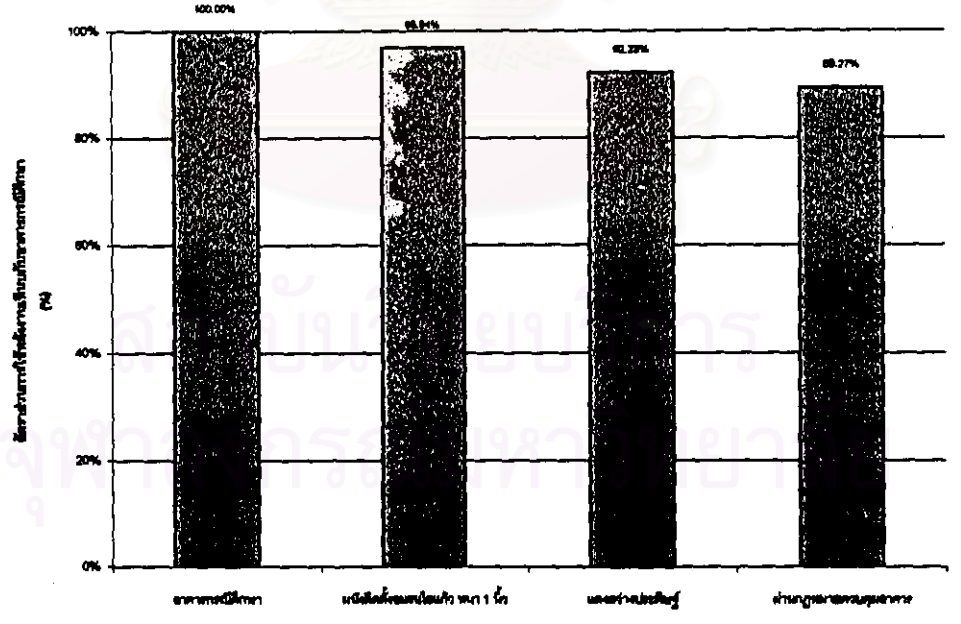


แผนภูมิที่ 5.30 เปรียบเทียบภาระการปรับเย็นรายปีของอาคารกรณีศึกษากับอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม



แผนภูมิที่ 5.31 เปรียบเทียบภาระการปรับเย็นสูงสุดของอาคารกรณีศึกษากับอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม

และเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีระหว่างผลการปรับปรุงอาคารและการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารแต่ละวิธีได้ดังแผนภูมิที่ 5.32



แผนภูมิที่ 5.32 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารที่ปรับปรุงและวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร

5.8.2 แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่เหมาะสมในด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

แนวคิดในการเลือกวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสมยังเลือกวิธีการปรับปรุงอาคารที่จะต้องให้อาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด ผลจากการศึกษาหาวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสมทั้งในด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เมื่อนำทุกวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารมาพิจารณาสามารถสรุปได้ดังตาราง 5.16

วิธีการปรับปรุงจำแนกตามองค์ประกอบอาคาร	รายละเอียดการปรับปรุง	ผลการปรับปรุงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา								
		การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี		ภาระปรับเย็นรายปี		ภาระปรับเย็นสูงสุด		การปรับปรุงทางด้านเศรษฐศาสตร์		
		กิโลวัตต์	ลดได้ (%)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ลดได้ (%)	กิโลวัตต์	ลดได้ (%)	มูลค่าการปรับปรุง	ระยะคืนทุน	มูลค่าสะสมอาคารที่ 10 ปี
อาคารกรณีศึกษา	-	348,486	-	481,620	-	161.409	-	-	-	-
1.ผนังอาคาร*	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	335,546	3.16	444.036	7.80	140.170	13.16	294,899	19.51	6,436,537
2.หลังคาอาคาร	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	346,342	0.04	476,712	1.02	159.573	1.13	90,621	37.53	6,421,601
3.หน้าต่าง	เปลี่ยนเป็นกระจกตีรา	344,204	0.66	465,904	3.26	158.084	2.06	154,104	3.95	6,444,582
4.ระบบแสงสว่างประดิษฐ์*	ใช้โคมส่องเฉพาะที่หลอดคอมแพทฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ ร่วมกับการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ที่ไม่จำเป็น	319,569	7.77	458,774	4.74	155.792	3.62	122,132	1.09	5,983,657
5.ลดการรั่วไหลอากาศภายนอกเข้าสู่อาคาร	ติดตั้งยางกันรองหน้าต่าง เพื่อลดปริมาณการรั่วไหลอากาศเข้าสู่ตัวอาคาร	338,978	2.17	389,867	19.06	146.977	9.66	108,947	7.22	6,309,306
6.ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกนอกพื้นที่ปรับอากาศ(จัดzoneใหม่)	321,289	7.27	460,533	4.44	154.179	4.48	-	-	-

หมายเหตุ : ก. เป็นการปรับปรุงที่ต้องทำ เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายควบคุม

ตารางที่ 5.16 เปรียบเทียบผลเนื่องจากการปรับปรุงแต่ละวิธีการปรับปรุงจำแนกตามองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในอาคารกรณีศึกษา

การพิจารณาวิธีการปรับปรุง เพื่อจัดลำดับความสำคัญของวิธีการปรับปรุง เพื่อนำมารวมเป็นแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสม สามารถทำได้โดยการให้คะแนนรวมแต่ละตัวแปร โดยอาศัยเกณฑ์ จาก มูลค่าสะสมอาคาร ระยะเวลาคืนทุน ลำดับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี และค่าก่อสร้าง ให้คะแนนเรียงลำดับจาก 1 ถึง 5 โดยวิธีที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเป็น 1 ได้ผลดังตารางที่ 5.17

รายละเอียดอาคาร		ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารายปี	มูลค่าการก่อสร้าง	ระยะคืนทุน	มูลค่าสะสมของอาคารที่ระยะ 10 ปี	คะแนนรวม
1.ผนังอาคาร"	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	2	6	5	5	18
2.หลังคาอาคาร	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว	6	2	6	4	18
3.หน้าต่าง	เปลี่ยนเป็นกระจกสีชา	5	5	3	6	19
4.ระบบแสงสว่างประดิษฐ์"	ใช้โคมส่องเฉพาะที่หลอดคอมแพทฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ ร่วมกับการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ ที่ไม่จำเป็น	1	4	2	2	9
5.ลดการรั่วไหลอากาศภายนอกเข้าสู่อาคาร	ติดตั้งยางกันขอบหน้าต่าง เพื่อลดปริมาณการรั่วไหลอากาศเข้าสู่ตัวอาคาร	3	3	4	3	13
6.ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกนอกพื้นที่ปรับอากาศ(จัด zone ใหม่)	4	1	1	1	7

ตารางที่ 5.17 การให้คะแนน เพื่อจัดลำดับวิธีการปรับปรุงที่ควรเลือกทำก่อน-หลัง

จากการประเมินผล สามารถจัดลำดับวิธีการปรับองค์ประกอบอาคารที่ควรเลือกทำก่อน-หลัง ได้ดังนี้

1. ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกนอกพื้นที่ปรับอากาศ(จัดzone ใหม่)
2. ปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์
3. ลดการรั่วไหลอากาศภายนอกเข้าสู่อาคาร
4. ติดตั้งฉนวนผนังอาคาร
5. ติดตั้งฉนวนหลังคาอาคาร
6. ปรับเปลี่ยนกระจกหน้าต่างอาคาร

เนื่องจากการปรับปรุงอาคารในส่วนของผนังอาคารและระบบแสงประดิษฐ์เป็นส่วนที่ต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม ดังนั้นจึงมีแนวทางการปรับปรุงอาคารรวมที่ต้องพิจารณาศึกษาเปรียบเทียบได้ 4 แนวทาง ดังตารางที่ 5.18

การปรับปรุง	ย้ายอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็น	ระบบแสงสว่างประสิทธิภาพ	ลดการรั่วไหลของอากาศ	ติดตั้งฉนวนผนังอาคาร	ติดตั้งฉนวนหลังคาอาคาร	เปลี่ยนกระจก
แนวทางการปรับปรุงที่ 1	√	√	√	√	√	√
แนวทางการปรับปรุงที่ 2	√	√	√	√	x	√
แนวทางการปรับปรุงที่ 3	√	√	√	√	√	x
แนวทางการปรับปรุงที่ 4	√	√	√	√	x	x

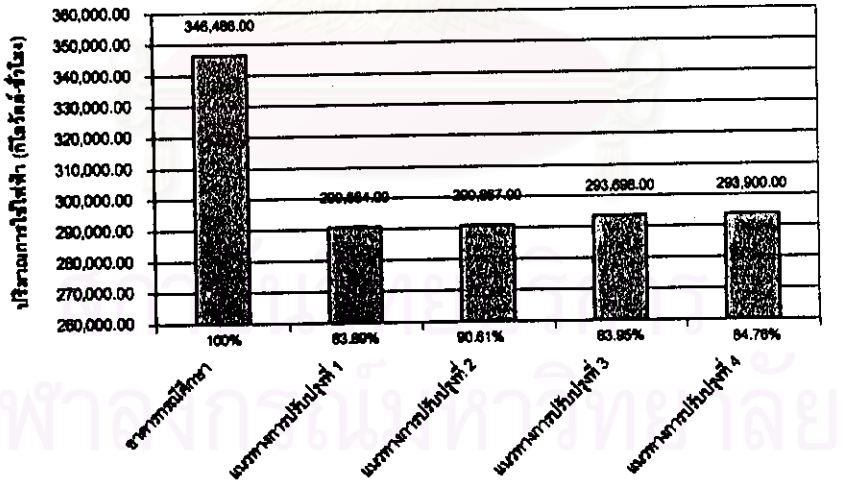
หมายเหตุ : √ หมายถึง มีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร

x หมายถึง ไม่มีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร

ตารางที่ 5.18 รายละเอียดแนวทางการปรับปรุงอาคารในแต่ละแนวทาง

เพื่อความเหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

ทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษาเมื่อทำการปรับปรุงแต่ละแนวทาง พบว่า แนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุดคือแนวทางการปรับปรุงที่ 1 ที่ปรับปรุงทุกองค์ประกอบอาคาร สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ ประมาณ 16.11 % และมีระยะเวลาคืนทุนที่ 6 ปี แนวทางการปรับปรุงที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด คือ แนวทางการปรับปรุงที่ 4 ซึ่งเลือกทำการปรับปรุงอาคารเท่าที่จำเป็น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในอาคารได้ 15.16% มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 ปี รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังตารางที่ 5.19 และ แผนภูมิที่ 5.32



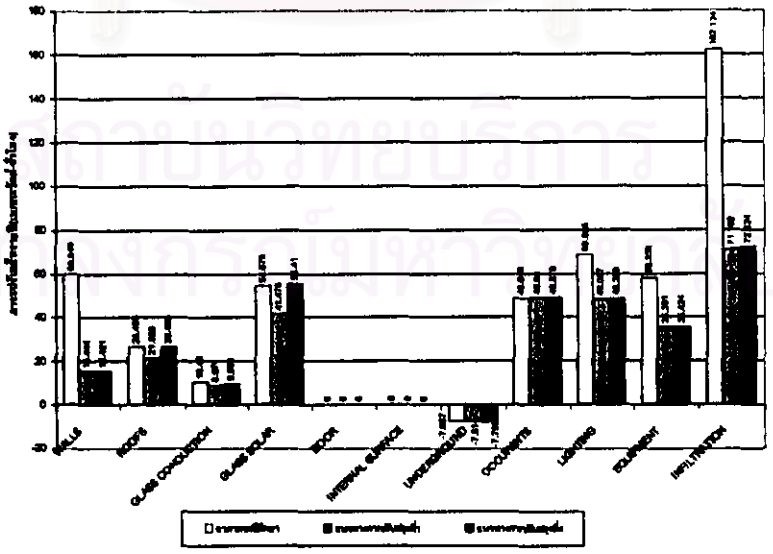
แผนภูมิที่ 5.32 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้ารายปีของอาคารกรณีศึกษาและ

อาคารกรณีศึกษาที่ทำการปรับปรุงแต่ละแนวทาง

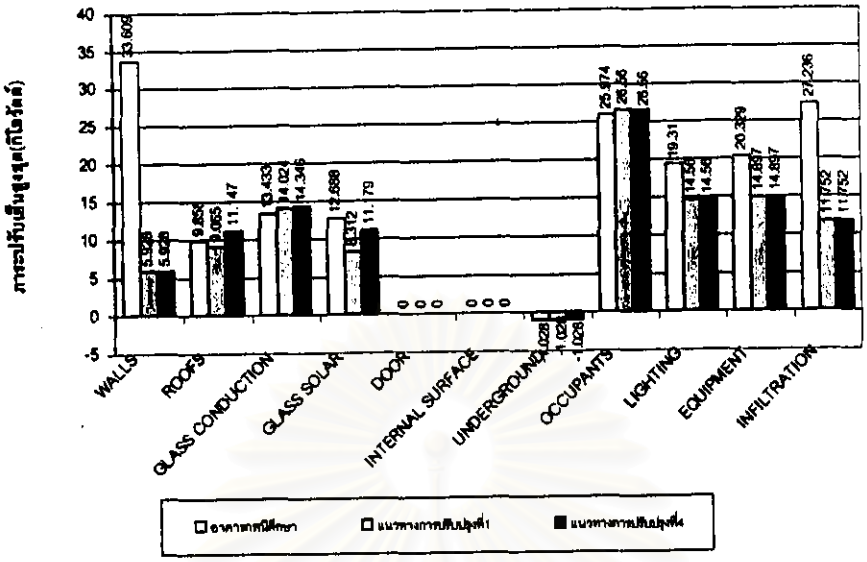
รายละเอียดอาคาร				ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	RTTV (วัตต์/ตร.ม.)	การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารสะสมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	62.93	15.26	17.51	161.41		346,486.00		965,307.60	-		6,333,719.00
แนวทางการปรับปรุงที่ 1	44.16	13.75	8.75	104.07	64.48%	290,644.00	83.88%	813,354.70	737,593.00	6.32	6,074,296.00
ลดจากอาคารเดิม	18.77	1.51	8.76	57.34	35.52%	55,842.00	16.12%	151,952.90			
แนวทางการปรับปรุงที่ 2	44.16	15.26	8.75	106.15	65.77%	290,887.00	83.95%	813,973.29	652,139.00	5.45	5,992,901.00
ลดจากอาคารเดิม	18.77	-	8.76	55.26	34.23%	55,619.00	16.05%	151,334.31			
แนวทางการปรับปรุงที่ 3	44.16	13.75	8.75	107.26	66.45%	293,678.00	84.76%	822,388.86	592,941.00	5.20	5,988,321.00
ลดจากอาคารเดิม	18.77	1.51	8.76	54.15	33.55%	52,808.00	15.24%	142,918.74			
แนวทางการปรับปรุงที่ 4	44.16	15.26	8.75	109.34	67.74%	293,900.00	84.82%	823,004.37	506,715.00	4.34	5,906,733.00
ลดจากอาคารเดิม	18.77	-	8.76	52.07	32.26%	52,586.00	15.18%	142,303.23			

ตารางที่ 5.19 เปรียบเทียบผลเนื่องจากการปรับปรุงแต่ละวิธีการปรับปรุงจำแนกตามองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในอาคารกรณีศึกษา

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า แนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้ 2 แนวทาง โดยหากพิจารณาจากศักยภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุดควรเลือกปรับปรุงในแนวทางการปรับปรุงรวมที่ 1 ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีลงได้ 16.12 % มีระยะเวลาการคืนทุนที่ 6.32 ปี โดยมีค่าก่อสร้างทั้งสิ้น 737,5934 หากพิจารณาจากระยะเวลาคืนทุนที่สั้นที่สุด ควรเลือกใช้การปรับปรุงในแนวทางที่ 4 ที่สามารถลดพลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ 15.18 % มีระยะเวลาการคืนทุนที่ 4.34 ปี มีค่าก่อสร้าง 506,715 % ซึ่งทั้ง 2 แนวทางมีค่า ottv ที่ 44.16 วัตต์/ตร.ม. และค่าการใช้พลังงานแสงสว่างต่อดารางเมตร 8.75 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคาร สามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปี และภาระปรับเย็นสูงสุด จำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.34 และ 5.35



แผนภูมิที่ 5.34 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีของอาคารกรณีศึกษากับอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงตามแนวทางที่เหมาะสม



แผนภูมิที่ 5.35 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดของอาคารกรณีศึกษากับอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงตามแนวทางที่เหมาะสม

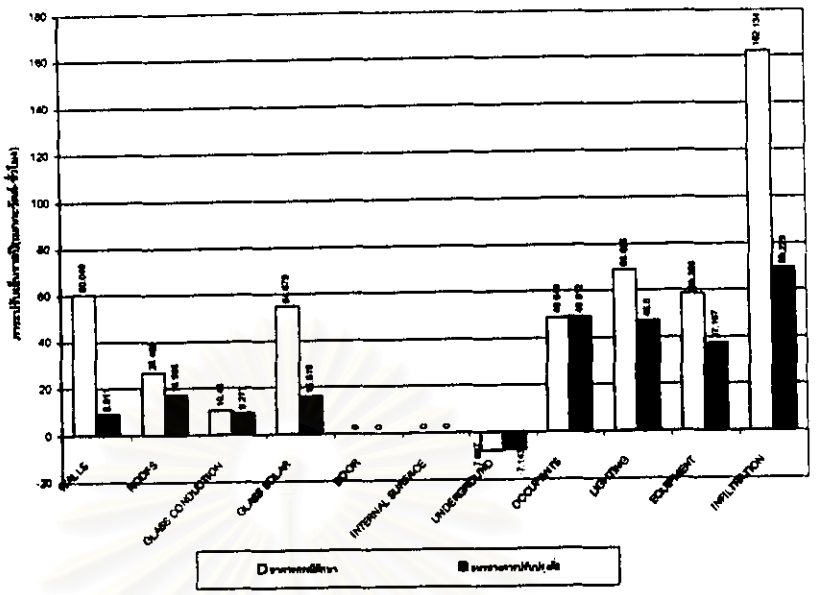
5.8.3 แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้มากที่สุด

หากพิจารณาอาคารโดยให้มีการปรับปรุงเพื่อให้ลดพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด จะต้องทำการปรับปรุงอาคารรวมแต่ละแนวทางโดยเลือกวิธีการปรับปรุงที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุดมาปรับปรุงร่วมกัน ดังนั้น ฉนวนติดตั้งผนังและหลังคาอาคารจึงเลือกใช้ที่ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม.และชนิดกระจกหน้าต่างก็เปลี่ยนเป็นกระจกสะท้อนแสงสีเงิน ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 5.20

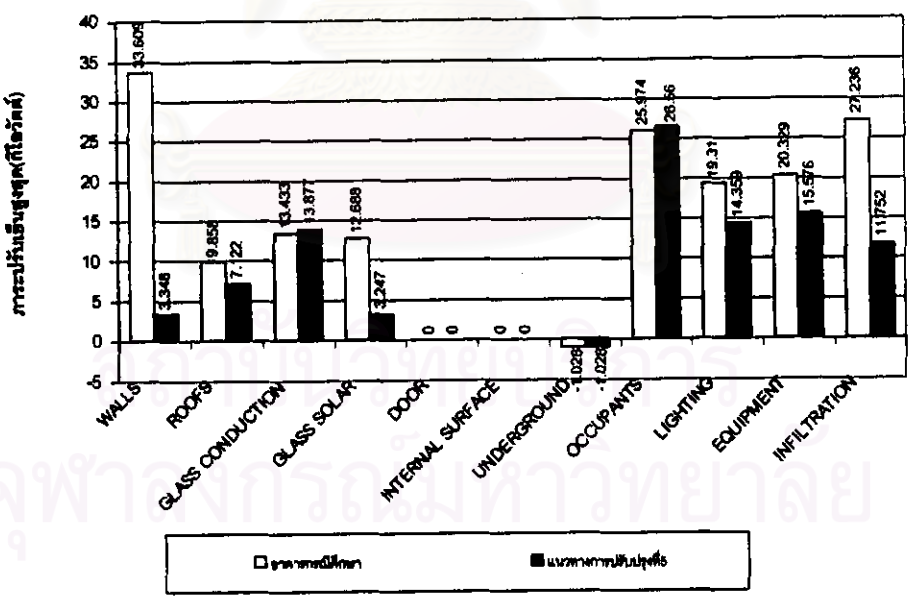
รายละเอียดอาคาร				ภาระปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	RTTV (วัตต์/ตร.ม.)	การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้ารายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคารรวมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	62.93	15.26	17.51	161.41		346,486.00		965,307.60			6,333,719.00
ผลการใช้พลังงานได้สูงสุด	36.23	8.87	8.75	94.84	58.76%	282,481.00	81.53%	788,413.00	1,050,910.00	8.23	6,233,962.00
ผลจากอาคารเดิม	26.70	6.39	8.76	66.57	41.24%	64,005.00	18.47%	176,894.60			

ตารางที่ 5.20 ผลการปรับปรุงอาคารเพื่อให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุด

โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงประมาณ 1,052,274 บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 176,895.00 บาท มีระยะเวลาคืนทุนที่ประมาณ 8.23 ปี มีภาระการปรับเย็นรายปีรวมและภาระปรับเย็นสูงสุดที่ลดลง 51.05 % และ 41.07% ตามลำดับ สามารถเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อนได้ดังแผนภูมิที่ 5.36 และ 5.37

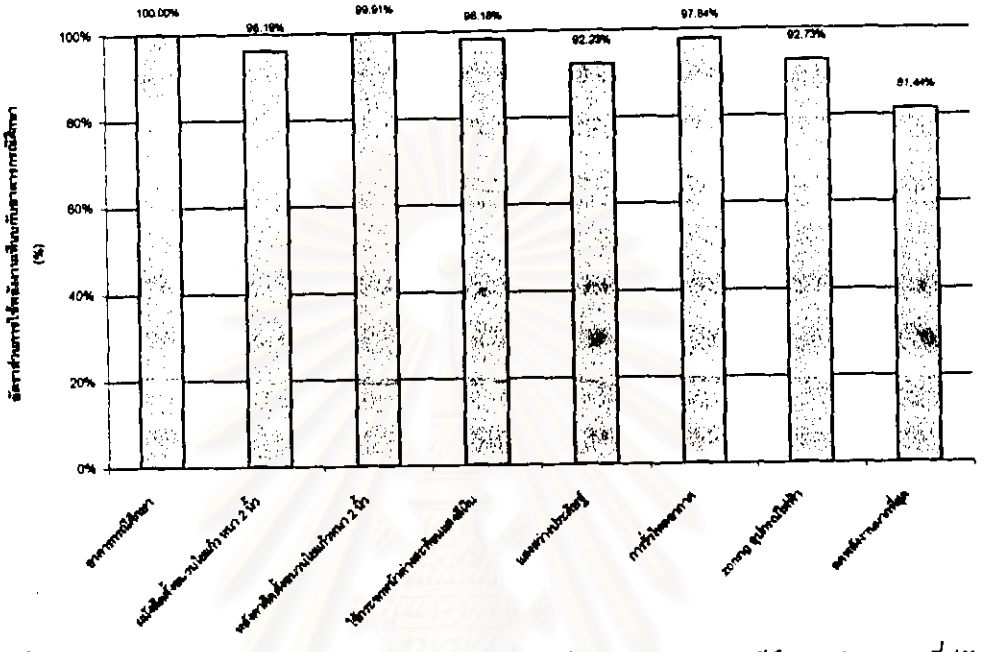


แผนภูมิที่ 5.36 เปรียบเทียบภาระการปรับเย็นรายปีของอาคารกรณีศึกษากับอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงเพื่อให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุด



แผนภูมิที่ 5.37เปรียบเทียบภาระการปรับเย็นสูงสุดของอาคารกรณีศึกษากับอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงเพื่อให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุด

จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีระหว่างผลการปรับปรุงอาคารและการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารแต่ละแนวทางการปรับปรุงได้ดังแผนภูมิที่ 5.38



แผนภูมิที่ 5.38 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารที่ปรับปรุงและวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร

การเลือกนำแนวทางในการปรับปรุงใดมาใช้งานก็ขึ้นอยู่กับนโยบายและงบประมาณของหน่วยผู้ใช้เป็นหลัก รายละเอียดในการคำนวณค่าก่อสร้างและค่าไฟฟ้ารายปีรายละเอียดเป็นดังภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ได้แยกการศึกษาเป็น การประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา และศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น เพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา จากผลการศึกษาในบทที่ 4 และ บทที่ 5 สามารถแยกสรุปผลได้ ดังนี้

6.1. การประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

จากการสำรวจ วิเคราะห์อาคาร สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1.1. ปัญหาภายในอาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษามีปัญหาที่ต้องปรับปรุง ดังนี้

1. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารมีค่า 62.93 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน อาคารควบคุม (55 วัตต์/ตร.ม.)
2. ใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง 17.51 วัตต์/ตร.ม. เกินเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม (16 วัตต์/ตร.ม.)
3. ระดับความส่องสว่างภายในอาคารแต่ละชั้น น้อยกว่ามาตรฐานกำหนด และไม่สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้งานในอาคารได้
4. อุณหภูมิภายในอาคารเมื่อปรับอากาศมีค่า ประมาณ 22.78 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่จำเป็นและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้เพื่อการออกแบบระบบปรับอากาศ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในระบบปรับอากาศมากเกินความจำเป็น

6.1.2. องค์ประกอบของอาคารต้องทำการปรับปรุง

จากข้อมูลทั้งหมดประมวลเป็นทางเลือกและตัวแปรที่จะต้องทำการพิจารณาเพื่อปรับปรุงอาคารได้ดังนี้

1. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบของอาคาร ด้วยการเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร เพื่อช่วยลดค่า OTTV
2. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร ด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา
3. ลดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเปลือกอาคารส่วนช่องแสง ด้วยการเปลี่ยนชนิดของกระจกที่ใช้ในอาคาร

4. การปรับปรุงระบบให้แสงสว่างในอาคาร เพื่อให้มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
5. ลดการพาความร้อนเข้าสู่อาคารเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศ ด้วยการติดยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดการรั่วไหลอากาศผ่านรอยแยก
6. ลดแหล่งความร้อนเนื่องจากอุปกรณ์ภายในพื้นที่ปรับอากาศ ด้วยการแยกอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งความร้อนในพื้นที่ปรับอากาศ ออกไปไว้ในพื้นที่ไม่ปรับอากาศ
7. ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ด้วยการจัดการใช้งานเครื่องปรับอากาศในอาคารให้เป็นไปตามความต้องการจริง

6.2. แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เมื่อได้วิธีการปรับปรุงแต่ละองค์ประกอบอาคารที่ควรทำการปรับปรุงในอาคาร จึงได้ทำการทดลองศึกษาแต่ละวิธีการปรับปรุง เพื่อเสนอเป็นแผนการปรับปรุงอาคาร สามารถสรุปวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ได้ดังนี้

	องค์ประกอบอาคาร	วิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม
1.	ผนังอาคาร	1.1 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว [ก]
		1.2 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว [ข]
2.	หลังคาอาคาร	2.1 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว [ก]
		2.2 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว [ข]
3.	หน้าต่างอาคาร	3.1 เปลี่ยนกระจกหน้าต่างอาคารเป็นกระจกสีชา [ก]
		3.2 เปลี่ยนกระจกหน้าต่างอาคารเป็นกระจกสะท้อนแสงสีเงิน [ข]
4.	ระบบแสงประดิษฐ์	ใช้ดวงโคมส่องเฉพาะที่ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ใน พื้นที่ ที่ต้องการความสว่างเป็นพิเศษ
5.	ลดการรั่วไหลอากาศ	ติดยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดรอยรั่วบริเวณรอยต่อ
6.	ปรับย้ายอุปกรณ์ออกจากพื้นที่ปรับอากาศ	ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นและเป็นแหล่งความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ

หมายเหตุ : ก. เป็นแนวทางที่เหมาะสมทั้งในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์
ข. เป็นแนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารได้มากที่สุด

ทั้งนี้สามารถนำเสนอเป็นแผนการปรับปรุงอาคารโดยพิจารณา ตามข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกฎหมายอาคารควบคุม ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค(สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูงสุด) และเชิงเศรษฐศาสตร์ (พิจารณาเรื่องค่าการลงทุนและระยะเวลาคุ้มทุน) ได้เป็น 4 แผนการปรับปรุง ดังนี้

แผนการปรับปรุงที่ 1 **ปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม**
(งบประมาณ ไม่เกิน 500,000 บาท)

วิธีการปรับปรุง

1. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว ในส่วนผนังอาคาร
2. ปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์ในอาคารให้ใช้ระบบโคมสอง เฉพาะจุด หลอดคอมแพค18 วัตต์

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้10.18% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 100,571.00 บาท โดยมีค่าการปรับปรุงที่ 405,275.00 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 5 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 2 **ปรับปรุงอาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเหมาะสมและมีระยะคืนทุนสั้น**
(งบประมาณ ไม่เกิน 550,000 บาท)

วิธีการปรับปรุง

1. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว ในส่วนผนังอาคาร
2. ปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์ในอาคารให้ใช้ระบบโคมสอง เฉพาะจุด หลอดคอมแพท 18 วัตต์
3. ติดตั้งยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดการรั่วไหลของอากาศเข้าสู่ตัวอาคาร
4. ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นและเป็นแหล่งความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้15.18% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 142,303.00 บาท โดยมีค่าการปรับปรุงที่ 506,715.00 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 4.5 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 3 **ปรับปรุงอาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์และอดพลังงานไฟฟ้าได้สูง**
(งบประมาณ ไม่เกิน 750,000 บาท)

วิธีการปรับปรุง

1. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว ในส่วนผนังอาคาร
2. ปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์ในอาคารให้ใช้ระบบโคมสอง เฉพาะจุด หลอดคอมแพท 18 วัตต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ติดตั้งยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดการรั่วไหลของอากาศเข้าสู่ตัวอาคาร
4. ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นและเป็นแหล่งความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ
5. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว เพิ่มในส่วนหลังคาอาคาร
6. ทำการเปลี่ยนกระจกที่ใช้ในอาคารให้เป็นกระจกสีชาเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องแสง

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้16.11% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 151,953.00 บาท โดยมีค่าการปรับปรุงที่ 737,593.00 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 6.5 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 4 **ปรับปรุงอาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด**
(งบประมาณ ไม่เกิน 1,500,000 บาท)

วิธีการปรับปรุง

1. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว ในส่วนผนังอาคาร
2. ปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์ในอาคารให้ใช้ระบบโคมลองเฉพาะจุด หลอดคอมแพท 18 วัตต์
3. ติดตั้งยางกันขอบหน้าต่างเพื่อลดการรั่วไหลของอากาศเข้าสู่ตัวอาคาร
4. ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นและเป็นแหล่งความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ
5. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว เพิ่มในส่วนหลังคาอาคาร
6. ทำการเปลี่ยนกระจกที่ใช้ในอาคารให้เป็นกระจกละท้อนแสงสีเงินเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องแสง

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้18.56 % คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 175,894.00 บาท โดยมีค่าการปรับปรุงที่ 1,057,274.00 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 8.5 ปี

จะเห็นว่าแต่ละแผนการปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ระหว่าง 10 - 18 .5 % โดยมีระยะเวลาการคุ้มทุนที่ไม่เกิน 10 ปี ทั้งสิน การพิจารณาเลือกใช้แต่ละแนวทางขึ้นอยู่กับนโยบายของผู้ใช้อาคาร และงบประมาณในการปรับปรุงเป็นสำคัญ

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการพิจารณาปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้น จะต้องทำการพิจารณา อัตราส่วนการใช้พลังงานในอาคารและค่อยทำการศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงตามตัวแปรที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น
2. หากอาคารใช้พลังงานมากในส่วนการปรับอากาศควรพิจารณาว่ามีแหล่งความร้อนที่เข้ามาในอาคารจากแหล่งใดและทำการควบคุมที่ต้นกำเนิดของแหล่งความร้อนก่อน สำหรับอาคารสำนักงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษาโดยมากการถ่ายเทความร้อนมักจะมาจากระบบเปลือกอาคาร
3. หากอาคารนั้นเป็นอาคารปรับอากาศ ผู้ออกแบบควรพิจารณาการรั่วไหลของอากาศภายนอกเมื่อทำการปรับปรุงอาคาร จากการศึกษาพบว่าการรั่วไหลของอากาศมีผลต่อภาระปรับเย็นสูงสุด และ ภาระปรับเย็นรายปีในอัตราส่วน 16.87 และ 33.66 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับภาระปรับเย็นรวม เนื่องจากต้องใช้พลังงานเพื่อดึงความชื้นออกจากอากาศที่เข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ
4. นอกจากการปรับปรุงที่ปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของอาคารการปรับปรุงด้วยการจัดแบ่งzoneที่ควบคุม ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อยก็ควรนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน
5. ในบางครั้งแนวทางการปรับปรุงอาคารที่สามารถลดการใช้พลังงานได้มากที่สุดก็อาจจะไม่ใช่แนวทางการปรับปรุงอาคารที่ดีที่สุดหากพิจารณาในด้านความคุ้มค่าต่อการลงทุนและระยะการคืนทุนเบื้องต้น
6. การออกแบบอาคารในอนาคต(ในกรณีที่อาคารปรับอากาศ)สิ่งที่สถาปนิกควรพิจารณาเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานก็คือ ระบบเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยเฉพาะวัสดุผนังอาคาร ระบบการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพในอาคารซึ่งต้องสอดคล้องกับการใช้งาน โดยเฉพาะเรื่องของการกันการรั่วไหลของอากาศภายนอกที่เข้าสู่อาคาร รวมทั้งควรทำความเข้าใจในลักษณะการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร และหากมีการพิจารณาการจัดพื้นที่ใช้สอยอาคารและระบบอาคารให้สอดคล้องกับการใช้งานอาคารก็สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร และลดภาระปรับเย็นในอาคารได้

6.3. ข้อเสนอแนะ

มีข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไปดังนี้

1. ควรทำการศึกษาด้านประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานเมื่อทำการปรับลดค่า window to wall ratio ของอาคารประเภท window and wall ต่อไปว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร หรืออาจจะเป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการปรับผนังอาคารต่อค่าพลังงานที่ผ่านเข้ามาเพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบต่อไปในอนาคต
2. โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ อาศัยข้อมูลสภาพอากาศในปี 1985 ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณและประมวลผล แต่เนื่องจากยังไม่สามารถหา ข้อมูล TRY (test reference year) และTMY(typical meteorological year) ที่ทันสมัยมาใช้งานได้และการศึกษาไม่สามารถเข้าไปทำการเขียนข้อมูลในส่วนนี้ได้ จึงควรมีการศึกษาวิจัยรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำข้อมูลสภาพอากาศเพื่อใช้งานต่อไป
3. ควรทำการศึกษาผลของการนำอากาศภายในห้องมาหมุนเวียนใช้ในส่วนที่ไม่ปรับอากาศแล้วใช้การแบ่งzone ในอาคารให้เป็น control zone semi-control และuncontrolled zone ว่าจะมีผลเช่นใรต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากเป็นการจัดการโดยที่แทบจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆเลย
4. จากผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ infiltration เป็นสิ่งที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศที่สูงและส่งผลต่อการคำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศ แต่ทั้งนี้ได้จากการประมาณค่าต่างๆตาม ทฤษฎี จึงควรทำการวิจัยในรายละเอียดต่อไป เพื่อความแม่นยำของการคาดคะเนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย