บทที่ 5
แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

5.1 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา

จากการสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลและการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าอาคารกรณีศึกษามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีประมาณ 458,310 กิโลวัตต์-ชั่วโมง แบ่งอัตราส่วนการใช้พลังงานจำแนกตามประเภทการใช้งานพบว่าอัตราส่วนการใช้พลังงานส่วนใหญ่ในอาคารถูกใช้ไปในระบบปรับอากาศซึ่งมีสัดส่วน 38.50% ถูกใช้ไปในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 30.6% และถูกใช้ไปในระบบอุปกรณ์ภายในอาคาร 30.9% แสดงผลตามตารางที่ 5.1 ตารางที่ 5.2 และแผนภูมิที่ 5.1 จากแผนภูมิจะพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จำลองสภาพมานั้นไม่มีระบบลิฟท์อยู่ด้วย ทั้งที่ในอาคารจริงมีระบบลิฟท์อยู่ สาเหตุที่ไม่ได้นำระบบลิฟท์มาร่วมพิจารณาด้วย เพราะว่า ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในระบบลิฟท์นั้นมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบสัดส่วนกับระบบอื่น ๆในอาคาร (แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.7 บทที่ 4) รวมทั้งขอบเขตของงานวิจัยในครั้งนี้จะไม่เข้าไปศึกษาในระบบลิฟท์ จึงละเว้นไม่นำข้อมูลของระบบลิฟท์เข้ามารวมจำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย

	พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน[kW]				**พลังงานไฟฟ้ารวมในแต่ละเดือน** [kWh]				
	TOTAL	LIGHTING &EQUIPMENT	LIGHTING &HVAC &EQUIPMENT	SPACE COOLING	TOTAL	LIGHTING	EQUIPMENT	HVAC EQUIP.	SPACE COOLING
JAN	259.822	123.823	137.612	122.21	44177	13874	13881	1922	14500
FEB	263.554	123.823	137.612	125.942	38771	12000	12061	1610	13100
MAR	200.409	81.466	93.876	106.533	31679	8606	8982	1591	12500
APR	203.835	81.466	93.876	109.959	32776	8870	9215	1691	13000
MAY	204.058	81.466	93.876	110.182	31810	8815	9194	1701	12100
JUN	260.125	123.823	137.612	122.513	40402	12849	12858	1695	13000
JUL	262.237	123.823	137.612	124.625	44176	14324	14009	1943	13900
AUG	259.234	123.823	137.612	121.622	43816	13799	13986	1931	14100
SEP	258.026	123.823	137.612	120.414	39640	12710	12693	1737	12500
OCT	186.87	81.466	93.876	92.994	31133	8822	9197	1714	11400
NOV	256.761	123.823	137.612	119.149	38147	12139	12226	1582	12200
DEC	254.106	123.823	137.612	116.494	41771	13420	13324	1827	13200
ANNUAL					458298	140228	141626		155500
REPORT	PS-B	LS-D	SS-D		PS-B	LS-K	LS-K		PS-A

ตารางที่ 5.1 พลังงานไฟฟ้าสูงสุดรายเดือนและพลังงานไฟฟ้ารวมในแต่ละเดือนจำแนกตามประเภทการใช้งาน

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของทั้งอาคาร		
ประเภทการใช้งาน	ปริมาณการใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	อัตราส่วนการใช้พลังงาน (เปอร์เซ็นต์)
ระบบปรับอากาศ	176,440	38.50%
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	140,240	30.60%
ระบบอุปกรณ์ภายในอาคาร	141,630	30.90%
รวมทั้งอาคาร	458,310	100.0%

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีทั้งอาคาร

แผนภูมิที่ 5.1 อัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งาน

จากการพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบอุปกรณ์ภายในอาคารมีสัดส่วนใกล้เคียงกันที 30% รวมทั้ง 2 ระบบ อยู่ที่ประมาณ 60% ส่วนระบบปรับอากาศระบบเดียามีสัดส่วนอยู่ที่ 40% ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุดในอาคารเมื่อพิจารณาภาพโดยรวมในแต่ละส่วนแล้ว พบว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารนี้ เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการใช้งานที่เหมาะสม ค่าความส่องสว่างของแสงประดิษฐ์ อยู่ในระดับมาตรฐาน รวมทั้งค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าวัตต์ต่อตารางเมตรผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมเช่นกัน และสัดส่วนการใช้งานที่ 30% ก็มีความเหมาะสมดี จึงยังไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเสนอแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างแต่อย่างใด ส่วนระบบอุปกรณ์ภายในอาคารนั้น ส่วนใหญ่พบว่าถูกใช้ไปกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการใช้งานอยู่ในอาคารเป็นจำนวนมาก เนื่องจากอาคารกรณีศึกษานี้เป็นอาคารสถานศึกษา การใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์จึงมีความจำเป็นสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการศึกษาสมัยใหม่ที่ต้องมีคอมพิวเตอร์เป็นหลักในการเรียนการสอน การจะเข้าไปพิจารณาปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานในส่วนนี้จึงค่อนข้างลำบาก นอกจากจะเป็นการพิจารณาปรับปรุงทางด้านเทคนิคของเครื่องให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงขึ้น ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตงานวิจัยในครั้งนี้

สำหรับในระบบปรับอากาศ ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงที่สุดนั้น พบว่ามีปัญหาที่จะต้องพิจารณาปรับปรุงอยู่ในแต่ละองค์ประกอบอีกค่อนข้างมาก ดังนั้นในการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษานี้จึงมุ่งพิจารณาไปที่ตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อระบบปรับอากาศเป็นหลัก ในระบบปรับอากาศตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้านั้น คือ ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นและภาระการปรับเย็นในอาคาร จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นในอาคารนี้ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ค่ามาตรฐานการทำความเย็นอยู่ที่ 1.125 กิโลวัตต์/ตัน ค่า EER 10.66 ดังนั้นในขณะนี้จึงยังไม่มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องทำความเย็นแต่อย่างใด สำหรับตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของระบบปรับอากาศที่สำคัญอีกตัวหนึ่งคือ ภาระการปรับเย็นในอาคาร(cooling load) จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่ามีปัญหาที่ยังต้องปรับปรุงแก้ไขอยู่อีกมาก ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาลงไปที่รายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อลดภาระปรับเย็นในอาคารลงให้ได้มากที่สุดและมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ด้วย

จากการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าอาคารกรณีศึกษามีภาระปรับเย็นสูงสุด (peak cooling load) อยู่ที่ 393.16 กิโลวัตต์ ความเย็น และมีภาระปรับเย็นรายปี (annual cooling load) อยู่ที่ 1,139,706 กิโลวัตต์ความเย็น-ชั่วโมง รายละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ 5.3 และแผนภูมิที่ 5.2

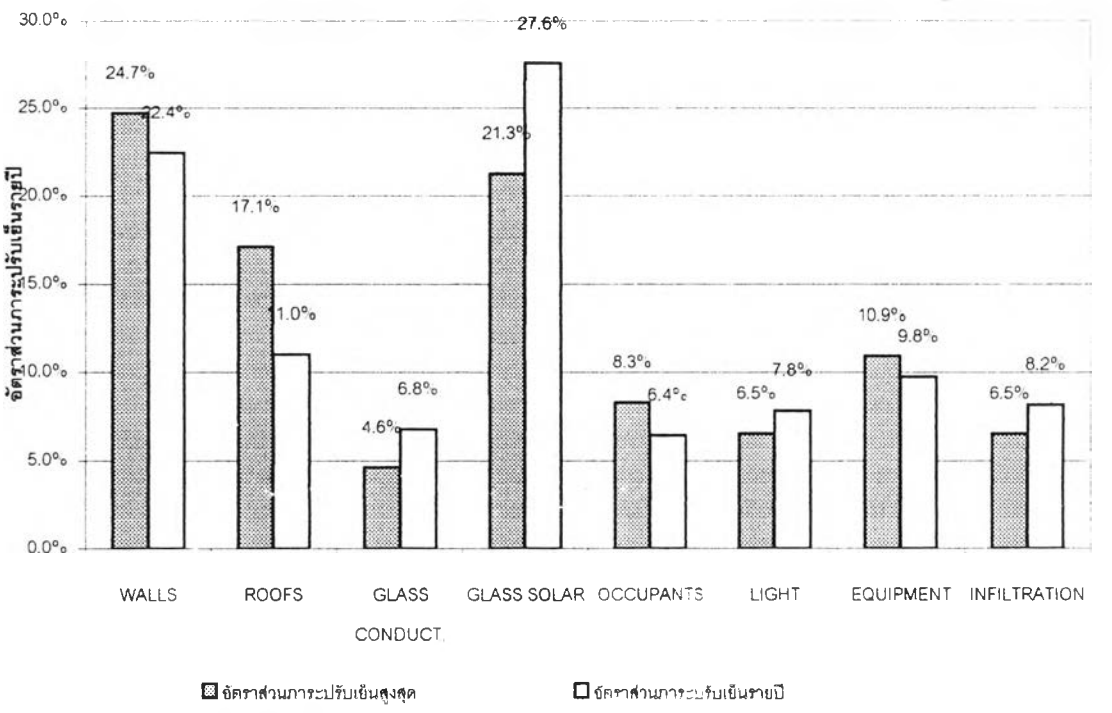
มีข้อสังเกตจากภาระปรับเย็นสูงสุดพบว่ามีค่าอยู่ที่ 393 กิโลวัตต์หรือ 111 ตัน ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศในอาคารจริงที่สามารถรับภาระปรับเย็นได้ถึง 136 ตัน(ที่part load 40%) มีขนาดใหญ่กว่าความจำเป็นไป 20 % การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศจึงสามารถเลือกขนาดที่เล็กลงกว่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้

เมื่อพิจารณาผลรวมพบว่า ภาระปรับเย็นรายปีในอาคารสามารถจำแนกองค์ประกอบของอาคารที่มีสัดส่วนเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก ,ผนังทึบ,หลังคา, อุปกรณ์เครื่องใช้ในอาคาร, การรั่วไหลของอากาศ,ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ,การนำความร้อนผ่านกระจก,และผู้ใช้งานในอาคาร

จากการศึกษาองค์ประกอบที่มีผลต่อภาระการปรับเย็น สามารถสรุปผลเพื่อพิจารณาหาว่าองค์ประกอบอาคารส่วนใดที่ต้องนำมาปรับปรุงและองค์ประกอบอาคารส่วนใดที่ไม่นำมาพิจารณาปรับปรุง

แหล่งที่มาความร้อน	ภาระปรับเย็นสูงสุด(กิโลวัตต์)				ภาระปรับเย็นรายปี(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	อัตราส่วน	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	อัตราส่วน
ผนังทึบ	97.164	0	97.164	24.7%	255645	0	255645	22.4%
หลังคา	67.353	0	67.353	17.1%	125692	0	125692	11.0%
การนำความร้อนผ่านกระจก	18.101	0	18.101	4.6%	77274	0	77274	6.8%
รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก	83.61	0	83.61	21.3%	314122	0	314122	27.6%
ผู้ใช้งานในอาคาร	18.256	14.33	32.586	8.3%	44478	28920	73398	6.4%
ไฟฟ้าแสงสว่าง	25.704	0	25.704	6.5%	89340	0	89340	7.8%
อุปกรณ์ในอาคาร	43.04	0	43.04	10.9%	111239	0	111239	9.8%
การรั่วไหลของอากาศ	13.9	11.83	25.73	6.5%	22634	70362	92996	8.2%
รวม	367.128	26.16	393.288	100.0%	1040424	99282	1139706	100.0%
REPORT			LS-C				LS-F	

ตารางที่ 5.3 แสดงภาระปรับเย็นสูงสุดและภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน



แผนภูมิที่ 5.2 ภาระปรับเย็นรายปีและภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามแหล่งที่มาความร้อน

องค์ประกอบอาคารที่ไม่นำมาพิจารณาปรับปรุง

1. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารกรณีศึกษา มีค่าปริมาณวัตต์ต่อตารางเมตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมดีอยู่แล้ว อุปกรณ์การใช้งานมีประสิทธิภาพดี จึงยังไม่จำเป็นต้องปรับปรุงใด ๆ
2. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ในอาคาร เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องใช้ในอาคารส่วนใหญ่เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้งานอย่างสม่ำเสมอ ยากต่อการปรับปรุง และอยู่นอกเหนือขอบเขตการวิจัยจึงไม่นำมาพิจารณาปรับปรุง
3. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากผู้ใช้งานอาคาร เนื่องจากการใช้งานอาคารของบุคลากรในอาคารเป็นตัวแปรที่ไม่แน่นอน ยากต่อการควบคุม การจะควบคุมบุคลากร ต้องใช้มาตรการออกกฎระเบียบต่าง ๆ ซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยในครั้งนี้เช่นกัน

องค์ประกอบอาคารที่นำมาพิจารณาปรับปรุง

1. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบอาคาร เนื่องจากผนังทึบของอาคารกรณีศึกษาเป็นวัสดุก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารสูงมาก สามารถปรับปรุงเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนของผนังอาคารได้
2. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร เนื่องจากหลังคาของอาคาร ในส่วนที่เป็นหลังคา SLAB นั้น เป็นวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง สามารถปรับปรุงเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนของหลังคาคอนกรีตได้
3. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก ส่วนที่เป็นกระจกในอาคารกรณีศึกษานี้ มี 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่เป็นหน้าต่าง ซึ่งเป็นวัสดุกระจกโฟลทใส และส่วนที่เป็นผนังกระจก ซึ่งเป็นวัสดุกระจกสะท้อนแสง สามารถปรับปรุงเพื่อลดค่าการนำความร้อนและป้องกันการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ได้
4. ภาระการปรับเย็นที่เกิดจากการรั่วไหลของอากาศ เนื่องจากมีการรั่วไหลของอากาศจากรอยรั่วของหน้าต่าง และจากการเปิดปิดประตูเข้าออกจากห้อง เป็นการนำอากาศร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง สามารถปรับปรุงเพื่อลดอัตราการรั่วไหลให้น้อยลงได้

ในการปรับปรุงองค์ประกอบของอาคารแต่ละส่วนที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นมีวิธีการที่จะเข้าไปปรับปรุงได้หลายวิธีซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในหลายๆด้าน ก่อนที่จะเลือกใช้วิธีการปรับปรุงวิธีใด โดยในขั้นแรกนี้จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมทางด้านเทคนิคและความเป็นไปได้ในการดำเนินการก่อน แล้วจึงจะนำไปพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านอื่น ๆ ต่อไป

5.2 วิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมทางด้านเทคนิคและมีความเป็นไปได้ในการดำเนินการ

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมทางเทคนิคและความเป็นไปได้ในการดำเนินการ โดยนำองค์ประกอบอาคารทั้ง 4 ส่วนที่ต้องปรับปรุงมาพิจารณาเป็นส่วน ๆ โดยละเอียด ดังนี้

5.2.1 **วิธีการลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ**

ผนังของอาคารกรณีศึกษาเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน การปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อน ของผนังที่เลือกใช้ คือ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเข้าไปในผนังเดิมอีก 1 ชั้น วิธีการติดตั้งที่ง่ายและแข็งแรง คือ การใช้โครงเคร่าเหล็กยึดติดกับผนังอิฐเดิมและติดตั้งฉนวนกันความร้อน พร้อมทั้งแผ่นยิบซั่มบอร์ดปิดทับฉนวนอีกที การติดตั้งจะติดเพิ่มที่ผนังด้านในอาคาร ซึ่งทำงานได้ง่ายและสะดวกกว่าติดเพิ่มที่ผนังด้านนอกอาคาร

5.2.2 **วิธีการลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา**

หลังคาของอาคารกรณีศึกษาในส่วนที่มีปัญหา คือหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก การปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนของหลังคา ที่เลือกใช้คือ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มในส่วนของหลังคา ซึ่งโครงสร้างของอาคารกรณีศึกษานั้น ใต้หลังคาคอนกรีตจะมีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดติดตั้งไว้อยู่แล้ว ดังนั้นวิธีการติดตั้งอย่างง่าย คือ นำฉนวนกันความร้อนไปปูทับบนฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด อีก 1 ชั้น ก็จะช่วยเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนให้กับหลังคาได้ทันที ฉนวนกันความร้อนที่ใช้ ควรมีขนาดเบา และเป็นแผ่นสำเร็จรูปเพื่อง่ายในการดำเนินการติดตั้ง

5.2.3 **วิธีการลดการนำความร้อนและลดการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก**

วิธีการปรับปรุงในองค์ประกอบอาคารส่วนนี้สามารถทำได้หลายวิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.วิธีการปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนกระจก วิธีการปรับปรุงวิธีนี้ เป็นการนำกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การป้องกันความร้อนที่สูงขึ้น มาเปลี่ยนกับกระจกเดิมในอาคารกรณีศึกษา โดยพิจารณาเปลี่ยนทั้งในส่วนหน้าต่างกระจกและผนังกระจก การเปลี่ยนกระจกต้องคำนึงถึงโครงสร้างเดิมของอาคารกรณีศึกษาด้วย กระจกที่นำมาเปลี่ยนใหม่ควรจะมีขนาดความหนาและน้ำหนักเท่าเดิมเพื่อที่โครงสร้างเดิมจะได้สามารถรับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย

2. วิธีการปรับปรุงด้วยการติดตั้งแผงกันแดดภายนอก วิธีการปรับปรุงวิธีนี้จะเป็นการติดตั้งแผงกันแดดภายนอกเพิ่มเติม เนื่องจากโครงสร้างเดิมของอาคารกรณีศึกษา มีแผงกันแดดภายนอกอยู่แล้ว แต่แผงที่มีอยู่มีขนาดไม่เหมาะสม เล็กและสั้นเกินไป จนไม่สามารถป้องกันแดดได้ จึงพิจารณาให้มีการติดตั้งแผงกันแดดเพิ่มเติมจากเดิมที่มีอยู่ แผงใหม่ที่นำมาติดควรใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา เพื่อยึดกับโครงสร้างเดิม เสา หรือคาน ที่มีอยู่แล้ว

5.2.4 **วิธีการลดการรั่วไหลของอากาศ**

การรั่วไหลของอากาศมีแหล่งที่มาจาก 2 ส่วนหลักคือ จากรอยต่อของหน้าต่าง และจากการเปิดปิดประตูเข้าออกจากห้องปรับอากาศ ในส่วนของการปรับปรุงการรั่วไหลจากรอยต่อของหน้าต่างนั้นเลือกใช้วิธีติดตั้งแผ่นยางกันรั่ว (PVC) ติดตามรอยต่อของหน้าต่าง สำหรับหน้าต่างที่เป็นบานเลื่อนนั้นใช้วิธีติดตั้งแถบเส้นใย(wool) เสริมเข้าไปตามรอยต่อใต้ท้องบานเลื่อนด้วย ส่วนการรั่วไหลจากการเปิดปิดประตูนั้น เนื่องจากลักษณะการวางผังของอาคารกรณีศึกษา มีความเหมาะสมที่จะปรับปรุงให้ลดการรั่วไหลจากการเปิดปิดประตูได้ โดยการปรับปรุงให้ในส่วนทางเดินภายในอาคารให้มีอุณหภูมิต่ำลงจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ปรับอากาศภายในห้อง วิธีการลดอุณหภูมิทางเดิน คือ ย้ายพัดลมดูดอากาศที่มีอยู่ในห้องปรับอากาศอยู่แล้ว แต่ไม่ได้ใช้ประโยชน์มาติดตั้งไว้บริเวณทางเดินและดูดอากาศเย็นจากภายในห้องออกมาที่บริเวณทางเดิน

จากการศึกษาองค์ประกอบของอาคารทั้ง 4 ส่วนที่นำมาปรับปรุงนี้สามารถสรุปได้เป็นวิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาที่เหมาะสมทางเทคนิคและมีความเป็นไปได้ในการดำเนินการ ได้ 6 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังของอาคาร
วิธีที่ 2 การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคาของอาคาร
วิธีที่ 3 การเปลี่ยนกระจกในส่วนหน้าต่างอาคาร
วิธีที่ 4 การเปลี่ยนกระจกในส่วนผนังโปร่งแสงของอาคาร
วิธีที่ 5 การติดตั้งแผงกันแดดภายนอกให้กับอาคาร
วิธีที่ 6 การปรับลดการรั่วไหลอากาศโดยปรับทางเดินภายในอาคารให้มีอุณหภูมิต่ำลง และติดแผ่นยางกันรั่วที่ขอบหน้าต่าง

5.3 เกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร

ในการพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคารนั้น นอกจากจะพิจารณาทางด้านเทคนิคแล้วจำเป็นต้องพิจารณาความเหมาะสมในด้านอื่น ๆด้วย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงได้ตั้งเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม เกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคารมีดังนี้

5.3.1 แนวทางปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยมีงบประมาณลงทุนน้อยที่สุด

แนวทางนี้เป็นแนวทางการปรับปรุงที่ใช้ในกรณีที่มีงบประมาณจำกัด จึงต้องพิจารณาที่งบประมาณลงทุนขั้นต่ำสุดที่จะปรับปรุงอาคารให้ดีขึ้นได้ ซึ่งอย่างน้อยต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคารทางด้านการอนุรักษ์ ในที่นี้อาคารกรณีศึกษา มีค่า OTTV และค่า RTTV สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคารกำหนดไว้ ดังนั้น การปรับปรุงอาคารขั้นต่ำสุด คือต้องปรับปรุงให้ ค่า OTTV และ RTTV ของอาคารลดลงมาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

5.3.2 แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้หลักการศึกษาทฤษฎีทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น 2 หลักการ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักในการพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้แก่ การศึกษาระยะเวลาคืนทุน (discount payback period) และการศึกษามูลค่าสะสมของอาคาร (present worth model) โดยใช้ค่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้คงที่ที่ 8% และอัตราเงินเฟ้อที่ 3 % สำหรับการคำนวณมูลค่าสะสมของอาคารนั้น จะใช้ระยะเวลาคำนวณ ที่ 20 ปี เป็นหลัก เนื่องจากอาคารเปิดใช้งานได้ประมาณ 4 ปี จึงยังคงมีระยะเวลาใช้งานได้อีกนาน (อาคารถาวรของทางราชการกำหนดให้มีอายุใช้งานประมาณ 30 ปี)

แนวทางนี้เป็นแนวทางการปรับปรุงที่ใช้ในกรณีที่งบประมาณการลงทุนไม่ถูกจำกัด มีงบที่จะลงทุนมากพอสมควรและต้องการความคุ้มค่าของเงินลงทุนที่จะได้ในระยะยาวมากที่สุด

5.3.3 แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด

เป็นแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงที่สุด โดยการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด แนวทางนี้จะคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และงบประมาณการลงทุนน้อยที่สุด ใช้ในกรณีที่มีงบประมาณลงทุนมาก ๆ ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่น ๆ หรือต้องการศึกษาวิจัยทางด้านอาคารอนุรักษ์พลังงานต่อไปในอนาคต

แนวทางการปรับปรุงอาคารทั้ง 3 แนวทางนี้จะนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกวิธีการและแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงอาคารในลำดับต่อ ๆ ไป

5.4 วิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

นำวิธีการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ 6 วิธีนั้น มาศึกษาในรายละเอียดและพิจารณาความเหมาะสมในด้านอื่น ๆ อีกครั้ง โดยมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

5.4.1 การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังทึบอาคาร

การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังอาคารใช้วิธี ยึดโครงเคร่าเหล็กตัว C เข้ากับผนังอิฐมอญ และนำฉนวนกันความร้อนกับแผ่นยิบซั่มบอร์ดมาติดประกบโครงเคร่าเหล็กอีกที ก็จะได้ผนังที่มีช่องว่างอากาศ 10 ซม. ฉนวนกันความร้อนที่ความหนาต่างๆ และแผ่นยิบซั่มบอร์ดหนา 12มม. ช่องว่างอากาศที่ได้เพิ่มขึ้นมา 10 ซม. (จากความหนาของโครงเคร่าเหล็กตัว C) จะช่วยเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนให้มากยิ่งขึ้น แต่ส่วนที่มีความสำคัญที่สุดในการต้านทานความร้อนก็คือ ฉนวนกันความร้อน ฉนวนที่นำมาพิจารณาเลือกใช้ในครั้งนี้ คือ ฉนวนใยแก้ว เพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการ คือ ฉนวนใยแก้วมีความยืดหยุ่นสูง ถูกกดทับระหว่างโครงเคร่าเหล็กและยิบซั่มบอร์ดได้โดยไม่เสียหาย (แต่ประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนก็จะลดลงไปบ้าง) ติดตั้งได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว และหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น รวมทั้งราคาไม่แพงเกินไป

เลือกฉนวนใยแก้วที่ความหนาแน่นและขนาดต่าง ๆ กันมาทดลองจำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฉนวนที่เลือกไว้คือ

ประเภทของฉนวนใยแก้ว	ค่าR(m^2-k/w)	ราคาต่อตร.ม (รวมโครงเหล็กและแผ่นยิบซั่มบอร์ด)
1.ฉนวนความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม.หนา 1 นิ้ว	0.67	335
2.ฉนวนความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม.หนา 2 นิ้ว	1.35	385
3. ฉนวนความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม.หนา 1 นิ้ว	0.71	362
4. ฉนวนความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม.หนา 2 นิ้ว	1.43	436

ตารางที่ 5.4 ประเภทของฉนวนใยแก้วที่นำมาติดตั้งผนัง

นำฉนวนทั้ง 4 ประเภทมาจำลองสภาพการใช้งานในอาคารกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลที่ได้รับดังตารางที่ 5.5 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.- 1)

วิธีปรับปรุงผนังทึบ	OTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุน	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลา
	ปริมาณ	เปรียบเทียบ	ปริมาณ	เปรียบเทียบ	ปริมาณ	เปรียบเทียบ	ปริมาณ	เปรียบเทียบ	ครั้งแรก	20 ปี	NPV.	คืนทุน
	W/sq.m.	อาคารเดิม	(kWh)	อาคารเดิม	(kWh)	อาคารเดิม	(บาท)	อาคารเดิม	(บาท)		ที่ลดลง	(ปี)
อาคารกรณีศึกษา	67.66		1139424		458310		1,329,099.00			16,759,938.39		
ปรับปรุงผนังทึบวิธีที่1 ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 1"	60.79	89.85%	1029519	90.35%	441219	96.27%	1,279,743.90	96.29%	189,580.00	16,327,150.58	2.58%	3.63
ปรับปรุงผนังทึบวิธีที่2 ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 2"	60.36	89.21%	1022446	89.73%	440196	96.05%	1,276,568.40	96.05%	217,876.00	16,315,403.52	2.65%	4.9
ปรับปรุงผนังทึบวิธีที่3 ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 1"	60.76	89.80%	1028944	90.30%	441202	96.27%	1,279,485.80	96.27%	204,860.00	16,339,175.94	2.51%	4.87
ปรับปรุงผนังทึบวิธีที่4 ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 2"	60.31	89.14%	1021875	89.68%	440107	96.03%	1,276,310.30	96.03%	246,737.00	16,341,009.88	2.50%	5.61

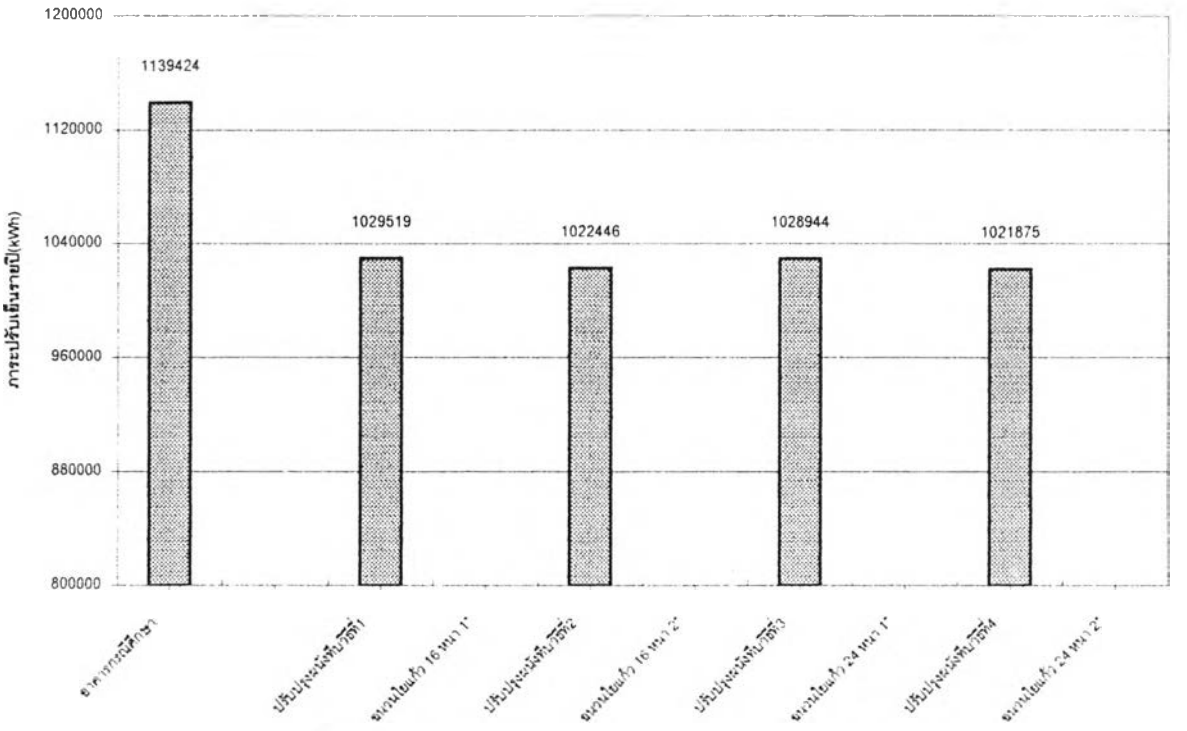
ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบการปรับปรุงผนังทึบใน แต่ละวิธี

จากผลที่ได้เมื่อนำมาพิจารณาค่า OTTV ที่ลดลงพบว่า การใช้ฉนวนแต่ละประเภทจะลดค่า OTTV ลงในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ลงได้เหลือประมาณ 60 วัตต์/ตร.ม ซึ่งยังไม่ผ่านเกณฑ์ควบคุมอาคาร สาเหตุที่ค่า OTTV ลดลงได้น้อยเนื่องจาก อาคารกรณีศึกษานี้มีพื้นที่ผนังส่วนใหญ่เป็นกระจก สัดส่วนผนังระหว่างผนังทึบกับกระจกทั้งอาคารอยู่ที่ประมาณ 40:60 ดังนั้นการจะลดอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังจะต้องพิจารณาควบคู่กับการปรับปรุงพื้นที่กระจกด้วยจึงจะสามารถลดค่า OTTV ลงได้อีก

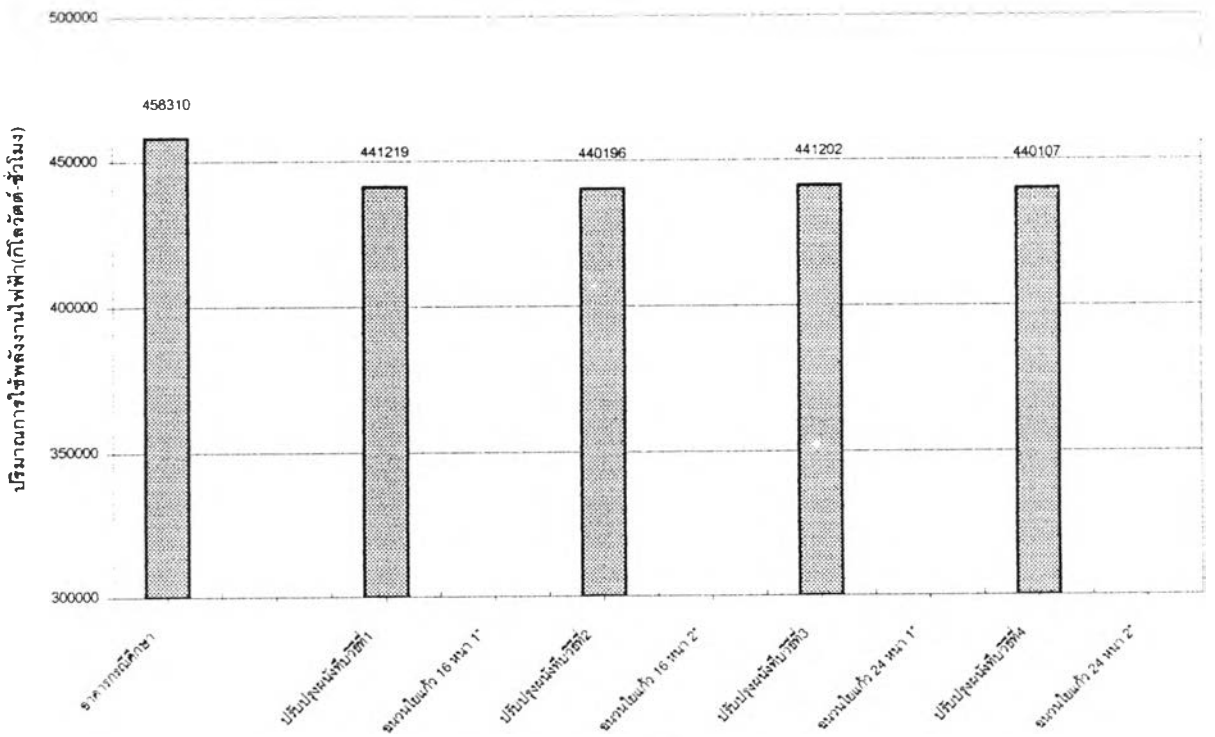
สำหรับภาระปรับเย็นรายปีที่ลดลงพบว่า แต่ละวิธีสามารถลดภาระปรับเย็นรายปีได้ประมาณ 10 % วิธีที่สามารถลดลงได้มากที่สุด คือวิธีที่ 4 ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว ลดภาระปรับเย็นลงได้ประมาณ 10.32% และลดพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีได้ประมาณ 3.97 % โดยสามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลงและค่าพลังงานไฟฟ้ารวมที่ลดลงในแต่ละวิธีได้จาก แผนภูมิที่ 5.3 และแผนภูมิที่ 5.4

เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับในแต่ละวิธีตลอดจนพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว สามารถสรุปผลเพื่อให้เข้าเกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร ที่ได้ตั้งไว้แล้วดังนี้

1. แนวทางปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีงบประมาณลงทุนน้อยที่สุด เลือกวิธีที่ 1 ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว เป็นวิธีที่ใช้งบประมาณลงทุนต่ำที่สุด ค่า OTTV ที่ลดลงไปอยู่ที่ 60.79 วัตต์/ตร.ม. ยังไม่ผ่านเกณฑ์ควบคุม ซึ่งต้องนำวิธีการนี้ไปพิจารณาควบคู่กับวิธีการปรับปรุงพื้นที่กระจกต่อไป
2. แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เลือกวิธีที่ 2 ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว วิธีนี้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว 20 ปี มีมูลค่าสะสมอาคารลดลงมากที่สุด ประหยัดเงินได้มากที่สุด 2.65 % เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา สามารถคืนทุนได้ใน 4.9 ปี
3. แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด เลือกวิธีที่ 4 ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. ความหนา 2 นิ้ว เป็นวิธีที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงมากที่สุด และใช้เงินลงทุนมากที่สุดเช่นกัน สามารถคืนทุนได้ใน 5.6 ปี



แผนภูมิที่ 5.3 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงผนังทึบแต่ละวิธี



แผนภูมิที่ 5.4 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงผนังทึบในแต่ละวิธี

5.4.2 การติดตั้งฉนวนกับความร้อนที่หลังคาของอาคาร

ส่วนหลังคาของอาคารกรณีศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนหลังคาชั้นบนสุด ซึ่งเป็นหลังคาเหล็กเคลือบสีนั้น มีฉนวนกันความร้อนอยู่ใต้หลังคา จึงไม่มีความจำเป็นต้องปรับปรุงค่า RTTV อยู่ที่ 12 วัตต์/ตร.ม. ในส่วนหลังคาชั้น 2 เป็นหลังคาคอนกรีต มีค่า RTTV อยู่ที่ 45 วัตต์/ตร.ม. เป็นส่วนที่สร้างปัญหาในเรื่องการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารสูงมาก เนื่องจากเป็นวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนต่ำมาก จึงต้องแก้ไขด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม การติดตั้งทำได้ง่าย ๆ โดยการนำฉนวนกันความร้อนมาปูทับบนแผ่นฝ้าเพดานที่มีอยู่แต่เดิมแล้ว ฉนวนที่เลือกมาใช้ คือ ฉนวนใยแก้ว เพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ มีน้ำหนักเบา ปูทับบนฝ้าเพดานได้ มีแบบที่เป็นม้วนสำเร็จรูปสามารถนำขึ้นไปปูติดตั้งบนฝ้าเพดานได้สะดวกรวดเร็ว และหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น รวมทั้งราคาไม่แพงเกินไป

เลือกฉนวนใยแก้วที่ความหนาแน่นและขนาดต่าง ๆ กัน มาทดลอง จำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฉนวนที่เลือกไว้คือ

ประเภทของฉนวนใยแก้ว	ค่าR(m^2-k/w)	ราคาต่อตร.ม. (รวมค่าติดตั้ง)
1.ฉนวนความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม.หนา 1 นิ้ว	0.67	100
2.ฉนวนความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม.หนา 2 นิ้ว	1.35	150
3. ฉนวนความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม.หนา 1 นิ้ว	0.71	127
4. ฉนวนความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม.หนา 2 นิ้ว	1.43	201

ตารางที่ 5.6 ประเภทของฉนวนใยแก้วที่นำมาติดตั้งใต้หลังคาคอนกรีต

นำฉนวนทั้ง 4 ประเภทมาทดลองจำลองสภาพการใช้งานอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลที่ได้รับดังตารางที่ 5.7 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวกที่ ข.- 2)

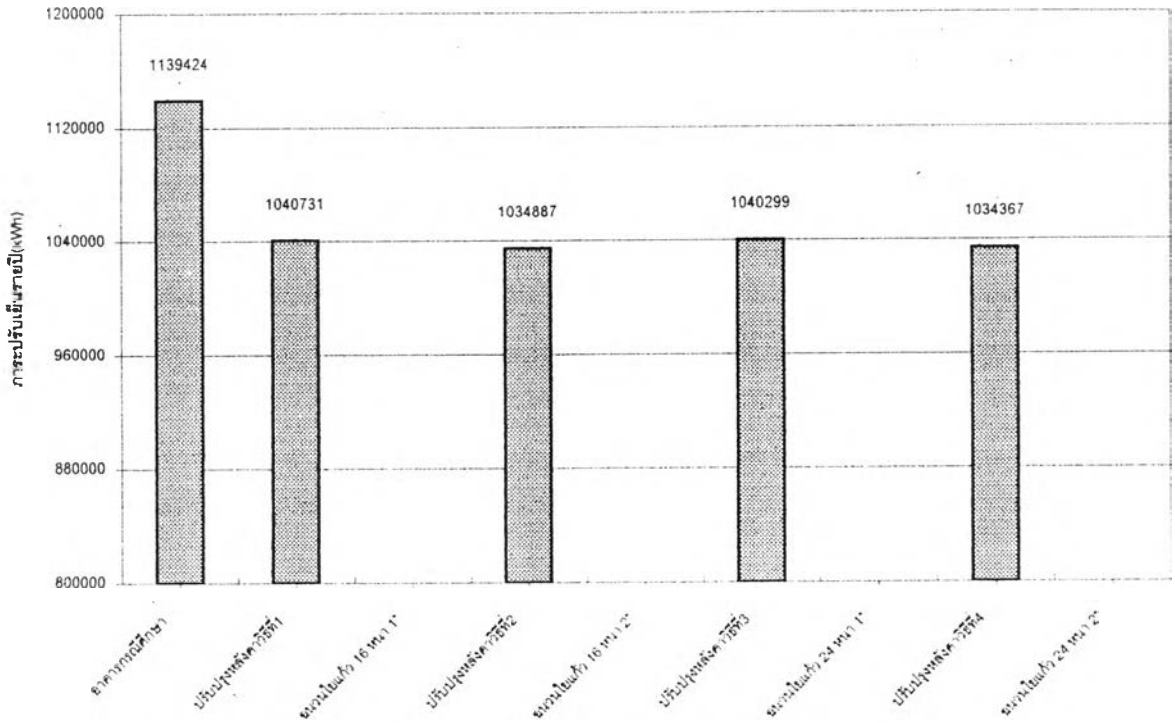
วิธีปรับปรุงหลังคา	RTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุน	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลา
	ปริมาณ W/sq m.	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (บาท)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ครั้งแรก (บาท)	20 ปี	NPV. ที่ลดลง	คืนทุน (ปี)
อาคารกรณีศึกษา	43.56		1139424		458310		1,329,099.00			16,759,938.39		
ปรับปรุงหลังคาวิธีที่1 ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 1"	9.97	22.89%	1040731	91.34%	443027	96.67%	1,284,778.30	96.67%	63,500.00	16,264,554.36	2.956%	1.56
ปรับปรุงหลังคาวิธีที่2 ฉนวนใยแก้ว 16 หนา 2"	7.94	18.23%	1034887	90.83%	442122	96.47%	1,282,153.80	96.47%	95,250.00	16,263,209.42	2.964%	2.25
ปรับปรุงหลังคาวิธีที่3 ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 1"	9.75	22.38%	1040299	91.30%	442960	96.65%	1,284,584.00	96.65%	80,645.00	16,279,249.24	2.868%	2
ปรับปรุงหลังคาวิธีที่4 ฉนวนใยแก้ว 24 หนา 2"	7.72	17.72%	1034367	90.78%	442042	96.45%	1,281,921.80	96.45%	127,635.00	16,292,668.90	2.788%	3.06

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบการปรับปรุงหลังคาอาคาร ในแต่ละวิธี

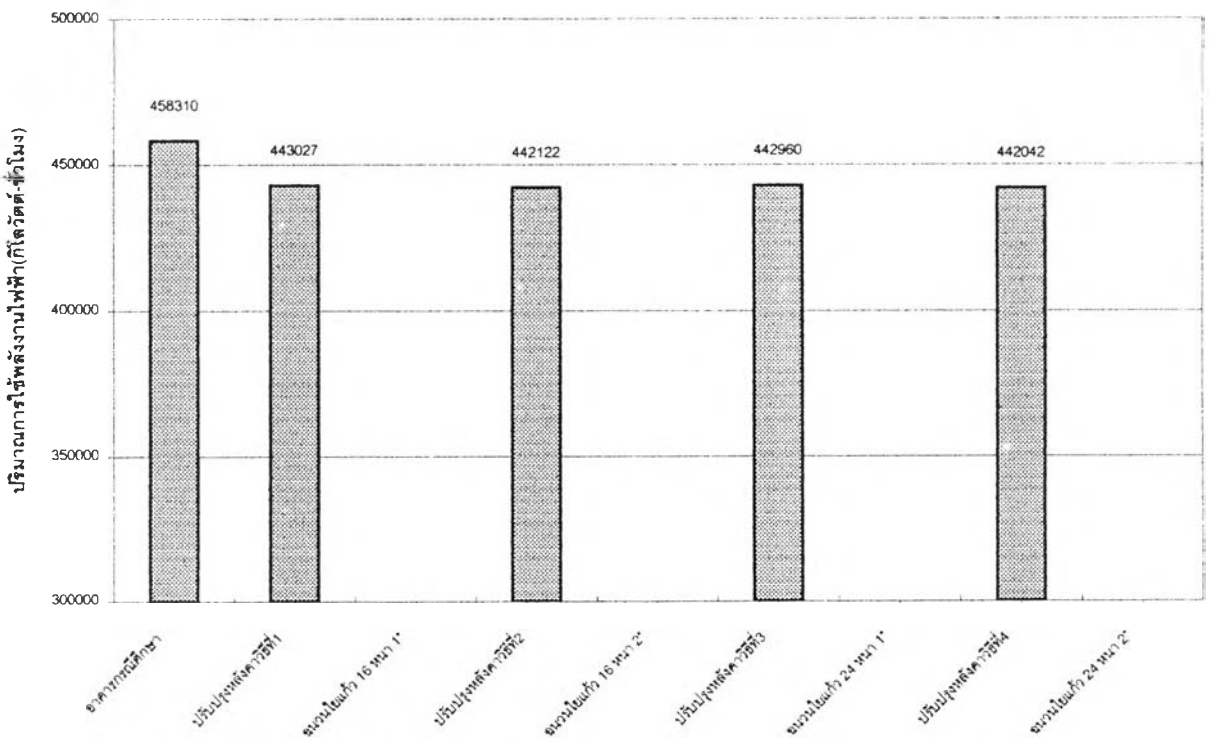
จากผลที่ได้รับเมื่อนำมาพิจารณาค่า RTTV ที่ลดลงพบว่ามีค่าที่ลดลงไปจากอาคารกรณีศึกษามาก ในแต่ละวิธีลดค่า RTTV ได้ต่ำลงจนสามารถผ่านเกณฑ์ควบคุมอาคารได้ทั้งหมดทุกวิธี สำหรับภาระปรับเย็นรายปีที่ลดลงพบว่าแต่ละวิธีสามารถลดภาระปรับเย็นลงได้ประมาณ 10 % เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา วิธีที่สามารถลดลงได้มากที่สุด คือ วิธีที่ 4 ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม หนา 2 นิ้ว ลดภาระปรับเย็นลงได้ประมาณ 9.22% และลดพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีได้ 3.55% โดยสามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลงและพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีที่ลดลงในแต่ละวิธีได้ จากแผนภูมิที่ 5.5 และแผนภูมิที่ 5.6

เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับในแต่ละวิธี ตลอดจนพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว สามารถสรุปผลเพื่อให้เข้าเกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร ที่ได้ตั้งไว้แล้วดังนี้

1. แนวทางการปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยมีงบประมาณลงทุนน้อยที่สุด เลือกวิธีที่ 1 ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม ความหนา 1 นิ้ว สามารถลดค่า RTTV ลงมาอยู่ที่ 9.97วัตต์/ตร.ม. งบประมาณลงทุนน้อยที่สุด และคืนทุนได้เร็วที่สุดด้วย คือ 1.56 ปี
2. แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เลือกวิธีที่ 2 ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ตร.ม. ความหนา 2 นิ้ว มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะ 20 ปี มีมูลค่าสะสมอาคารลดลงมากที่สุด ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดที่ 2.96 %
3. แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด เลือกวิธีที่ 4 ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24กก./ตร.ม ความหนา 2 นิ้ว ลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด ใช้เงินลงทุนมากที่สุด และมีระยะเวลาคืนทุน 3.06 ปี



แผนภูมิที่ 5.5 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงหลังคาแต่ละวิธี



แผนภูมิที่ 5.6 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงหลังคาในแต่ละวิธี

5.4.3 การเปลี่ยนกระจกในส่วนหน้าต่างอาคาร

กระจกหน้าต่างของอาคารกรณีศึกษา เป็นกระจกโฟลทใสขนาดหนา 6 มม. มีค่า SCที่ 0.95 ซึ่งต้านทานความร้อนได้น้อยมาก จึงเลือกเปลี่ยนกระจกหน้าต่างเพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานความร้อนที่ดีขึ้น โดยพิจารณาเลือกเปลี่ยนเฉพาะส่วนที่เป็นหน้าต่างของห้องปรับอากาศเท่านั้น เลือกกระจกที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ คือกระจกที่มีค่า SC ต่ำ ๆ โดยเลือกกระจกมา 4 ชนิดที่มีค่า SC ต่ำกว่ากระจกของอาคารกรณีศึกษา

ประเภทกระจก	ค่าการส่องผ่านแสง(%)	ค่า U(w/m^2-k)	ค่า SC	ราคาต่อตร.ม. (รวมค่าติดตั้ง)
1. กระจกสีชาดำ	38%	6.31	0.63	400
2. กระจกสีฟ้า	58%	6.19	0.79	550
3. กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	14%	4.82	0.24	850
4. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	8%	4.53	0.21	1050

ตารางที่ 5.8 ประเภทของกระจกที่นำมาเปลี่ยนกระจกหน้าต่าง

นำกระจกทั้ง 4 ประเภทมรจำลองสภาพการใช้งานอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลที่ได้ดังตารางที่ 5.9 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.-3)

วิธีปรับปรุงหน้าต่าง	OTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุนครั้งแรก (บาท)	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
	ปริมาณ W/sq m	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (บาท)	เปรียบเทียบอาคารเดิม		20 ปี	NPV ที่ลดลง	
อาคารกรณีศึกษา	67.66		1139424		458310		1,329,099.00			16,759,938.39		
ปรับปรุงหน้าต่างวิธีที่1 กระจกสีชาดำ	59.21	87.51%	1067401	93.68%	447157	97.57%	1,296,755.30	97.57%	195,580.00	16,547,664.33	1.267%	7.59
ปรับปรุงหน้าต่างวิธีที่2 กระจกสีฟ้า	63.52	93.88%	1103373	96.84%	452727	98.78%	1,312,908.30	98.78%	268,922.00	16,824,695.66	-0.386%	37.44
ปรับปรุงหน้าต่างวิธีที่3 กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	47.06	69.55%	980234	86.03%	433659	94.62%	1,257,611.10	94.62%	415,607.00	16,274,082.97	2.899%	7.24
ปรับปรุงหน้าต่างวิธีที่4 กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	45.96	67.93%	973574	85.44%	432628	94.40%	1,254,621.20	94.40%	513,397.00	16,334,170.33	2.540%	8.91

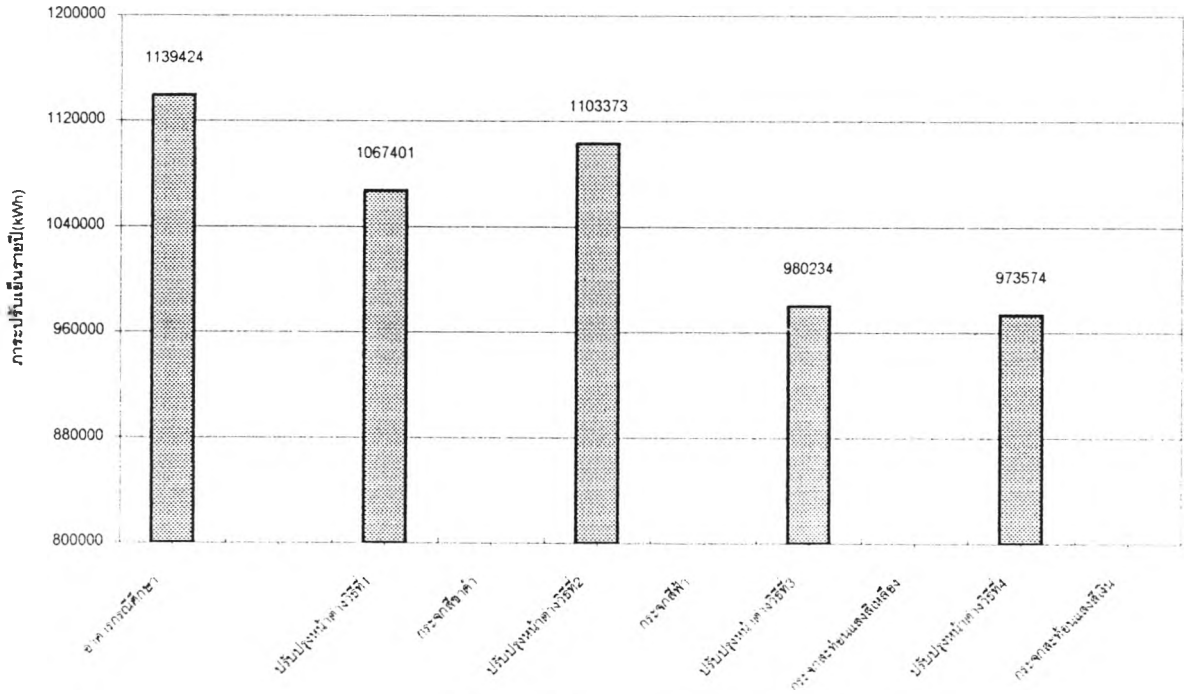
ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบการปรับปรุงหน้าต่างกระจก ในแต่ละวิธี

จากผลที่ได้พิจารณาค่า OTTV ที่ลดลงพบว่าการปรับปรุงวิธีที่ 1 กระจกสีชาดำ และวิธีที่ 2 กระจกสีฟ้าลดค่า OTTV ลงมาอยู่ที่ 59.21 วัตต์/ตร.ม. และ 63.52 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งยังไม่ผ่านเกณฑ์ควบคุม ส่วนวิธีที่ 3 กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง และวิธีที่ 4 กระจกสะท้อนแสงสีเงินลด OTTV ลงมาอยู่ที่ 47.06 วัตต์/ตร.ม. และ 45.96 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้ผ่านตามเกณฑ์ควบคุมอาคาร

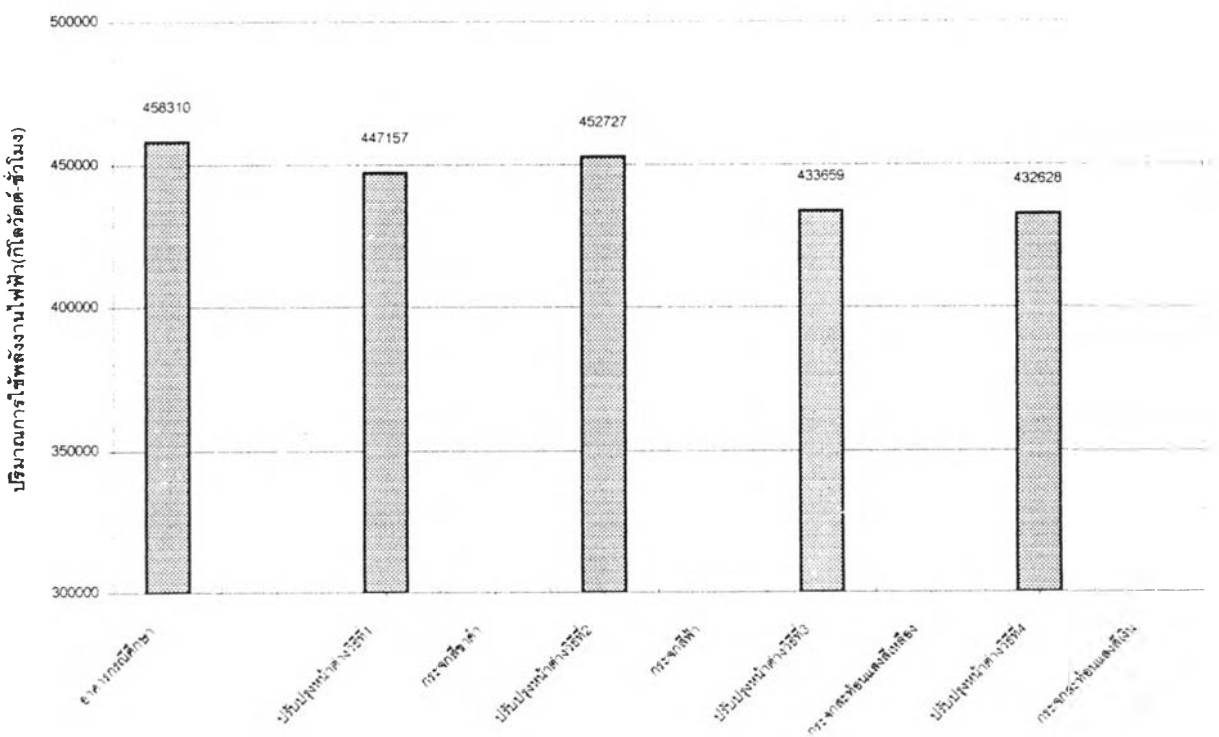
สำหรับภาระปรับเย็นที่ลดลงพบว่า วิธีที่สามารถลดภาระปรับเย็นลงได้มากที่สุด คือ วิธีที่ 4 กระจกสะท้อนแสงสีเงินลดภาระปรับเย็นลงได้14.56% และลดพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีได้ 5.6 % โดยสามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลง และพลังงานไฟฟ้ารวมที่ลดลงในแต่ละวิธีได้จาก แผนภูมิที่ 5.7และแผนภูมิที่ 5.8

เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับในแต่ละวิธีตลอดจนพิจารณาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว สามารถสรุปผลเพื่อให้เข้าเกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคารตามที่ตั้งไว้แล้วดังนี้

1. แนวทางปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงานและมีงบประมาณลงทุนน้อยที่สุด เลือกวิธีที่ 1 กระจกสีชาดำ มีค่า OTTV ที่ 59.21 วัตต์/ตร.ม. มีงบประมาณการลงทุนน้อยที่สุด ถึงแม้ว่า ค่า OTTV จะไม่ผ่านเกณฑ์แต่มีแนวโน้มที่ลดลงมาก จึงทดลองนำกระจกชนิดนี้ไปทำการพิจารณาปรับปรุงร่วมกับการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว ในส่วนผนังทึบ พบว่าทั้ง 2 วิธีนี้เมื่อนำมาใช้งานร่วมกัน ค่า OTTV จะลดลงมาอยู่ที่ 52.34 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุม
2. แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เลือกวิธีที่ 3 กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว 20 ปี มีมูลค่าสะสมอาคารที่ลดลงมากที่สุด ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 2.89 % และยังคืนทุนได้เร็วที่สุดคือ 7.24 ปี
3. แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุดเลือกวิธีที่ 4 กระจกสะท้อนแสงสีเงินเป็นวิธีที่ลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด และใช้เงินลงทุนมากที่สุด ระยะเวลาคืนทุน 8.91 ปี



แผนภูมิที่ 5 7 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงหน้าต่างแต่ละวิธี



แผนภูมิที่ 5 8 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงหน้าต่างในแต่ละวิธี

5.4.4 การเปลี่ยนกระจกในส่วนผนังโปร่งแสงของอาคาร

ผนังโปร่งแสงของอาคารกรณีศึกษานี้ อยู่ที่ชั้น2,3,4ของอาคารซึ่งกระจกที่ใช้เป็นกระจกสะท้อนแสงความหนา 6 มม. มีค่า U- VALUE ที่ 5.10 w/m^2-k และค่า SC ที่ 0.29 ในการเลือกกระจกที่จะนำมาเปลี่ยนกับกระจกเดิมของอาคาร จึงต้องเลือกกระจกที่มีค่า SC ต่ำกว่าที่กระจกเดิมใช้อยู่ รวมทั้งต้องคำนึงถึงโครงสร้างเดิมที่มีอยู่แล้ว จึงควรเป็นกระจกที่มีขนาดความหนาและน้ำหนักเท่าๆกับของเดิมเพื่อให้โครงสร้างเดิมรับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย กระจกที่เลือกมาใช้จึงเลือกกระจกสะท้อนแสงที่มีค่า SC ต่ำกว่าของเดิมที่ใช้อยู่ โดยเลือกกระจกได้ 2 ชนิด ดังนี้

ประเภทของกระจก	ค่าการส่องผ่านแสง(%)	ค่า U(w/m^2-k)	ค่า SC	ราคาต่อ ตร.ม. (รวมค่าติดตั้ง)
1. กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	14%	4.82	0.24	880
2. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	8%	4.53	0.21	1080

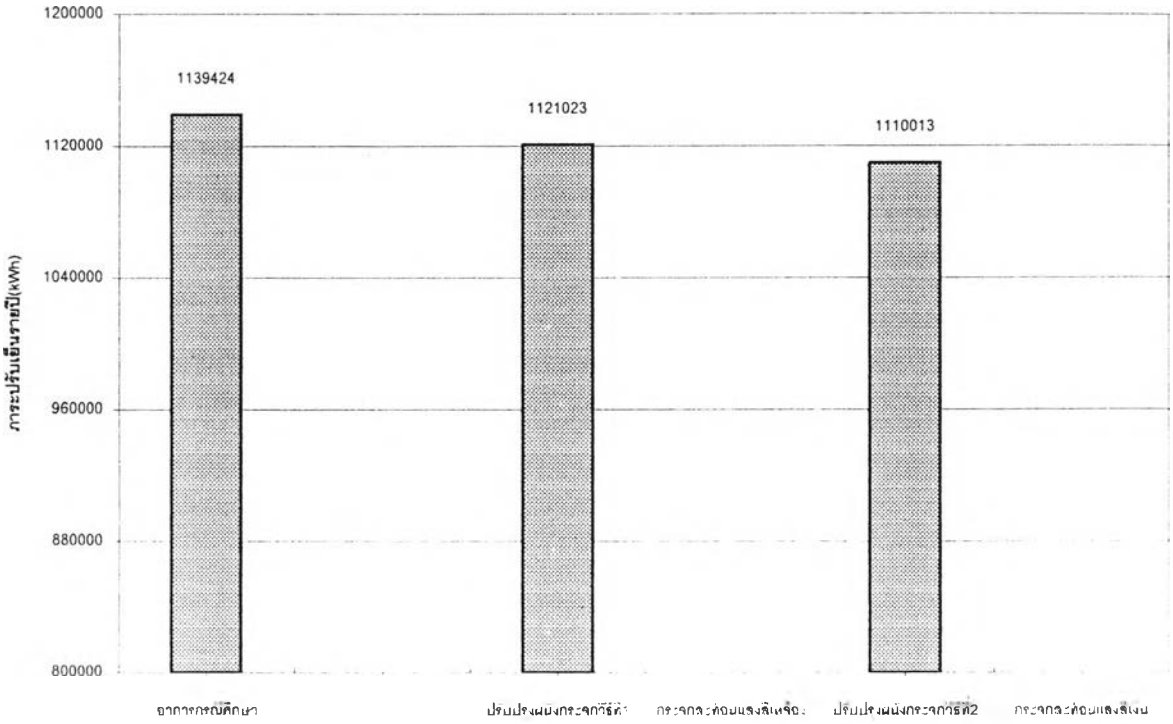
ตารางที่5.10 ประเภทของกระจกที่นำมาเปลี่ยนผนังโปร่งแสง

นำกระจกทั้ง2ชนิดมาจำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงผลที่ได้รับดังตารางที่ 5.11 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.- 4)

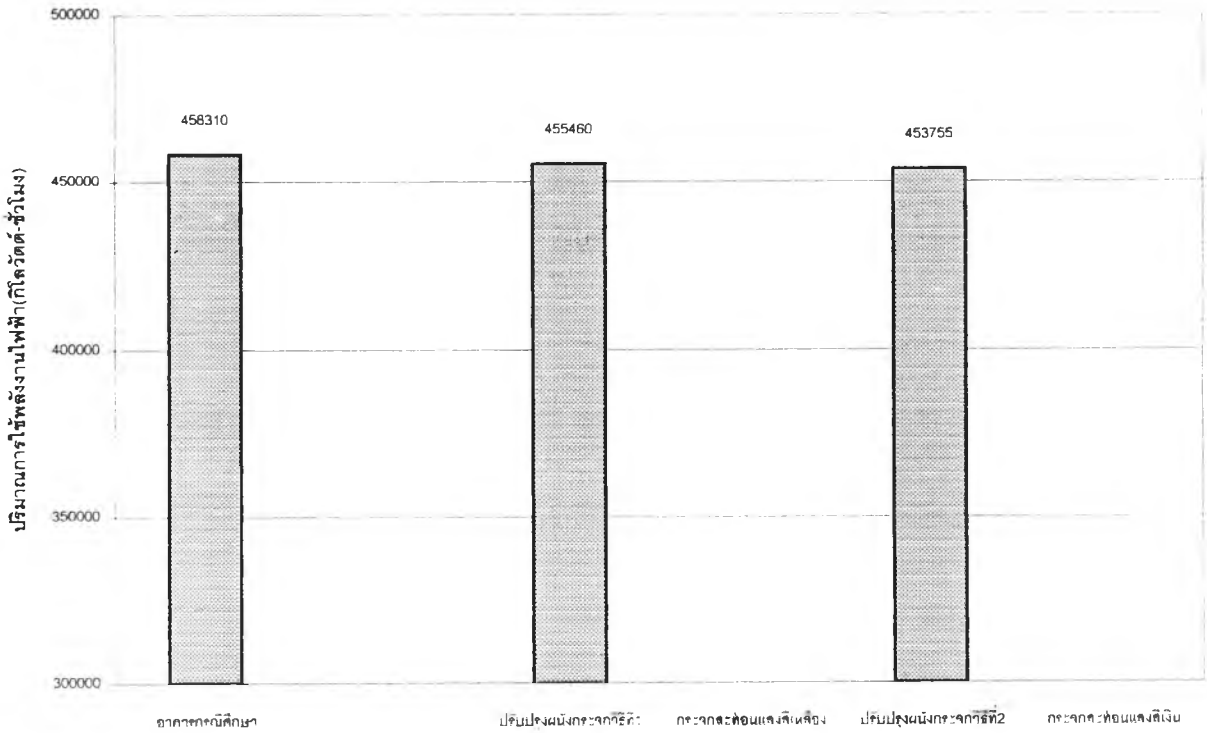
วิธีปรับปรุงผนังกระจก	OTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุน	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลา
	ปริมาณ W sq.m	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (บาท)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ครั้งแรก (บาท)	30 ปี	NPV ที่ลดลง	คืนทน (ปี)
อาคารกรณีศึกษา	67.66		1139424		458310		1,329,099.00			20,773,817.37		
ปรับปรุงผนังกระจกวิธีที่1 กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	65.17	96.32%	1121023	98.39%	455460	99.38%	1,320,834.00	99.38%	670,560.00	21,315,196.42	-2.606%	ไม่คืนทน
ปรับปรุงผนังกระจกวิธีที่2 กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	63.49	93.84%	1110013	97.42%	453755	99.01%	1,315,889.50	99.01%	822,960.00	21,390,312.00	-2.968%	ไม่คืนทุน

ตารางที่ 5. 11 เปรียบเทียบการปรับปรุงผนังกระจก อาคารในแต่ ละวิธี

จากผลที่ได้เมื่อนำมาพิจารณาค่า OTTV พบว่าลดลงไปจากอาคารกรณีศึกษาน้อยมาก วิธีที่ 1 ค่า OTTV อยู่ที่ 65.17 วัตต์/ตร.ม. วิธีที่ 2 ค่า OTTV อยู่ที่ 63.49 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ควบคุมอาหาร สำหรับภาระปรับเย็นที่ลดลงนั้น พบว่า ทั้ง 2 วิธีลดภาระปรับเย็นลงได้น้อย วิธีที่ลดภาระปรับเย็นลงได้มากที่สุดคือวิธีที่ 2 กระจกสะท้อนแสงสีเงินลดภาระปรับเย็นลงได้ 2.58 % และลดพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีได้เพียง 0.99% เท่านั้น โดยสามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลงและพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีที่ลดลงในแต่ละวิธีได้จาก แผนภูมิที่ 5.9 และแผนภูมิที่ 5.10 เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับพบว่าทั้ง 2 วิธีนี้ลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเงินลงทุนที่สูงมาก จึงไม่สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้ และไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นวิธีการปรับปรุงอาคารทั้ง 2 วิธีนี้จึงไม่มีความเหมาะสมในการนำมาพิจารณาเลือกใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคาร



แผนภูมิที่ 5 9 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงผนังกระจกแต่ละวิธี



แผนภูมิที่ 5.10 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงผนังกระจกในแต่ละวิธี

5.4.5 การติดตั้งแผงกันแดดภายนอกให้กับอาคาร

อาคารกรณีศึกษา มีแผงกันแดดภายนอกอยู่แล้วในบางชั้นแต่มีขนาดที่ไม่เหมาะสม เล็กและสั้นเกินไปจนไม่สามารถป้องกันแสงแดดได้ จึงได้พิจารณาติดตั้งแผงกันแดดภายนอกเพิ่มเติมจากแผงกันแดดเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยเลือกติดตั้งเฉพาะห้องที่มีการปรับอากาศเท่านั้น การพิจารณาเลือกลักษณะของแผงกันแดดต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการ จึงเลือกใช้วัสดุที่มีขนาดเบา ใช้โครงเหล็กเป็นตัวยึดกับโครงสร้างเดิมของอาคาร ลักษณะของแผงกันแดดไม่ควรบดบังทัศนียภาพจากมุมมองทางหน้าต่าง รวมทั้งต้องมีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดได้อย่างดี เมื่อวิเคราะห์ทิศทางแสงแดดจาก SUN CHART แล้วจึงออกแบบให้แผงกันแดดนี้ป้องกันแสงแดดได้ที่มุม PROFILE 37^{o}(เวลา 16.00น. วันที่ 21 มิถุนายน) แผงกันแดดมีขนาด 1.40x4.40 ม. วางตามแนวนอนขนานกับแผงเดิม ตำแหน่งเหนือช่องหน้าต่าง วัสดุที่นำมาใช้ทำแผงกันแดดนี้เลือกใช้วัสดุที่มีขนาดค่อนข้างเบายึดกับโครงสร้างเหล็กได้ เลือกมา 2 ชนิดคือ

ประเภทวัสดุ	ราคาต่อตร.ม. (รวมโครงเหล็ก)
1. แผงอลูมิเนียมหนา 3 มม.	2,600
2. แผงโพลีคาร์บอเนตหนา 8 มม.	1,981

ตารางที่ 5.12 ประเภทของวัสดุที่นำมาใช้เป็นแผงกันแดด

นำลักษณะของแผงกันแดดภายนอกมาทดลองจำลองสภาพการใช้งานอาคารในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลที่ได้รับดังตารางที่ 5.13 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.- 5)

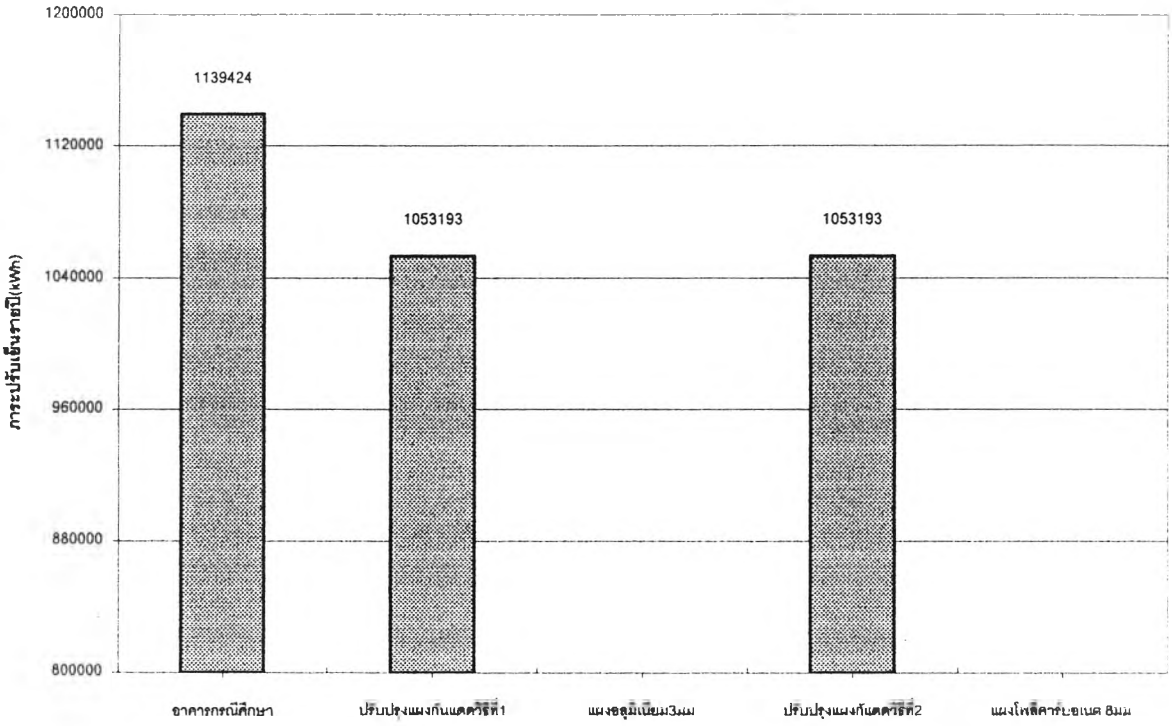
วิธีปรับปรุงแผงกันแดด	OTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุน	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลา
	ปริมาณ W/sq.m.	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (บาท)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ครั้งแรก (บาท)	30 ปี	NPV. ที่ลดลง	คืนทุน (ปี)
อาคารกรณีศึกษา	67.66		1139424		458310		1,329,099.00			20,773,817.37		
ปรับปรุงแผงกันแดดวิธีที่1 แผงอลูมิเนียม3 มม.	65.93	97.44%	1053193	92.43%	444957	97.09%	1,290,375.30	97.09%	772,666.00	20,941,233.94	-0.806%	127.87
ปรับปรุงแผงกันแดดวิธีที่2 แผงโพลีคาร์บอเนต 8 มม.	65.93	97.44%	1053193	92.43%	444957	97.09%	1,290,375.30	97.09%	588,713.00	20,757,278.94	0.080%	30.12

ตารางที่ 5. 13 เปรียบเทียบการปรับปรุงแผงกันแดด อาคารในแต่ ละวิธี

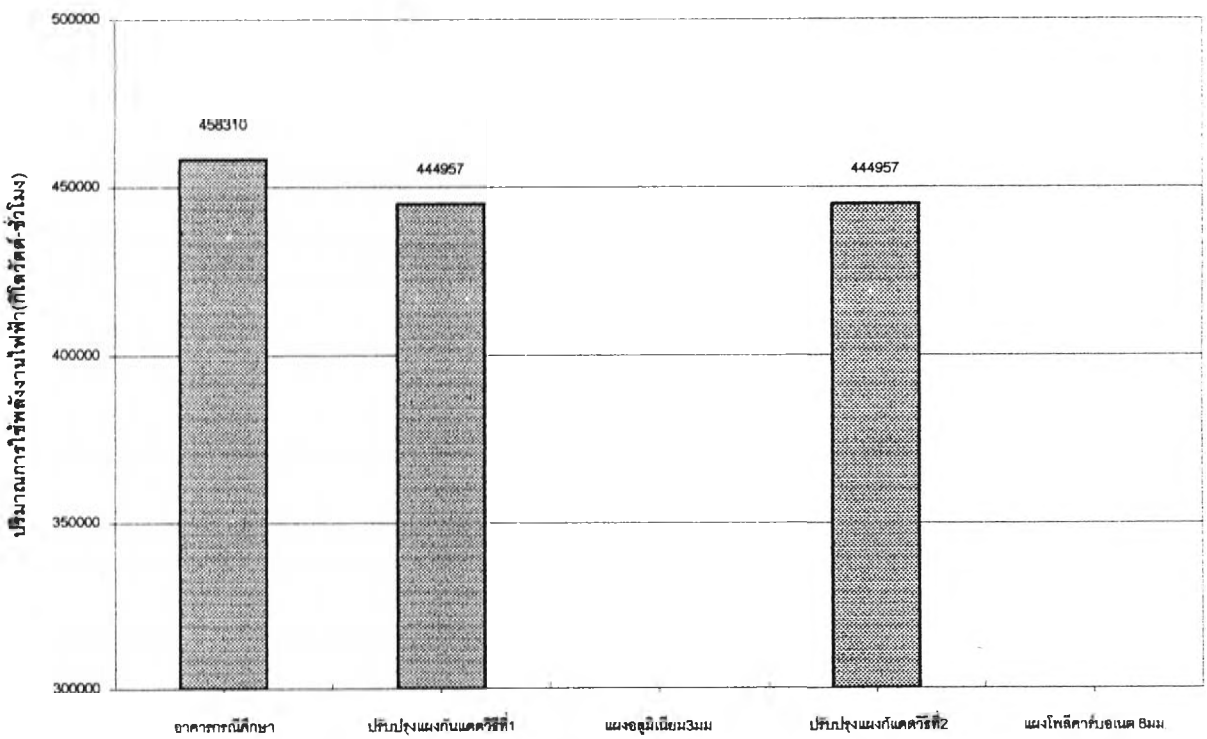
จากผลที่ได้ เมื่อนำมาพิจารณาค่า OTTV ที่ลดลงพบว่าค่า OTTV อยู่ที่ 65.93 วัตต์/ตร.ม. ภาระปรับเย็นรายปีลดลงไป 7.57 % และลดพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีได้ 2.91% แสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาได้ดังแผนภูมิที่ 5.11 และแผนภูมิที่ 5.12

เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดที่เลือกมาใช้ทำแผงกันแดด ตลอดจนพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แล้วสามารถสรุปผลเพื่อให้เข้าเกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคารตามที่ตั้งไว้ ดังนี้

1. แนวทางปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยมีงบประมาณในการลงทุนน้อยที่สุด พบว่าทั้ง 2 วิธีไม่เหมาะสมตามเกณฑ์ที่นำมาพิจารณา เนื่องจากต้องลงทุนค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่าพลังงานที่ลดลงได้น้อยมาก
2. แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าทั้ง 2 วิธี ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะวิธีที่ 1 แผงอลูมิเนียม มีระยะเวลาคืนทุนนานถึง 127 ปี ส่วนวิธีที่ 2 แผงโพลีคาร์บอเนต มีระยะเวลาคืนทุนที่ 30 ปี ซึ่งถือว่านานเกินไปเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานอาคารที่กำหนดไว้ 30 ปี
3. แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุดเลือก วิธีที่ 2 แผงโพลีคาร์บอเนต ซึ่งทั้ง 2 วิธี ลดค่าพลังงานลงได้เท่ากัน แต่วิธีที่ 2 ใช้งบประมาณลงทุนน้อยกว่าและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า จึงเลือกวิธีที่ 2 มาพิจารณา



แผนภูมิที่ 5.11 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงแผงกันแดดแต่ละวิธี



แผนภูมิที่ 5.12 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงแผงกันแดดในแต่ละวิธี

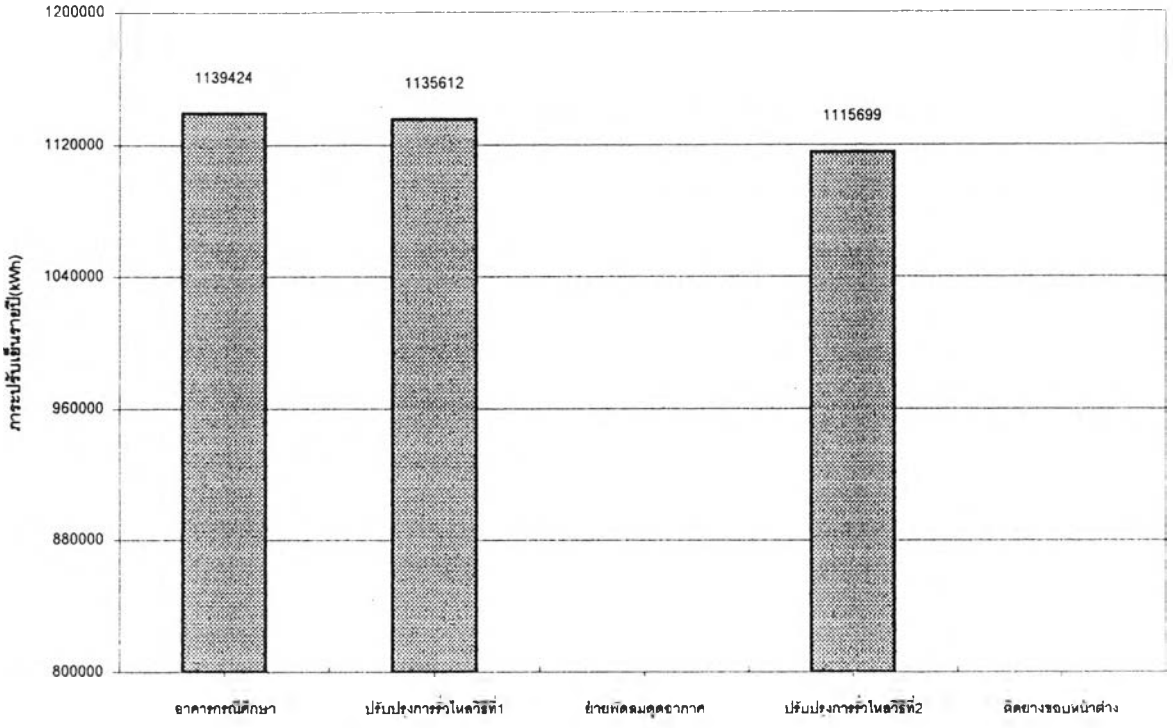
5.4.6 การปรับลดการรั่วไหลอากาศในอาคาร

การปรับปรุงในส่วนนี้มี 2วิธีคือการปรับปรุงการรั่วไหลจากการเปิดปิดประตูและการปรับปรุงการรั่วไหลจากรอยรั่วหน้าต่าง การรั่วไหลของอากาศจากการเปิดปิดประตูนั้น เกิดจากการที่อากาศร้อนภายนอกไหลเข้าไปสู่อากาศเย็นในห้องเวลาเปิดปิดประตู ทำให้ไปเพิ่มภาระในการทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศ ถ้าเราลดอุณหภูมิอากาศภายนอกให้เย็นลงใกล้เคียงกับอากาศในห้องได้ เวลาเปิดปิดประตูอากาศร้อนที่จะไหลเข้าห้องก็จะน้อยลง จากแนวความคิดนี้จึงนำมาปรับปรุงใช้กับอาคาร ที่มีพื้นที่ทางเดินภายในที่มีความเหมาะสมในการปรับเปลี่ยนให้บริเวณทางเดินมีอากาศที่เย็นลงได้โดยการย้ายพัดลมดูดอากาศที่ติดตั้งไว้ในห้องปรับอากาศซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องใช้มาติดตั้งไว้ที่บริเวณทางเดินและดูดอากาศเย็นจากภายในห้องปรับอากาศออกมาสู่บริเวณทางเดินแทน วิธีนี้จะเป็นการเพิ่มภาระในการทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศมากขึ้น แต่ก็จะช่วยลดการรั่วไหลของอากาศจากการเปิดปิดประตูลงได้ การประมาณการจำนวนครั้งที่เปิดปิดประตูนั้น ได้มาจากการสำรวจและสังเกตพฤติกรรมของผู้ใช้งาน เมื่อมีการปรับปรุงพื้นที่ทางเดินภายในให้เย็นลงแล้ว การรั่วไหลจากการเปิดปิดประตูก็จะลดลงไปด้วยโดยในที่นี้จะประมาณการให้ลดลงไปประมาณ 60 % จากอาคารกรณีศึกษา สำหรับการรั่วไหลจากรอยรั่วหน้าต่างนั้นใช้วิธีนำแผ่นยางกันรั่วมาติดตามขอบหน้าต่างก็จะช่วยลดการรั่วไหลของอากาศได้ (รายละเอียดในภาคผนวก ข.- 6)นำแนวทางนี้ไปทดลองจำลองสภาพการใช้อาคารในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลที่ได้ดังตารางที่ 5.14

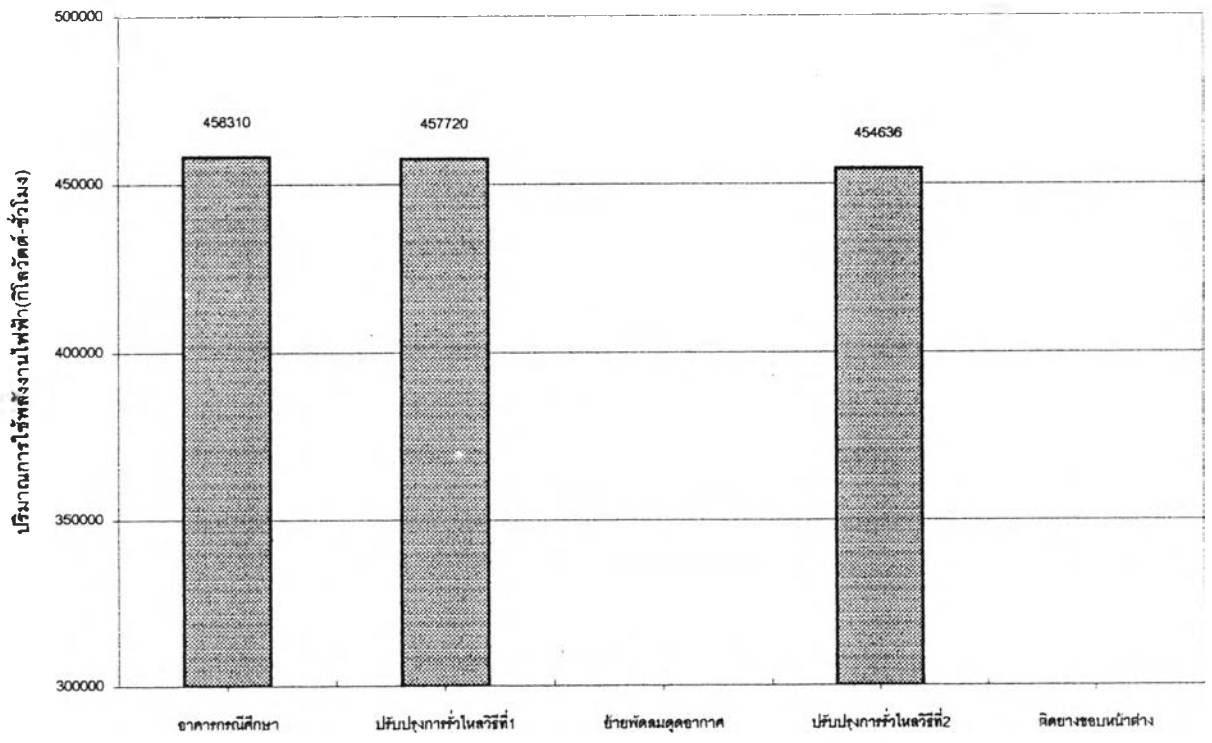
วิธีปรับปรุง การรั่วไหลอากาศ	OTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุน ครั้งแรก	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลา คืนทุน
	ปริมาณ W/sq.m.	เปรียบเทียบ อาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบ อาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบ อาคารเดิม	ปริมาณ (บาท)	เปรียบเทียบ อาคารเดิม	(บาท)	20 ปี	NPV. ที่ลดลง	(ปี)
อาคารกรณีศึกษา	67.66		1139424		458310		1,329,099.00			16,759,938.39		
ปรับปรุงการรั่วไหลวิธีที่1 ย้ายพัดลมดูดอากาศ	67.66	100.00%	1135612	99.67%	457720	99.87%	1,327,388.00	99.87%	20,000.00	16,758,362.68	0.009%	18.52
ปรับปรุงการรั่วไหลวิธีที่2 ติดยางขอบหน้าต่าง	67.66	100.00%	1115699	97.92%	454636	99.20%	1,318,444.00	99.20%	179,329.00	16,804,912.00	-0.268%	38.88

ตารางที่ 5. 14 เปรียบเทียบการปรับปรุงการรั่วไหล อากาศใน อาคาร

เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับแล้วพบว่าวิธีที่1ลดการใช้พลังงานลงได้น้อยมาก ภาระปรับเย็นรายปีลดลงไป 0.33% และลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีไป 0.13% แต่ใช้เงินลงทุนในไม่มากจึงยังสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 18.52 ปี วิธีนี้เป็นวิธีที่น่าสนใจในการนำไปใช้แต่ยังคงมีรายละเอียดอีกมากที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากวิธีการนี้มีพื้นฐานการคำนวณมาจากการประมาณการจำนวนครั้งที่เปิดปิดประตูของผู้ใช้งาน เมื่อมีการปรับปรุงแล้วต้องคาดการว่าการรั่วไหลของอากาศจะลดลงไปกี่เปอร์เซ็นต์ การคาดการพฤติกรรมของคนเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้ยากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะประมาณการได้ถูกต้องใกล้เคียง ในงานวิจัยครั้งนี้จึงจะยังไม่นำวิธีการนี้มาเป็นแนวทางพิจารณาปรับปรุงอาคาร ส่วนวิธีที่2 นั้นลดพลังงานลงได้น้อย ภาระปรับเย็นรายปีลดลงไป 2.08% และลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีไป 0.8% (แสดงรายละเอียดเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาแผนภูมิที่ 5.13แผนภูมิที่ 5.14) เมื่อเทียบกับเงินลงทุนที่ต้องใช้เป็นจำนวนมาก ต้องใช้เวลาคืนทุนนานเกินไป จึงไม่นำวิธีการนี้มาเป็นแนวทางพิจารณาปรับปรุงอาคารเช่นกัน



แผนภูมิที่ 5. 13 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงการรั่วไหลของอากาศ



แผนภูมิที่ 5.14 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงการรั่วไหลของอากาศ

5.5 แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เมื่อได้เลือกวิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมกับแนวทางที่ได้ตั้งไว้เรียบร้อยแล้ว นำวิธีการปรับปรุงอาคารที่เลือกไว้แล้วนั้นมาพิจารณาร่วมกัน ตามแนวทางการปรับปรุงอาคารที่ตั้งไว้อีกครั้งเพื่อพิจารณาหาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป ดังนี้

- **แนวทางปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยมีงบประมาณลงทุนน้อยที่สุด**

แนวทางเลือกที่ 1: 1. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนผนังทึบของอาคาร ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบม. หนา 1 นิ้ว

2.ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนหลังคาคอนกรีต ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 1 นิ้ว

3.การเปลี่ยนกระจกในส่วนหน้าต่างอาคาร ใช้กระจกสีชาดำ

- **แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์**

แนวทางเลือกที่ 2: 1.ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนผนังทึบของอาคารใช้ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว

2.ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนหลังคาคอนกรีต ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว

3. การเปลี่ยนกระจกหน้าต่างอาคาร ใช้กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

- **แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด**

เนื่องจากแนวทางนี้คำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์น้อยที่สุด จึงมีแนวทางเลือกได้หลายแนวทาง ทดลองนำวิธีการปรับปรุงอาคารที่ลดพลังงานลงได้มากที่สุดมาพิจารณาร่วมกัน ได้แนวทางเลือก ดังนี้

แนวทางเลือกที่ 3: 1. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนผนังทึบของอาคาร ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว

2. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนหลังคาคอนกรีต ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว

3. การเปลี่ยนกระจกสะท้อนหน้าต่างอาคาร ใช้กระจกสะท้อนแสงสีเงิน

แนวทางเลือกที่ 4: 1. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนผนังทึบของอาคาร ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว

2. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในส่วนหลังคาคอนกรีต ใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก/ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว

3. ติดตั้งแผงกันแดดภายนอกอาคาร ใช้แผงกันแดดโพลีคาร์บอเนตหนา 8 มม.

นำแนวทางเลือกทั้ง 4 แนวทางมาจำลองสภาพการใช้งานอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลที่ได้รับดังตารางที่ 5.15 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.- 7)

แนวทางเลือกปรับปรุงอาคาร	OTTV		RTTV		ภาระปรับเย็นรายปี		พลังงานไฟฟ้ารายปี		ค่าไฟฟ้ารายปี		เงินลงทุนครั้งแรก	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลาคืนทุน
	ปริมาณ W/sq.m	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ W/sq.m.	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (kWh)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	ปริมาณ (บาท)	เปรียบเทียบอาคารเดิม	(บาท)	20 ปี	NPV. ที่ลดลง	(ปี)
อาคารกรณีศึกษา	67.66		43.56		1139424		458310		1,329,099.00			16,759,938.39		
แนวทางปรับปรุงทางเลือกที่1	52.34	77.36%	9.97	22.89%	857134	75.23%	414597	90.46%	1,202,331.30	90.46%	448,660.00	15,610,057.69	6.86%	4.1
แนวทางปรับปรุงทางเลือกที่2	39.75	58.75%	7.94	18.23%	757457	66.48%	399152	87.09%	1,157,569.80	87.09%	728,733.00	15,325,688.18	8.56%	5.03
แนวทางปรับปรุงทางเลือกที่3	38.61	57.06%	7.72	17.72%	749427	65.77%	397918	86.82%	1,153,962.20	86.82%	887,769.00	15,439,232.34	7.88%	6.16
แนวทางปรับปรุงทางเลือกที่4	54	79.81%	7.72	17.72%	833084	73.11%	410873	89.65%	1,191,531.70	89.65%	963,085.00	15,988,299.74	4.60%	9.08

ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุง อาคารใน แต่ละ ทางเลือก

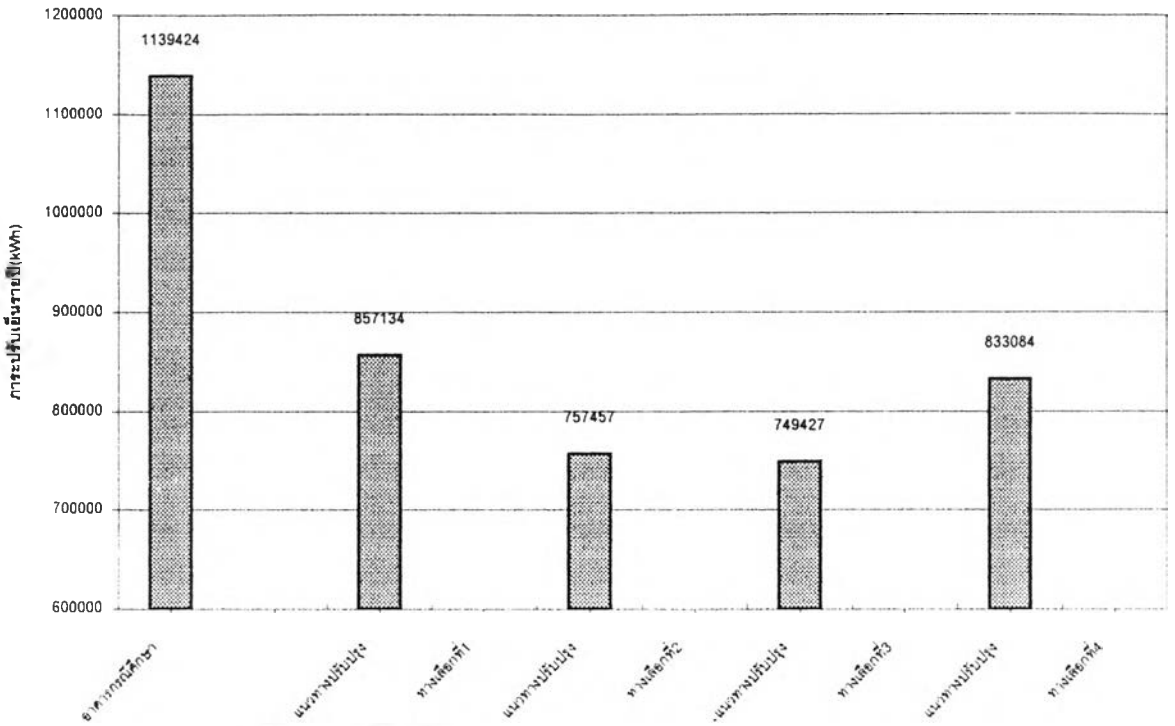
จากผลที่ได้รับเมื่อนำมาพิจารณาค่า OTTV และ RTTV พบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกแนวทาง สำหรับภาระปรับเย็นที่ลดลงไปได้นั้นพบว่าลดลงไปในมากพอสมควร ลดลงได้ตั้งแต่ 24%- 35% แนวทางเลือกที่ลดภาระปรับเย็นลงได้มากที่สุด คือ แนวทางเลือกที่ 4 ลดภาระปรับเย็นลงได้ 35.8% และลดพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีได้ 13.81 % โดยสามารถเปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ลดลง และพลังงานไฟฟ้ารวมรายปีที่ลดลงในแต่ละแนวทางได้จากแผนภูมิที่ 5.15 และแผนภูมิที่ 5.16

เมื่อพิจารณาผลรวมที่ได้รับในแต่ละแนวทางตลอดจนพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว สามารถสรุปแนวทางการปรับปรุงอาคาร ได้ดังนี้

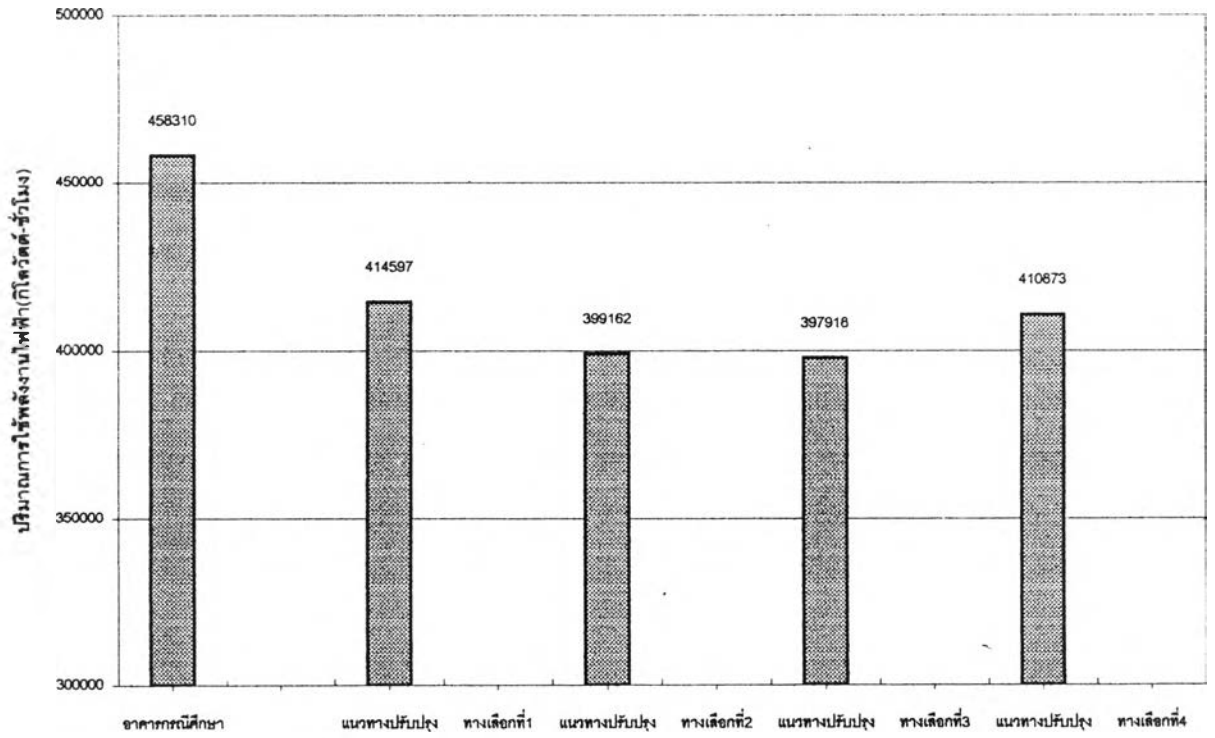
1. แนวทางปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีงบประมาณในการลงทุนน้อยที่สุด คือ แนวทางเลือกที่ 1 มีค่า OTTV ที่ 52.34 วัตต์/ตร.ม. ค่า RTTV ที่ 9.97 วัตต์/ตร.ม พลังงานไฟฟ้ารวมรายปีลดลง 9.54% เทียบกับอาคารกรณีศึกษา มีงบประมาณการลงทุนที่ต่ำที่สุดคือ 448,660 บาท มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดที่ 4.1 ปี มูลค่าสะสมอาคารในปีที่ 20 จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 6.86 %

2. แนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือ แนวทางเลือกที่ 2 มีค่า OTTV ที่ 39.75 วัตต์/ตร.ม. ค่า RTTV ที่ 7.94 วัตต์/ตร.ม. พลังงานไฟฟ้ารวมรายปีลดลง 12.91 % เทียบกับอาคารกรณีศึกษา งบประมาณการลงทุน 728,733 บาท ระยะเวลาคืนทุน 5.03 ปี มูลค่าสะสมอาคารในปีที่ 20 จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด คือ 8.56%

3. แนวทางปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากที่สุด คือ แนวทางเลือกที่ 3 มีค่า OTTV ที่ 38.61 วัตต์/ตร.ม. ค่า RTTV ที่ 7.72 วัตต์/ตร.ม. พลังงานไฟฟ้าลดลงมากที่สุด 13.18 % เทียบกับอาคารกรณีศึกษา งบประมาณการลงทุน 887,769 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.16 ปี มูลค่าสะสมอาคารในปีที่ 20 จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 7.88 %



แผนภูมิที่ 5. 15 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นรายปีในการปรับปรุงอาคารแต่ละทางเลือก



แผนภูมิที่ 5.16 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีจากการปรับปรุงอาคารในแต่ละทางเลือก