บทที่ 5
การพิจารณาเทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคาร

5.1 เกณฑ์การพิจารณาเทคนิคในการปรับปรุงเปลือกอาคาร

วัตถุประสงค์หลักของการปรับปรุงอาคาร คือ การปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองภายในอาคาร ภายใต้เกณฑ์ในการพิจารณา ได้แก่

1) มาตรฐานอาคารควบคุม ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2534
2) ประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองในอาคาร
3) เกณฑ์ในด้านเศรษฐศาสตร์ คือ ความคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

5.2 การกำหนดองค์ประกอบอาคารที่ต้องปรับปรุง

5.2.1 พิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม

ตาราง 5 – 1 : เกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุมที่นำมาพิจารณา มีดังนี้

ข้อมูลที่พิจารณา	มาตรฐานอาคาร	อาคารกรณีศึกษา	หมายเหตุ
1) ค่า OTTV (วัตต์ / ตร.ม.)	55.00	59.11	ไม่ผ่าน
2) ค่า RTTV (วัตต์ / ตร.ม.)	25.00	13.23	ผ่าน
3) กำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (วัตต์ / ตร.ม.)	16.00	14.10	ผ่าน
4) มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ (กิโลวัตต์ / ตันความเย็น)			
- ขนาด 300 ตันความเย็น	0.84	0.76	ผ่าน
- ขนาด 750 ตันความเย็น	0.80	0.73	ผ่าน
5) ระดับความส่องสว่าง (ลักซ์)	300 – 500	315.68	ผ่าน

ที่มา : กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2534

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม พบว่า อาคารกรณีศึกษาจำเป็นต้องทำการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารด้านกรอบอาคาร เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ในส่วนผนังทึบและผนังโปร่งแสงของอาคาร ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ หากพิจารณาด้านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุมถือว่าผ่านตามเกณฑ์ดังกล่าวแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุง

<u>การพิจารณาคุณสมบัติด้านการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคาร</u>

การพิจารณาเลือกวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงเปลือกอาคาร (ผนังอาคาร) เพื่อให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม มีแนวทางในการพิจารณาดังนี้

จาก $$OTTV = \frac{(A_w * U_w * TD_{eq}) + (A_f * U_f * \Delta T) + (A_f * SC * SF)}{A_o}$$

โดยที่

OTTV	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
A_w	=	พื้นที่ผนังทึบ (ตารางเมตร)
U_w	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน)
TD_{eq}	=	ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (เคลวิน)
A_f	=	พื้นที่กระจก (ตารางเมตร)
U_f	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก (วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน)
ΔT	=	ค่าผลต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (เคลวิน)
SC	=	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient)
SF	=	ค่า solar factor (วัตต์ต่อตารางเมตร)
A_o	=	พื้นที่รวมทั้งหมดของผนัง (ตารางเมตร)

ดังนั้นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าวทั้งสิ้น 9 ปัจจัย ในการปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน จึงคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวเป็นหลักนั่นเอง โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสำหรับอาคารเก่าตามมาตรฐานกำหนด คือ 55 วัตต์ต่อตารางเมตร

จาก **55 วัตต์ต่อตร.ม.** $= \frac{(A_w * U_w * TD_{eq}) + (A_f * U_f * \Delta T) + (A_f * SC * SF)}{A_o}$

* ใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังแต่ละด้านของอาคาร

ตัวแปรที่ใช้คำนวณ	ค่าเฉลี่ย	ตัวแปรที่ใช้คำนวณ	ค่าเฉลี่ย
U-GLASS	5.958	TDeq	10
U-WALLS	1.874	DT	5
SC	0.57	SF	160.03

เมื่อทำการพิจารณารวมทั้งอาคาร

55 วัตต์ / ตร.ม. $= \frac{(17856.8 * UW * 10) + (11383.19 * Uf * 5) + (11383.19 * SC * 160.03)}{29240}$

จากสมการจะเห็นได้ว่ามีตัวแปรคงที่ และตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ - กระจกและค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกนั่นเอง ดังนั้นจึงสามารถกำหนดค่ามาตรฐานโดยเฉลี่ยของปัจจัยดังกล่าวได้จากสมการ ดังนี้

กำหนดตัวแปรอื่น ๆ คงที่ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

55 วัตต์ / ตร.ม. $= \frac{(17856.8 * UW * 10) + (11383.19 * 5.958 * 5) + (11383.19 * 0.57 * 160.03)}{29240}$

1,608,200 = (178,568 * UW) + 1,377,446.8

Uw = 1.292 วัตต์ / ตร.ม.

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมโดยเฉลี่ยของผนังทึบ จึงมีค่าไม่ควรเกิน 1.292 วัตต์ / ตร.ม.

กำหนดตัวแปรอื่น ๆ คงที่ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก

$$55 \text{ วัตต์ / ตร.ม.} = \frac{(17856.8 * 1.874 * 10) + (11383.19 * Uf * 5) + (11383.19 * 0.57 * 160.03)}{29240}$$

1,608,200 = (56,915.95 * Uf) + 1,372,978

Uf = 4.133 วัตต์ / ตร.ม.

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมโดยเฉลี่ยของกระจก จึงมีค่าไม่ควรเกิน 4.133 วัตต์ / ตร.ม.

กำหนดตัวแปรอื่น ๆ คงที่ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

$$55 \text{ วัตต์ / ตร.ม.} = \frac{(17856.8 * 1.874 * 10) + (11383.19 * 5.958 * 5) + (11383.19 * SC * 160.03)}{29240}$$

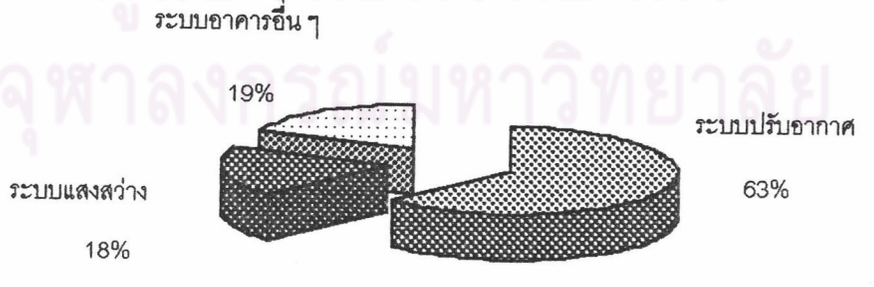
1,608,200 = (1,821,651.9 * SC) + 673,741.66

SC = 0.513

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดยเฉลี่ยของกระจก จึงมีค่าไม่ควรเกิน 0.513 วัตต์ / ตร.ม.

ดังนั้นการพิจารณาแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร จึงพิจารณาถึงปัจจัยหลัก ๆ 3 ปัจจัยที่เกี่ยวกับเปลือกอาคาร คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ – กระจก และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่ควรเกิน 1.292 วัตต์ / ตร.ม. 4.133 วัตต์ / ตร.ม. และ 0.513 ตามลำดับ อย่างน้อยที่สุดเพื่อให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร มีค่าไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐาน คือ 55 วัตต์ / ตร.ม.

5.2.2 พิจารณาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร



แผนภูมิที่ 5 – 1 : สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบหลักของอาคาร

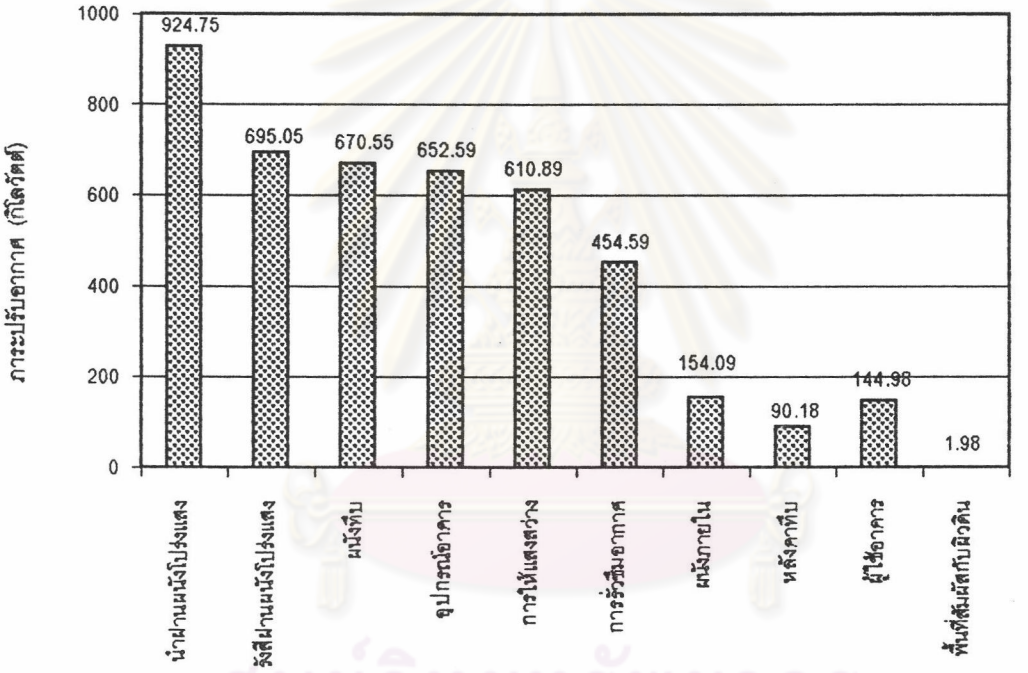
จากการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมในงานระบบหลัก ๆ ของอาคาร ที่ได้จากการสำรวจ พบว่า ในระยะเวลาหนึ่งปีอาคารใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 3 ระบบหลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อปรับสภาวะเข้าสู่สภาวะน่าสบาย ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอุปกรณ์อาคารอื่น ๆ ของอาคาร

ตามลำดับจากมากไปหาน้อย โดยระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานสูงสุดถึงร้อยละ 63 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร

ดังนั้นหากสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองที่เกิดจากระบบปรับอากาศ ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดได้ จะส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารซึ่งสามารถลดลงได้มากอีกด้วย

จากการวิเคราะห์ภาระปรับอากาศของอาคารจากการจำลองสภาพ พบว่า อาคารมีค่าภาระปรับเย็นสูงสุด (building peak cooling load) เท่ากับ 4,159.83 กิโลวัตต์ ในวันที่ 19 มิถุนายน เวลา 16.00 น. ภาระปรับอากาศรายปี (annual cooling load) มีค่าเท่ากับ 15,566.69 เมกกะวัตต์ - ชม. และปัจจัยที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ความร้อนที่เกิดจาก การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง ผนังทึบของอาคาร อุปกรณ์ภายในอาคาร ตามลำดับ มีรายละเอียดดังนี้

แผนภูมิที่ 5 – 2 : ภาระปรับอากาศสูงสุดจากปัจจัยต่าง ๆ



ตาราง 5 – 2 : ภาระปรับอากาศสูงสุดที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ

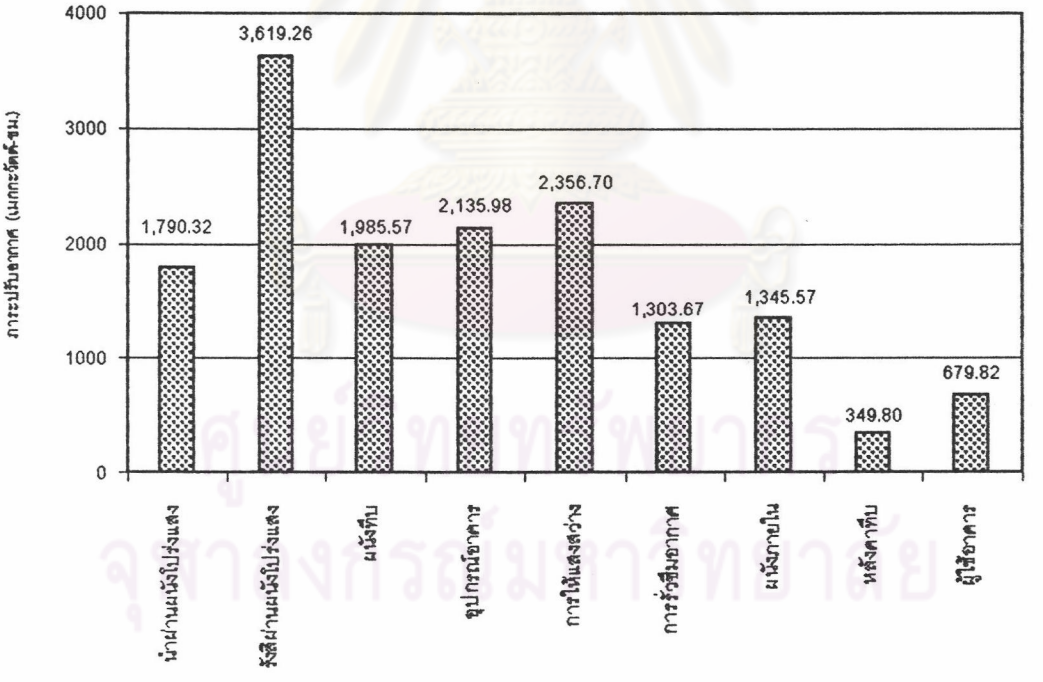
ปัจจัยที่พิจารณา	ภาระปรับอากาศสูงสุด (กิโลวัตต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	คิดเป็น %
การนำความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง	924.75	0	924.75	21.02
การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง	695.05	0	695.05	15.80
ผนังทึบ	670.55	0	670.55	15.24
อุปกรณ์ภายในอาคาร	652.59	0	652.59	14.83
การให้แสงสว่าง	610.89	0	610.89	13.88
การรั่วซึมของอากาศ	271.45	183.14	454.59	10.33
ผนังภายในอาคาร	154.09	0	154.09	3.5
ผู้ใช้อาคาร	88.30	56.68	144.95	3.30

ปัจจัยที่พิจารณา	ภาระปรับอากาศสูงสุด (กิโลวัตต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	คิดเป็น %
หลังคาทึบ	90.18	0	90.18	2.05
พื้นอาคารที่สัมผัสกับผิวดิน	1.98	0	1.98	0.05
รวม	**4159.83**	**239.81**	**4399.65**	**100.00**

หากพิจารณาแล้วพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระปรับอากาศสูงสุด ได้แก่ *ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคาร* คิดเป็น***ร้อยละ 54.11*** ของภาระปรับอากาศรวม และปัจจัยทางเปลือกอาคารที่ทำให้ภาระปรับอากาศมีค่าสูงเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง ผนังทึบ การให้แสงสว่างและหลังคาของอาคาร ซึ่งจะนำไปสู่การพิจาณาเพื่อออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารต่อไป

ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อภาระปรับอากาศรายปีของอาคารสามารถจำแนก โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง การให้แสงสว่าง และอุปกรณ์ภายในอาคาร ตามลำดับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระปรับอากาศรายปีของอาคาร ได้แก่ *ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคาร* คิดเป็น***ร้อยละ 49.76*** ของภาระปรับอากาศรวม รายละเอียดดังนี้

แผนภูมิที่ 5-3 : ภาระปรับอากาศรายปีจากปัจจัยต่าง ๆ



ตาราง 5-3 : ภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัยที่พิจารณา	ภาระปรับอากาศรายปี (กิโลวัตต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	คิดเป็น %
การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง	3,619.26	0	3,619.26	23.25
การให้แสงสว่าง	2,356.70	0	2,356.70	15.14
อุปกรณ์ภายในอาคาร	2,135.98	0	2,135.98	13.72

ปัจจัยที่พิจารณา	ภาระปรับอากาศรายปี (กิโลวัตต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	คิดเป็น %
ผนังทึบ	1,985.57	0	1,985.57	12.76
การนำความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง	1,790.32	0	1,790.32	11.50
ผนังภายในอาคาร	1,345.57	0	1,345.57	8.64
การรั่วซึมของอากาศ	319.07	984.60	1,303.67	8.37
ผู้ใช้อาคาร	413.01	266.81	679.82	4.37
หลังคาทึบ	349.80	0	349.80	2.25
รวม	**14,315.28**	**1,251.41**	**15,566.69**	**100.00**

เมื่อพิจารณาภาระปรับอากาศสูงสุดและภาระปรับอากาศรายปี จากการจำลองสภาพอาคาร พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมากที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคาร โดยภาระปรับอากาศกว่าครึ่งของภาระปรับอากาศรวมเกิดขึ้นจากปัจจัยดังกล่าวนั่นเอง

ดังนั้นการปรับปรุงเปลือกอาคารโดยคำนึงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร จึงควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

1) การลดอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงของอาคาร ดังนี้
   - การเลือกใช้วัสดุที่สามารถการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดค่อนข้างต่ำ
   - การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร (ลดค่า WWR)
2) การลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบของอาคาร โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อน เพื่อลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารในพื้นที่ที่เป็นไปได้
3) การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเฉพาะบริเวณที่ติดกับผนังโปร่งแสงของอาคาร และทำการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (วัตต์ / ตร.ม.) ลดลง ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศของอาคารมีค่าลดลง
4) การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ควบคู่กับการปรับปรุงเปลือกอาคาร ในพื้นที่สำนักงานและพื้นที่ส่วนกลางของอาคารให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ความเป็นไปได้มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุผนังโปร่งแสงที่เลือกใช้ในการปรับปรุงเปลือกอาคารนั่นเอง

<u>การพิจารณาคุณสมบัติวัสดุผนังโปร่งแสงที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร</u>

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผนังโปร่งแสงที่เลือกใช้ในการปรับปรุงอาคาร โดยพิจารณาที่ค่าการส่องผ่าน (light transmittance) โดยปริมาณแสงธรรมชาติจะแปรผันตรงกับค่าการส่องผ่าน นั่นคือ หากค่าการส่องผ่านมีค่ามากขึ้นปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารจะมีค่ามากขึ้นเช่นกัน ซึ่งความเป็นไปได้ในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารจะสูงขึ้นเช่นกัน

ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารเนื่องจากแสงธรรมชาติควบคู่กัน การพิจารณาเลือกกระจกที่สามารถลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้มาก ปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารจะมีค่าลด

ลง ดังนั้นการปรับปรุงผนังโปร่งแสงของอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และต้องการให้แสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มากที่สุดเท่าพร้อมกัน ให้พิจารณาที่ค่า light to solar gain ratio (LC / SC) โดยการพิจารณาเลือกกระจกในการปรับปรุงผนังโปร่งแสงของอาคาร เพื่อการประหยัดพลังงานจะเน้นที่การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเป็นหลัก ดังนั้นหากอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ายิ่งมากจะช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้มากยิ่งขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 5 – 4 : การพิจารณาการเลือกใช้กระจกในการปรับปรุงอาคาร (กระจกสะท้อนแสงขนาด 6 มม.)

กระจกที่พิจารณา	ค่า U – Value	ค่า SC	ค่า LT	ค่า LT / SC
1) กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้า – เงิน (เคลือบบนกระจกสีฟ้า)	5.90	0.34	14	*41.18*
2) กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้า (เคลือบบนกระจกสีฟ้า)				
2.1 กระจกแบบที่ 1	4.99	0.27	6	*22.22*
2.2 กระจกแบบที่ 2	5.02	0.35	6	26.09
2.3 กระจกแบบที่ 3	5.34	0.26	8	30.77
2.4 กระจกแบบที่ 4	5.79	0.23	20	*57.14*
3) กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้าสว่าง (light blue ; เคลือบบนกระจกใส)	4.88	0.23	18	*78.26*
4) กระจกสะท้อนแสงโทนสีเขียว (เคลือบบนกระจกสีเขียว)				
4.1 กระจกแบบที่ 1	5.53	0.31	16	*51.61*
4.2 กระจกแบบที่ 2	5.30	0.26	10	38.46
4.3 กระจกแบบที่ 3	5.00	0.23	7	30.43
5) กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้า - เขียว (เคลือบบนกระจกสีฟ้า – เขียว)	5.60	0.36	26	*72.22*

ที่มา : Dimond glass by PMK – Central Glass Co.Ltd.

เมื่อพิจาณาคุณสมบัติของกระจกในด้านการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และส่องผ่านของแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร จากค่า light to solar gain ratio (LT / SC) พบว่า กระจกที่มีความเหมาะสมที่สุดในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ในขณะเดียวกับที่ยอมให้แสงธรรมชาติส่องผ่านในปริมาณที่เหมาะสมเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย 5 อันดับแรก ได้แก่ กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้าสว่าง (light blue) กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้า – เขียว, กระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้าแบบที่ 4, กระจกสะท้อนแสงโทนสีเขียวแบบที่ 2 และกระจกสะท้อนแสงโทนสีฟ้า – เงิน ซึ่งมีค่า LT / SC เท่ากับ 78.26, 72.22, 57.14, 51.61 และ 41.18 ตามลำดับ และกระจกที่มีค่า LT / SC ต่ำที่สุดเท่ากับ 22.22 ได้แก่ กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าแบบที่ 1

เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่ดี แต่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้าสู่อาคารได้ต่ำกว่ากระจกประเภทอื่น ๆ นั่นเอง

ดังนั้น องค์ประกอบอาคารหลัก ๆ ที่นำมาพิจาณาในการปรับปรุงเปลือกอาคาร เมื่อพิจาณาเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุมและการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารร่วมกัน สรุปได้ดังนี้

1) การปรับปรุงผนังโปร่งแสงของอาคาร เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่มีการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารมากที่สุด ทั้งจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศเพื่อปรับให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย
   - การเลือกใช้วัสดุที่สามารถการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดค่อนข้างต่ำ
   - การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร (ลดค่า WWR)
2) การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในการให้แสงสว่างภายในอาคาร ควบคู่กับการปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศควบคู่กัน

องค์ประกอบอาคารที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในการปรับปรุงเปลือกอาคาร เมื่อพิจาณาเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุมและการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารร่วมกัน ได้แก่ หลังคาของอาคารเนื่องจากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุมแล้ว เมื่อพิจารณาคุณสมบัติวัสดุของหลังคา พบว่า องค์ประกอบของหลังคามีการใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนแล้ว เช่นเดียวกับผนังทึบของอาคารที่มีการใช้วัสดุฉนวนกันความร้อนแทนช่องว่างอากาศ จึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับปรุง

5.3 สรุปเทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร

แนวทางที่ 1 **ปรับปรุงส่วนผนังโปร่งแสง**

เนื่องจากภาระปรับอากาศส่วนใหญ่ของอาคารเกิดขึ้นจากการถ่ายเท และแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงของอาคาร โดยการเปลี่ยนวัสดุให้มีคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีขึ้น คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ ดังนี้

1.1 การเปลี่ยนเฉพาะกระจกสะท้อนแสง 6 มม. เนื่องจากเป็นพื้นที่ผนังโปร่งแสงที่มากที่สุด โดยเปลี่ยนเป็นกระจกที่มีคุณสมบัติในเป็นฉนวนความร้อนที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ดังนี้

1.1.1 กระจกสะท้อนแสงสีฟ้า – เงิน	U = 5.90	SC = 0.34 LC = 14
1.1.2 กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าแบบที่ 1	U = 4.99	SC = 0.27 LC = 6
1.1.3 กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าแบบที่ 4	U = 5.79	SC = 0.23 LC = 20
1.1.4 กระจกสะท้อนแสงสีฟ้า – เขียว	U = 5.60	SC = 0.36 LC = 26
1.1.5 กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าสว่าง	U = 4.88	SC = 0.23 LC = 18

1.2 การเปลี่ยนกระจกทั้ง 3 ชนิดของอาคาร ได้แก่ กระจกสีชา 12 มม. (GLASS-12) กระจกสีชา 8 มม. (GLASS-8) และกระจกสะท้อนแสง 6 มม. (GLASS-6) ดังนี้

GLASS – 12 เป็นกระจกสีชา 12 มม. U = 5.50 SC = 0.48

GLASS – 8 เป็นกระจกสีชา 8 มม. U = 5.60 SC = 0.61

GLASS – 6 เป็นกระจกสะท้อนแสง U = 4.99 SC = 0.27

1.3 การเปลี่ยนกระจกทั้ง 3 ชนิดของอาคาร ได้แก่ กระจกสีชา 12 มม. (GLASS-12) กระจกสีชา 8 มม. (GLASS-8) และกระจกสะท้อนแสง 6 มม. (GLASS-6) ดังนี้

GLASS – 12 เป็นกระจก heat reflect U = 5.10 SC = 0.46

GLASS - 8 เป็นกระจก heat reflect U = 5.20 SC = 0.54

GLASS – 6 เป็นกระจกสะท้อนแสง U = 4.99 SC = 0.27

การเปลี่ยนกระจกนั้นกำหนดความหนาของกระจกแต่ละลักษณะ คือ 6 8 และ 12 มม. คงเดิม แต่พิจารณาคุณสมบัติของวัสดุด้านการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้นกว่าวัสดุเดิม เนื่องจากการเปลี่ยนความหนาของกระจก ทำให้ขนาดของอะลูมิเนียมที่เป็นโครงยึดเปลี่ยนแปลงไป มีผลต่องบประมาณในการลงทุนปรับปรุงเปลือกอาคารที่จะเพิ่มมากขึ้น นั่นคือ การพิจารณาเปลี่ยนกระจกจะคำนึงถึง คุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนที่มีประสิทธิภาพเป็นหลัก เพื่อลดภาระการปรับอากาศที่เกิดขึ้นจากเปลือกอาคาร อันจะส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร

การเลือกสีของกระจกจะใช้สีโทนเขียวและฟ้า เนื่องจากเป็นโทนสีที่ยอมให้คลื่นแสงที่มองเห็นผ่านเข้าได้สูงในขณะที่ยอมให้คลื่นรังสีความร้อนและรังสี UV ผ่านได้น้อย ที่สำคัญ คือ ยังคงรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารเดิมไว้ได้

<u>แนวทางที่ 2</u> **การลดพื้นที่กระจก หรือการลดค่า WWR**

เนื่องจากความร้อนส่วนใหญ่ที่ผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร ผ่านเข้ามาทางผนังโปร่งแสงเป็นส่วนใหญ่ การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงเป็นการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้ส่วนหนึ่ง

ในที่นี้จะลดพื้นที่ผนังกระจกในส่วนของ TOWER (ชั้นที่ 9 – 31) ซึ่งเป็นผนังโปร่งแสงตลอดระยะความสูงของชั้นอาคาร คือ 4 เมตร โดยลดพื้นที่กระจกที่ติดตั้งติดกับพื้นและมีความสูง 0.8 เมตร สามารถลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงได้ 437.0 ตร.ม. ในแต่ละทิศทาง (ทั้งหมด 4 ทิศ คือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก) และในชั้นที่ 32 – 33 ลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงเฉพาะในทิศตะวันตกและตะวันออกของอาคาร คิดเป็นพื้นที่ 364.8 ตร.ม. รายละเอียดดังนี้

การใส่ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กิโลกรัม / ลบ.ม. หนา 50 มม. และปิดทับด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร

<u>แนวทางที่ 3</u> **การลดพื้นที่กระจกควบคู่กับการปรับปรุงส่วนผนังโปร่งแสง**

3.1 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.1

3.2 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.2

3.3 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.3

3.4 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.4

3.5 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.5

3.6 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.2

3.7 การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.3

แนวทางที่ 4 **การปรับปรุงเปลือกอาคารร่วมกับการนำแสงแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร**

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในให้แสงสว่างภายในอาคาร ควบคู่การปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ โดยพิจารณาค่า Light to solar gain ratio ที่เหมาะสมที่สุด รายละเอียดการปรับปรุง คือ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ควบคู่กับการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.5 เนื่องจากมีค่า Light to solar gain ratio สูงกว่ากระจกชนิดอื่น ๆ คือ 78.26 การปรับปรุงตามแนวทางดังกล่าวเป็นการใช้แสงธรรมชาติในการส่องสว่าง เฉพาะ*บริเวณที่ติดกับผนังโปร่งแสงของอาคาร* ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทางเดินและชั้นวางเอกสาร ต้องการค่าส่องสว่างเฉลี่ย 50 – 100 ลักซ์เท่านั้น โดยการลดการเปิดหลอดไฟในตำแหน่งดังกล่าว (ส่วนพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาใช้แสงประดิษฐ์ในการให้แสงสว่างตามเดิม ในกรณีที่แสงสว่างจากธรรมชาติมีปริมาณไม่เพียงพอกับลักษณะการใช้งานที่เป็นสำนักงาน)

5.4 การประเมินผลการปรับปรุงเปลือกอาคารในแนวทางต่าง ๆ

การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเมื่อทำการปรับปรุงอาคาร ใช้การจำลองสภาพอาคารด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้อาคารจากการจำลองสภาพเป็นตัวแทนของอาคารจริง เนื่องจากไม่สามารถทำการปรับปรุงกับอาคารกรณีศึกษาได้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผล ได้แก่ เกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม พิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (ค่ามาตรฐานเท่ากับ 55 วัตต์ / ตร. ม.) ด้านการใช้พลังงานในอาคาร พิจารณาความสามารถในการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองภายในอาคาร โดยเฉพาะการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ และเกณฑ์ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน โดยพิจารณางบประมาณที่ใช้ในการปรับปรุง ระยะเวลาคืนทุนที่เหมาะสมและมูลค่าอาคารสะสมในเวลา 20 ปี

แนวทางที่ 1 **ปรับปรุงส่วนผนังโปร่งแสง**

ตาราง 5 – 5 : รายละเอียดการปรับปรุงกระจกอาคาร

การปรับปรุงกระจกอาคาร	*ประเภทกระจก*	*ค่า U-Value*	*ค่า SC*	*ค่า light transmitance (%)*
วิธีที่ 1.1.1	กระจกสะท้อนแสงสีฟ้า – เงิน ความหนา 6 มม.	5.90	0.34	14
วิธีที่ 1.1.2	กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าแบบที่ 1 ความหนา 6 มม.	4.99	0.27	6

การปรับปรุงกระจกอาคาร	ประเภทกระจก	ค่า U-Value	ค่า SC	ค่า light transmitance (%)
วิธีที่ 1.1.3	กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าแบบที่ 4 ความหนา 6 มม.	5.79	0.23	20
วิธีที่ 1.1.4	กระจกสะท้อนแสงสีฟ้า – เขียว ความหนา 6 มม.	5.60	0.36	26
วิธีที่ 1.1.5	กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าสว่าง 6 มม.	4.88	0.23	18
วิธีที่ 1.2	กระจกสีชา 12 มม. กระจกสีชา 8 มม. กระจกสะท้อนแสงสีฟ้า 6 มม.	5.50 5.60 4.88	0.48 0.61 0.23	28 43 18
วิธีที่ 1.3	กระจก heat reflect สีฟ้า 12 มม. กระจก heat reflect สีฟ้า 8 มม. กระจกสะท้อนแสงสีฟ้า 6 มม.	5.10 5.20 4.88	0.46 0.54 0.23	45 52 18

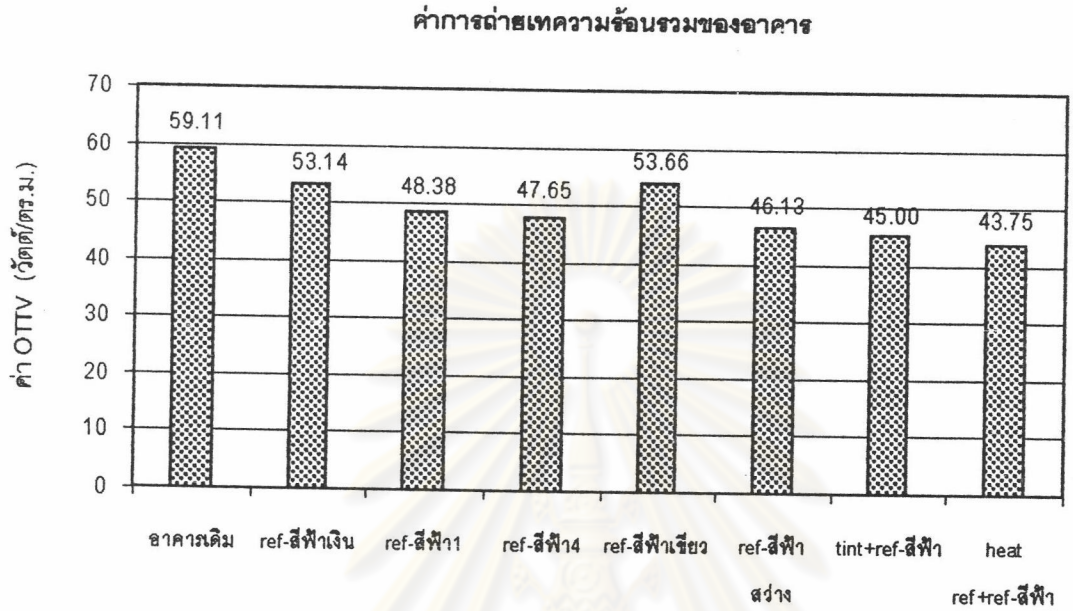
ตาราง 5 – 6 : ผลการใช้พลังงานและการลงทุนจากการปรับปรุงกระจกในแนวทางต่าง ๆ

วิธีการปรับปรุง	ค่า OTTV วัตต์ / ตร.ม	ภาระปรับอากาศสูงสุด		ภาระปรับอากาศรายปีจากเปลือกอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศ		เงินลงทุนครั้งแรก (บาท)	มูลค่าอาคารตะสม		ระยะเวลาคืนทุน
		กิโลวัตต์	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ		20 ปี	IRR	ปี
อาคารเดิม	59.11	4,399.65	-	7,744.95	-	3,270.31	-	-	113,557,570.27	-	-
1.1.1	*53.14*	*4,266.69*	*3.02*	*7048.57*	*8.99*	*3124.98*	*4.44*	*18,158,011.96*	*126,662,524.37*	*-11.54*	*6.3*
1.1.2	48.38	4054.32	7.85	6364.21	17.83	2981.29	8.84	20,703,119.95	124,218,126.85	-9.39	98.0
1.1.3	47.65	4121.52	6.32	6370.62	17.74	2982.11	8.81	16,630,947.16	120,176,519.73	-5.83	55.1
1.1.4	53.66	4216.81	4.16	6960.53	10.13	3106.52	5.01	15,103,882.37	122,967,573.58	-8.29	32.9
1.1.5	***46.13***	***4001.39***	***9.05***	***6155.03***	***20.53***	***2937.32***	***10.18***	*22,739,206.35*	*124,685,173.37*	*-9.80*	*133.2*
1.2	45.00	3964.41	9.89	6022.51	22.24	2909.46	11.03	25,938,926.68	126,958,783.25	-11.80	95.3
1.3	***43.75***	***3935.12***	***10.56***	***5916.69***	***23.61***	***2887.20***	***11.71***	*27,697,554.16*	*127,945,259.31*	*-12.67*	*91.3*

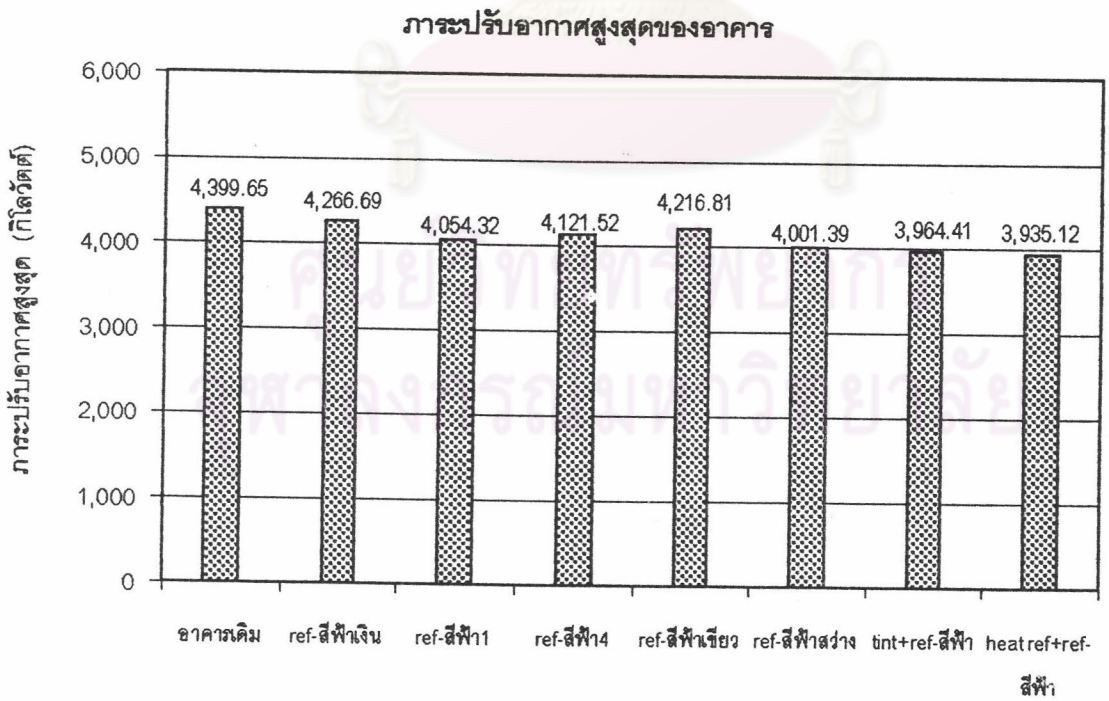
<u>การวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในอาคาร</u>

เมื่อทำการวิเคราะห์ภาระปรับอากาศของอาคาร พบว่า การปรับปรุงผนังกระจกตามวิธีการดังกล่าว สามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุดของอาคารได้ร้อยละ 3.02 – 10.56 และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่เกิดจากการปรับอากาศของอาคารได้ประมาณร้อยละ 4.44 – 11.71 หรือลดภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากตัวแปรด้านเปลือกอาคารได้ถึงร้อยละ 8.99 – 23.61 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารลดลงเหลือ 53.11 – 43.75 วัตต์ / ตร.ม. โดยแนวทางที่ช่วยลดภาระปรับอากาศสูงสุด การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี และค่าการ

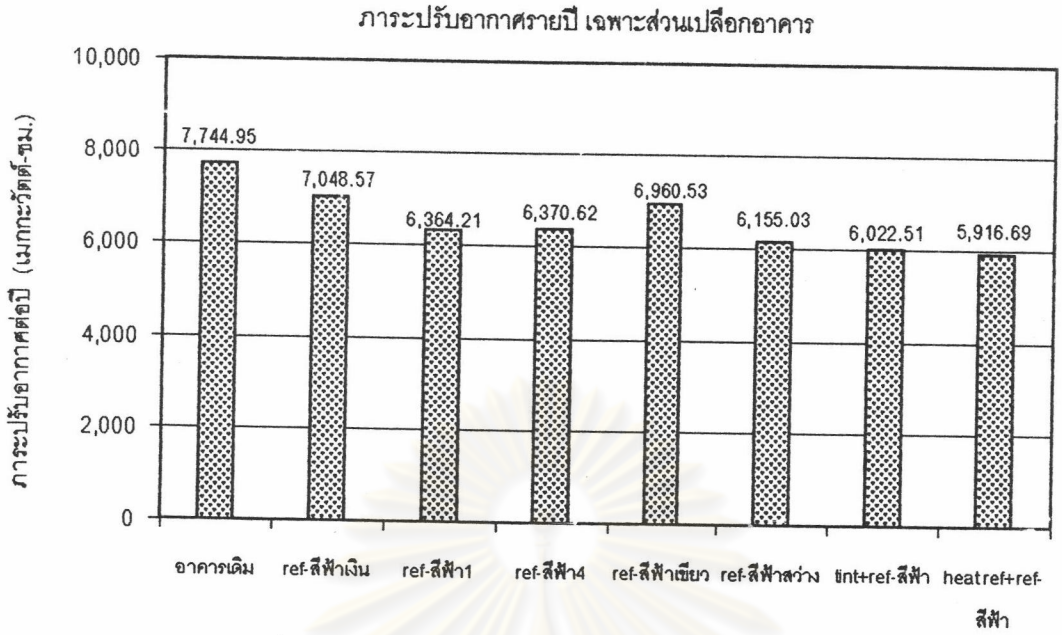
ถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารได้ดีที่สุด ในกรณีที่ปรับปรุงเฉพาะกระจกสะท้อนแสง 6 มม. คือ แนวทางที่ 1.1.5 และในกรณีที่ปรับปรุงกระจกทั้ง 3 ชนิดของอาคาร คือ แนวทางที่ 1.3



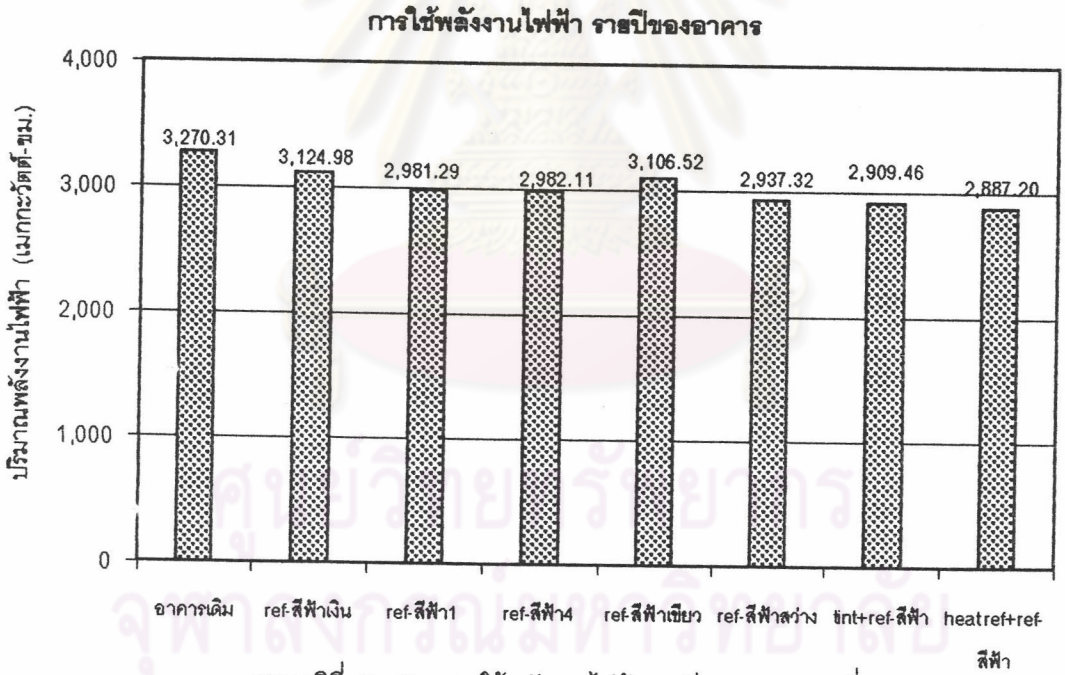
แผนภูมิที่ 5 – 4 : ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารตามแนวทางที่ 1



แผนภูมิที่ 5 – 5 : ภาระปรับอากาศสูงสุดตามแนวทางปรับปรุงที่ 1



แผนภูมิที่ 5 – 6 : ภาระปรับอากาศรายปีเฉพาะส่วนเปลือกอาคารตามแนวทางที่ 1



แผนภูมิที่ 5 – 7 : การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี ตามแนวทางที่ 1

<u>การวิเคราะห์ผลด้านการลงทุน</u>

แนวทางการปรับปรุงที่ให้ผลคุ้มค่าที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ คือ แนวทางที่ 1.1.1 เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่น ๆ เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.3 ปี แต่หากพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารจริง พบว่า การปรับปรุงเปลือกอาคารโดยการเปลี่ยนวัสดุกระจกใหม่ ใช้งบประมาณในการลงทุนสูง คือประมาณ 18 – 27 ล้านบาทและใช้ระยะเวลาในการคืนทุนนานคือ 6 – 130 ปี ซึ่งมากกว่าอายุอาคาร นั่นคือ การลงทุนเพื่อปรับปรุงผนังโปร่งแสงของอาคารเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์นั่นเอง

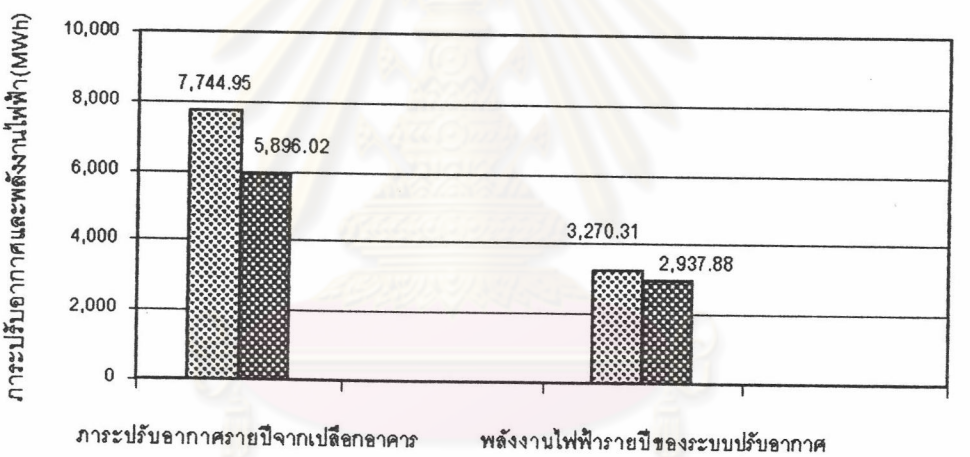
<u>แนวทางที่ 2</u> **การลดพื้นที่กระจก หรือการลดค่า WWR**

โดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วและยิปซั่มบอร์ดขนาด 12 มม. ปิดทับผนังด้านหลัง (back up wall) เพื่อลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร โดยไม่ต้องเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารภายนอกใหม่

ตาราง 5 – 7 : ผลจากการลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงในอาคารในแนวทางที่ 2

วิธีการปรับปรุง	ค่า OTTV วัตต์ / ตร.ม	ภาระปรับอากาศสูงสุด		ภาระปรับอากาศรายปีจากเปลือกอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศ		เงินลงทุนครั้งแรก	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลาคืนทุน
		กิโลวัตต์	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	บาท	20 ปี	IRR	ปี
อาคารเดิม	59.11	4,399.65	-	7,744.95	-	3,270.31	-		113,557,570.27		
วิธีที่ 2	43.47	3,810.15	13.40	5,896.02	23.87	2,937.88	10.17	793,504.29	100,972,462.23	11.08	1.1

เปรียบเทียบภาระปรับอากาศและการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง



แผนภูมิที่ 5 – 8 : เปรียบเทียบภาระปรับอากาศและการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

<u>การวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในอาคาร</u>

เมื่อทำการวิเคราะห์ภาระปรับอากาศของอาคาร พบว่า การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงสามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุดของอาคารได้ร้อยละ 13.40 และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่เกิดจากการปรับอากาศของอาคารได้ประมาณร้อยละ 10.17 หรือลดภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากตัวแปรด้านเปลือกอาคารได้ถึงร้อยละ 23.87 และสามารถค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารลดลงเหลือ 43.47 วัตต์ / ตร.ม.

<u>การวิเคราะห์ผลด้านการลงทุน</u>

เมื่อพิจารณาด้านความคุ้มค่าด้านการลงทุน พบว่า การลดพื้นที่ผนังกระจกด้วยวิธีการดังกล่าวใช้งบประมาณในการลงทุนไม่สูงมาก คือ 739,504.29 บาท และให้ผลตอบแทนเร็ว คือ ใช้ระยะเวลาเพียง 1.1 ปี เท่านั้นในการคืนทุน ดังนั้นการปรับปรุงอาคารดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้มากที่สุด เมื่อพิจารณาในด้านการลงทุน รายละเอียด ดังนี้

แนวทางที่ 3 การลดพื้นที่กระจกควบคู่กับการปรับปรุงส่วนผนังโปร่งแสง

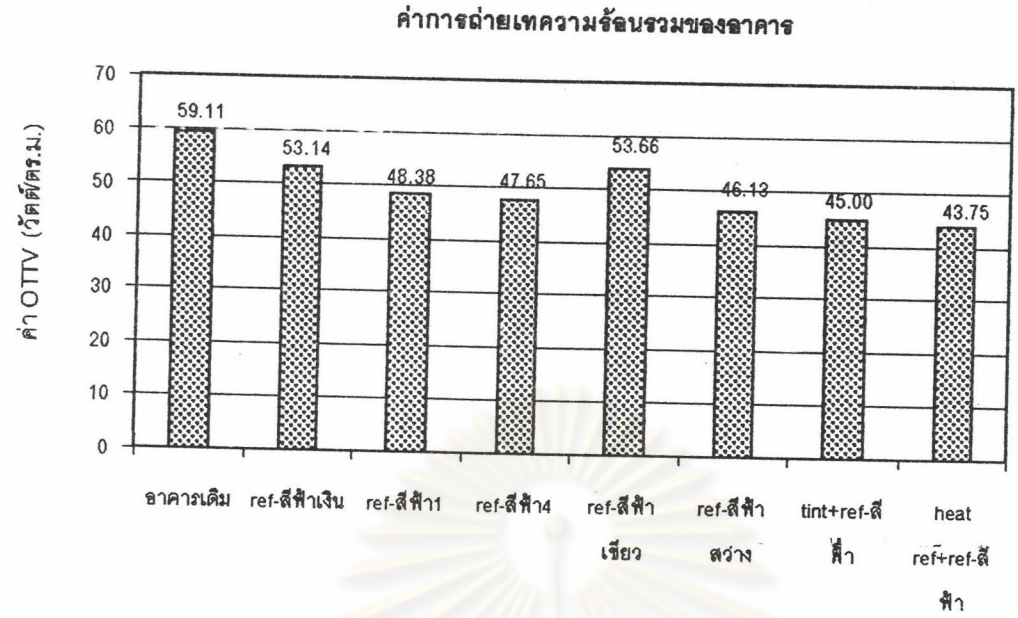
การปรับปรุงกระจกอาคาร	*รายละเอียดการปรับปรุงเปลือกอาคาร*
วิธีที่ 3.1	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.1
วิธีที่ 3.2	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.2
วิธีที่ 3.3	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.3
วิธีที่ 3.4	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.4
วิธีที่ 3.5	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.5
วิธีที่ 3.6	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.2
วิธีที่ 3.7	การลดพื้นที่กระจก และการเปลี่ยนกระจกสะท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.3

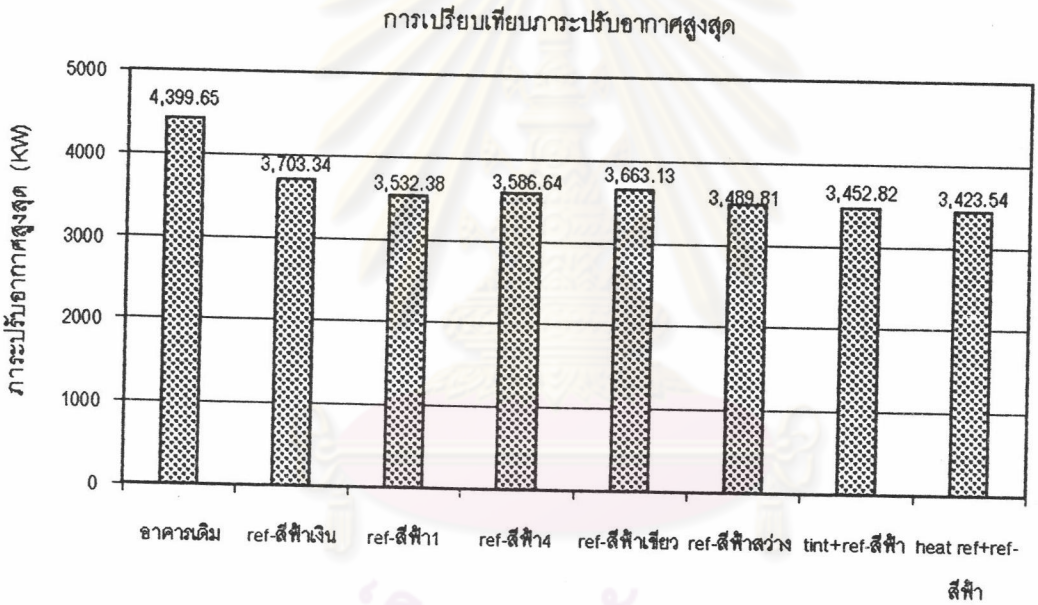
ตาราง 5 – 8 : ผลจากการปรับปรุงผนังโปร่งแสงและการลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงในอาคารในแนวทางต่าง ๆ

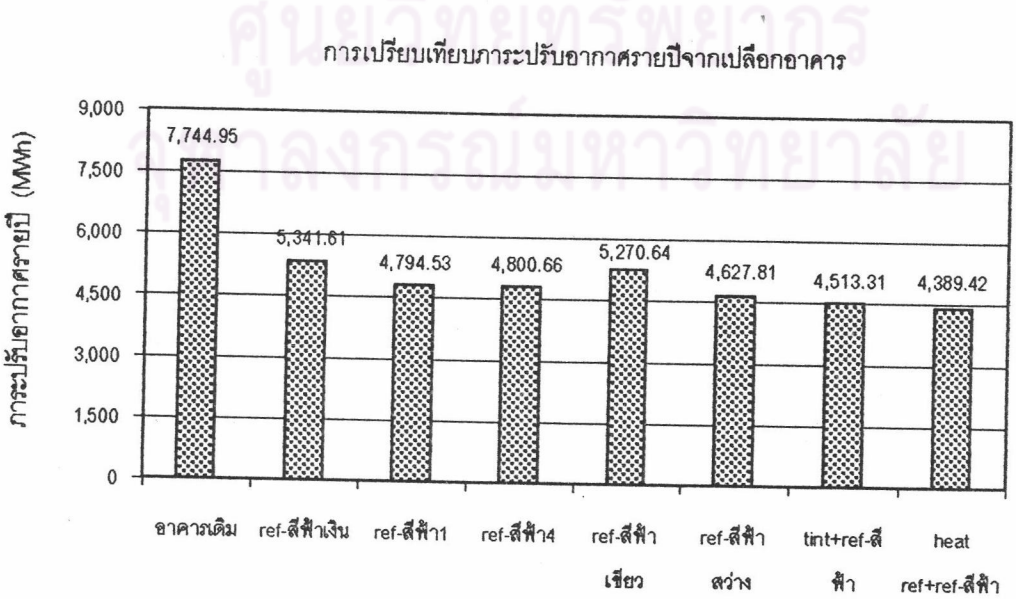
วิธีการปรับปรุง	ค่า OTTV วัตต์ / ตร.ม	ภาระปรับอากาศสูงสุด		ภาระปรับอากาศรายปีจากเปลือกอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศ		เงินลงทุนครั้งแรก	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลาคืนทุน
		กิโลวัตต์	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	(บาท)	20 ปี	IRR	ปี
อาคารเดิม	59.11	4,399.65	-	7,744.95	-	3,270.31	-		113,557,570.27		
3.1	39.22	3,703.34	15.83	5341.61	31.03	2,768.29	15.35	19,947,634,36	116,070,638.05	-2.21	26.1
3.2	35.71	3,532.38	19.71	4794.53	38.09	2,653.54	18.86	22,492,742.35	114,631,281.89	-0.95	22.8
3.3	*35.19*	*3,586.64*	*18.48*	*4800.66*	*38.02*	*2,654.42*	*18.83*	*18,420,569.56*	*110,502,682.66*	*2.61*	*17.2*
3.4	39.58	3,663.13	16.74	5270.64	31.95	2,753.48	15.80	16,893.504.77	112,502,261.22	0.93	19.5
3.5	***34.21***	***3,489.81***	***20.68***	***4627.81***	***40.25***	***2,618.45***	***19.93***	*24,528,828.74*	*115,448,600.71*	*-1.67*	*23.9*
3.6	33.08	3,452.82	21.52	4513.31	41.73	2,590.59	20.78	27,941,521.87	117,893,609.71	-3.82	27.5
3.7	***32.16***	***3,423.54***	***22.19***	***4389.42***	***43.33***	***2,568.35***	***21.46***	*29,700,149.36*	*118,879,976.36*	*-4.69*	*28.9*

การวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในอาคาร

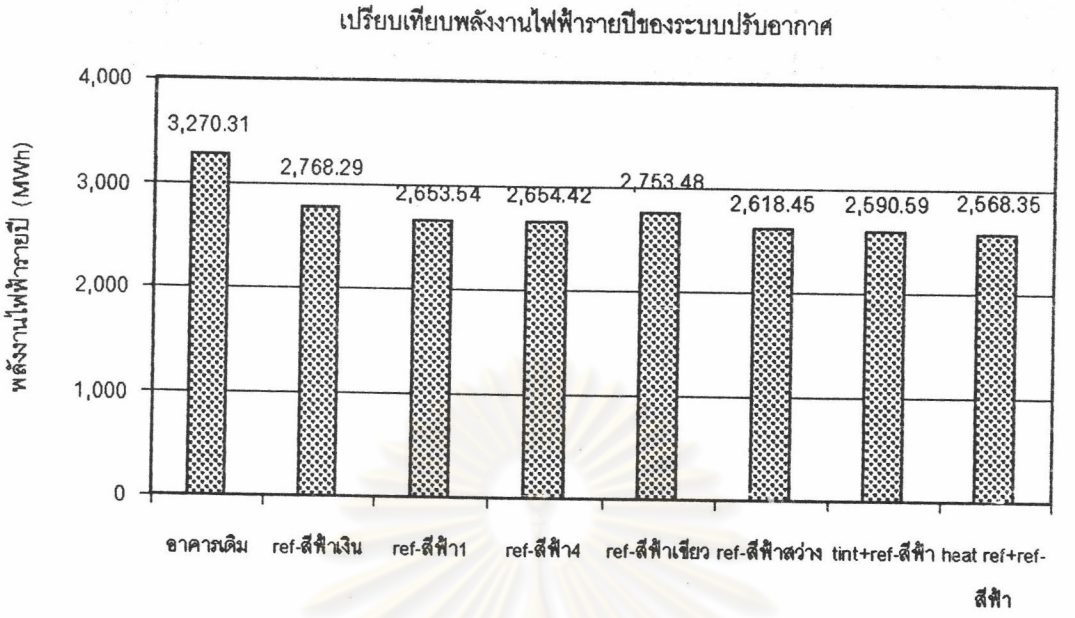
เมื่อทำการวิเคราะห์ภาระปรับอากาศของอาคาร พบว่าการลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงควบคู่กับการปรับปรุงกระจกในแนวทางต่าง ๆ สามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุดของอาคารได้ร้อยละ 15.83 – 22.19 และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่เกิดจากการปรับอากาศของอาคารได้ร้อยละ 15.35 – 21.46 ลดภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากตัวแปรด้านเปลือกอาคารได้ถึงร้อยละ 31.03 – 43.33 และลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารเหลือ 39.22 – 32.16 วัตต์ / ตร.ม. โดยแนวทางที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีปรับปรุงเฉพาะกระจกสะท้อนแสง 6 มม. คือ แนวทางที่ 3.5 และในกรณีปรับปรุงกระจกทั้ง 3 ชนิดของอาคาร คือ แนวทางที่ 3.7







แผนภูมิ 5 – 9 ถึง 5 – 11 : เปรียบเทียบข้อมูลด้านพลังงานก่อนและหลังปรับปรุงเปลือกอาคาร



แผนภูมิที่ 5 – 12 : การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศตามแนวทางที่ 3

<u>การวิเคราะห์ผลด้านการลงทุน</u>

แนวทางการปรับปรุงที่ให้ผลคุ้มค่าที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ คือ แนวทางที่ 3.3 เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่น ๆ เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุดเท่ากับ 17.2 ปี แต่หากพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารจริง พบว่า การปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยวิธีดังกล่าว ใช้งบประมาณในการลงทุนสูงมาก คือ ประมาณ 19 – 29 ล้านบาทและมีระยะเวลาในการคืนทุนนาน คือ 17 – 27 ปี ดังนั้นการลงทุนเพื่อปรับปรุงผนังโปร่งแสงและการลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคารควบคู่กันเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์นั่นเอง

<u>แนวทางที่ 4</u> **การปรับปรุงเปลือกอาคารร่วมกับการนำแสงแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร**

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในให้แสงสว่างภายในอาคาร ควบคู่การปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ โดยพิจารณาค่า Light to solar gain ratio ที่เหมาะสมที่สุด โดยมีวิธีการปรับปรุง คือ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ควบคู่กับการเปลี่ยนกระจกละท้อนแสง 6 มม. ตามแนวทางที่ 1.1.5 เนื่องจากเป็นกระจกที่มีค่า Light to solar gain ratio ที่มากที่สุด นั่นคือ แสงธรรมชาติส่องผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้มากที่สุด ในขณะที่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในพื้นที่ปรับอากาศได้น้อยที่สุดในเวลาเดียวกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคาร ตามแนวทางการปรับปรุงดังกล่าว พบว่า แสงธรรมชาติมีปริมาณมากเพียงพอในการให้แสงสว่างบริเวณติดกับผนังโปร่งแสงของอาคารได้ เป็นระยะประมาณ 3 เมตร เนื่องจากเป็นบริเวณที่ต้องการแสงสว่างเพียง 50 – 100 ลักซ์ รายละเอียดดังนี้

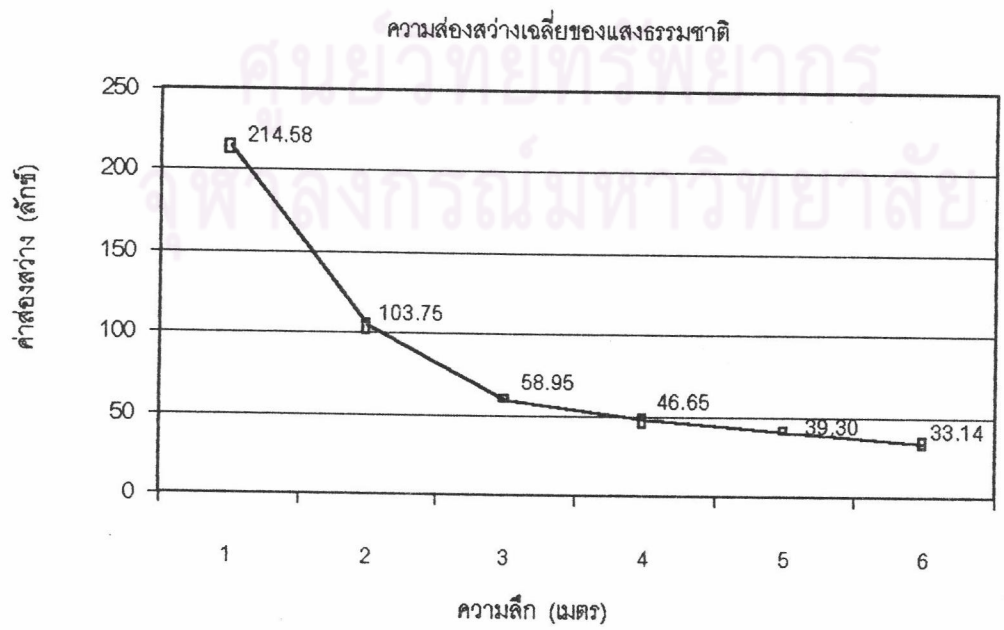
ตารางที่ 5 – 9 : ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารตามแนวทางปรับปรุงที่ 4 ณ วันที่ 21 มิถุนายน

ความลึก	ค่าการส่องสว่าง (เมตร)				
	เหนือ	ใต้	ตะวันออก	ตะวันตก	เฉลี่ย
1	216.90	210.30	215.00	216.10	214.58
2	104.45	102.75	103.65	104.15	103.75
3	59.60	57.70	59.10	59.40	58.95
4	47.20	45.70	46.70	47.00	46.65
5	39.80	38.60	39.30	39.50	39.30
6	33.40	32.55	33.20	33.40	33.14

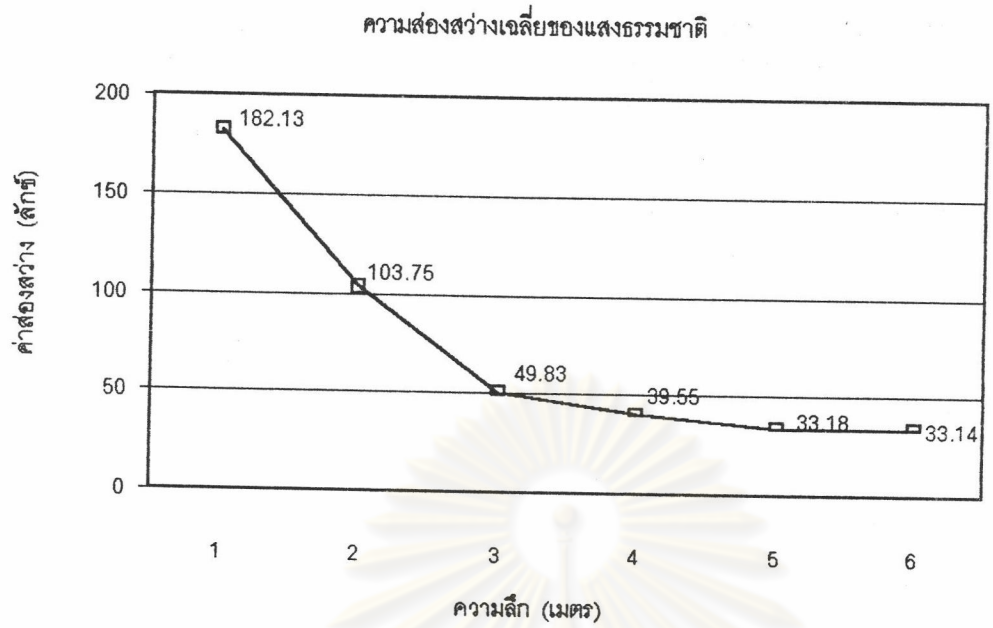
ตารางที่ 5 – 10 : ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารตามแนวทางปรับปรุงที่ 4 ณ วันที่ 21 ธันวาคม

ความลึก	ค่าการส่องสว่าง (เมตร)				
	เหนือ	ใต้	ตะวันออก	ตะวันตก	เฉลี่ย
1	178.90	185.30	181.70	182.60	182.13
2	104.45	102.75	103.65	104.15	103.75
3	49.00	50.60	49.70	50.00	49.83
4	38.90	40.10	39.50	39.70	39.55
5	32.60	33.80	33.10	33.20	33.18
6	33.40	32.55	33.20	33.40	33.14

หมายเหตุ : การหาปริมาณความส่องสว่างภายในอาคาร สามารถทำได้โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ค่าการส่องผ่านของกระจกมีค่าเท่ากับ 18%



แผนภูมิ 5 – 13 : ค่าส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ ณ 21 มิถุนายน



แผนภูมิ 5 – 14 : ค่าส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ ณ 21 ธันวาคม

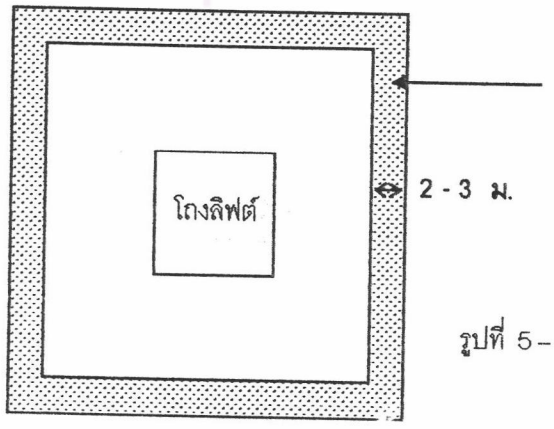
การวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในอาคาร

การปรับปรุงระบบการให้แสงสว่างภายในอาคารโดยการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติควบคู่กับแสงประดิษฐ์ ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 2 แนวทาง คือ

1) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่าง
2) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

1) การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่าง

ในเวลาทำงานตั้งแต่ 8.00 -17.00 น. จะใช้แสงธรรมชาติในการให้แสงสว่างบริเวณที่ติดกับผนังโปร่งแสงของอาคาร (ระยะ 1.5-2.0 เมตรจากเปลือกอาคาร) แทนแสงจากหลอดไฟฟ้าเดิมที่ใช้ 3 * 40 * ฟลูออเรสเซนต์ ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งในระบบแสงสว่างลดลงเท่ากับ 181.06 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปีเท่ากับ 402,496.40 KWh / ปี **คิดเป็นร้อยละ 18.21** และค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารลดลงเหลือ 11.62 วัตต์ / ตร.ม.



รูปที่ 5 – 1 : ตำแหน่งที่ใช้แสงธรรมชาติในการส่องสว่างแทนแสงประดิษฐ์

ตาราง 5 – 11 : รายละเอียดในการปรับปรุงและการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

รายละเอียดของระบบแสงสว่าง	อาคารเดิม	อาคารที่ปรับปรุง
1. ชนิดโคม	3 * 40 * FL	ใช้แสงธรรมชาติ
2. จำนวนโคม	4,760	ลดลงเหลือ 3,426.00
3. กำลังไฟฟ้าติดตั้งรวมของระบบ (กิโลวัตต์)	1031.46	ลดลงเหลือ 850.40
4. ค่ากำลังส่องสว่างของอาคาร (วัตต์ / ตร.ม.)	14.10	11.62
5. *ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (KWh / ปี)*	*2,209,980*	*1,807,484*
6. ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อปี (บาท / ปี)	5,524,950	4,518,710

* จำนวนโคมที่ทำการปรับปรุงเท่ากับ 1,334 โคม (ตั้งแต่ชั้นที่ 8 – 30) และชั่วโมงการทำงานต่อปีเท่ากับ 2,340 ชั่วโมง

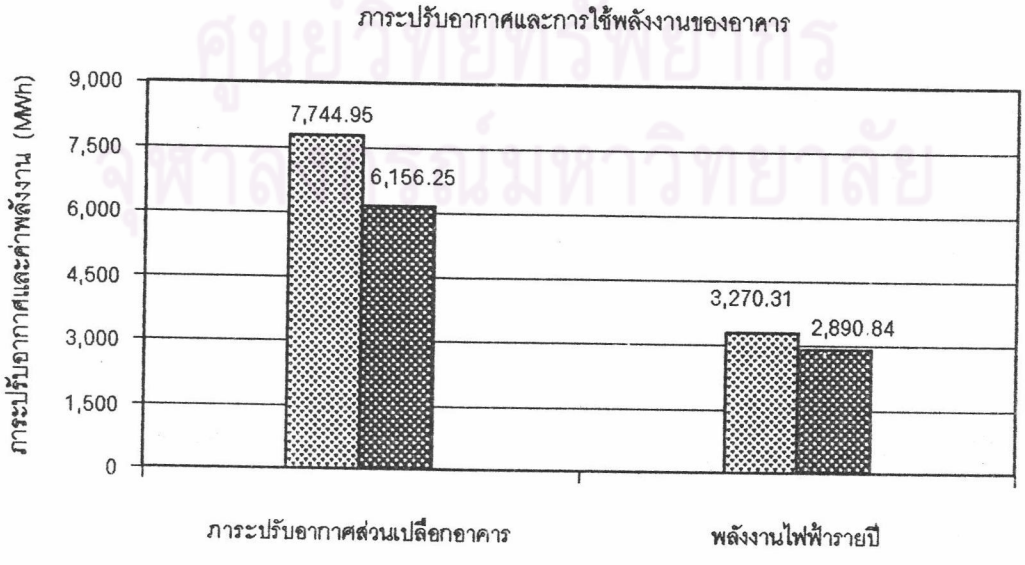
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ (KW) * ชั่วโมงการใช้งาน * diversity factor (0.95)

ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อปี = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี * ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (2.5)

2) การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

ตาราง 5 – 12 : การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศตามแนวทางที่ 4

วิธีการปรับปรุง	ค่า OTTV วัตต์ / ตร.ม	ภาระปรับอากาศสูงสุด		ภาระปรับอากาศรายปีจากเปลือกอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศ		เงินลงทุนครั้งแรก	มูลค่าอาคารสะสม		ระยะเวลาคืนทุน
		กิโลวัตต์	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	บาท	20 ปี	IRR	ปี
อาคารเดิม	59.11	4,399.65	-	7,744.95	-	3,270.31	-		113,557,570.27		
วิธีที่ 4	46.13	3944.94	10.37	6156.25	20.51	2890.84	11.60	24,338,119.79	124,712,683.39	-9.82	62.0



แผนภูมิที่ 5 – 15 : ภาระปรับอากาศและการใช้พลังงานไฟฟ้าตามแนวทางที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อทำการวิเคราะห์ภาระปรับอากาศของอาคาร พบว่า เมื่อนำแสงธรรมชาติมาช่วยในการให้แสงสว่างแทนแสงประดิษฐ์ ทำให้ความร้อนหรือภาระปรับอากาศจากระบบแสงสว่างของอาคารลดลง 222.38 MWh / ปี หรือร้อยละ 9.43 สามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุดของอาคารได้ร้อยละ 10.37 ลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่เกิดจากการปรับอากาศของอาคารได้ประมาณร้อยละ 11.60 ลดภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากตัวแปรด้านเปลือกอาคารได้ร้อยละ 20.51 และลดการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารเหลือ 46.13 วัตต์ / ตร.ม.

นั่นคือ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติร่วมกับการปรับปรุงเปลือกอาคารดังกล่าว สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการให้แสงสว่างและการปรับอากาศได้ร้อยละ *18.21 และ 11.60* ตามลำดับ

<u>การวิเคราะห์ผลด้านการลงทุน</u>

แนวทางการปรับปรุงดังกล่าวใช้งบประมาณในการลงทุนสูงคือประมาณ 24 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุนนานถึง 62 ปี ดังนั้นหากพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารจริง พบว่า การปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยวิธีดังกล่าว เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์นั่นเอง

สรุปผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคารเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ จากการปรับปรุงเปลือกอาคารในแนวทางต่าง ๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) วิธีการปรับปรุงเปลือกอาคาร***เพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองได้มากที่สุด*** ได้แก่ การปรับปรุงเปลือกอาคารตามแนวทางที่ 3.7 ได้แก่ การเปลี่ยนกระจกให้มีคุณสมบัติในป้องกันการนำความร้อนเข้าสู่อาคารที่ดีขึ้น และการลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุด ภาระปรับอากาศเฉพาะที่เกิดจากส่วนเปลือกอาคาร และการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของอาคารได้ร้อยละ 22.19, 43.33 และ 21.46 ตามลำดับ ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารลดลงเหลือ 32.16 วัตต์ / ตร.ม.
2) วิธีการปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีความเป็นไปได้ และมีความ***คุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด*** ได้แก่ แนวทางการปรับปรุงที่ 2 คือ การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสง โดยการปิดทับด้วยฉนวนกันความร้อนหนา 2 นิ้ว และยิปซั่มบอร์ด หนา 9 มม. เนื่องจากลงทุนต่ำและให้ผลตอบแทนเร็ว คือ มีระยะเวลาคืนทุนเพียง 1.1 ปีเท่านั้น

5.5 การพิจารณาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงเปลือกอาคาร

*วัตถุประสงค์หลัก*ของการศึกษาเรื่องการปรับปรุงเปลือกอาคาร กรณีศึกษา : อาคารธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) คือ การลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองภายในอาคาร โดยพิจารณาให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม และมีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านการลงทุนควบคู่กัน ดังนั้นเมื่อพิจารณาแนวทางในการปรับปรุงเปลือกอาคารที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ดังกล่าว พบว่าแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงเปลือกอาคาร ได้แก่ **การปรับลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร (ลด WWR)** เนื่องจากเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานได้ดีระดับหนึ่ง ที่สำคัญคือ มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงกับอาคารจริง เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับวิธีการปรับปรุงเปลือกอาคารในแนวทางอื่น ๆ คือ 793,504.29 บาท และให้ผลตอบแทนเร็ว คือ มีระยะเวลาคุ้มทุนเพียง 1.1 ปีเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6 ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษา พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนมากของอาคารขนาดใหญ่ (ประเภทอาคารสำนักงาน) เกิดขึ้นจากระบบปรับอากาศมากกว่าร้อยละ 50 ของการใช้พลังงานรวมของอาคาร และตัวแปรสำคัญที่ทำให้ภาระปรับอากาศ ตลอดจนการใช้พลังงานในอาคารมีค่าสูง ได้แก่ ***ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือก โดยเฉพาะผนังโปร่งแสงของอาคาร*** ทั้งที่เกิดจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน คิดเป็นร้อยละ 33.75 ของภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ

ดังนั้นในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ (อาคารสำนักงาน) ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานในอาคาร จึงควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร เข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศ อันส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองภายในอาคาร ปัจจัยดังกล่าวสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) <u>การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร</u>

ได้แก่ การพิจารณาเลือกใช้วัสดุผนังทึบ และวัสดุผนังโปร่งแสงของอาคารที่มีประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนความร้อน เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่สถาปนิกผู้ออกแบบควรคำนึงถึง เนื่องจากเปลือกอาคารเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดภาระปรับอากาศและการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร คิดเป็นร้อยละ 54.11 ของภาระปรับอากาศรวมของอาคาร การเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดภาระปรับอากาศ และการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของอาคารได้มากถึงร้อยละ 23.67

สำหรับอาคารปัจจุบันที่เปิดดำเนินการแล้ว การปรับปรุงอาคาร โดยการเปลี่ยนวัสดุเปลือกที่เป็นผนังโปร่งแสง มีความเป็นได้น้อยเนื่องจากงบประมาณในการลงทุนที่ค่อนข้างสูง ระยะเวลาคืนทุนมากเกินกว่าอายุอาคาร ความสะดวกและระยะเวลาในการประกอบ – ติดตั้ง ดังนั้นสถาปนิกควรออกแบบเปลือกอาคารโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบอาคาร เพราะเมื่ออาคารนั้น ๆ สร้างเสร็จและเปิดดำเนินการแล้ว การปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จะไม่สามารถทำได้อย่างเต็มที่เนื่องจากข้อจำกัดเชิงเศรษฐศาสตร์

ตัวแปรหลักที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุเปลือกอาคาร ได้แก่ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของวัสดุ ซึ่งความเป็นฉนวนกันความร้อนจะแปรผกผันกับค่าดังกล่าว

2) <u>สัดส่วนผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดของอาคาร</u>

คือ การออกแบบเปลือกอาคารที่มีสัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทึบที่เหมาะสม กล่าวคือ พื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคารไม่มากจนทำให้ความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ในปริมาณมาก และไม่น้อยจนทำให้แสงธรรมชาติไม่สามารถส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ อีกทั้งไม่บดบังทัศนียภาพภายนอกอาคารจนทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานและผู้ใช้อาคารหมดไป

3) <u>การกำหนดค่าอุณหภูมิควบคุมภายในพื้นที่ปรับอากาศ</u>

มาตรฐานภาวะน่าสบายกำหนดอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 24 องศาเซลเซียส ดังนั้นสำหรับพื้นที่ปรับอากาศทั่วไปควรกำหนดค่าอุณหภูมิควบคุมไว้ที่ 24 องศาเซลเซียส ซึ่งสำหรับอาคารกรณีศึกษาอุณหภูมิควบคุมเฉลี่ย 22 องศาเซลเซียส สามารถปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานอาคารโดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

4) การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในการส่องสว่าง

การออกแบบและการปรับปรุงเปลือกอาคาร ที่สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการให้แสงสว่างภายในอาคารแทนแสงประดิษฐ์ได้ จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศ โดยลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการส่องสว่าง และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างได้โดยตรง จากการใช้แสงธรรมชาติแทนแสงประดิษฐ์ในการส่องสว่าง ตัวแปรหลักที่ควรพิจารณา ได้แก่ การพิจารณาค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติของวัสดุ (LT) โดยปริมาณแสงธรรมชาติจะแปรผันตรงกับค่าการส่องผ่าน

5) การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่าง

คือ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้แสงสว่างที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า แต่สามารถให้แสงสว่างในปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่าได้ และการเลือกชนิดและวัสดุโคมที่สามารถสะท้อนแสงได้ดี อุปกรณ์ดังกล่าว เช่น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ อะลูมิเนียมที่เป็นตัวสะท้อนแสงที่ดี เป็นต้น

6) การกำหนดทิศทางของอาคารที่เหมาะสม

คือ การวางแนวทางอาคารให้เหมาะสมกับทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยวางอาคารขนานตามแนวตะวันออก – ตะวันตก เพื่อลดพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับรังสีอาทิตย์ ทำให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารลดลง

7) การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (coefficient of performance; COP)

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (COP) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนพลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็น ต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็นนั้น ดังนั้นหากสามารถปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวให้มีค่าสูงขึ้นได้ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับอากาศให้กับอาคารจะมีลดลงนั่นเอง

เมื่อทำการจำลองสภาพอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (DOE - 2) *ที่ผนวกปัจจัยหลักที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในอาคาร* สามารถเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร ภาระปรับอากาศสูงสุด ภาระปรับอากาศเฉพาะที่เกิดจากเปลือกอาคาร การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากระบบอากาศ และการให้แสงสว่างที่ลดลงจากอาคารเดิมได้ มีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 5 - 13 : รายละเอียดการปรับปรุงอาคารที่คำนึงถึงตัวแปรหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

วิธีการปรับปรุง	รายละเอียดในการปรับปรุง
1) การเลือกใช้วัสดุผนังโปร่งแสง	
ความหนา 6 มม.	เลือกใช้กระจกสะท้อนแสงสีฟ้าสว่าง หนา 6 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด ค่าการส่องผ่านของแสง และค่า light to solar gain ratio เท่ากับ 4.88 วัตต์ / ตร.ม., 0.23, 18 และ 78.26 ตามลำดับ
ความหนา 8 มม.	เลือกใช้กระจกสีชา หนา 8 มม. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด และค่าการส่องผ่านของแสงเท่ากับ 5.60 วัตต์ / ตร.ม., 0.61 และ 43 ตามลำดับ
ความหนา 12 มม	เลือกใช้กระจกสีชา หนา 12 มม. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด และค่าการส่องผ่านของแสงเท่ากับ 5.50 วัตต์ / ตร.ม., 0.48 และ 28 ตามลำดับ

วิธีการปรับปรุง	รายละเอียดในการปรับปรุง
2) การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสง	การติดตั้งฉนวนกันความร้อนความหนาแน่น 24 กก / ลบ. หนา 50 มม. ปิดทับด้วยยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. วัสดุผนังโปร่งแสงภายนอกคงเดิม
3) การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่าง	การใช้อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และหลอด super TLD ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า แต่ให้แสงสว่างได้ในปริมาณเท่ากัน แทนอุปกรณ์เดิม
4) การปรับปรุงค่าอุณหภูมิควบคุม	ปรับอุณหภูมิควบคุมภายในเป็น 24 องศาเซลเซียส
5) การใช้แสงธรรมชาติในการส่องสว่าง	ทดแทนการใช้แสงประดิษฐ์ เฉพาะส่วนที่ติดกับผนังโปร่งแสงของอาคารที่เป็นทางเดินและชั้นวางเอกสาร ต้องการค่าส่องสว่างเพียง 50- 100 ลักซ์

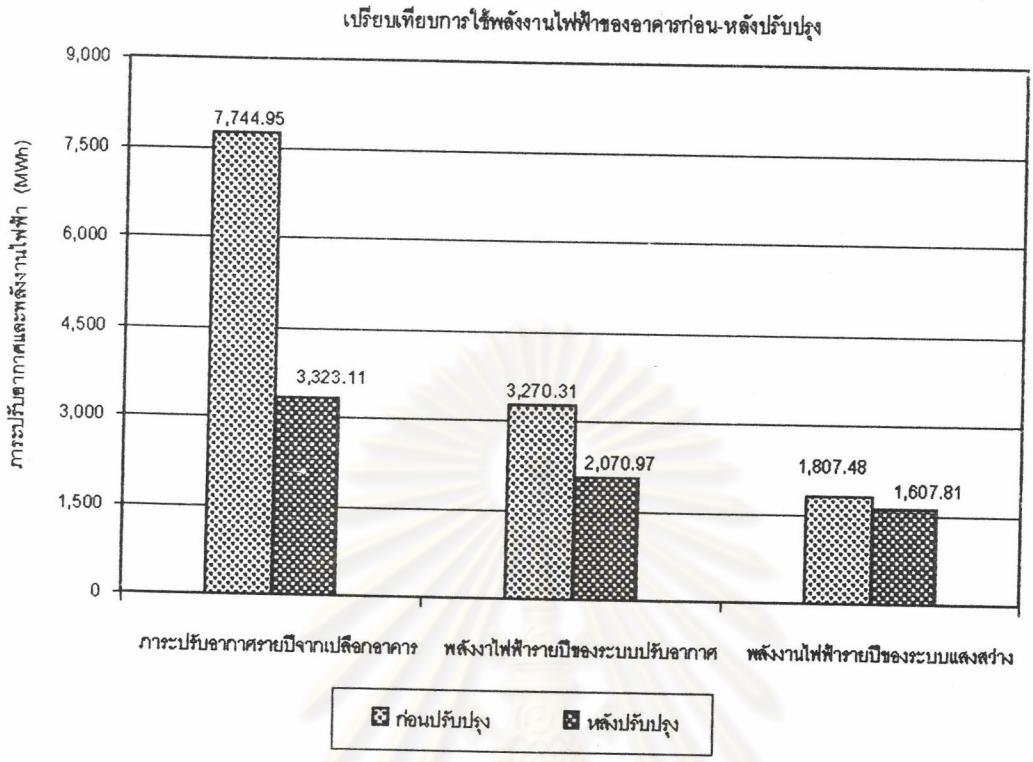
หมายเหตุ :
1) ยกเว้นการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถภาพของเครื่องทำน้ำเย็น เนื่องจากเป็นระบบอุปกรณ์อาคารที่มิได้เกี่ยวข้องกับสถาปนิกในการออกแบบอาคารโดยตรง
2) รายละเอียดการปรับปรุงอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่าง ดูในภาคผนวก
3) กำลังไฟฟ้าติดตั้งใหม่ของอาคารเมื่อทำการปรับปรุงอาคาร โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 867,332 วัตต์
4) กำลังไฟฟ้าติดตั้งใหม่ของอาคารเมื่อทำการปรับปรุง โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพควบคู่กับการใช้แสงธรรมชาติในการส่องว่าง มีค่าเท่ากับ 723,260 วัตต์

จากการประเมินการใช้พลังงานภายในอาคารพบว่า การออกแบบอาคารที่คำนึงการประหยัดพลังงานในอาคาร กรณีศึกษาอาคารธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) พบว่า ภาระปรับอากาศสูงสุด ภาระปรับอากาศที่เกิดจากเปลือกอาคาร การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากระบบอากาศ และการให้แสงสว่าง *ลดลงร้อยละ 31.34, 57.09, 36.67 และ 11.05* ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารเดิม ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร และค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อพื้นที่ (วัตต์ / ตร.ม.) ลดลงเหลือ 33.08 และ 10.25 วัตต์ / ตร.ม. ตามลำดับ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

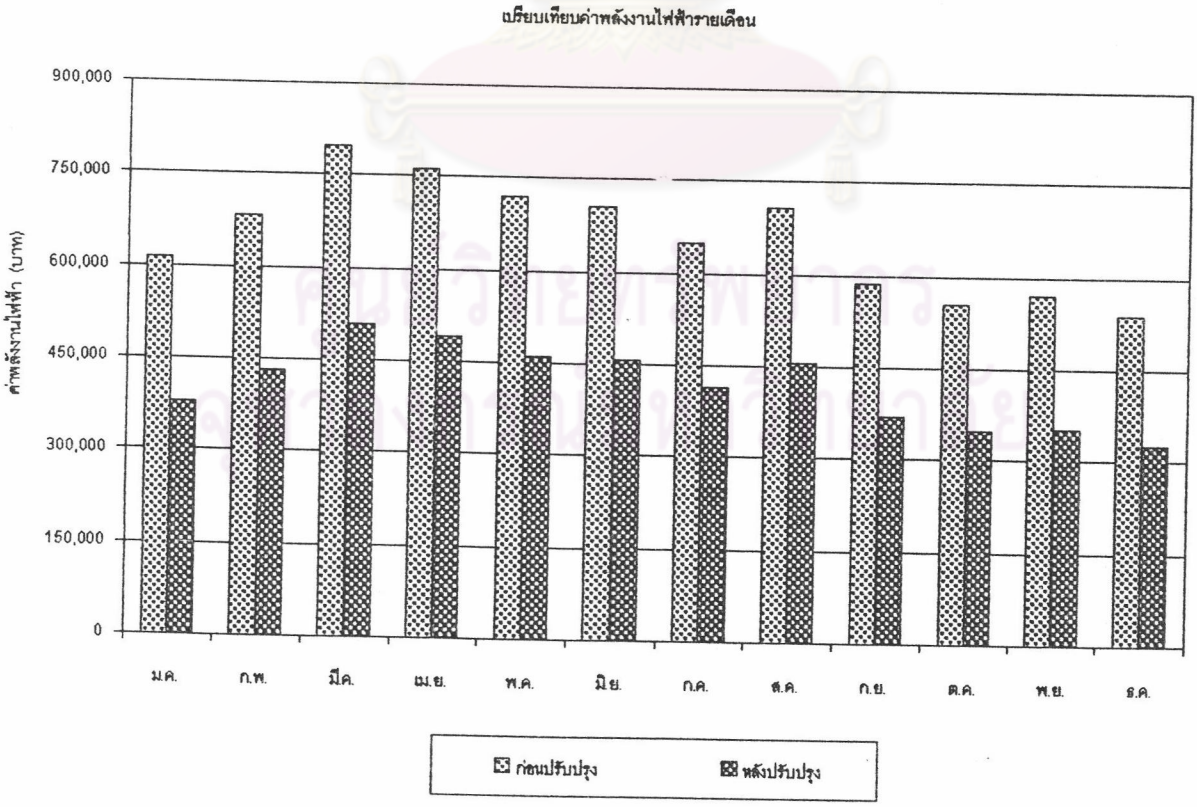
ตาราง 5 – 14 : เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

วิธีการปรับปรุง	ค่า OTTV วัตต์ / ตร.ม	ภาระปรับอากาศสูงสุด		ภาระปรับอากาศรายปีจากเปลือกอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศ	
		กิโลวัตต์	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ	MWh-ชม.	ร้อยละ
ก่อนปรับปรุง	59.11	4,399.65	-	7,744.95	-	3,270.31	-
หลังปรับปรุง	33.08	3,020.74	31.34	3,223.11	57.09	2,070.97	36.67

ดังนั้น *การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบ* จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองในอาคารที่เกิดจากเปลือกอาคารได้มากกว่าอาคารทั่วไปได้มากถึงร้อยละ 36.67 และมากกว่าการปรับปรุงอาคารภายหลังจากที่อาคารนั้นเปิดดำเนินการแล้ว ร้อยละ 10.17 ของการใช้พลังงานรายปีของอาคาร



แผนภูมิ 5 – 16 : เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารก่อน - หลังการปรับปรุงอาคาร



แผนภูมิ 5 – 17 : เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของอาคารก่อน - หลังการปรับปรุงอาคาร