



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงาน
(ในกรณีปรับปรุงอาคารเดิม)

กรณีศึกษา

อาคารอนุรักษ์พลังงานติดฉลากระดับดีเด่น

คำนำ

โครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยการติดฉลาก ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) เป็นหนึ่งในมาตรการ ส่งเสริมที่กระตุ้นให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน โดยสมัครใจ ในอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ และบ้านที่อยู่อาศัยอย่างได้ผล โดยเฉพาะอาคารขนาดใหญ่ที่มุ่งเน้นในเรื่องความรับผิดชอบต่อสังคม (CSR : Corporate Social Responsibility) จะสนใจเข้าร่วมโครงการทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่าที่ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

อาคารธุรกิจและบ้านที่ได้รับฉลากจาก พพ. จะมีผลการประหยัดพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายโดยเฉลี่ย 16% และ 40% ตามลำดับ ซึ่งนับว่าสูงมาก หากอาคารธุรกิจและบ้านที่จะก่อสร้างใหม่มีการออกแบบผ่านเกณฑ์ฉลากเพียง 30% เท่านั้นก็จะเกิดผลประหยัดถึง 330 ล้านบาท/ต่อปี

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) ได้รวบรวมกรณีศึกษาในกรณีปรับปรุงอาคารเดิมให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานที่ได้รับฉลากระดับดีเด่นมาไว้ เพื่อเผยแพร่เป็นองค์ความรู้ให้กับอาคารธุรกิจอื่นๆ ได้ใช้เป็นตัวอย่างในการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงหรือก่อสร้างใหม่ต่อไป ทั้งนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ใคร์ขอขอบคุณอาคารแจ้งวัฒนะ ธนาคารกสิกรไทย สำนักงานใหญ่สาขาที่ 3, อาคาร 5 บริษัทค้าสากลซิเมนต์ไทย จำกัด และ ผศ.ดร.อรรัตน์ เศรษฐบุตร ที่ได้สนับสนุนข้อมูลรวมทั้ง คุณประมวล จันทร์พงษ์ ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำเอกสารกรณีศึกษาฉบับนี้

ศิรินทร วงษ์เสาวสุภ

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ขอบเขตการดำเนินงาน	2
4. หลักการพิจารณาก่อนการปรับปรุงอาคาร	2
5. การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาที่ 1	9
6. การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาที่ 2	17
7. ผลประโยชน์ที่ได้รับ	20
ภาคผนวก	ก.-1
ประมวลศัพท์	ข.-1
เอกสารอ้างอิง	ค.-1

บทคัดย่อ

จากการประเมินผลโครงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยการติดฉลาก พบว่าอาคารที่ผ่านเกณฑ์ ได้รับฉลากระดับดี (ฉลากทองแดง) จะสามารถประหยัดพลังงานได้โดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละสิบ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานตามกฎหมาย อีกทั้งเป็นการประกันคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมขั้นต่ำหรือเป็นสถาปัตยกรรมอาคารเขียว ดังนั้นการออกแบบหรือปรับปรุงอาคารใดๆ เพื่อให้ได้รับฉลากจึงเป็นเรื่องที่ต้องเตรียมการและมีการวางแผนดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยประหยัดทั้งเงินและเวลา ยิ่งเป็นอาคารที่ได้รับฉลากระดับดีเด่น (ฉลากทอง) ด้วยแล้ว ยิ่งต้องใช้ความพยายามสูง เนื่องจากมาตรฐานค่อนข้างสูงมาก ฉลากระดับดีเด่นจะมีการประหยัดพลังงานโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานตามกฎหมาย ดังนั้นเจ้าของอาคารที่ได้รับฉลากจะต้องเป็นผู้ที่มุ่งมั่นที่จะดำเนินการอย่างแท้จริง

สศอ. ได้รวบรวมจุดเด่นของอาคารสำนักงาน 2 แห่งที่ได้รับฉลากระดับดีเด่นของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ในปี พ.ศ. 2552 ได้แก่ อาคาร 5 บริษัทค้าสากลซิเมนต์ไทย จำกัด และอาคารแจ้งวัฒนะ สำนักงานใหญ่ บมจ.ธนาคารกสิกรไทย จำกัด แห่งที่ 3 เพื่อให้ผู้สนใจรับทราบข้อมูลและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ หากประสงค์จะปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในอาคาร การปรับปรุงหลักๆ ที่อาคารทั้ง 2 แห่งได้ดำเนินการ โดยมีเป้าหมายฉลากอาคารระดับดีเด่นมีมาตรการที่ต้องปฏิบัติ ดังนี้

1) การลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร

1.1 การลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา(Roof Thermal Transfer Value : RTTV) เพื่อให้ค่า RTTV ต่ำกว่า 10 W/m^2

1.2 การลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร(Overall Thermal Transfer Value : OTTV) เพื่อให้ค่า OTTV ต่ำกว่า 20 W/m^2

2) การใช้ระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูง มีการแยกเป็นการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเป็นโซนย่อยตามทิศกับโซนภายในซึ่งสามารถใช้สัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable Speed Drive : VSD) ให้ลดความเร็วรอบของพัดลม และการติดตั้ง VSD ที่เครื่องปั๊มส่งน้ำเย็น เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำเย็น เป็นต้น

3) การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพ โดยการใช้แสงธรรมชาติ อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงและระบบควบคุมอัตโนมัติโดยมีเป้าหมายให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดต่ำกว่า 9.5 W/m^2

4) มีระบบบำบัดน้ำเสีย แล้วนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ หรือการกักเก็บน้ำฝนมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการใช้น้ำ

5) การพิจารณาเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพิ่มเติม ตัวอย่างเช่น

5.1 การใช้ประตู 2 ชั้นเพื่อลดการรั่วซึมของอากาศ

5.2 การปรับเปลี่ยนสำนักงานให้เป็นระบบ Mobile office

5.3 การใช้ระบบอัตโนมัติบริหารจัดการในการจอดรถ (Parking management)

5.4 การใช้เทคนิคก่อสร้างแบบหล่อสำเร็จ

6) การควบคุมคุณภาพอากาศ

6.1 การเติมอากาศภายนอกโดยใช้ระบบ CO₂ Sensor เพื่อตรวจสอบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ให้สูงเกินมาตรฐาน

6.2 ช่องนำอากาศเข้าอาคารไม่อยู่ในตำแหน่งที่มีมลพิษและแหล่งความร้อน

ดังนั้นหากเจ้าของอาคารเก่าที่มีความประสงค์จะปรับปรุงอาคารควรกำหนดค่าเป้าหมายก่อนว่าจะปรับปรุงในระดับใด เพื่อให้เหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า ภายได้ข้อจำกัดที่มี โดยอาจนำข้อมูลมาเทียบเคียงกับกรณีศึกษาทั้งสอง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่ลืมที่จะประเมินความคุ้มค่าในการปรับปรุงด้วย

1. บทนำ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ทำการศึกษาและจัดทำแบบประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อม โดยการประมวลองค์ความรู้ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศทั่วโลก แล้วจัดสัมมนาระดมความคิดเห็นจากนักวิชาการทั้งด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม ผู้เชี่ยวชาญจากองค์กรวิชาชีพ, สถาบันการศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งแบบประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือเรียกว่าแบบประเมินอาคารติดฉลากนี้ พพ. ได้จัดทำขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศไทย เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เจ้าของอาคาร ครอบครัวยุคใหม่และทรานส์เจนเนอเรชันและประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

พพ. ได้เริ่มดำเนินงานโครงการติดฉลากอาคารตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ต่อเนื่องมาถึงปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันมีอาคารที่ได้รับฉลากไปแล้วทั้งสิ้น 142 อาคาร เป็นอาคารประเภทที่อยู่อาศัย 133 หน่วย เป็นอาคารที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย 9 หน่วย อาคารที่เข้าร่วมโครงการมีทั้งอาคารใหม่ที่อยู่ในระหว่างออกแบบก่อสร้าง และอาคารเก่าที่ต้องการปรับปรุง ซึ่งโครงการฯ จะให้คำแนะนำกับเจ้าของอาคาร ในการปรับปรุงแบบและปรับปรุงการก่อสร้างอาคารเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น จนสามารถผ่านเกณฑ์การประเมินเพื่อให้ได้รับฉลาก

การออกแบบก่อสร้างอาคารให้มีประสิทธิภาพพลังงานตั้งแต่ต้นจะง่ายและสิ้นเปลืองงบประมาณน้อยกว่าการปรับปรุงอาคารเดิมมาก จากการประเมินโดยสอบถามผู้ประกอบการธุรกิจบ้านจัดสรร ธุรกิจรับสร้างบ้านและการสำรวจราคาวัสดุอุปกรณ์ พบว่าการสร้างบ้านหรืออาคารประหยัดพลังงานจะมีต้นทุนเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่างร้อยละ 3 - 10 ของราคาก่อสร้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ แต่การปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพพลังงานค่าใช้จ่ายอาจเพิ่มเป็น 2 เท่า ของการก่อสร้างใหม่หรือบางส่วนก็ไม่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ ดังนั้นเจ้าของอาคารที่ดำเนินการปรับปรุงอาคารเก่าจนสามารถผ่านเกณฑ์ประเมินได้รับฉลากระดับดีเด่น จึงเป็นผู้ที่สมควรได้รับการยกย่องว่ามีความตั้งใจจริงในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน เพราะนอกจากจะต้องลงทุนเพิ่มเติมแล้ว ก็จะไม่มีความไม่สะดวกต่อการใช้สถานที่ในระหว่างปรับปรุงด้วย

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) ได้รวบรวมเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงานซึ่งได้จากกรณีศึกษาอาคารสำนักงานเก่า 2 แห่ง ที่ประสบผลสำเร็จในการปรับปรุงอาคารจนได้รับฉลากอาคารระดับดีเด่นไว้เป็นต้นแบบ เพื่อให้อาคารสำนักงานอื่นๆ ที่มีความประสงค์จะดำเนินการปรับปรุงได้ใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับอาคารเก่าหรืออาคารที่อยู่ระหว่างการใช้งานหากประสงค์จะปรับปรุงอาคารเพื่อให้ได้รับฉลากอาคารประหยัดพลังงาน

3. ขอบเขตการดำเนินงาน

เทคโนโลยีที่นำมารวบรวมไว้ในเล่ม จะเป็นเทคโนโลยีเฉพาะที่ดำเนินการแล้วในการปรับปรุงอาคารสำนักงาน 2 แห่ง ที่ได้รับฉลากอาคารระดับดีเด่นของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในปี พ.ศ. 2552 ได้แก่

3.1) อาคาร 5 บริษัทค้าปลีกซีเมนต์ไทย จำกัด เขตบางซื่อ กทม.

3.2) อาคารแจ้งวัฒนะ สำนักงานใหญ่ บมจ. ธนาคารกสิกรไทย แห่งที่ 3 อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี

4. หลักการพิจารณาก่อนการปรับปรุงอาคาร

หากเจ้าของอาคารเก่าคิดว่าต้องเสียค่าใช้จ่ายค่าพลังงานต่อเดือนสูงและมีความคิดจะลดค่าใช้จ่ายโดยการปรับปรุงอาคาร แต่ไม่มั่นใจว่าจะมีความคุ้มค่าหรือไม่ หรืออยากทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร ควรตรวจสอบอาคารตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 สํารวจข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารที่จะปรับปรุงใน 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่

4.1.1 ระบบปรับอากาศ

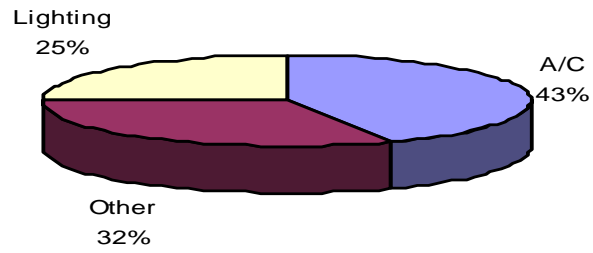
4.1.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

4.1.3 อุปกรณ์อื่นๆ

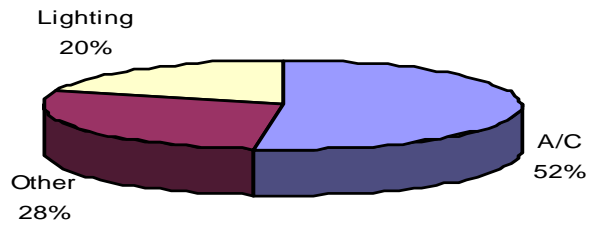
หากสามารถหาข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือนได้ก็จะแม่นยำขึ้น จะทำให้ทราบสัดส่วนการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยทั้งปี และทราบดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี

4.2 หากอ้างอิงจากอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกันเพื่อตรวจสอบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานและค่าดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่จะประเมินต่อปี แตกต่างจากอาคารอ้างอิงมากน้อยเท่าใด และการใช้พลังงานในระบบใดน่าจะมีประสิทธิภาพต่ำที่ควรปรับปรุง จากข้อมูลผลการศึกษาของ พพ. ในโครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารมีดังนี้

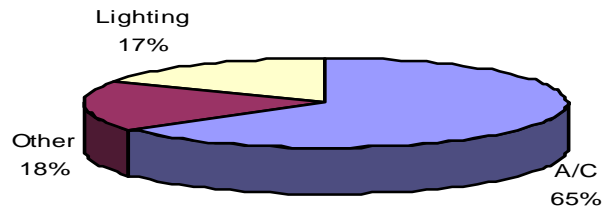
สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่างและอุปกรณ์อื่นๆ
อาคารประเภทศูนย์การค้า



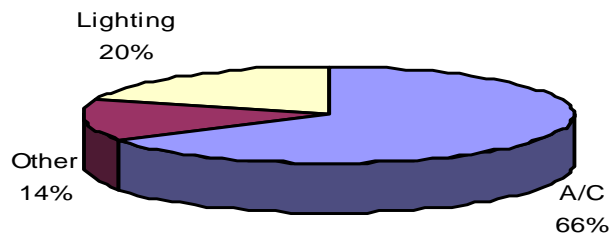
อาคารประเภทสำนักงาน



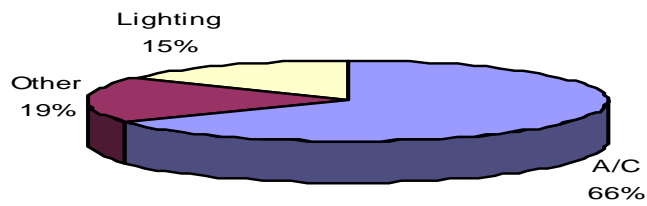
อาคารประเภทโรงพยาบาล



อาคารประเภทโรงแรม



อาคารประเภทสถาบันการศึกษา



ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิง และอาคารมาตรฐานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2551

ประเภทอาคาร	อาคารอ้างอิง kWh/m ² -y	อาคารมาตรฐาน ตาม พ.ร.บ. kWh/m ² -y
สำนักงาน	146.4	98.7
โรงแรม	173.2	117.0
โรงพยาบาล	148.8	123.9
ห้างสรรพสินค้า	556.0	394.3
สถานศึกษา	94.0	79.3
อาคารอื่นๆ	139.7	117.2
อาคารชุด	118.4	105.3
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและขายส่ง	394.7	300.9

4.3 หากสำรวจแล้วพบว่า อาคารที่ประเมินมีการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิงมาก ก็น่าจะพิจารณาปรับปรุงอาคารใหม่ โดยไม่ลืมนี่ที่จะประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพราะหากว่าอาคารมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำมาก การปรับปรุงก็น่าจะคุ้มทุนในระยะเวลาสั้น ทั้งนี้อาคารที่จะขออนุญาตปรับปรุงใหม่ หากมีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ก็ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2551 ดังนี้

4.3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร

ค่า OTTV และค่า RTTV สูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร/ลักษณะการใช้งานอาคาร	OTTV (W/m ² ของผนังด้านนอกอาคาร)	RTTV (W/m ² ของหลังคาอาคาร)
สำนักงาน สถานศึกษา	$O-OTTV \leq 50$	$O-RTTV \leq 15$
ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า หรือซูเปอร์สโตร์	$S-OTTV \leq 40$	$S-RTTV \leq 12$
โรงแรม โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น/คอนโดมิเนียม	$H-OTTV \leq 30$	$H-RTTV \leq 10$

4.3.2 ค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด, วัตต์/ตร.ม. (W/m^2) ของพื้นที่ใช้งาน
สำนักงาน สถานศึกษา	14
ร้านค้าย่อย ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า หรือซูเปอร์สโตร์	18
โรงแรม โรงพยาบาล/ สถานพักฟื้น/ คอนโดมิเนียม	12

4.3.3 ค่ามาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศ

4.3.3.1) ค่ามาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศ(ขนาดเล็ก)

ประเภทและขนาด	สัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ $COP [EER (Btu.h^{-1}.W^{-1})]$
ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (แบบแยกส่วนและแบบเป็นชุด)	
น้อยกว่า 3,500 วัตต์ (0.995 ตันความเย็น)	2.82 [9.62]
ตั้งแต่ 3,500 วัตต์ แต่ไม่เกิน 17,600 วัตต์ (5.00 ตันความเย็น)	2.82 [9.62]
เกินกว่า 17,600 วัตต์ (5.00 ตันความเย็น)	2.56 [8.74]
ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	
ทุกขนาดทำความเย็น	3.99 [13.62]

4.3.3.2) ค่ามาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศ(ขนาดใหญ่)

- เครื่องทำน้ำเย็น

ประเภทและขนาด	สัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ, $COP (kW.RFT^{-1})$
ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 351.7 กิโลวัตต์ (100 ตันความเย็น)	2.70 (1.30)
เกินกว่า 351.7 กิโลวัตต์ (100 ตันความเย็น)	2.93 (1.20)
ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	
น้อยกว่า 527.5 กิโลวัตต์ (150 ตันความเย็น)	3.91 (0.90)
ตั้งแต่ 527.5 กิโลวัตต์ แต่ไม่เกิน 703.3 กิโลวัตต์ (200 ตันความเย็น)	4.69 (0.75)
ตั้งแต่ 703.3 กิโลวัตต์ แต่ไม่เกิน 879.2 กิโลวัตต์ (250 ตันความเย็น)	5.25 (0.67)
ตั้งแต่ 879.2 กิโลวัตต์ แต่ไม่เกิน 1,758.3 กิโลวัตต์ (500 ตันความเย็น)	5.40 (0.65)
เกินกว่า 1,758.3 กิโลวัตต์ (500 ตันความเย็น)	5.67 (0.62)

- ส่วนอื่นๆ ของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าประกอบด้วย เครื่องทำน้ำเย็น ระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น

ระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น ต้องมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ขั้นต่ำรวมกัน 7.03 (Minimum COP = 7.03) หรือ 0.5 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

4.3.3.3) ค่ามาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศ(เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน)

ชนิดของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน	ภาวะทดสอบ				สัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ (Minimum COP)
	อุณหภูมิ น้ำเย็นเข้า	อุณหภูมิ น้ำเย็นออก	อุณหภูมิ น้ำเข้า เครื่องควบแน่น	อัตราการไหลของน้ำเข้า เครื่องควบแน่น	
ก. ชั้นเดียว (Single Effect)	53.6 °F	44.6 °F	89.6 °F	3.6 GMP/Ton	0.65
	12.0 °C	7.0 °C	32.0 °C	0.065 L.s ⁻¹ .kW ⁻¹	
ข. สองชั้น (Double Effect)	53.6 °F	44.6 °F	89.6 °F	4.0 GMP/Ton	1.10
	12.0 °C	7.0 °C	32.0 °C	0.072 L.s ⁻¹ .kW ⁻¹	

หมายเหตุ การคิดค่า COP คิดเฉพาะความร้อนที่ใช้เท่านั้น ไม่รวมกำลังไฟฟ้าอื่นในระบบ

4.4 หากการปรับปรุงอาคาร มีข้อจำกัดไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ครบทุกข้อ แต่มีบางมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานมาก ก็สามารถชดเชยกันได้ ซึ่งการจะทราบว่าประสิทธิภาพพลังงานในอาคารอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ โดยคำนวณการใช้พลังงานรวมในอาคารจริงที่ปรับปรุง (E_{pa}) ในรอบ 1 ปี ซึ่งกำหนดให้อาคารที่มีรูปร่างเหมือนอาคารจริงที่จะปรับปรุงทุกอย่างเป็นอาคารอ้างอิง (E_{pc}) แล้วแทนค่ามาตรฐานทุกค่าในสมการแล้วเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมในอาคาร ทั้งสองอาคาร หากผลออกมาว่าการใช้พลังงานในอาคารจริงต่ำกว่าการใช้พลังงานรวมในอาคารอ้างอิง ก็แสดงว่าผ่านเกณฑ์ ซึ่งวิธีนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากอยู่บ้าง แต่สามารถตรวจสอบการคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$E_{pa} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \left[\frac{A_{wi}(OTTV_i)}{COP_i} + \frac{A_{ri}(RTTV_i)}{COP_i} \right] + A_i \left\{ \frac{C_i(LPD_i) + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i)}{COP_i} \right\} n_h + \sum_{i=1}^n A_i(LPD_i + EQD_i)n_h$$

$$E_{pc} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \left[\frac{A_{wi}(OTTV_c)}{COP_{ci}} + \frac{A_{ri}(RTTV_c)}{COP_{ci}} \right] + A_i \left\{ \frac{C_i(LPD_c) + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i)}{COP_{ci}} \right\} n_h + \sum_{i=1}^n A_i(LPD_c + EQD_i)n_h$$

เมื่อ Epa คือ การใช้พลังงานรวมในอาคารจริงที่ออกแบบปรับปรุง

Epc คือ การใช้พลังงานรวมในอาคารอ้างอิง

อาคารควบคุมที่พิจารณาจะถือว่าผ่านข้อกำหนดด้านการอนุรักษ์พลังงาน ก็ต่อเมื่อ Epa มีค่าต่ำกว่า หรือเท่ากับ Epc

เมื่อ C_i , C_e , C_o , and C_v คือ สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ จาก ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผู้ใช้อาคาร และการระบายอากาศ ตามลำดับ ให้ใช้ค่า สัมประสิทธิ์นี้จากตาราง สำหรับพื้นที่ไม่ปรับอากาศไม่มีการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศ ดังนั้น เทอมแรกของสมการ จะไม่ปรากฏในสมการคำนวณพลังงาน สำหรับพื้นที่ไม่ปรับอากาศ พารามิเตอร์ n_h คือจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ตารางสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ และจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับ อาคารแต่ละประเภท

ประเภทของอาคาร	C_i	C_e	C_o	C_v	n_h
สำนักงาน สถานศึกษา และ ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า หรือ ซุปเปอร์สโตร์	0.84	0.85	0.90	0.90	2340 4380
โรงแรม โรงพยาบาล/ สถานพักฟื้น	1.0	1.0	1.0	1.0	8760

ในพื้นที่ส่วนปรับอากาศ i (พื้นที่ i) แต่ละส่วน

LPD_i คือ พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง รวมถึงพลังงานที่ใช้สำหรับบัลลาสต์ต่อพื้นที่ i (Lighting Power Density) มีหน่วยเป็น วัตต์/ตร.ม. (Wm^{-2})

EQD_i คือ พลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อพื้นที่ i (Equipment Power Density) มีหน่วยเป็น วัตต์/ตร.ม. (Wm^{-2})

$OCCU_i$ คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ i (Density of Occupancy) มีหน่วยเป็น คนต่อตารางเมตร ($person.m^{-2}$)

$VENT_i$ คือ อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ สำหรับพื้นที่ i (Ventilation Rete) มีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที ($l.s^{-1}$)

COP_i คือ ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของระบบปรับอากาศที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ i (Coefficient of Performance) (ไม่มีหน่วย)

C_i คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศขนาดเล็กหรือระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (air-handling system) ที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ i (ไม่มีหน่วย)

A_i คือ พื้นที่ i มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

กรณีที่มีส่วนที่เป็นผนังภายนอกอาคารล้อมรอบพื้นที่ i

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์/ ตร.ม. (Wm^{-2})

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังภายนอกอาคารส่วนที่มีการปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

สำหรับพื้นที่ส่วนไม่ปรับอากาศ j (พื้นที่ j) LPD_j , EQD_j และ A_j คือค่าพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง รวมถึงพลังงานที่ใช้สำหรับบัลลาสต์ต่อพื้นที่ j , พลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อพื้นที่ j และพื้นที่เป็นตารางเมตรของพื้นที่ j ตามลำดับ

4.5 ประเด็นที่ต้องพิจารณาก่อนการปรับปรุง

4.5.1 ความคุ้มค่าทางการลงทุนเมื่อตรวจสอบในเบื้องต้นตามขั้นตอนแล้วว่าสมควรจะต้องปรับปรุงอาคารแน่ จะต้องพิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุง โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบ ทั้งนี้ควรให้วิศวกรหรือสถาปนิกเสนอทางเลือกอย่างน้อย 2 หรือ 3 แนวทางเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ โดยพิจารณาจากผลประหยัดพลังงานเปรียบเทียบกับการลงทุนในกรณีเปลี่ยนวัสดุต่างๆ

4.5.2 อาคารหลังปรับปรุงต้องมีสถานะน่าสบาย (Comfort condition) สำหรับผู้ใช้อาคาร ทั้งนี้ต้องให้ผู้ออกแบบแสดงข้อมูลยืนยันประกอบด้วย

4.5.3 ค่าใช้จ่ายด้านการดูแลรักษาอาคารควรจะลดลงหรืออย่างน้อยต้องไม่เพิ่มขึ้น

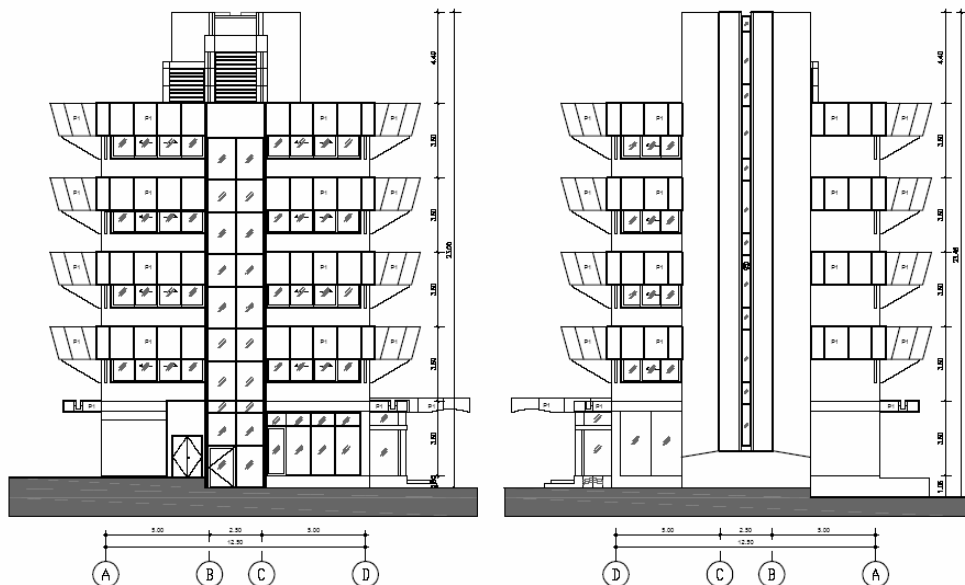
4.5.4 ประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้อาคารต้องไม่ลดลง

5. การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาที่ 1 :

อาคาร 5 บริษัทค้าสารเคมีภัณฑ์ไทย จำกัด เขตบางซื่อ กทม.

5.1 ข้อมูลอาคาร

เป็นอาคารประเภท สำนักงานสูง 5 ชั้นมีคานาฝ้า มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 2,620 ตารางเมตร



อาคาร 5 เป็นอาคารเก่าที่มีอายุใช้งานมาแล้วประมาณ 30 ปี ลักษณะการวางผังอาคารมีข้อด้อยที่วางในทิศตะวันออก - ตะวันตก ทำให้รับแสงแดดเต็มที่อีกทั้งมีการใช้กระจกใส ทำให้มีค่าความร้อนถ่ายเทผ่านผนังอาคารสูง อีกทั้งหลังคาที่เป็นคานาฝ้าโล่งทำให้มีค่าความร้อนผ่านหลังคาอาคารสูงเช่นกัน เนื่องจากบริษัทค้าสารเคมีภัณฑ์ไทยเป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายวัสดุก่อสร้างที่เน้นในเรื่องอนุรักษ์พลังงานจึงเห็นความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่าง บริษัทจึงได้เข้าร่วมโครงการติดฉลากอาคารกับ พพ. โดยมีเป้าหมายที่จะปรับปรุงอาคารเพื่อให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงสุด

แนวทางการปรับปรุงอาคาร บริษัทได้ใช้แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ของ พพ. เป็นตัวตั้ง โดย พพ. ได้ให้คำปรึกษาในเรื่องแนวทางการปรับปรุง เพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพสูงถึงเกณฑ์ที่ได้รับฉลาก โดยจุดที่ต้องเน้นมากที่สุดคือการปรับปรุงให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารต่ำที่สุด และการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วย เนื่องจากการวางทิศทางอาคารไม่ถูกต้อง บริษัทฯ ใช้เวลาในการปรับปรุงอาคาร 9 เดือน โดยในระหว่างการปรับปรุงอาคารก็สามารถใช้งานได้ เนื่องจากบริษัทฯ มีการวางแผนในการสลับพื้นที่ใช้งาน อีกทั้งการติดตั้งเพิ่มฉนวนและโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งด้านนอกอาคาร นับได้ว่าเป็นการปรับปรุงอาคารที่รบกวนการทำงานน้อยมาก

5.2 มาตรการที่บริษัทดำเนินการ

5.2.1 การลดค่าความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคาร

5.2.1.1 ปรับปรุงหลังคาที่เป็นฉนวนโฟมโดยใช้ฉนวนโพลียูรีเทนโฟมที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ค่า k 0.029 W/mK หนา 60 mm ปูทับด้วยกระเบื้องเซรามิก ทำให้มีค่าความต้านทานความร้อนสูงถึง $2.6 \text{ m}^2\text{K/W}$ ส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร (RTTV) ต่ำมากเพียง 7.203 W/m^2

รูปถ่ายระหว่างการปรับปรุงหลังคา



รูปถ่ายระหว่างการปรับปรุงหลังคา



รูปถ่ายหลังการปรับปรุงหลังคา

5.2.1.2 ปรับปรุงผนังอาคารทั้งส่วนที่เป็นผนังทึบและผนังโปร่งแสง ทำให้ค่าความร้อนถ่ายเทผ่านผนังอาคาร (OTTV) เหลือเพียง 19.162 W/m²

- การปรับปรุงผนังอาคารในส่วนผนังทึบใช้วิธีติดตั้งฉนวนใยแก้วที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ค่า k 0.035 W/mK หนา 75 mm บวกกับฉนวนโพลียูรีเทนโฟมที่มี ค่า k 0.029 W/mK หนา 60 mm.

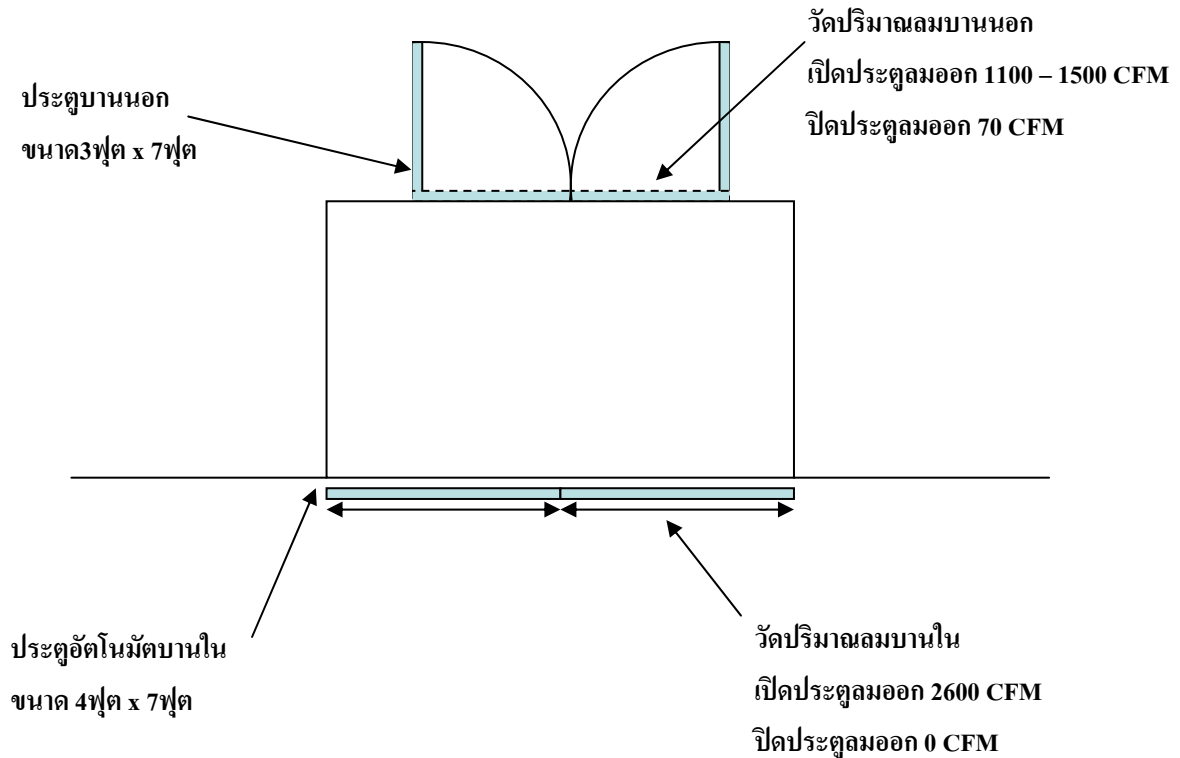


- ผนังส่วนที่เป็นกระจกได้เปลี่ยนจากกระจกใส 6 mm ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกักบังแดดหรือค่า Solar Coefficient : SC 0.96 เป็นกระจกเขียวตัดแสง 2 ชั้น และ Low-E มีค่า SC ต่ำเพียง 0.24 จากค่าสัมประสิทธิ์การกักบังแดดจะมีผลแปรตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ; SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) ซึ่งค่า SHGC จะเป็นค่ารวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก โดยตรงกับค่าความร้อนที่ดูดกลืนไว้ กระจกที่ดีต้องมีค่า SHGC ต่ำๆ โดยปกติแล้วค่า SHGC จะประมาณ 0.87 SC จากการศึกษพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกักบังแดดของกระจกมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารมาก แต่พึงระวังว่าคุณสมบัติที่พึงประสงค์ของกระจก นอกจากมีความสามารถในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารแล้วจะต้องสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้เพื่อการส่องสว่างภายในอาคารด้วย ดังนั้นการเลือกใช้กระจก จึงจำเป็นต้องประเมินจุดที่เหมาะสม ระหว่างค่าการลดความร้อนเข้าสู่อาคารกับค่าแสงสว่างที่จะได้รับ คือต้องพิจารณาค่า V_T (Visible light transmittance) ประกอบด้วย

ทั้งนี้กระจกที่ดีควรมีค่าแสงธรรมชาติส่องผ่านมากกว่าค่าการส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์หรือมีค่า $V_T / SHGC$ มากกว่า 1 นั่นเอง ซึ่งกระจกที่อาคาร 5 ของบริษัทค้าสากลซิเมนต์ไทย จำกัด นำมาใช้มีค่า $V_T / SHGC$ ถึง 1.43



5.2.2 การลดความร้อนสูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศ โดยการใช้ประตู 2 ชั้นจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 4,862 kWh/ปี หรือเป็นเงิน 14,586 บาท/ปี

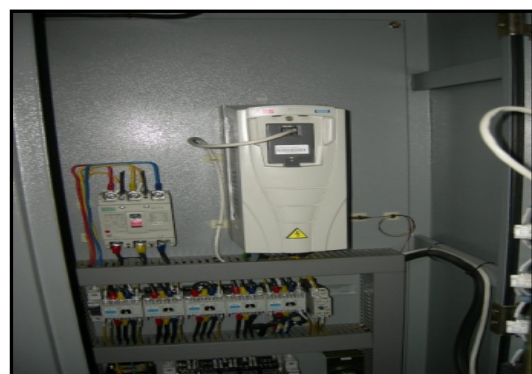


$$\begin{aligned}
 \text{ค่าพลังงานสูญเสียที่ลดลง} &= \text{ก่อนปรับปรุง} - \text{หลังปรับปรุง} \\
 &= 7,310 - 2,448 \text{ kWh/ปี} \\
 &= 4,862 \text{ kWh/ปี} \\
 &= 14,586 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

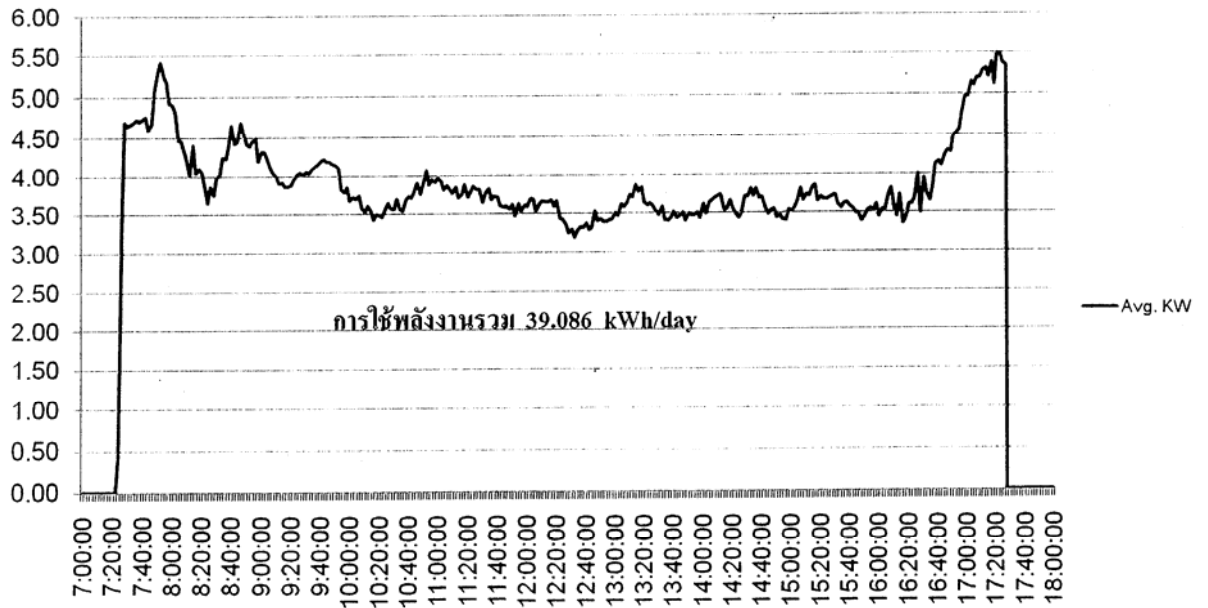
หมายเหตุ รายละเอียดการคำนวณอยู่ในภาคผนวก

5.2.3 มีระบบควบคุมระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงาน โดยการแยกโซนการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในตามภาระของระบบปรับอากาศและติดตั้ง VSD ที่เครื่องปั้มน้ำเย็น ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำเย็นลดลงจาก 39 kWh/วัน เหลือเพียงประมาณ 5.3 kWh/วัน จากข้อมูลการตรวจวัดจริง ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ถึงปีละ 26,390 บาท/ปี

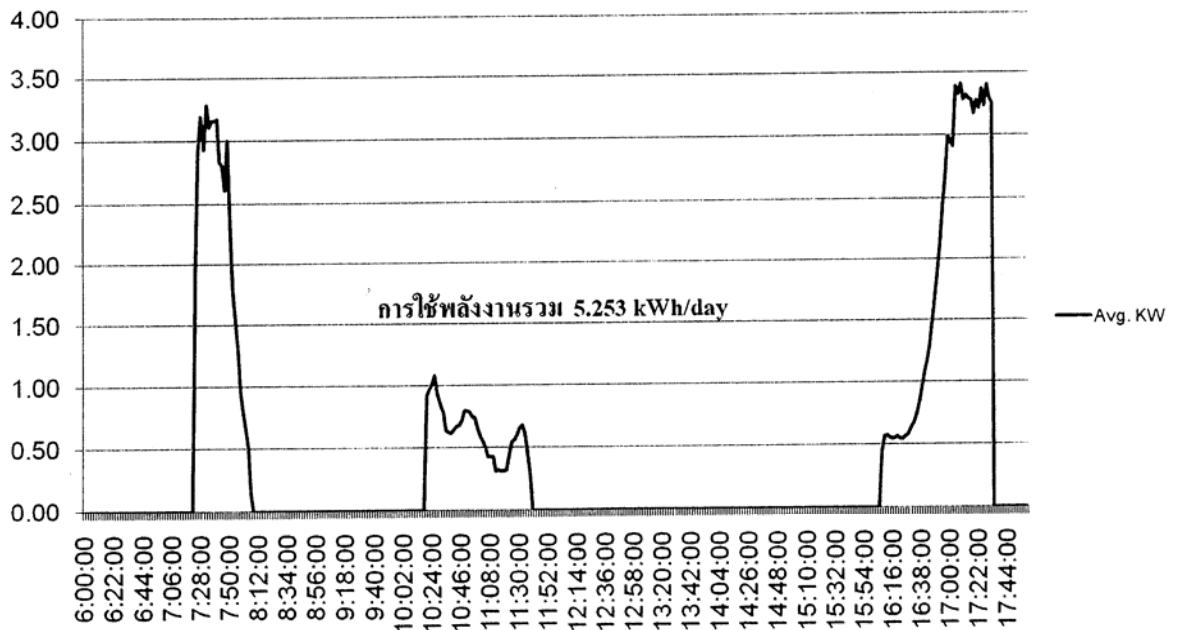
การตรวจวัด ปั้มน้ำเย็น เมื่อใช้ VSD ในการควบคุม

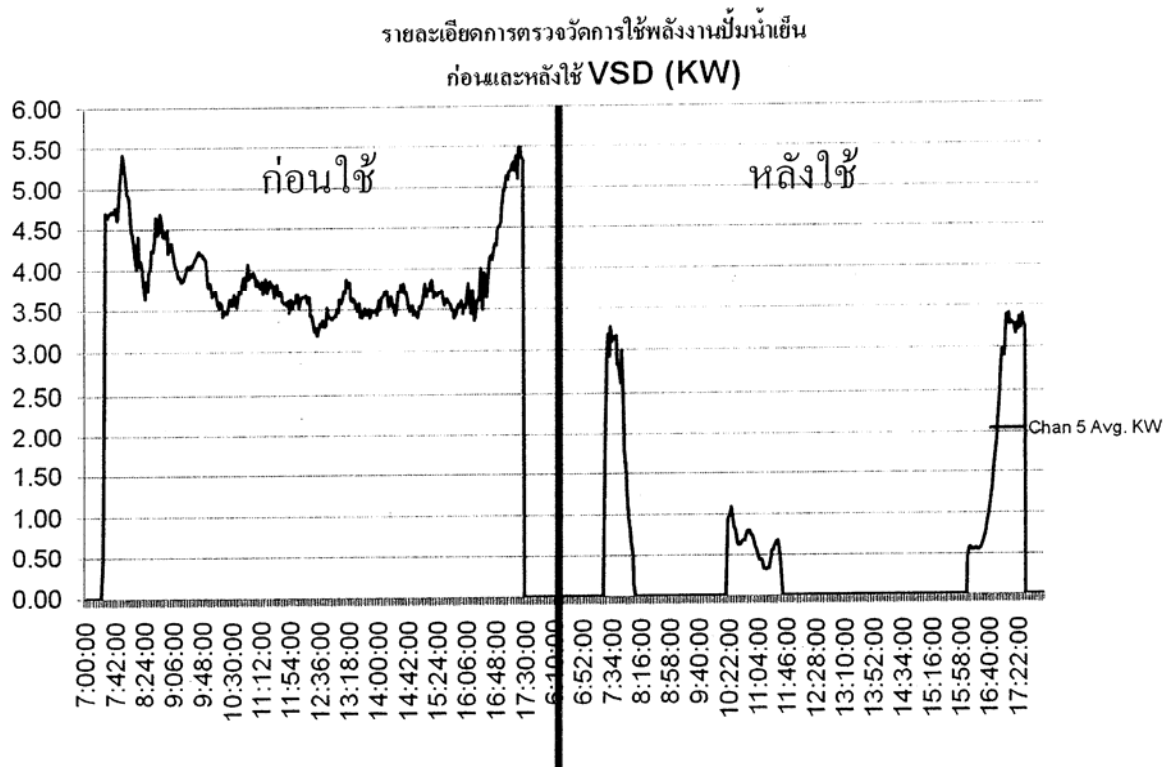


รายละเอียดการตรวจวัดการใช้พลังงานปั๊มน้ำเย็น
ก่อนใช้ VSD (KW)



รายละเอียดการตรวจวัดการใช้พลังงานปั๊มน้ำเย็น
เมื่อใช้ VSD (KW)





ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง – กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= (kW ก่อนปรับปรุง - kW หลังปรับปรุง) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี

= (39.086 – 5.253) x 260

= 8,796.58 kWh/ปี



= 8,796.58 x 3

= 26,389.74 บาท/ปี (คิดค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย)

5.2.4 การเปลี่ยนลักษณะการทำงานให้เป็น Mobile Office ซึ่งทำให้เกิดความคล่องตัวและสามารถปรับการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงได้มากขึ้น รวมทั้งได้เปลี่ยนการใช้คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ เป็นโน้ตบุ๊ก ทำให้สามารถประหยัดการใช้ไฟฟ้า 117 kWh/วัน หรือปีละ 102,960 บาท/ปี

การตรวจวัดการประหยัดพลังงานก่อนและหลังมีการปรับปรุงเป็น Mobile Office

Mobile Office

	จำนวนคน	Before	After	Before	After
ชั้น 2	63	63	5	0	58
ชั้น 3	106	106	8	0	98
ชั้น 4	74	74	10	0	64
ชั้น 5	102	102	48	0	54

ปริมาณการใช้ไฟต่อการทำงาน 8 ชม.

Laptop = 0.7 kWh

Desktop = 1.2 kWh

ปริมาณการใช้ไฟที่ประหยัดต่อเครื่อง = 0.5 kWh

ปริมาณการใช้ไฟที่ประหยัดทั้งหมดต่อวัน = 117 kWh → ลดลง 17% จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่ไม่รวมระบบปรับอากาศ



Before



After

$$\begin{aligned}
 \text{ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า} &= \text{กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง} - \text{กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง} \\
 &= (\text{kWก่อนปรับปรุง} - \text{kWหลังปรับปรุง}) \times \text{ชั่วโมงการใช้งานต่อปี} \\
 &= (41.1 - 24.6) \times 2,080 \\
 &= 34,320 \text{ kWh/ปี} \\
 &= 34,320 \times 3 \\
 &= 102,960 \text{ บาท/ปี (คิดค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย)}
 \end{aligned}$$

5.2.5 มีระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อประหยัดพลังงาน มีค่าไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเพียง 9.24 W/m²

- ติดตั้ง Timer กำหนดเวลาเปิด-ปิดไฟฟ้าตามส่วนต่างๆของสำนักงาน
- ติดตั้งระบบ Sensor แบบตรวจจับความเคลื่อนไหว (Mode Motion) และแบบ Day/Night ที่สามารถเปิด - ปิด ไฟฟ้าแสงสว่างได้ตามการใช้งานดังนี้

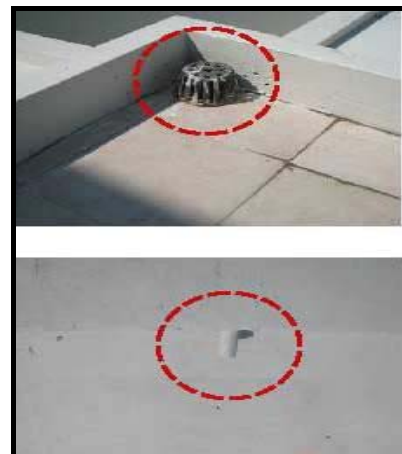
1. Mode Day/night จะทำงานโดยการตัดไฟฟ้าเมื่อมีแสงสว่างพอต่อความต้องการในห้องนั้นๆ
 2. Mode Motion จะทำงานเมื่อ Mode Day/night ต่อกับห้องนั้นๆ แล้วหรือก็คือแสงสว่างในห้องไม่เพียงพอ โดยไฟฟ้าแสงสว่างในห้องจะติดก็ต่อเมื่อมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นในห้องนั้นๆ และจะดับเมื่อไม่มีคนอยู่
- แยกการเปิดปิดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นพื้นที่ย่อยโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 30 ตารางเมตร/วงจร

5.2.4 การนำโซลาร์เซลล์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า



บริษัทฯ ติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์กำลังผลิต	4	kW
สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย	17.61	kWh/วัน
หรือเดือนละ	528.38	kWh
หรือประมาณ 3% ของการใช้ไฟฟ้าของอาคาร		
(หมายเหตุ : ไม่รวมไฟฟ้าที่ใช้กับ Chiller เนื่องจากบริษัทซื้อน้ำเย็นจากส่วนกลาง)		

5.2.7 มีระบบกักเก็บน้ำฝนมาใช้งาน อาคารได้วางท่อนำน้ำฝนมากักเก็บที่บ่อรอบอาคาร แล้วนำน้ำมาใช้ในการรดต้นไม้



6. การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาที่ 2 :

อาคารแจ้งวัฒนะ สำนักงานใหญ่ บมจ. ธนาคารกสิกรไทยแห่งที่ 3 อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี

6.1 ข้อมูลอาคาร

เป็นอาคารสำนักงาน สูง 11 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอย 67,837 ตารางเมตร เป็นอาคารเก่าที่ธนาคารกสิกรไทยซื้อเพื่อนำมาใช้เป็นสำนักงานใหญ่แห่งที่ 3 โดยธนาคารฯ มีความประสงค์จะปรับปรุงอาคารให้เป็นสถาปัตยกรรมสีเขียว เพื่อต้องการยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าพนักงานที่ทำงานในอาคารที่มีมาตรฐานสถาปัตยกรรมสีเขียวจะมีศักยภาพการทำงานเพิ่มขึ้น 6% ของอาคารทั่วไป ธนาคารฯ จึงได้มีแนวคิดในการออกแบบเพื่อปรับปรุงอาคารโดยยึดมาตรฐานของ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ซึ่งมีกรอบในการประเมินที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อันสอดคล้องกับมาตรฐานฉลากอาคารของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ดังนั้นธนาคารจึงเข้าร่วมโครงการติดฉลากอาคารกับ พพ. ขนานไปกับการยื่นขอประเมินจาก LEED



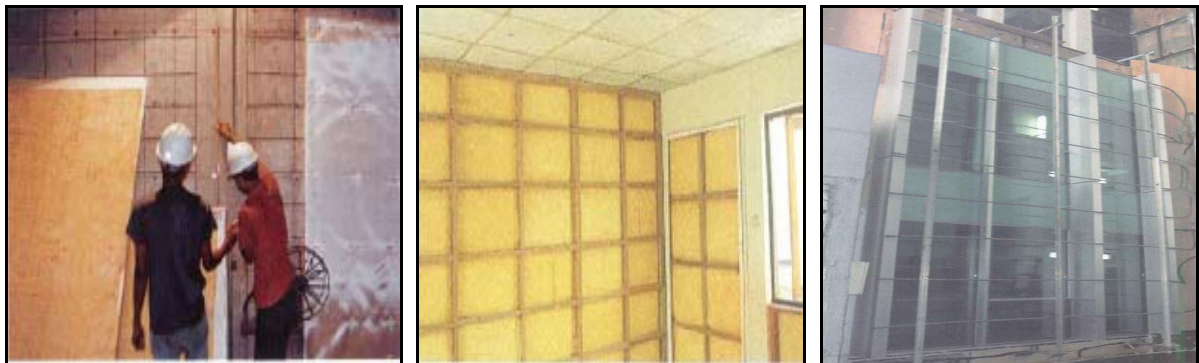
เมื่อธนาคารฯ มีเป้าหมายการปรับปรุงอาคารเพื่อให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงถึงเกณฑ์ได้รับฉลากอาคาร จึงเริ่มวางแผนปรับปรุงอาคาร โดยพิจารณาตามเกณฑ์ประเมินที่ครอบคลุมทั้งตัวอาคาร สภาพภูมิทัศน์รอบตัวอาคารและเทคโนโลยีต่างๆ ที่เอื้อต่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ธนาคารฯ ได้ใช้เวลาในการปรับปรุงอาคารและพื้นที่โดยรอบทั้งสิ้นเกือบ 1 ปี เมื่อปรับปรุงอาคารแล้วเสร็จจึงย้ายบุคลากรเข้าไปทำงานในตัวอาคาร

6.2 มาตรการที่บริษัทฯ ดำเนินการ

6.2.1 การลดค่าความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคาร

6.2.1.1 ปรับปรุงหลังคาโดยการใช้นวนใยแก้วหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ค่า k 0.035 W/mK ทำให้ค่าความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านหลังคาเหลือเพียง 8.47 W/m²

6.2.1.2 ปรับปรุงผนังอาคารโดยการใช้ฉนวนใยแก้วหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมพอยล์
ทำให้ค่าความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านผนังเหลือเพียง 27.61 W/m^2



โดยการปรับปรุง

- ส่วนผนังทึบ ติดฉนวนใยแก้วหนา 6 mm ค่า k 0.035 W/mK
- ส่วนผนังโปร่งแสงใช้กระจก Heat. Stop หนา 24 mm ค่า SC 0.30

จะเห็นว่าการปรับปรุงผนังอาคารของธนาคารกสิกรไทย จะใช้ฉนวนน้อยกว่าอาคาร
บริษัทค้าปลีกซีเมนต์ไทย จำกัด ทำให้ค่า OTTV สูงกว่า แต่ก็นับว่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร
อยู่ในระดับต่ำ (น้อยกว่า 30 W/m^2)

6.2.2 ระบบปรับอากาศ

ธนาคารฯ เน้นการใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง ทุกขนาดที่ติดตั้ง และระบบการ
ควบคุมอัตโนมัติตามสภาวะความร้อน

6.2.2.1 ใช้ระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาดเกิน 5 ตันความ
เย็น ประสิทธิภาพสูง มีค่า COP มากกว่า 3.06 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 250
ถึง 499 ตันความเย็น มีค่า COP มากกว่า 5.94 และเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด
เกิน 500 ตันความเย็น มีค่า COP มากกว่า 6.24

6.2.2.2 แยกโซนการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเป็นโซนย่อยตามทิศกับโซน
ภายใน และติดตั้ง VSD ที่เครื่องปั๊มส่งน้ำเย็น ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำเฉลี่ยลดลงจาก
 $911,040 \text{ kWh/ปี}$ เหลือเพียงประมาณ $339,888 \text{ kWh/ปี}$ ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ $1,700,000$
บาท/ปี (ใช้วิธีคิดเช่นเดียวกับอาคารของบริษัทค้าปลีกซีเมนต์ไทย จำกัด)

6.2.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงเพียง 7.64 W/m^2 ซึ่งนับว่าต่ำมาก เนื่องจาก

- มีการใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง และหลอด LED
- มีการแยกสวิทช์ควบคุมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ มีอุปกรณ์ Daylight sensor และ Motion sensor
- มีระบบควบคุมระดับความส่องสว่างของแสงประดิษฐ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้ Lighting Dimmer

- มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่หลักมากกว่า 25% และใช้ในพื้นที่รอง 20%
- แยกการปิดเปิดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นพื้นที่ย่อยเฉลี่ย 62 ตารางเมตร/วงจร

6.2.4 มีระบบบำบัดน้ำเสีย Electrocoagulation และ ระบบ Recycle น้ำด้วย

Microfiltration

สามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ถึง 50% ของน้ำเสียอาคารหรือ 100 ลบ.ม./วัน จากน้ำเสียของอาคารประมาณ 200 ลบ.ม./วัน ข้อมูลน้ำเสียมีค่า BOD ไม่เกิน 393 mg/l ค่า Oil & Grease ไม่เกิน 50 mg/l เมื่อนำบำบัดแล้วจะมีค่า BOD ไม่เกิน 30 mg/l และค่า parameter อื่นๆ ตามมาตรฐานน้ำทิ้งประเภท ข.

ขั้นตอนแรกที่จะนำน้ำเสียผ่านกระบวนการ Electrocoagulation แล้วจึงนำไปเข้าระบบ Recycle ด้วย Microfiltration น้ำที่ได้จะมีคุณภาพตามเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภค กรมอนามัย พ.ศ. 2543 ซึ่งบริษัทได้นำน้ำกลับไปใช้ในระบบสุขาภิบาลของอาคาร (รายละเอียดการทำงานมีใน ภาคผนวก)

6.2.5 ระบบ Parking management

ช่วยลดระยะเวลาและประหยัดพลังงานในการจอดรถเนื่องจากจะมีข้อมูลแสดงให้ทราบถึงปริมาณรถที่จะสามารถจอดได้ในแต่ละชั้นทำให้ผู้ขับรถไม่ต้องเสียเวลาในการขั้ววนในชั้นที่ว่าง อุปกรณ์หลักๆ ได้แก่

- Ultrasonic Detector (UD)	ระบบตรวจจับ
- LED indicator	ระบบไฟสัญญาณ
- Control Unit	ระบบควบคุมและประเมินผล
- LED indicator screen	หน้าจอแสดงผล

6.2.6 ระบบ CO₂ sensor เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศ ทั้งในพื้นที่ทำงานและพื้นที่จอดรถ
CO₂ sensor set point (Min 850 ppm, Max 1000 ppm)

การใช้พื้นที่อาคารปรับอากาศบางครั้งจะมีปริมาณคนใช้งานไม่แน่นอน แต่ในการออกแบบระบบปรับอากาศ ผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะกำหนดให้มีการเติมอากาศคงที่ โดยใช้จำนวนคนจากการประเมินซึ่งมักจะเป็นค่าด้านสูง ทำให้อัตราการเติมอากาศจากภายนอกเกินความจำเป็นซึ่งก็จะไม่ประหยัดพลังงาน แต่หากช่วงใดมีปริมาณคนเกินค่าเฉลี่ยที่ออกแบบไว้ คุณภาพอากาศจะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานซึ่งมีผลกับสุขภาพของผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการนำ CO₂ Sensor มาใช้จะเป็นวิธีที่ทำให้การเติมอากาศเข้าสู่ตัวอาคารเหมาะสมและประหยัดพลังงาน ซึ่งการตั้งค่าความเข้มข้นของ CO₂ ส่วนใหญ่จะตั้งค่าจากการศึกษาของ ASHRAE ที่กำหนดว่าหากมีการเติมอากาศเท่ากับ 20 cfm/คน ค่าความเข้มข้นของ CO₂ จะเท่ากับ 1,000 ppm.

แต่การใช้งานพื้นที่จอดรถ เนื่องจากไม่ใช่พื้นที่ปรับอากาศทำให้อาคารบางแห่งให้ความสนใจน้อย การนำ CO₂ Sensor มาใช้ จึงเป็นการตระหนักถึงเรื่องสุขภาพผู้ใช้อาคารที่ควรส่งเสริม

6.2.7 การใช้เทคนิคการก่อสร้างแบบหล่อสำเร็จกับการปรับปรุงอาคาร ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและลดระยะเวลาการก่อสร้าง

7. ผลประโยชน์ที่ได้รับ

การรวบรวมเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร สำนักงาน (ในกรณีการปรับปรุงอาคารเดิม) สามารถใช้เป็นแนวทางให้อาคาร สำนักงาน ที่คิดจะปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น ได้ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการคัดลอกเทคโนโลยีและวิเคราะห์ความเหมาะสมในการดำเนินการได้โดยไม่ต้องเสี่ยง อีกทั้งกรณีตัวอย่างที่รวบรวมไว้สามารถนำไปเผยแพร่ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับอาคารอื่นๆ ได้ต่อไป หากมีอาคารเก่าสนใจปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น ก็จะสามารถประหยัดพลังงานของประเทศในส่วนของการใช้พลังงานในอาคารธุรกิจได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 10 – 30 ของการพลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานของอาคารควบคุมที่กฎหมายกำหนด

ประมวลศัพท์

เขตสบาย หรือ โซนสบาย (Comfort Zone) เป็นขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อน-หนาวของมนุษย์โดยทั่วไป หมายถึง โน (Zone) ที่มนุษย์ตัดสินไม่ได้ว่าร้อนหรือหนาว สถานะดังกล่าวที่มนุษย์ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ 6 ตัวแปรได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
4. ความเร็วลม (Air Velocity)
5. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate)
6. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value)

ขณะนี้ยังมีข้อโต้แย้งกันในเรื่องของเขตสบายของมนุษย์ที่แท้จริง บ้างก็มีความเห็นว่าเขตสบายของมนุษย์ที่อยู่ในภูมิภาคหรือโซนที่แตกต่างกันทั่วโลกจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เขตสบายของคนเมืองหนาวจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าเขตสบายของคนเมืองร้อน เป็นต้น ข้อถกเถียงนี้ยังไม่อาจพิสูจน์ได้ชัดเจน แต่ได้มีผู้ทำการวิจัยที่นำกลุ่มตัวอย่างของมนุษย์จากโซนต่างๆ ของโลกมาทำการทดลอง โดยให้กลุ่มบุคคลตัวอย่างปรับสภาพร่างกายให้เป็นปกติก่อนทำการทดลอง ผลการทดลองสรุปได้ว่าเขตสบายของมนุษย์ทุกคนในโลกมีค่าใกล้เคียงกัน

สถานะน่าสบาย (Thermal Comfort) คือ สถานะที่ร่างกายไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป โดยมีตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature), ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity - % Rh), อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่เกิดจากการแผ่รังสี (Mean Radiant Temperature), ความเร็วลม (Air Velocity), ชนิดของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo), ระดับกิจกรรมที่ออกกำลังกาย (Met) และอื่นๆ

ความจุความร้อน (Heat Capacity) หมายถึง ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของสสาร ถ้าสสาร 2 ชนิดที่มีความจุความร้อนต่างกันแล้วจะพบว่า สสารที่มีความจุความร้อนเมื่อได้รับความร้อนก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นช้ากว่าสสารที่มีความจุความร้อนน้อย ในอาคารมีสสารที่จัดว่ามีความจุความร้อนมากหลายชนิด เช่น คอนกรีต หิน อิฐ เป็นต้น สำหรับการประหยัดพลังงานในด้านระบบปรับอากาศพบว่า ห้องใดที่มีค่าความจุความร้อนมาก (เช่น ห้องที่มีผนังทำด้วย

ค.ส.ล.) เมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศครั้งแรก จะต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศมากกว่าห้องที่มีความจุความร้อนน้อย (เช่น ห้องที่มีผนังทำด้วยไม้อัด หรือ ยิปซัมบอร์ด) ส่วนใหญ่ในเรื่องของการประหยัดพลังงาน เมื่อกล่าวถึงเรื่องของมวลสาร (Mass) จะพบว่าวัสดุที่มีมวลสารมาก ก็จะมีจุความร้อนมากด้วย ดังนั้นบ่อยครั้ง จึงมักใช้ คำว่า มวลสาร แทนความหมายของคำว่า ความจุความร้อน

ความร้อนแฝง (Latent Heat) หมายถึง ความร้อนที่ให้หรือดึงออกจากสสาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ โดยที่อุณหภูมิยังคงที่อยู่

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient หรือ U-Value)

คือปริมาณการถ่ายเทความร้อน โดยการนำหรือการพาต่อหนึ่งองศาของความแตกต่างระหว่างด้านที่ร้อนกว่าไปยังพื้นผิวด้านที่เย็นกว่า ในระบบ SI หน่วยของค่า U เป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสเคลวิน (W/m^2K) ในขณะที่ในระบบ I-P มีหน่วยเป็นบีทียูต่อตารางฟุตต่อชั่วโมงต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์ ($Btu / ft^2.h.F$) ในการคำนวณค่า U สามารถหาได้จากส่วนกลับของค่าความต้านทานรวม (ค่า R) หรือเขียนเป็นสมการได้คือ โดยที่ค่า R จะเป็นผลรวมของค่าความต้านทานของผนังทั้งหมดและค่าความต้านทานของฟิล์มอากาศภายนอก ด้วยเหตุนี้ความเร็วลมจึงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า R และค่า U ด้วย เนื่องจากเมื่อความเร็วลมเปลี่ยนแปลงไป ค่าความต้านทานของฟิล์มอากาศก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย (รายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่องนี้สามารถศึกษาจาก ASHRAE Handbook of Fundamental)

สัมประสิทธิ์การบังแดดหรือค่า SC (Shading Coefficient) คืออัตราส่วนระหว่างพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านผนังกระจกหรือช่องแสงเข้ามาต่อปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังกระจกใสที่มีความหนา 1/8 นิ้วเข้ามาด้วยเหตุนี้ค่า SC จึงอาจเขียนเป็นสมการได้คือ

$$SC = \frac{\text{Solar Heat Gain of fenestration}}{\text{Solar heat Gain of Reference Glass}}$$

Solar heat Gain of Reference Glass

โดยที่ Reference Glass คือ กระจกใสหนา 1/8 นิ้ว ที่มีมุมตกกระทบในแนวตั้งฉาก (Normal Incident Angle) มีค่าการยอมให้แสงผ่าน (Solar Transmission) = 0.86 มีค่าการสะท้อนรังสี = 0.08 และมีค่าการดูดซับความร้อน = 0.06 ดังนั้นกระจกอ้างอิงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดหรือค่า SC = 1

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) หมายถึง อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านวัสดุผนังและหลังคาส่วนโปร่งแสง หรือโปร่งใสของช่องแสงและก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าภายใน อาคาร ค่าดังกล่าวรวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกหรือวัสดุ โปร่งแสงโดยตรงกับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ที่ถูก ดูดกลืนไว้ในตัวกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงเข้ามายังภายในอาคาร ค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ให้ใช้ค่าจากผู้ผลิต กระจกหรือวัสดุโปร่งแสง ที่มีผลการทดสอบและวิธีการคำนวณที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

กระจก 2 ชั้น (Double Glazing) หมายถึง กระจก 2 ชั้น ที่มีช่องว่างอากาศอยู่ระหว่างแผ่นกระจกทั้งสอง เพื่อป้องกันการนำความร้อน กระจกชนิดนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท ความร้อนรวม (U-value) ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ของกระจกชั้นเดียว

กระจก Low-E เป็นกระจกสองชั้นที่มีช่องว่างอากาศอยู่ระหว่างแผ่นกระจกทั้งสอง และ กระจกที่อยู่ด้านนอกอาคารเป็นกระจก Low-E ที่เคลือบด้วยออกไซด์ ของโลหะมีลักษณะเป็นฟิล์มบางที่เกือบจะมองไม่เห็น มีคุณสมบัติการ แผลรังสีความร้อนที่ต่ำ แต่แสงส่องผ่านได้ หรือ อาจเป็นกระจกสองชั้น โดยที่ภายในช่องว่างอากาศจะมีแผ่นฟิล์มที่เคลือบด้วยสาร Low-E เพื่อ ป้องกันรังสีความร้อนหรืออินฟราเรด กระจกชนิดนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำกว่ากระจกชั้นเดียวและกระจกสองชั้น

หลังคา หมายถึง สิ่งที่ปกคลุมส่วนบนของอาคารสำหรับป้องกันแดดและฝน รวมทั้ง โครงสร้างหรือสิ่งอื่นใดซึ่งประกอบขึ้นเพื่อยึดเหนี่ยวสิ่งปกคลุมนี้ ให้มั่นคงแข็งแรง

อีอีอาร์ (ERR) เป็นค่าจากภาษาอังกฤษย่อมาจากคำว่า Energy Efficiency Ratio ในด้านที่ เกี่ยวข้องแปลงหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง จะเท่ากับ $1,000 \times 3,412 = 3,412$ บีทียูต่อชั่วโมง ดังนั้นหมายความว่า เครื่องปรับอากาศเครื่องนี้มีค่า COP เท่ากับ $12,000 / 3,412 = 3.51$ เป็นต้น

บีทียู (Btu) คือ หน่วยที่ใช้วัดพลังงานความร้อน โดยกำหนดให้ปริมาณความร้อน 1 บีทียู หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้ 1 ปอนด์ ร้อนขึ้น 1 องศา ฟาเรนไฮต์

เปลือกอาคาร (Building Envelope) หมายถึง ทุกๆส่วนของอาคารที่สัมผัสกับอากาศภายนอก

ลูเมน (Iumen) คือ หน่วยที่ใช้วัดปริมาณพลังงานแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง จากค่าจำกัดความพลังงานแสงสว่าง 1 ลูเมน หมายถึง พลังงานที่ได้จากเทียนมาตรฐานขนาด 1 กำลั้งเทียนที่ตกกระทบบนพื้นที่ 1 ตารางฟุต โดยมีระยะห่างจากเทียนมาตรฐาน 1 ฟุต จากค่าจำกัดความนี้ จะพบว่า เทียนมาตรฐานขนาด 1 กำลั้ง

'Q - value' ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer) คือ ค่าที่ใช้แสดงความร้อนทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งอาจเรียกอีกอย่างว่า ค่า "Q" สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนพื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดดและค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (\text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

'K - value' ความสามารถในการนำความร้อน (Conductivity) คือ ความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่านและหน่วยวัดอุณหภูมิวัดเป็น $\text{Wm} / \text{m}^2 \text{ K} = \text{W/m.K}$ (หรือ $\text{W/m } ^\circ\text{C}$)

'R - value' ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity) คือ ค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ กรณีที่วัสดุซับซ้อนกันหลายชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานของความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อนจะเป็นส่วนกลับกับค่าการนำความร้อน

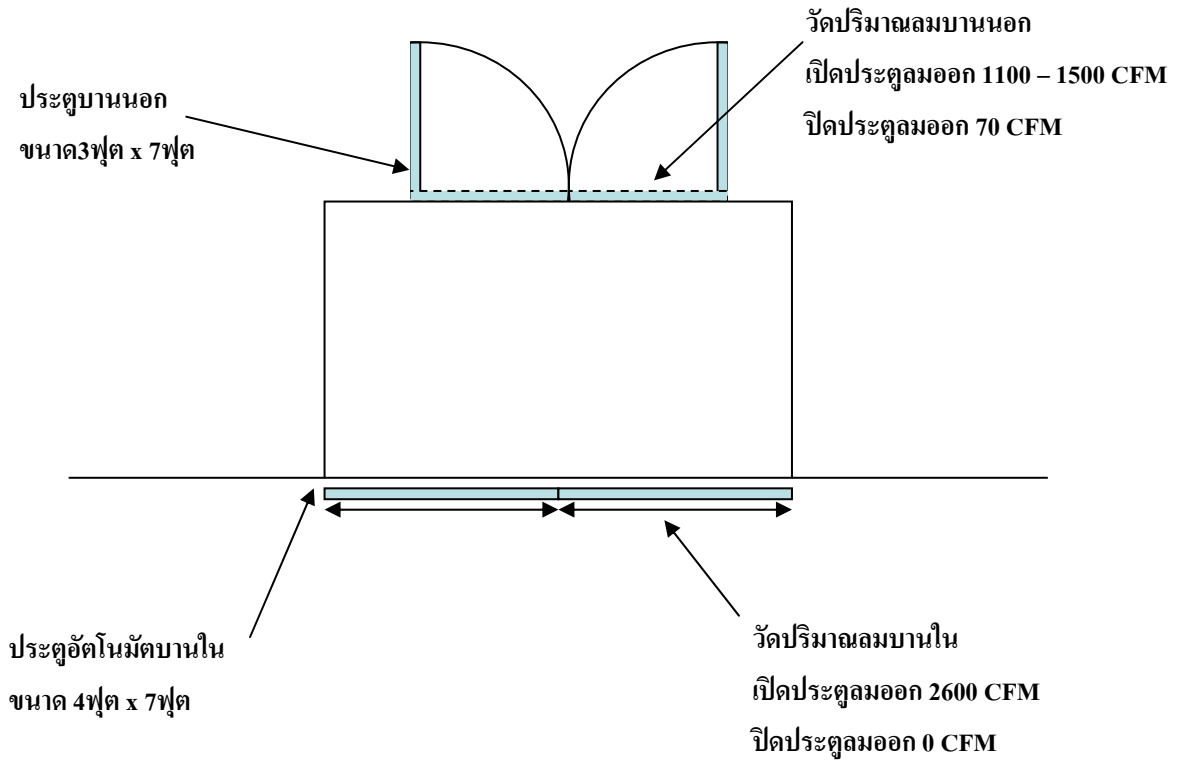
'C - value' ความจุความร้อน (Thermal Capacity) คือ ความจุความร้อนของสสาร จะเท่ากับผลคูณของมวลกับความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะของสสาร (Specific Heat Capacity) เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิเนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารที่มีมวลหนึ่งหน่วย มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยวัดเป็น $\text{Cal/g- } ^\circ\text{C}$ หรือ J/kg.K หรือบางกรณีใช้เป็น Wh/kg.K

OTTV	คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (Overall Thermal Transfer Value) มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ส่วนของผนังอาคารทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นผนังทึบหรือผนังโปร่งแสง เช่น ช่องประตู หรือ หน้าต่าง ซึ่งในปัจจุบันมีข้อกำหนดให้อาคารที่สร้างใหม่จะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังไม่มากกว่า วัตต์ต่อตารางเมตร (W / m^2)
RTTV	คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value) ซึ่งปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางหลังคาจะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผนัง โดยแปรไปกับคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุหลังคาและฝ้าเพดาน สีและความหนาแน่นของมวลหลังคา ซึ่งในปัจจุบันมีข้อกำหนดให้อาคารที่สร้างใหม่จะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาไม่มากกว่า วัตต์ต่อตารางเมตร (W / m^2)
LPD_i	คือ พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง รวมถึงพลังงานที่ใช้สำหรับบัลลาสต์ต่อพื้นที่ i มีหน่วยเป็น วัตต์/ตร.ม. (Wm^{-2})
EQD_i	คือ พลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อพื้นที่ i มีหน่วยเป็น วัตต์/ตร.ม. (Wm^{-2})
OCCU_i	คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ i มีหน่วยเป็น คนต่อตารางเมตร ($person.m^{-2}$)
VENT_i	คือ อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ สำหรับพื้นที่ i มีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที ($l.s^{-1}$)
COP_i	คือ ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของระบบปรับอากาศที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ i (ไม่มีหน่วย)
C_i	คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศขนาดเล็กหรือระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (air-handling system) ที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ i (ไม่มีหน่วย)
A_i	คือ พื้นที่ i มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

ภาคผนวก

1. รายละเอียดการคำนวณการลดความร้อนสูญเสีย จากการรั่วซึมของอากาศโดยใช้ประตู 2 ชั้น

การลดความร้อนสูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศ โดยการใช้ประตู 2 ชั้นจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 4,862 kWh/ปี หรือเป็นเงิน 14,586 บาท/ปี



สมมติฐานก่อนปรับปรุง ในระดับ 1100 – 1500 CFM

1. การรั่วซึมมีบ้างเล็กน้อยจากความดันที่เป็นบวกในอาคาร

กรณีที่	Inside Door	Outside Door	Infiltration (CFM)	Estimation Time (hours)
1	ปิด	ไม่มี	1300	6
2	เปิด	ไม่มี	2600	2

สมมติฐานหลังปรับปรุง

1. ให้การรั่วซึมเมื่อประตูทั้งสองชั้นปิด เป็น 70 CFM
2. ให้การรั่วซึม เมื่อประตูชั้นในเปิด แต่ประตูชั้นนอกปิด เป็น 70 CFM

กรณีที่	Inside Door	Outside Door	Infiltration (CFM)	Estimation Time (hours)
1	ปิด	ปิด	70	5
2	ปิด	เปิด	1300	1
3	เปิด	ปิด	70	1
4	เปิด	เปิด	2600	1

คุณสมบัติของอากาศที่ปรับแล้ว (สูญเสีย)

อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	เอ็นทาลปี
°C	%	Btu/lb
28	70	38.09

คุณสมบัติของอากาศใหม่

อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	เอ็นทาลปี
°C	%	Btu/lb
33	60	42.98

การสูญเสียความเย็นจากอากาศในอาคาร (ก่อนปรับปรุง)

DATA	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
อุณหภูมิของอากาศที่สูญเสีย	T_con		28.0	Celcius
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สูญเสีย	RH_con		70.0	%
เอ็นทาลปีของอากาศที่สูญเสีย	e_con	e(T_con,RH_con)	38.09	Btu/lb
อุณหภูมิของอากาศใหม่	T_env		33.0	Celcius
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใหม่	RH_env		60.0	%
เอ็นทาลปีของอากาศใหม่	e_env	e(T_env, RH_env)	42.98	Btu/lb
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียขณะปิด	CFM1		1300	CFM
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียขณะเปิด	CFM2		2600	CFM
ระยะเวลาที่ปิด	Time1		6	hours
ระยะเวลาที่เปิด	Time2		2	hours

DATA	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียเฉลี่ย	CFMpre	$(CFM1*Time1+CFM2*Time2)/(Time1+Time2)$	1625	CFM
ปริมาณความเย็นที่สูญเสีย	Q	$CFMpre*(e_{env}-e_{con})$	35758	Btu/hr
			2.98	TonR
ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น	kW/TonR		0.90	kW/TonR
กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการทำงานของเครื่องทำความเย็น	Ploss1		2.7	kW
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	CE		3.00	บาท/หน่วย
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	Eloss1	$Ploss1 * (Time1+Time2)$	21.5	kWh/day
จำนวนวันทำงานในหนึ่งปี	D		340	days
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	Eloss1y	$Ploss1 * (Time1+Time2) * D$	7,310	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	Mloss1	$CE*Esave$	21,930	บาท/ปี

การสูญเสียความเย็นจากอากาศในอาคาร (หลังปรับปรุง)

DATA	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
อุณหภูมิของอากาศที่สูญเสีย	T_con		28.0	Celcius
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สูญเสีย	RH_con		70.0	%
เอนทัลปีของอากาศที่สูญเสีย	e_con	$e(T_{con}, RH_{con})$	38.09	Btu/lb
อุณหภูมิของอากาศใหม่	T_env		33.0	Celcius
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใหม่	RH_env		60.0	%
เอนทัลปีของอากาศใหม่	e_env	$e(T_{env}, RH_{env})$	42.98	Btu/lb
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียขณะ ปิด/ปิด	CFM1		70	CFM
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียขณะ ปิด/เปิด	CFM2		1,300	CFM
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียขณะ เปิด/ปิด	CFM3		70	CFM
อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสียขณะ เปิด/เปิด	CFM4		2,600	CFM
ระยะเวลาที่ ปิด/ปิด	Time1		5	hours
ระยะเวลาที่ ปิด/เปิด	Time2		1	hours
ระยะเวลาที่ เปิด/ปิด	Time3		1	hours
ระยะเวลาที่ เปิด/เปิด	Time4		1	hours

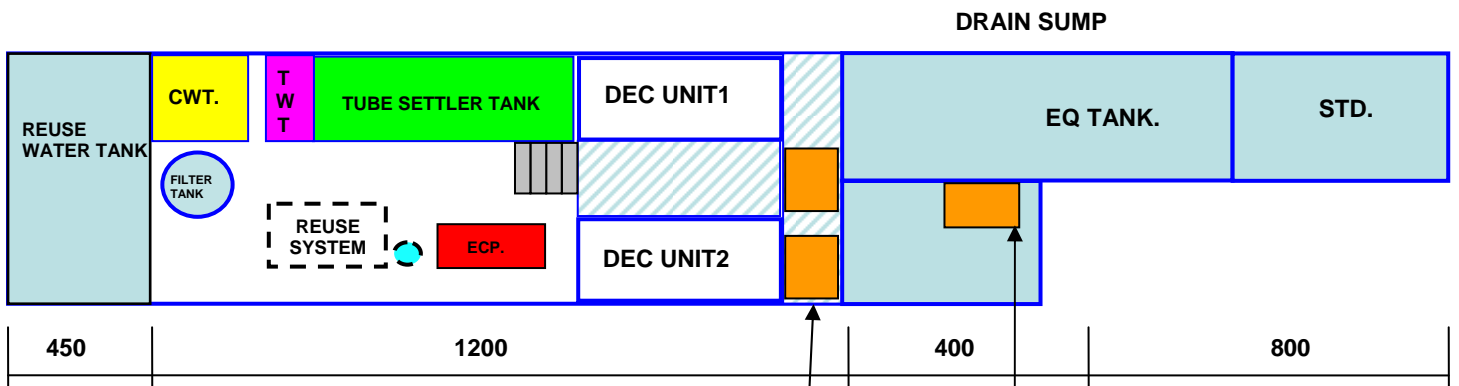
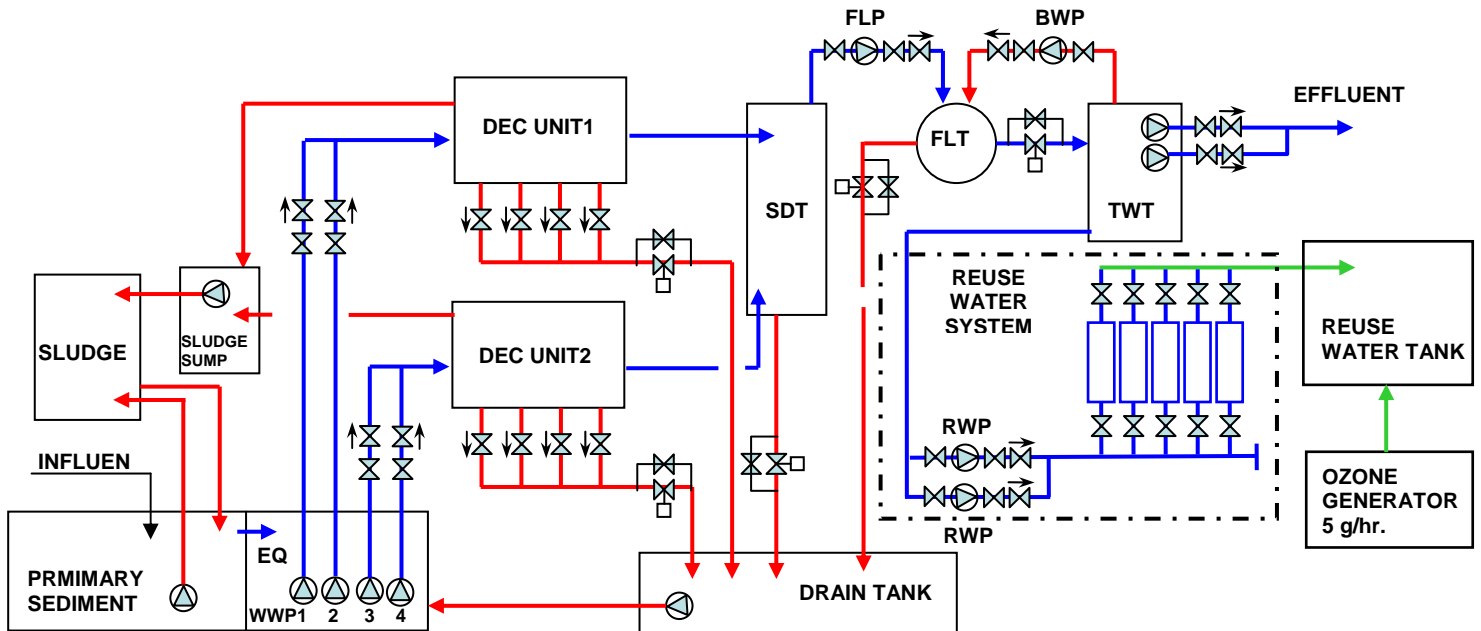
การสูญเสียความเย็นจากอากาศในอาคาร (หลังปรับปรุง)

อัตราการไหลของอากาศที่สูญเสีย เฉลี่ย	CFMpre	$(CFM1*Time1+CFM2*Time2+CFM3*Time3+CFM4*Time4)/$ $(Time1+Time2+Time3+Tim4)$	540	CFM
ปริมาณความเย็นที่สูญเสีย	Q	$CFMpre*(e_{env}-e_{con})$	11,883	Btu/hr
			0.99	TonR
ความสามารถในการทำความเย็น ของเครื่องทำน้ำเย็น	kW/TonR		0.90	kW/TonR
กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการทำงาน ของเครื่องทำความเย็น	Ploss1		0.9	kW
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	CE		3.00	บาท/หน่วย
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	Eloss1	$Ploss1*(Time1+Time2+Time3+Time4)$	7.2	kWh/day
จำนวนวันทำงานในหนึ่งปี	D		340	days
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	Eloss1y	$Ploss1*(Time1+Time2+Time3+Time4) * D$	1,872	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ สูญเสีย	Mloss1	$CE*Esave$	5,615	บาท/ปี

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าพลังงานสูญเสียที่ลดลง} &= \text{ก่อนปรับปรุง} - \text{หลังปรับปรุง} \\
 &= 7,310 - 2,448 \text{ kWh/ปี} \\
 &= 4,862 \text{ kWh/ปี} \\
 &= 14,586 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

BLOCK DIAGRAM ระบบบำบัดน้ำเสีย DEC-System และระบบ Recycle น้ำ ด้วย Microfiltration

โครงการ กสิกรไทย แจ่งวัฒนะ



NOTE :

- WWP. = WASTE WATER PUMP
- FLP. = FILTER PUMP
- BWP. = BACK WASH PUMP
- STD. = SEDIMENT TANK
- FLT. = FILTER TANK
- TWT. = TREATED WATER TANK
- CWT. = CLEAR WATER TANK
- RWP. = RAW WATER PUMP

การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย DEC-System และระบบ Recycle น้ำด้วย Microfiltration

อุปกรณ์หลักในระบบ

- **DEC UNIT 1 และ DEC UNIT 2** ทำหน้าที่ในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ทฤษฎี Electrocoagulation เมื่อมีการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านขั้วไฟฟ้าและชุด Electrochemical Reactor จะทำการจ่ายไอออนออกมาทำปฏิกิริยากับไอออนของสิ่งสกปรกในน้ำเสีย ให้รวมตัวกันเป็นกลุ่มตะกอนและแยกตัวออกจากน้ำด้วยฟองก๊าซที่เกิดจากการแตกตัวของน้ำเป็นก๊าซออกซิเจนและก๊าซไฮโดรเจน พองตะกอนให้ลอยตัวขึ้น ถึง DEC จะมีชุดปาดตะกอนที่จะทำการปาดตะกอนออกนอกถังลงสู่ถังเก็บตะกอน

- **Sediment Tank (SDT)** จะทำหน้าที่พักน้ำเพื่อให้ตะกอนที่ออกมาพร้อมน้ำที่ผ่านการบำบัดใน DEC UNIT และ DEC UNIT 2 แล้วตกลงกันถึง ในถัง Sediment จะมีอุปกรณ์ Tube Settler ติดตั้งอยู่ภายใน เพื่อช่วยให้การตกตะกอนได้ดีขึ้น(ตามเอกสารทฤษฎีและหลักการทำงาน)

- **Filter Tank (FLT)** ทำการกรองตะกอนละเอียดที่เหลือมาจาก Sedimentation Tank ถึงกรองจะสามารถเก็บตะกอนละเอียดได้ขนาด 20 ไมโครเมตรได้

- **Treat Water Tank (TWT)** ทำการเก็บน้ำเพื่อรอปล่อยทิ้งและนำน้ำบางส่วนกลับมาเข้าระบบ Recycle น้ำต่อไป

- **ระบบ Recycle น้ำ** เป็นระบบกรองน้ำแบบที่ใช้ Membrane ชนิด Hollow Fiber Microfiltration Membrane วัสดุที่ใช้เป็น Membrane ชนิด Polyvinylidene Fluoride (PDVF) ทนทานต่อการใช้งาน สามารถกรอง Particle ที่เล็กถึง 0.1 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถกรองแบคทีเรียชนิดต่างๆได้ และสามารถกรองไวรัสบางส่วนได้ด้วย ใช้ความดันในการกรองต่ำ

ขั้นตอนการทำงานของระบบ

- ระบบจะทำงานหรือหยุดทำงานตามระดับน้ำใน EQ Tank

Medium Level ระบบเริ่มทำงาน

LOW LEVEL ระบบหยุดทำงาน

- เมื่อระดับน้ำเสียใน EQ อยู่ในระดับ Medium WWP1 และ WWP3 จะเริ่มทำงานเพื่อนำน้ำเสียเข้าสู่ DEC UNIT 1, 2 และชุดจ่ายประจุไฟฟ้า (ECR) ใน DEC UNIT 1, 2 จะเริ่มทำงาน

- เมื่อนำน้ำเสียเข้าไปใน DEC UNIT และผ่านชุดจ่ายประจุไฟฟ้าจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกับน้ำเสีย ทำให้สารแขวนลอยและสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียเกิดเป็นตะกอนลอยขึ้นด้านบนของ DEC UNIT ซึ่งตะกอนที่ลอยขึ้นจะถูกปาดลงเก็บไว้ใน Sludge Tank น้ำที่แยกตะกอนแล้วจะไหลลงสู่ Sediment Tank

- น้ำใน Sediment Tank จะไหลจากด้านล่างผ่าน Tube Settlers (ซึ่งทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำ) ขึ้นสู่ด้านบนของถัง และไหลต่อไปยังช่องรับน้ำด้านล่างข้างถัง ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยัง Filter Tank เพื่อกรองตะกอนที่เหลือออกมากับน้ำออก น้ำที่ผ่านการกรองจะส่งมายัง Treat Water Tank บางส่วนจะส่งออกไปนอกอาคารและบางส่วนจะนำเข้าสู่ระบบ Recycle

- Recycle น้ำ น้ำจะถูกปั๊ม RWP1 ผ่าน Membrane ชนิด Microfiltration และนำมาเก็บใน Reuse Water Tank เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารควบคุม , กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับ DANIDA (Danish International Development Assistance) , 2547
2. โครงการจัดทำหลักเกณฑ์และแนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , สิงหาคม 2549
3. เอกสารการประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม, โครงการดำเนินการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยการติดฉลาก , กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551
4. คู่มือประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร “การอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ”, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , 2550