การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ

ร.อ.นนทรัฐ ระหงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2561

Assessment and Improvement of Energy Performance of Royal Thai Air Force Residential Buildings

Flt.Lt. Nontarat Rahong

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Engineering Management

Dhurakij Pundit University

2018

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ

เสนอโดย เรืออากาศเอก นนทรัฐ ระหงษ์

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

วิชาเอก การจัดการทรัพยากรอาคาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล นาวงษ์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 18 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2567

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ
ชื่อผู้เขียน	ร.อ.นนทรัฐ ระหงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

โครงการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการออกแบบและการประเมินสมรรถนะอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งประกอบด้วยอาคารหลัก 3 อาคาร ได้แก่ อาคารชุดพักอาศัย ทอ.โสด เขต 3,ทุ่งสีกัน เขต 6 และ สถานีรถไฟดอนเมือง เขต 6 โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ 1. เพื่อศึกษาการออกแบบอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และ 2. ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร (RTTV), ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (COP) กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร (W/m^2) และการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารต่อปี (kWh/ปี) โดยการศึกษาประกอบด้วย การสำรวจ ประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร ทำการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Building Energy Code : BEC) เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานในอาคาร และเสนอแนวทางในการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขการเลือกใช้วัสดุที่ต้นทุนต่ำที่สุดเผื่อให้อาคารนั้นสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กฎกระทรวงฯกำหนด จากการศึกษาพบว่า วิธีที่ควรนำมาใช้ในการปรับปรุงอาคาร โดยพิจารณาประกอบกับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้แก่ การปรับปรุงกรอบผนังอาคารโดยใช้คอนกรีตมวลเบา G2 กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag (TE110) หนา 6 มม. หลังคากระเบื้องซีเมนต์ลอนคู่ หนา 6 มม. พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5 เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงาน ประเภทอาคารชุด ให้อาคารนั้นผ่านรับการรับรองเป็นอาคาร มาตรฐาน BEC อีกทั้งผลที่ได้จากการจากการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารแล้ว

ค่า OTTV, RTTV, LPD, COP และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารต่อปี ของอาคารที่พักอาศัยกองทัพอากาศ

Thematic Paper Title Assessment and Improvement of Energy Performance of Royal Thai Air Force Residential Buildings

Author Flt.Lt. Nontarat Rahong

Thematic Paper Advisor Assistant Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.

Department Engineering Management

Academic Year 2017

ABSTRACT

The purposes of this study were to find a designing guideline and assess the performance of the Royal Thai Air Force's residential buildings for energy conservation. There were three buildings, including residential buildings for single airman located at district 3, Thung See Kun at district 6 and Don Mueang station at district 6. This study aimed to 1) find a designing guideline of the Royal Thai Air Force's residential buildings for energy conservation; and 2) assess the Overall Thermal Transfer Value (OTTV), Roof Thermal Transfer Value (RTTV), Coefficient of Performance of air conditioner (W/m^2) (COP), and total electricity use of the building (kWh per year) by surveying, evaluating and analyzing energy usage in the buildings. The buildings were simulated by Building Energy Code (BEC) to assess energy usage in the buildings for presenting improving guideline for properly using electricity in the building under the terms of selecting the lowest cost material, the building could pass the criteria set by the Ministry's regulations. The study showed that the suitable method for restoring the building which was considered with economic analysis was improving building envelope by autoclaved aerated concrete (G2), Solar Tag (TE110) 6 mm thick, roman cement tile roofing 6 mm thick, fiberglass insulation which was density as 16 kg per cubic meter and thickness 50 mm, LED Lighting and air conditioner with label no.5 in order to be a guideline as energy saving prototype building to be up to BEC-certified and the result of building material improvement showed that value of OTTV, RTTV, LPD, COP and energy use of the building per year of the Air Force's residential buildings which met up the criteria set by the Ministry's regulations.

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของการจัดทำสารนิพนธ์เรื่อง “การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ” ได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาตลอดระยะเวลาของการวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิทยานิพนธ์ รวมถึงได้รับความกรุณาจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากข้าราชการ พนักงานราชการ และลูกจ้าง กรมช่างโยธาทหารอากาศ ที่ได้กรุณาสนับสนุนข้อมูลวัสดุประกอบอาคาร พร้อมแบบรูปอาคาร จึงทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่าน

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ มารดา และ บุคคลอีกหลายท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาตลอด หากมีข้อบกพร่องใดในสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ร.อ.นนทรัฐ ระหงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 6

1.4 ขั้นตอนการวิจัย..... 7

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 7

1.6 การประเมินผล..... 8

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับ..... 8

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 8

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

2.1 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในประเทศไทย..... 9

2.2 เกณฑ์และวิธีการที่ใช้ในการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพของอาคาร..... 10

2.3 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร..... 12

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร..... 16

2.5 ระบบเปลือกอาคาร..... 20

2.6 สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์..... 23

2.7 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของอาคาร..... 26

2.8 การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร..... 29

2.9 เทคโนโลยีของวัสดุกระจก..... 35

2.10 การใช้ระบบแสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ..... 40

2.11 การคำนวณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร..... 46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

2.12 การคำนวณการใช้พลังงานของระบบอื่นๆ ภายในอาคาร..... 54
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 55
3. วิธีการดำเนินการวิจัย..... 62
3.1 ประเภทของงานวิจัย..... 62
3.2 วิธีการวิจัย..... 63
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 63
3.4 ปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย..... 64
3.5 วิธีวิเคราะห์ผลการวิจัย..... 66
4. ผลการวิจัย..... 67
4.1 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(โสด) เขต3..... 67
4.2 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 81
4.3 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 96
5. สรุปผลการวิจัย..... 109
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 109
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 112
บรรณานุกรม..... 114
ประวัติผู้เขียน..... 117

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ.....	11
2.2	อุณหภูมิอากาศเป็นมาตรวัดสภาวะน่าสบายขั้นพื้นฐาน โดยข้อมูลเบื้องต้นที่ควรคำนึงถึง.....	16
2.3	ความเร็วลมที่เคลื่อนที่เพื่อสร้างสภาวะที่พอเหมาะอยู่ระหว่าง 3-4.5 เมตรต่อวินาที	18
2.4	ความต้องการการถ่ายเทอากาศของอาคารแต่ละประเภท.....	24
2.5	คุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างกระจกสะท้อนแสดงที่เคลือบ 2 ระบบ.....	37
2.6	การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES ตามพื้นที่ใช้งานต่างๆ....	43
2.7	การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES และมาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน.....	44
2.8	ข้อมูลเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าติดตั้งของบัลลาสต์ Rapid Start กับElectronic Ballast……..	45
2.9	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นเป็นเครื่องปรับอากาศกับค่า EER	53
2.10	เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	53
4.1	ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารด้วยโปรแกรม BEC ทอ.(โสด) เขต3.....	72
4.2	แนวทางการออกแบบผนังอาคาร ทอ.(โสด) เขต3…….....	73
4.3	ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ทอ.(โสด) เขต3.....	74
4.4	ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ทอ.(โสด) เขต3…….....	75
4.5	แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคา ทอ.(โสด) เขต3.....	76
4.6	ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ของวัสดุฉนวนหลังคา ทอ.(โสด) เขต3.....	76
4.7	ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ทอ.(โสด) เขต3.....	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 ผลการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance ทอ.(โสด) เขต3..... 79

4.9 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วย
โปรแกรม BEC ทอ.(โสด) เขต3..... 80

4.10 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจาก
การเลือกใช้หลอดไฟ LED ทอ.(โสด) เขต3..... 80

4.11 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารด้วย
โปรแกรม BEC ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 85

4.12 แนวทางการออกแบบวัสดุกรอบอาคาร ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 86

4.13 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วย
โปรแกรม BEC ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6…….....……..... 87

4.14 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่ลดลง
ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 88

4.15 แนวทางการออกแบบวัสดุหลังคาพร้อมฉนวนกันความร้อน
ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 89

4.16 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วย
โปรแกรม BEC ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 90

4.17 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นวัสดุหลังคาที่เพิ่มขึ้น
ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6..... 90

4.18 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อน ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 91

4.19 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม BEC
ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 92

4.20 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น
ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 92

4.21 ผลการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 94

4.22 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วย
โปรแกรม BEC ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.23 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น
จากการเลือกใช้หลอดไฟ LED ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6..... 95
4.24 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคาร
ด้วยโปรแกรม BEC (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 100
4.25 แนวทางการออกแบบวัสดุหลังคาพร้อมฉนวนกันความร้อน
ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 101
4.26 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร
ด้วยโปรแกรม BEC ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 102
4.27 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นวัสดุหลังคาที่เพิ่มขึ้น
ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 102
4.28 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อน
ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 104
4.29 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วย
โปรแกรม BEC ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 104
4.30 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น
ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 105
4.31 ผลการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 106
4.32 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร
ด้วยโปรแกรม BEC ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 107
4.33 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น
จากการเลือกใช้หลอดไฟ LED ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6..... 108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ไม่ปรับอากาศสู่พื้นที่ที่มีการปรับอากาศ.....	26
2.2	การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นมวล.....	29
2.3	การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นผิวสะท้อนแสง.....	31
2.4	ขั้นตอนการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าเบื้องต้นของอาคารการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างสามารถคำนวณได้จากสูตร.....	54
4.1	แปลนพื้นชั้นล่าง และ แปลนพื้นชั้น 1 ทอ.(โสด) เขต3.....	69
4.2	แปลนพื้นชั้น 2-4 และ แปลนหลังคา ทอ.(โสด) เขต3.....	70
4.3	รูปด้านกรอบอาคาร ทอ.(โสด) เขต3.....	70
4.4	รูปด้านกรอบอาคาร ทอ.(โสด) เขต3.....	71
4.5	ผังบริเวณอาคาร ทอ.(โสด) เขต3.....	71
4.6	แสดงทิศทางการหันของอาคารอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3.....	74
4.7	แปลนพื้นชั้นล่าง และ แปลนพื้นชั้น 11 ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6.....	83
4.8	แปลนพื้นชั้นดาดฟ้า ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6.....	83
4.9	รูปด้านข้างของอาคาร ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6.....	84
4.10	รูปด้านหน้าของอาคาร ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6.....	84
4.11	ทิศทางการหันของอาคารอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6.....	87
4.12	แปลนพื้นชั้นล่าง ถึง ชั้นดาดฟ้า (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6.....	98
4.13	รูปด้านอาคาร (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6.....	99

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของปัญหา

จากความเจริญทางเศรษฐกิจนั้นส่งผลให้อาคารประเภทต่างๆ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อรองรับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล และอาจส่งผลให้เกิดแนวโน้มด้านการใช้พลังงานของประเทศไทยอาจเกิดขึ้นและทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น (พิมประภา จินดากร , 2559) ปัญหาเรื่องพลังงานเป็นปัญหาหลัก อันหนึ่งในระดับชาติ และระดับโลก อีกทั้งปัญหาพลังงานนั้นยังเกี่ยวโยงไปถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ในนานาประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย ได้มีการส่งเสริมแก้ไขปัญหาพลังงาน และสิ่งแวดล้อม สาเหตุที่ต้องประหยัดพลังงานและมีสำนึกในการใช้พลังงาน คงพอจะสรุปได้จาก 3 สาเหตุหลักคือ การหมดสิ้นของทรัพยากรแหล่งพลังงาน (Resource Depletion) ปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Issue) และปัญหาเศรษฐกิจ (Economic) การใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น ประเทศสูญเสียเงินตราเป็นจำนวนมากในการนำเข้าเชื้อเพลิง รัฐต้องลงทุนมหาศาลในการสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ เพื่อรองรับความต้องการดังกล่าว อีกทั้งเจ้าของอาคาร หรือกิจการที่ใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้ต้นทุนของธุรกิจสูงขึ้น โอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจก็จะลดลง

สถิติที่ผ่านมา 10 ปี ชี้ให้เห็นว่าภาคพาณิชยกรรม และพักอาศัยมีการใช้พลังงานโดยประมาณอยู่ระหว่าง 20-28 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานรวมทั้งประเทศ พลังงานที่ใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 38.4 และถ้าพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยก็จะเห็นว่าในภาคพาณิชยกรรมและพักอาศัย มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมกันสูงถึงร้อยละ 53.4 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และภาคอื่นๆ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 45.7, 0.2 และ 0.6 ตามลำดับ (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543) จะเห็นได้ว่าอาคารพาณิชย์ และอาคารพักอาศัยนั้น บริโภคพลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก บทบาทของผู้ออกแบบอาคารและผู้ใช้อาคารนั้นส่งผลกระทบโดยตรงกับการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศ หากเจ้าของอาคารและผู้ออกแบบร่วมมือกันทำอาคาร โดยมีจิตสำนึกในเรื่องพลังงาน และพยายามออกแบบอาคารให้ใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลดีให้กับสิ่งแวดล้อมและประเทศชาติ

กระทรวงพลังงานโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ออกกฎกระทรวงว่าด้วยกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการใน

การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2552 ตามมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไข้เพิ่มเติม พ.ศ. 2550) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอาคาร โดยเริ่มต้นตั้งแต่การออกแบบอาคารให้สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคาร และการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ โดยกฎกระทรวงกำหนดให้อาคาร 9 ประเภท ได้แก่ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุด อาคารชุมนุมคน อาคารโรงมหรสพ อาคารโรงแรม อาคารสถานบริการ และอาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า ที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงฯ และได้ออกประกาศกระทรวงพลังงานอีก 2 ฉบับ คือ เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ และเรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร รวมถึงเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code : BEC) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ประกอบการคำนวณเพื่อตรวจสอบแบบอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่ (กระทรวงพลังงาน, 2558) โดยมีค่าเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพด้านพลังงานตามกฎกระทรวงฯ ของแต่ละระบบเพื่อใช้เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ออกแบบและผู้ตรวจสอบอาคาร

การออกแบบอาคารให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ออกแบบควรทราบถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของสถานที่ตั้งอาคาร ลักษณะการใช้งานของอาคาร บริเวณการปรับอากาศและไม่มีการปรับอากาศ ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่อาคารได้รับในแต่ละวัน การเลือกใช้วัสดุผนังทึบและผนังโปร่งแสง การติดตั้งอุปกรณ์บังแดด การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง และการปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งการออกแบบที่ดีจะช่วยให้อาคารมีศักยภาพและมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน และในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทยนั้น ถูกกำหนดให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของกฎหมายควบคุมอาคาร ซึ่งผู้ที่จะขออนุญาตก่อสร้างอาคารจะต้องออกแบบอาคารให้เป็นไปตามเกณฑ์ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้อยู่อาศัยและเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งจะมีข้อกำหนดหลักๆ เกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร รายละเอียดมักจะอ้างถึงมาตรฐานที่องค์กรวิชาชีพหรือหน่วยงานวิชาการจัดทำขึ้น (กระทรวงพลังงาน, 2558)

หลักการที่จะทำให้อาคารเป็นอาคารที่การใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ผู้ออกแบบต้องขยาย ขอบเขตของการออกแบบ โดยรวมการพิจารณาเรื่องพลังงานเข้าไปด้วย พลังงานสามารถจะถูกมองเป็นหัวข้อหลักของการพิจารณาการออกแบบ ขั้นตอนพื้นฐานของการออกแบบที่สำนึกเรื่องพลังงาน (Energy Conscious Design) มีดังนี้ 1. ลดภาระพลังงานที่ใช้ในอาคาร

2. เลือกใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Resources) ก่อนอย่างใช้การได้ดี และ 3. ใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด (Nonrenewable Resources) ตามที่จำเป็นอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การพิจารณาทบทวนเรื่องการใช้พลังงาน (Energy Performance) ที่ได้ออกแบบไปในแต่ละขั้นตอนของขบวนการออกแบบ จากประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติผ่านๆ มา ระดับของความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานในแต่ละขั้นตอนของขบวนการออกแบบ พอจะสรุปได้ว่า ในช่วงต้นของการออกแบบอาคารมีความเป็นไปได้ของการประหยัดพลังงานมากถึงร้อยละ 40-50 แต่เมื่ออาคารก่อสร้างแล้วเสร็จการดำเนินการเพื่อประหยัดพลังงานนั้นมีเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้น

หลักการของการออกแบบสำนึกเรื่องพลังงาน (Energy Conscious Design) นั้น อาคารควรพึ่งพาระบบธรรมชาติให้มากที่สุดก่อนเพื่อทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ออกแบบนั้นอยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุด การออกแบบอาคารที่สอดคล้องและเข้ากับสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนั้นผู้ออกแบบอาคารควรพึ่งพาการออกแบบระบบที่ไม่ใช้เครื่องกล (Passive System) และใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ให้มากที่สุดก่อนเท่าที่จะทำได้ สำหรับการออกแบบอาคารขนาดเล็ก และขนาดกลาง การใช้ระบบ Passive และการใช้พลังงานหมุนเวียนสามารถกระทำได้มากกว่าอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูง การประหยัดพลังงานในอาคารนั้น โดยหลักใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่พลังงานที่ใช้ในการดำเนินการใช้ (Operating) อาคาร พลังงานที่ใช้ในอาคารที่ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญ คือ พลังงานที่ใช้ในระบบทำความเย็น (Cooling Load) และพลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง (Lighting Load) การออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานโดยมุ่งเน้นการออกแบบกรอบอาคาร ระบบทำความเย็นและระบบแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่ ตัวอาคารเองไม่มีประสิทธิภาพในการลดภาระการทำความเย็น และภาระการทำแสงสว่างแล้ว การประหยัดพลังงานก็ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ ในทางกลับกันก็เช่นเดียวกัน ถ้าตัวอาคารเองมีการออกแบบที่คำนึงถึงพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ดีแล้ว แต่ระบบทำความเย็น และระบบแสงสว่างมีประสิทธิภาพต่ำ และไม่สอดคล้องกับอาคารที่ได้ออกแบบไว้แล้ว การประหยัดพลังงานก็จะไม่บรรลุประสิทธิผลดังที่ได้ตั้งใจไว้ การทำงาน ร่วมกันระหว่างสถาปนิกและวิศวกรนั้นจึงมีความสำคัญมาก ดังนั้นการ ออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานต้องเริ่มต้นที่ตัวอาคารเองให้มีภาระการทำความเย็นและภาระการให้แสงสว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นจึงออกแบบเลือกระบบที่สอดคล้องกับการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง ผลลัพธ์ที่ได้คือ อาคารประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง

การที่จะออกแบบลดภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ให้กับอาคารนั้น ผู้ออกแบบจะต้องใช้ยุทธวิธีในการออกแบบที่จะลดความร้อนที่จะเกิดขึ้นในอาคาร (Heat Gain) ความร้อนที่จะเกิดขึ้นในอาคารนั้น มาจากแหล่งหลักๆ ดังนี้

1. การนำความร้อนจากภายนอกผ่านผนัง หลังคา และกระจก (Conduction Heat Gain)
2. ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain) ผ่านช่องทางเปิด (fenestration)
3. ความร้อนจากการระบายอากาศ (Ventilation Heat Gain)
4. ความร้อนจากการรั่วซึมอากาศ (Infiltration Heat Gain)
5. ความร้อนจากแสงประดิษฐ์ (Lighting Heat Gain)
6. ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร (Occupant Heat Gain)
7. ความร้อนจากอุปกรณ์ในอาคาร (Equipment Heat Gain)

อาคารแต่ละประเภทการใช้งาน ขนาดอาคาร รูปทรงของอาคาร ตำแหน่งที่ตั้งภูมิอากาศ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร (Heat Gain) แต่ละอาคารแตกต่างกันออกไป ผู้ออกแบบจะต้องมีความสามารถในการประเมินผล และการวิเคราะห์ว่าอาคารที่ได้ออกแบบไปนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร (Heat Gain) มาจาก แหล่งไหนที่เป็นผลกระทบหลักต่อภาระการทำความเย็น (Cooling Load) และจะเลือกวิธีการออกแบบใดบ้างที่สามารถลดความร้อน (Heat Gain) เหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบลดภาระแสงสว่าง (Lighting Load) ในอาคารนั้น มีข้อดีที่ส่งผลถึงภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ด้วย หลักการ ที่สำคัญในการลดภาระการทำแสงสว่างก็คือ การนำแสงธรรมชาติ (Day lighting) เข้ามาทดแทนแสงประดิษฐ์ (Artificial Lighting) และการออกแบบระบบแสดงประดิษฐ์ให้เหมาะสมแก่การใช้งานและมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากแสงสว่างธรรมชาติภายนอกมีปริมาณมากเกินพอเกือบตลอดทั้งวัน การออกแบบอาคารที่มีการใช้งานในช่วงกลางวัน โดยการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ส่องสว่างแก่พื้นที่ภายในอาคารให้มากที่สุดจะเป็นแนวทางที่จะลดภาระการทำแสงสว่าง ลงได้อย่างมีประสิทธิผล เมื่อพื้นที่ภายในอาคารมีแสงสว่างธรรมชาติอย่างเพียงพอ การใช้แสงประดิษฐ์ก็หมดความจำเป็น การที่ไม่เปิดใช้ระบบแสงประดิษฐ์นั้น นอกจากจะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการส่องสว่างแล้วยังสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นและภาระสูงสุด (Peak Load) ของระบบทำความเย็นอีกด้วย เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปสู่ดวงโคมนั้น นอกจากพลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนเป็นแสงสว่างแล้วยังเปลี่ยนมาเป็นความร้อนด้วย ดังนั้นถ้ามีการใช้แสงประดิษฐ์เป็นจำนวนมากความร้อนที่ออกมาจากดวงโคมก็จะเป็นภาระต่อระบบปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศก็ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น และทำงานมากขึ้นเพื่อดึง

ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร ออกไปทิ้งข้างนอก เพื่อคงระดับสภาวะน่าสบายภายในอาคารนั้นไว้ ท้ายสุดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงประดิษฐ์ และระบบทำความเย็นก็จะสูงขึ้นด้วย

หากต้องการทราบถึงประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงาน จะต้องมีการตรวจสอบประเมินผลการใช้พลังงานและเปรียบเทียบกับข้อกำหนดหรือมาตรฐาน เพื่อให้ทราบว่าอาคารนั้นประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด การที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบอาคารโดยนำแนวทางการออกแบบประหยัดพลังงานมาใช้แต่ปราศจากการตรวจสอบประเมินผล ทางด้านพลังงานว่าอาคารนั้นๆ มีการใช้พลังงานมากน้อยแค่ไหน หรือมีสมรรถนะ (Performance) การใช้พลังงานดีหรือไม่อย่างไร มีข้อเสนอหลายประการที่ใช้กำหนดการจำกัด การใช้พลังงานของอาคารในการดำเนินการใช้งานรูปแบบที่สลับซับซ้อนน้อยที่สุดแต่ยากต่อการปฏิบัติ ควบคุม คือข้อกำหนดที่กำหนดพลังงานที่อนุญาตให้ใช้พลังงานได้สูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ของอาคารต่อปี (Building Energy Performance Standard, BEPS) ในรูป ของ บีทียู/ตารางฟุต/ปี (Btu/sq.ft. yr.) หรือเมกะจูล/ตารางเมตร/ปี (MJ/sq.m.yr.) หรือกิโลวัตต์/ตารางเมตร/ปี (KW/sq.m. yr.) อีกข้อกำหนดหนึ่งเป็นข้อกำหนด ที่สลับซับซ้อนสำหรับการกำหนดแต่ค่อนข้างง่ายในการนำมาใช้ในการออกแบบ ผนัง หลังคา และส่วนต่างๆ คือ ข้อ กำหนดที่เป็นค่าสูงสุดของค่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร (Maximum Overall Thermal Transfer Value) หรือที่ตามกฎหมายที่ออกใช้บังคับในบ้านเราอีก OTTV (Overall Thermal Transfer Value) และ RTTV (Roof Overall Thermal Transfer Value) ข้อกำหนด ละเอียดย่อยอื่นๆ ลงไปก็ได้แก่ ประสิทธิภาพของเครื่องกล พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่าง การควบคุมอัตราการระบายอากาศ การควบคุมความชื้นและการใส่ฉนวนในท่อลม เป็นต้น สำหรับข้อกำหนดที่ใช้ในประเทศไทย เป็นข้อกำหนดค่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร หรือที่เรียกว่า OTTV & RTTV ข้อกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องกล และข้อกำหนดการให้แสงสว่าง ข้อกำหนด ดังกล่าวที่บังคับใช้อาจจะไม่สามารถทำให้อาคารประหยัดพลังงานจริงก็เป็นได้ เพราะ OTTV และ RTTV ควบคุมเฉพาะการนำความร้อน (Conduction Heat Gain) และรับสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain) เท่านั้น

กองทัพอากาศมีแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาสวัสดิการแก่ข้าราชการด้านอาคารพักอาศัยประเภทอาคารชุด (แฟลตทหารอากาศ) เพื่อให้การออกแบบอาคารสูงให้มีความสอดคล้องกับแนวทางของการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ทำให้อาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและไม่สิ้นเปลืองพลังงาน ช่วยให้กองทัพอากาศประหยัดงบประมาณด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง (กองทัพอากาศ, 2557)

จากสภาพปัญหาในอดีต อาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศในการออกแบบและการก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้าง ปัจจุบันยังมิได้คำนึงถึงแนวคิดการสร้างอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็น อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าต่อตารางเมตรของระบบไฟฟ้าส่องสว่าง และกำลังการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ตลอดจนทิศทางการหันของอาคารที่มีความเหมาะสม โดยวัสดุก่อสร้างนั้นอาจจะคำนึงถึงการก่อสร้างที่มีความแข็งแรงคงทน ราคาถูก ง่ายต่อการก่อสร้างและการซ่อมบำรุง ยังไม่ได้พิจารณาไปถึงการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

ด้วยเหตุผลที่ผู้วิจัยเป็นบุคลากรของกองทัพอากาศที่ปฏิบัติหน้าที่ด้านการออกแบบและควบคุมการก่อสร้างอาคาร จึงสนใจที่จะศึกษาถึงการออกแบบและการประเมินสมรรถนะด้านพลังงานอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร โดยคำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ซึ่งจะเป็นการเพิ่มสมรรถนะอาคารและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ ที่ส่งผลในการประหยัดงบประมาณด้านพลังงานให้กับกองทัพอากาศ และเป็นแนวทางในการออกแบบและการก่อสร้างอาคารของกองทัพอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV), ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP) และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

2. กำหนดแนวทางการออกแบบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดที่มีต้นทุนต่ำที่สุดที่สามารถผ่านเกณฑ์กฎกระทรวงฯได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย 3 ด้านคือ

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ เพื่อศึกษาอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร ที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมสวัสดิการทหารอากาศ

2. ขอบเขตด้านประชากรประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ศึกษาอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีแบบรูปมาตรฐานก่อสร้างใกล้เคียงกัน แต่วัสดุประกอบอาคารแตกต่างกัน

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา ระยะเวลาในการศึกษานั้นเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2561

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจะศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1.รวบรวมข้อมูล อาคารพักอาศัยกองทัพอากาศที่ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือดัดแปลงแล้วเสร็จ มีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ที่มีวัสดุประกอบอาคารที่แตกต่างกันโดย เก็บข้อมูลในส่วนของวัสดุกรอบอาคาร ผนัง กระจก หลัง ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องปรับอากาศ

2. นำข้อมูลของอาคารที่สำรวจเก็บข้อมูลใส่ในโปรแกรม BEC เพื่อให้ได้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV,วัตต์/ตร.ม.) ,ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP), การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)

3. นำค่าที่ได้จาก ข้อ 2 มาปรับเทียบตามเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ

4. ในกรณีมีค่าตามข้อ 2 ไม่ผ่านเกณฑ์ตามาตรฐานกฎกระทรวงฯ จะดำเนินการเสนอแนวทางการปรับปรุงวัสดุในส่วนที่เกี่ยวข้องกับค่านั้นเพื่อให้สามารถผ่านเกณฑ์ได้ โดยคำนึงถึงต้นทุนวัสดุที่ต่ำที่สุดที่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯได้

5. สรุปแนวทางวัสดุประกอบอาคารที่เหมาะสมในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด ที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร Building Energy Code Software: BEC

2. โปรแกรม Microsoft Excel 2007

1.6 การประเมินผล

1. ประเมินเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV), ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP) และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (kWh/Y) อาคารก่อนปรับปรุงวัสดุประกอบอาคาร และอาคารหลังการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคาร

2. ประเมินเปรียบเทียบต้นทุนราคาวัสดุประกอบอาคารที่สามารถปรับปรุงให้อาคารสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯได้

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV), ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด LPD), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP) และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (kWh/Y) ของวัสดุประกอบอาคารที่แตกต่างกัน

2. เพื่อแนวทางในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่สามารถทำให้อาคารนั้น สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงได้

3. ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ

4. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบอาคารที่พักอาศัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV) รวมกัน

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value : RTTV) หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน (RTTV) รวมกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (Coefficient Of Performance : COP) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การออกแบบและการประเมินสมรรถนะอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานผู้วิจัยได้สรุปแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในประเทศไทย
2. เกณฑ์และวิธีการที่ใช้ในการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพของอาคาร
3. การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร
4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
5. ระบบเปลือกอาคาร
6. สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์
7. การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของอาคาร
8. การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร
9. เทคโนโลยีของวัสดุกระจก
10. การใช้ระบบแสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
11. การคำนวณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร
12. การคำนวณการใช้พลังงานของระบบอื่นๆ ภายในอาคาร
13. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในประเทศไทย

ตั้งแต่ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศในกลุ่มสแกนดิเนเวีย ได้เริ่มกำหนดให้บ้านที่อยู่อาศัย ต้องใช้ฉนวนกันความร้อนที่ รั่วไหลจากภายในบ้านผ่านผนังและหลังคา ภายหลังปี ค.ศ. 1973 ที่เกิดวิกฤติกรณีน้ำ มันในประเทศต่างๆ โดยเฉพาะใน สหรัฐอเมริกาได้พัฒนาเกณฑ์ที่กำหนดประสิทธิภาพพลังงานของอาคารและมีการออกกฎหมายให้บังคับใช้เกณฑ์เหล่านี้แก่อาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้าง “กฎหมายพลังงานอาคาร” (Building energy code, BEC) เกณฑ์เหล่านี้มักจะถูกเรียกว่า มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Standard for energy

efficiency or standard for energy conservation for new buildings)กระทรวงพลังงาน ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารขึ้นมา ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงอาคาร โดยจะตรวจสอบการใช้พลังงานตั้ง แต่ขั้นตอนการออกแบบว่าเป็นไปตามกฎหมายหรือไม่ แล้วจึงอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลงได สำหรับ ENERGY BUILDING CODE ในประเทศไทย มาตรที่20 ของ พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ในการออกกฎกระทรวงตามมาตรา 19 ถ้าคณะกรรมการควบคุมอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารได้ พิจารณาให้ความเห็นชอบที่จะนำมาใช้บังคับกับการควบคุมอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารด้วยแล้ว ให้ถือว่ากฎกระทรวงดังกล่าวมีผลเสมือนเป็นกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 แห่ง พรบ.ควบคุมอาคาร 2522 และให้ บรรดาผู้มีอำนาจหน้าที่ตามกม.ว่าด้วยการควบคุมอาคารมีอำนาจหน้าที่ควบคุมดู แลให้การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร เป็นไปตามกฎกระทรวงดังกล่าว และในกรณี เช่นว่านี้ แม้ว่าอาคารที่เข้าลักษณะเป็นอาคารควบคุมจะอยู่ในท้องที่ที่ยังมิได้มี พรฎ. ใช้บังคับ กม.ว่าด้วยการควบคุมอาคารก็ตาม ให้ถือว่าอยู่ ในบังคับแห่ง กม.ว่าด้วยอาคารควบคุมอาคารด้วย ทั้งนี้เฉพาะในขอบเขตที่เกี่ยวข้องเพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติตาม พรบ. นี้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ อาคารที่มีการก่อสร้างใหม่ (New Building) มีการประหยัดพลังงานอย่างน้อย 10% เทียบกับอาคารที่ออกแบบทั่วไป (Typical Building) ศักยภาพผลประหยัดรวม ลดการใช้ไฟฟ้า 1,400 ล้านหน่วย/ปี(120ktoe/y) คิดเป็นมูลค่า 5,000 ล้านบาท/ปี (ประเมินจากสถิติการก่อสร้างอาคารใหม่ ภาคเอกชน 3,000 อาคาร/ปี และภาครัฐ 300 อาคาร/ปีและ จากการตรวจประเมินแบบอาคารภาครัฐ)

2.2 เกณฑ์และวิธีการที่ใช้ในการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพของอาคาร

มาตรฐานและหลักเกณฑ์ ในการออกแบบ อาคารอนุรักษ์พลังงาน แบ่งออกเป็น 6 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ระบบกรอบอาคาร ส่วนที่ 2 ระบบแสงสว่าง ส่วนที่ 3 ระบบปรับอากาศ ส่วนที่ 4 อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน ส่วนที่ 5 การใช้พลังงานรวม และส่วนที่ 6 การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร โดยส่วนที่ 1 ระบบกรอบอาคาร (Building Envelope) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) 2. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value : RTTV) ส่วนที่ 2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (ไม่คิดรวมพื้นที่จอดรถ) หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Lighting Power Density : LPD) ส่วนที่ 3 ระบบปรับอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance : COP) ส่วนที่ 4 อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1.หม้อไอน้ำ 2.หม้อต้มน้ำร้อน 3.เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊ม ส่วนที่ 5 การใช้พลังงานรวม คือ การใช้พลังงานโดยรวม

ของอาคารที่ออกแบบจะต้องต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานรวมของอาคาร อ้างอิง และส่วนที่ 6 การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร การใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่าง เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคาร ให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนในกรณีที่มีระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติ เพื่อการส่องสว่างตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าไม่มีการตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยการออกแบบดังกล่าวต้องมีเงื่อนไขดังนี้ 1. เงื่อนไขในการไม่รวมการใช้ไฟฟ้าจากดวงโคม ออกแบบแยกสวิทช์ เปิด-ปิดดวงโคมสำหรับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ดวงโคมต้องมีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน 1.5 เท่า ของความสูงหน้าต่าง และแยกสวิทช์ กระจกหน้าต่าง ตามแนวกรอบอาคาร ต้องมี ค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดด (Effective Shading Coefficient : SC_{eff}) ไม่น้อยกว่า 0.3 อัตราส่งผ่านของแสงต่อความร้อน (Light to Solar Gain : LSG) ของกระจก มากกว่า 1 พื้นที่กระจกตามแนวกรอบหน้าต่างต้องไม่น้อยกว่าพื้นที่ผนังทึบ การใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ อาคารที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปหักออกจากค่าพลังงานรวมอาคาร

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ

ประเภทอาคาร	OTTV วัตต์/ตร.ม.	RTTV วัตต์/ตร.ม.	LPD วัตต์/ตร.ม.	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP
สถานศึกษา,สำนักงาน	≤50	≤15	≤14	3.22
ศูนย์การค้า/ห้างสรรพสินค้า สถานบริการ โรงมหรสพ อาคารชุมนุมคน	≤40	≤12	≤18	
โรงแรม,สถานพยาบาล อาคารชุด	≤30	≤10	≤12	

2.3 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

2.3.1 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานอาคาร

2.3.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์

- การศึกษารูปแบบ และตัวแปรที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า และประสิทธิภาพของอุปกรณ์อาคาร

- การศึกษาแนวทางในการดำเนินการจัดการพลังงาน การปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพอันจะก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

2.3.1.2 ระดับการตรวจวิเคราะห์พลังงาน

ความละเอียดของการวิเคราะห์พลังงานมีหลายระดับ ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมหลายๆ ประการและความเหมาะสมทางด้านเวลา การตรวจวิเคราะห์สามารถแบ่งได้ 2 ระดับ คือ

ก. การตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น (Preliminary Auditing)

การตรวจวิเคราะห์เบื้องต้นของอาคาร และดูแนวโน้มการใช้พลังงานจากกราฟในระยะที่ผ่านมา ข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นฐานสำหรับการเทียบประเมินการใช้ในระยะเวลาต่อไป และจะแสดงถึงชนิดของพลังงานที่สมควรได้รับการพิจารณาให้ความสำคัญในการตรวจสอบโดยละเอียด ทำให้สามารถแจกแจงให้เห็นได้ว่าพลังงานถูกใช้เป็นสัดส่วนเท่าใดในกิจกรรมแต่ละประเภท นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงแนวทางเลือกที่จะดำเนินการประหยัดพลังงานว่าควรจะมีทิศทางใดที่เป็นไปได้มากที่สุด และส่งผลให้มีศักยภาพสูงสุด (กฎกระทรวง ฉบับที่3, พ.ศ.2538)

ข. การตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียด (Detail Auditing)

เป็นขบวนการที่ต่อเนื่องจากข้อ ก. เป็นการตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลโดยมุ่งสนใจไปยังระบบย่อยต่างๆ ที่ได้รับการตัดสินที่จะหาแนวทางประหยัดพลังงานให้กับระบบนั้นๆ ผลที่ได้จะทำให้ทราบถึงสภาพการใช้พลังงานของระบบย่อยอย่างละเอียดตลอดจนความบกพร่องหรือความผิดปกติของระบบ พร้อมกันนี้จะสามารถหาวิธีต่างๆ ที่จะลดความบกพร่องหรือความผิดปกตินั้นให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งจะยังผลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตามต้องการ โดยรายละเอียดที่เพิ่มเติมขึ้น คือ การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่างๆ ดังนี้

- การลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
- การปรับอากาศและการใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ
- การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน
- การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

2.3.1.3 แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Retrofitting of BLDG. For Energy Conservation, 1984) มีรายละเอียด ดังนี้

1) การสำรวจเก็บข้อมูลของระบบเปลือกอาคาร

ก. การสำรวจลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร

- ประเภทของโครงสร้างและขนาดของอาคาร
- ทิศทางและแนวแกนของอาคาร
- วัสดุก่อสร้างอาคาร
- ขนาดและพื้นที่ช่องแสงในอาคาร
- ลักษณะการกันแดดให้ตัวอาคาร

ข. พื้นที่ใช้สอยในอาคาร

ค. การกำหนดตำแหน่งของห้องต่างๆ ในอาคาร

2) การสำรวจเก็บข้อมูลงานระบบในอาคาร

ก. ประเภทของระบบเครื่องกลที่ใช้ในอาคาร

ข. ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในเครื่องกลแต่ละชนิด

ค. ระบบการให้แสงสว่าง

- กำหนดตำแหน่งดวงโคมชนิดและขนาดของดวงโคมที่ใช้ในอาคาร
- เก็บข้อมูลวงจรในการเปิด/ปิดดวงโคมและตำแหน่งสวิตซ์ในอาคาร
- เก็บข้อมูลระดับความส่องสว่างในอาคาร
- พิจารณาลักษณะการใช้งานในแต่ละพื้นที่ที่มีการติดตั้งดวงโคม
- เก็บข้อมูลตารางการใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละห้อง

3) การสำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานของผู้ใช้อาคาร

ก. เก็บข้อมูลตารางการทำงานของผู้ใช้อาคาร

ข. พิจารณาจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลา

4) การสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

ก. เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารแยกแต่ละกิจกรรม

ข. เก็บข้อมูลตารางการเปิด/ปิด หรือตารางการทำงานของระบบปรับอากาศ วิธีการปรับ อากาศในแต่ละช่วงของปี ตารางและวิธีการดูแลรักษาเครื่อง

5) การสำรวจเก็บข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร

6) การสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาทั้งปริมาณ ค่าใช้จ่าย และความต้องการใช้พลังงานในอาคาร ข้อมูลประเภทของพลังงานที่มีการใช้งานในอาคาร

7) การสำรวจเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

2.3.1.4 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ การได้มาของข้อมูลอาจจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

ก. ข้อมูลจากเอกสาร เอกสารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ รายละเอียดการใช้วัสดุเปลือกอาคาร ใบเสร็จค่าพลังงาน วิธีการคิดค่าพลังงาน แผนผังอาคารการใช้งานอาคาร แผนภูมิระบบปรับ-จ่ายพลังงาน และรายละเอียดอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

ข. ข้อมูลจากการลงนามสำรวจ ข้อมูลจากการสัมผัสกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้การสังเกตประกอบการใช้เครื่องมือตรวจวัด เพื่อวัดปริมาณต่างๆ ตามต้องการ ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ค่าตัวประกอบกำลัง อุณหภูมิในพื้นที่ส่วนต่างๆ ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าการส่องสว่าง เป็นต้น

2.3.1.5 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ : ขั้นตอนที่สำคัญประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

ก. การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เป็นการตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารที่ผ่านมา ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่อาจได้มาจากเอกสารต่างๆ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคารและเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคาร เช่น การหาข้อมูลใช้พลังงานเชิงปริมาณและค่าใช้จ่าย ระยะเวลาที่ตรวจสอบย้อนหลังไม่ควรต่ำกว่า 12 เดือน

ข. การลงนามสำรวจข้อมูลเบื้องต้น เป็นการสำรวจสถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบัน โดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ทั้งนี้เพื่อตรวจดูว่ามีการใช้พลังงานอย่างไรและเป็นปริมาณเท่าใด โดยอาจพิจารณาเป็นรายชนิดเชื้อเพลิง ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการใช้พลังงานใดมาก ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดลำดับความสำคัญในการศึกษาละเอียดต่อไป นอกจากนี้แล้วการสำรวจในขั้นตอนนี้ยังจะเน้นไปที่การตรวจดูว่าการใช้พลังงานที่สูญเปล่า และไม่มีประสิทธิภาพอย่างเห็นได้ชัด เพื่อประเมินค่าศักยภาพในการประหยัดพลังงานในเบื้องต้นว่ามีมากน้อยเท่าใด คุ้มกับค่าใช้จ่ายและทรัพยากรที่จะใช้ไปเพื่อการศึกษาละเอียดหรือไม่

ค. การลงสนามสำรวจข้อมูลโดยละเอียด เป็นการนำอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อเก็บและรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นการดำเนินงานต่อจากการตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อตรวจหาพลังงานสิ้นเปลืองและสามารถปรับให้ลดลงได้ ด้วยเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานวิธีต่างๆ การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ดังนั้นสมควรที่จะแน่ใจว่าสิ่งที่เลือกตรวจวัดละเอียดนั้น ทำแล้วให้ประโยชน์ตอบแทนคุ้มกับค่าใช้จ่าย

ง. การวิเคราะห์ผล ได้แก่ การนำเอาข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ประเมินผลและจัดทำรายงาน

- ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และสัดส่วนการใช้พลังงาน

- ดัชนีการใช้พลังงานในระบบต่างๆ
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม
- ประสิทธิภาพการสูญเสียของอุปกรณ์ต่างๆ
- ประสิทธิภาพทางด้านระบบเปลือกอาคาร

วิธีการประหยัดที่เป็นผลจาการตรวจวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขดังที่กล่าวมาแล้ว จะต้องนำมาวิเคราะห์เงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ ตอบแทน เพื่อดูระยะเวลาคุ้มทุนหรืออัตราของผลตอบแทนที่ได้และเทียบกับเกณฑ์ของอาคารเพื่อการตัดสินใจดำเนินการต่อไป

2.3.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์พลังงาน

ในการตรวจวิเคราะห์พลังงานต้องอาศัยข้อมูลต่างๆ ของทางอาคาร ดังนี้

2.3.2.1 ข้อมูลทางด้านปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่าย

สำหรับปริมาณการใช้โดยรวมอาจหาได้จากใบแจ้งหนี้ หรือใบเสร็จเงินค่าพลังงานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีสิ่งที่ต้องทำความเข้าใจเพิ่มเติม ดังนี้

ก. ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาหรือมากกว่า

ข. หากไม่มีข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ ต้องใช้วิธีติดตั้งเครื่องมือวัดเฉพาะบริเวณที่ต้องการรู้ปริมาณการใช้พลังงาน

ค. หน่วยพลังงานที่ใช้ควรเป็นหน่วยทางกายภาพที่ซื้อขายกัน เช่น ตัน ลิตร ลูกบาศก์เมตร กิโลกรัม KWh เป็นต้น

ง. ใบเสร็จที่แสดงอัตรา ปริมาณ และวิธีการคำนวณราคาพลังงาน จะช่วยให้สามารถตรวจสอบเปรียบเทียบอัตราซื้อขาย เพื่อหาลู่ทางที่จะให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด

2.3.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบพลังงาน

การตรวจวิเคราะห์เบื้องต้นและการวิเคราะห์ละเอียด จำเป็นต้องรู้ข้อมูลทางเทคนิคของระบบอุปกรณ์ที่ผลิตและใช้พลังงาน ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการเตรียมการจัดหาไว้ ดังนี้

ก. แผนผังของอาคารและระบบพลังงาน ประกอบด้วย

ผังเนื้อที่แสดงตำแหน่งที่ตั้ง ชื่อ ประเภทอาคาร ทิศทางและขนาดวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง บริเวณที่บุฉนวน จำนวนพื้นที่ใช้สอย และพื้นที่ปรับอากาศ นอกจากนี้ควรแสดงตำแหน่งของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่สำคัญๆ

ข. ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่สำคัญๆ

โดยที่แต่ละเครื่องแสดงชื่อ ชนิด พิกัด ตำแหน่ง ระยะเวลาการทำงานปกติ กำลังส่งออกหรืออัตราผลผลิตปกติ และอัตราการใช้พลังงานปกติ ซึ่งรวมถึงเครื่องปั่นไฟฟ้า

สำรอง เครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ ทั้งหมดนี้อาจหาได้จากข้อมูลที่แผ่นป้ายเครื่อง หนังสือคู่มือประจำเครื่อง หรือสอบถามจาดผู้คุมเครื่อง หรืออ่านจากมาตรวัดประจำเครื่องแล้วแต่ความเหมาะสม

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ความรู้สึกร้อนหนาว หรือความน่าสบายของคน เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ได้แก่ ปัจจัยด้านกายภาพและเศรษฐศาสตร์

2.4.1 ปัจจัยเชิงกายภาพ ได้แก่ ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน รายละเอียดดังนี้

2.4.1.1 ปัจจัยภายนอก

2.4.1.1.1 อุณหภูมิอากาศ

การสร้างอาคารโดยคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้น ๆ ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญกับการสร้างอาคารที่อยู่อาศัยหรืออาคารสำนักงานเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากการสร้างอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นเขตร้อนหรือเขตหนาว จะช่วยในการลดพลังงานเพื่อระบบการทำความเย็นสำหรับเขตร้อน หรือแม้แต่ระบบทำความร้อนในเขตที่อยู่อาศัยของเขตหนาว

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิอากาศเป็นมาตรวัดสภาวะน่าสบายขั้นพื้นฐาน โดยข้อมูลเบื้องต้นที่ควรคำนึงถึง ได้แก่

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึง	รายละเอียด
1. Annual Curve	- อุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือน - ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดและต่อสุดของวัน - อุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำสุดที่บันทึก
2. Diurnal Temperature Swing	- ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิช่วงเวลากลางวันและกลางคืน
3. Heating-Cooling Degree Days	บอกระยะเวลาของ Ambient Temperature ที่อยู่นอกภาวะน่าสบายและช่วยประมาณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้
4. Bin Data	ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ความเร็วและทิศทางลม โดยสรุปเป็นจำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในทุกๆ 5 องศาเซลเซียส

ที่มา: Energy in design Technique, 1982

2.4.1.1.2 ปริมาณความชื้น

ความชื้นคือปริมาณความชื้นที่อยู่ในอากาศสามารถวัดออกมาใน 2 รูปแบบ คือ

ก. Absolute Humidity ปริมาณของน้ำที่อยู่ในอากาศโดยเกิดจากอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในอากาศต่อน้ำหนักของอากาศ (ปอนด์)

ข. Relative Humidity อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในอากาศอิ่มตัว ปริมาณสัดส่วนสูงสุดของไอน้ำที่สามารถคงอยู่ได้ในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ก่อนจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำจะถือว่ามีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100% ความชื้น มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายโดยตรง เนื่องจากความชื้นในอากาศมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาว เมื่อค่าความชื้นสูงมากๆ จะทำให้ร่างกายไม่สามารถระบายความร้อนด้วยการระเหยเหงื่อได้ ทำให้เกิดสภาวะไม่สบายอีกทั้งยังช่วยในการเจริญเติบโตของราและตะไคร่ เป็นต้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-80% (ธนิต จินดาวณิต, 2539)

2.4.1.1.3 ปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีผลกระทบต่ออาคารและที่ตั้ง 2 ประการ คือ พลังงานดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนพื้นที่ตั้งและทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ตั้งโครงการ

การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย

ก. รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งการแผ่รังสีโดยตรงมาก แต่ร่มเงาบังแดดนั้นมากเช่นกัน

ข. รังสีที่กระจายจากท้องฟ้าที่สะท้อนจากเมฆและฝุ่นละอองในอากาศ มีปริมาณสูง 0-90% ของปริมาณพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยรวมที่มาสู่อาคาร

ค. รังสีที่สะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียงซึ่งจะมากน้อยขึ้นกับทิศทาง สี ลักษณะพื้นผิว ฯลฯ

ปริมาณพลังงานความร้อนที่โลกได้รับมีค่าประมาณ 42 BTU / sq.ft.hr เมื่อพระอาทิตย์อยู่ตรงเหนือศีรษะและตกผ่านชั้นบรรยากาศที่บางที่สุด

2.4.1.1.4 ปริมาณ ทิศทางและความเร็วลม

ผู้ออกแบบสามารถใช้ลมช่วยในการปรับและควบคุมภาวะน่าสบายได้ โดยอาศัยข้อมูลดังนี้

ก. ทิศทางของกระแสลมที่เกิดขึ้น

ข. ความเร็วลม และความถี่ในการพัดผ่าน

ข้อมูลดังกล่าวแสดงใน Wind rose ซึ่งจะทำให้ผู้ออกแบบเห็นภาพรวมของการใช้ประโยชน์จากกระแสลม โดยกำหนดความเร็วลมที่ใช้ในการปรับเข้าสู่ภาวะน่าสบายต้องไม่น้อยกว่า 5 ไมล์/ชั่วโมง (8 กม./ชั่วโมง)

ตารางที่ 2.3 ความเร็วลมที่เคลื่อนที่เพื่อสร้างสภาวะที่พอเหมาะอยู่ระหว่าง 3-4.5 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมภายในห้องและสภาวะน่าสบาย		
ความเร็วลม (fqm)	**ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิที่ลดลง**	**ผลที่อาจเกิดขึ้น**
0-50	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50-100	ต่ำลง 2-3F	สบาย
100-200	ต่ำลง 4-5F	โดยทั่วไปรู้สึกสบายแต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200-300	ต่ำลง 5-7F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300	ต่ำลง 5-7F	ต้องการแก้ไขที่ถูกต้อง

2.4.1.1.5 ลักษณะรูปร่างที่ตั้งโครงการ

ลักษณะรูปร่างมีผลต่อ Microclimate เนื่องจากอุณหภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงของที่ตั้งจากระดับน้ำทะเลและมีผลต่อการเคลื่อนตัวของอากาศที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของกระแสลมท้องถิ่นนั่นเอง

2.4.1.1.6 ต้นไม้และพืชพันธ์ต่างๆ

ก. ช่วยลดอุณหภูมิโดยการดูดซึมปริมาณแสงอาทิตย์และอุณหภูมิผิวอาคารเนื่องจากการบังเงา

ข. มวลต้นไม้ขนาดใหญ่สามารถเปลี่ยนทิศทางของกระแสลม ลด – เพิ่มความเร็วลม

ค. การควบคุมผลกระทบด้านความร้อนที่ได้รับจากแสงแดด

2.4.1.1.7 แหล่งน้ำ

เนื่องจากน้ำมีค่า Special Heat สูง ทำให้บริเวณที่ตั้งรอบๆ แหล่งน้ำมีอุณหภูมิเย็นกว่าปกติ และช่วยลดการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่ขึ้นสูงสุดและต่ำสุด ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า “Evaporative Cooling”

2.4.1.2 ปัจจัยภายใน

ตัวอาคารและระบบอาคาร (Building and Systems) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับอาคารและระบบของอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ได้แก่ ระบบเปลือกอาคาร ระบบโครงสร้าง ระบบเครื่องกล ฯลฯ ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานนั้นผู้ออกแบบต้องแสวงหารูปแบบของอาคารและงานระบบต่างๆ ที่สอดคล้องกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่ใช้พลังงานน้อยในทุกๆ ด้าน

การพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จากแหล่งต่างๆ ดังนี้

ก. การนำความร้อนของผนังทึบ และการแผ่รังสีความร้อนของผนังกระจก

ข. ผู้ใช้อาคารและการใช้งาน (User and Operation) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคารและการควบคุมอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร รูปแบบการใช้งานหรือลักษณะของกิจกรรมต่างๆ กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร ได้แก่ ความต้องการด้านการระบายอากาศ ความต้องการระดับการส่องสว่าง ความเป็นไปได้ในการจัดกลุ่มกิจกรรม เป็นต้น ตลอดจนตารางการใช้งาน และการควบคุมระบบต่างๆ ในอาคาร

ค. ระบบการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

ง. อุปกรณ์ประกอบอาคารประเภทต่างๆ เช่น มอเตอร์ HAVC ปั๊มชนิดต่างๆ เป็นต้น

จ. การระบายอากาศและการรั่วซึมของอากาศ

2.4.2 ปัจจัยเชิงเศรษฐศาสตร์

การศึกษาเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงอาคารในแต่ละแนวทางเลือก ประกอบกับความเหมาะสมในการลงทุน เพื่อพิจารณาทางเลือกที่ให้ผลประโยชน์สูงสุดในการลงทุน โดยทำการศึกษาในเรื่องของ Cost Effective ระยะเวลาคืนทุน

2.5 ระบบเปลือกอาคาร (Building Envelope System)

สามารถแบ่งระบบเปลือกอาคาร ได้ 2 ระบบ คือ

ก. Heavy System

ข. Light System

2.5.1 ระบบ Curtain Wall ในอาคารสูง

ระบบ Curtain Wall หมายถึง ระบบผนังอาคารเบาชนิดไม่รับน้ำหนักนอกจากน้ำหนักของตัวเอง แรงลมกรรโชก Dynamic Pressure เป็นต้น เป็นผนังเบาที่แขวนห้อยอยู่กับโครงสร้างหลัก โดยถ่ายน้ำหนักผ่านตัวยึดเกาะเข้าสู่โครงสร้าง ทุกชิ้นส่วนองค์ประกอบทำงานอย่างต่อเนื่อง เป็นระบบต่อเนื่องทั้งในแนวด้านข้างและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแนวดิ่ง

2.5.1.1 การเลือกระบบเปลือกอาคารที่ใช้ผนัง Curtain wall

ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ในการเลือกระบบเปลือกอาคารที่ใช้ผนัง Curtain wall

ก. Comfort สภาพความสบายของการใช้อาคาร

ข. Energy Consumption ความสามารถในการประหยัดพลังงาน

ค. Daylight การใช้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ

ง. Cost ราคาของระบบที่เลือกใช้และการลงทุน

จ. Appearance ความสวยงามและทนทานต่อสภาพแวดล้อม

2.5.1.2 การป้องกันการถ่ายเทความร้อนของผนัง Curtain wall

การป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังใช้ Pressure Bar ออกจาก Mullion และมี Face Cover ครอบปิด Vinyl Spacer เป็นส่วนใหญ่ ระบบนี้มักจะเรียกกันว่า “Thermal Break”

2.5.1.3 การป้องกันการถ่ายเทความร้อนของส่วนแผ่นผืน

ส่วนแผ่นผืนทึบ จัดแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

ก. Veneer Type ประกอบด้วยเหล็กชุบเคลือบ หรืออลูมิเนียมชุมเคลือบ มีไส้และมีแผ่นประทับหลังซึ่งเคลือบสีสำเร็จ อาจจะบุฉนวนที่มีน้ำหนักเบา เช่น ใยแก้ว หรือใยหิน เป็นต้น

ข. Insulation Type ลักษณะเดียวกับแบบแรก แต่เพิ่มไส้และ Stabilizer ตรงกลางให้มีค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้น

ค. Sheet Type ส่วนมากเป็นแผ่นอลูมิเนียมที่มีความหนา ส่วนมากจะใช้ในบริเวณหน้าคานเพราะไม่ต้องมี Backing

ส่วนแผ่นผืนแบบใส วัสดุที่ใช้ส่วนมากเป็นกระจก เนื่องจากระบบ Curtain wall ยากแก่การติดตั้งที่กันแดด เพราะค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านเกิดจากความฝืดของผิว ความเร็วลมและรูปทรงของอาคารทำให้ผนังจะต้องรับน้ำหนักมากกว่าปกติ และถ้ามีที่กันแดดก็ไม่สามารถใช้ Gondola ทำความสะอาดระบบ Curtain wall ได้ ดังนั้นการพัฒนาทางด้านค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา จึงมุ่งที่กระจกเป็นสำคัญ คือ การพัฒนาโลหะบางๆ เคลือบเพื่อสะท้อนความร้อน เรียกว่า Reflective Coating หรือ Coating บนกระจกให้เป็น Heat Absorption ทำให้การผ่านของปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารน้อยลง

2.5.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

2.5.2.1 คุณสมบัติวัสดุเปลือกอาคาร

เปลือกอาคาร หมายถึง ผนังอาคาร หลังคา และหน้าต่างที่ประกอบกันเป็นตัวอาคาร การออกแบบควรพิจารณาถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารได้มากขึ้น อีกทั้งช่วยให้อาคารเข้าสู่ภาวะสบายได้ง่ายยิ่งขึ้น ในทางกลับกันถ้าไม่คำนึงถึงข้อนี้เลย อาคารนั้นจะใช้พลังงานสูงกว่าเดิม ดังนั้นคุณสมบัติของวัสดุเปลือกอาคาร (สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, 2537) ที่สำคัญและนำมาพิจารณาประกอบการออกแบบปรับปรุงอาคาร ได้แก่

ก. ความจุความร้อนของผนัง ผนังที่มีความจุความร้อนมากจะดูดและกักเก็บความร้อนไว้มาก ทำให้ความร้อนที่ไหลผ่านผนังเป็นไปในอัตราที่ช้าลง

ข. การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวผนังกับสภาพแวดล้อม เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังกับวัสดุอื่นๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นโดยเฉพาะในรูปแบบการแผ่รังสีความร้อน

ค. การถ่ายเทความร้อนของผนังให้อากาศโดยตรงด้วยพาความร้อน การถ่ายเทความร้อนของผนังด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านผิวและลักษณะของพื้นผิว

ง. ความสามารถในการดูดกลืนและกระจายความร้อนจากเปลือกอาคาร โดยทั่วไปวัสดุจะมีค่า Surface Emission ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 0.8 – 0.9 ซึ่งจะเพิ่มภาระการปรับอากาศของอาคาร ค่าการดูดกลืนความร้อนจะแปรตามความเข้ม – อ่อนของสีผิวอาคาร

จ. การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง สามารถใช้กับอาคารที่มีการปรับอากาศตลอดเวลาในช่วงกลางวัน เช่น อาคารสำนักงาน เป็นต้น วัสดุที่มีมวลสารมาก ส่วนใหญ่จะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัตถุที่มีมวลสารน้อยกว่า

ฉ. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคาร ปกติคำนวณได้จากปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารหรือออกจากอาคาร เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายใน มักใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุอาคารเป็นหลักในการพิจารณา

2.5.1.2 การออกแบบเปลือกอาคารที่เหมาะสมในภูมิอากาศแบบเมืองไทย

เพื่อให้เกิดผลดีที่สุดต่อการประหยัดพลังงาน ควรออกแบบโดยพิจารณาตัวแปรต่างๆ ดังนี้

ก. หลังคา

การออกแบบหลังคาจะต้องคำนึงถึงการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่จะถ่ายเทเข้าอาคาร โดยการนำความร้อน โดยการเลือกวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง สามารถสะท้อนแสดงอาทิตย์ได้ดี ทำให้อุณหภูมิของหลังคาลดลงด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

- การใส่ฉนวนกันความร้อน สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่อาคารได้โดยตรง ในกรณีที่มีแผ่นฟอยด์ที่มีผิวมันบุอยู่ผิวของแผ่นฟอยด์ช่วยสะท้อนรังสีความร้อนได้

- การระบายอากาศใต้หลังคา อาคารที่มีลักษณะเป็นจั่วสูงหรืออาคารที่มีช่องว่างอากาศใต้หลังคาเปรียบเสมือนฉนวนความร้อน และช่วยเพิ่มการระบายอากาศใต้หลังคาได้

- การลดพื้นที่รับแสง หรือหลีกเลี่ยงการรับแสงโดยตรงทำได้โดยอาศัยการบังเงาจากภายนอกอาคาร เช่น การปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาแก่หลังคา การใช้อุปกรณ์บังแดดบังหลังคาหรือการใช้หลังคาสองชั้น ช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกและด้านใน

ข. ผนังอาคาร

เป็นส่วนของกรอบอาคารอีกส่วนหนึ่งที่ความร้อนจากแสงอาทิตย์ สามารถถ่ายเทเข้าอาคาร โดยการนำความร้อน อาคารขนาดเล็กจะได้รับผลกระทบจากการนำความร้อนผ่านผนังอาคารมากกว่าอาคารขนาดใหญ่ เนื่องจากพื้นที่ใช้งานของอาคารเล็กอยู่ใกล้กับผนังอาคารมากกว่าอาคารขนาดใหญ่

- ควรเลือกวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงมากใช้ทำผนังอาคาร จะช่วยลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าอาคารได้มาก เช่น การใช้จาก ไม้หรือ การใช้ผนังเบา การเพิ่มช่องว่างอากาศ และการบุฉนวนกันความร้อนให้กับผนังอาคารที่มีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนต่ำ วิธีนี้เป็นวิธีที่ช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของอาคารให้สูงขึ้น

- การใช้ประโยชน์จากมวลของผนัง (Thermal Mass) สำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ผนังอาคารหนามาก เช่น แกนอาคาร (Core) หรือช่องลิฟท์ควรจัดให้อยู่ในทิศที่ต้องรับแสงอาทิตย์ในช่วงบ่าย เช่น ทิศตะวันตก เนื่องจากผนังอาคารที่เป็นคอนกรีตหนามาก จะต้านทานความร้อนได้ดี และสามารถหน่วงความร้อนที่ร้อนจัดในช่วงบ่ายไปไว้ในช่วงเย็นที่ไม่มีผู้ใช้อาคารได้ นอกจากนี้ในเวลากลางคืนยังสามารถคายความร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

- การใช้สีอ่อนหรือวัสดุสะท้อนแสงกับผนังด้านนอกของกรอบอาคาร เพราะสีอ่อนหรือสีโทนสว่าง เช่น สีขาว สีเขียวอ่อน สีเหลืองอ่อน และวัสดุสะท้อนแสงที่มีผิวมันเงา จะช่วยสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ได้ดี

ค. หน้าต่าง

อาคารที่ต้องการออกแบบให้สวยงามโดยนิยมทำเป็นกระจกเกือบทั้งหลัง ควรเลือกกระจกที่เป็นชนิดกันรังสีความร้อนได้ ติดฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อน หรือเป็นกระจบสองชั้นชนิดกันความร้อน เป็นต้น ควรป้องกันหน้าต่างไม่ให้ถูกแสงแดดกระทบโดยตรงด้วยการทำกันสาดหรือติดฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อน

2.6 สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์

2.6.1 ขอบเขตของสภาวะน่าสบาย (Comfort zone)

ขอบเขตสภาวะน่าสบาย คือ ขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งสภาวะสบายนี้ หมายถึง สภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นในอากาศที่พอเหมาะกับการที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนและไม่หนาวเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศที่มากเกินไปจนชื้น หรือน้อยเกินไปจนแห้งหายใจไม่สะดวก อัตราความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะไม่รบกวนจนรู้สึกได้

จากการศึกษาของ Victor Olgyay, 1969 พบว่า สภาวะน่าสบายจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ สภาวะในร่างกายและสภาวะนอกร่างกาย รายละเอียดดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> สภาวะในร่างกายที่มีผลต่อสภาวะสบาย คือ สภาพร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่ ที่มีความแตกต่างกัน เช่น คนที่อยู่ในเขตร้อนจัดและหนาวจัด การขับเหงื่อของคนในเมืองร้อนจะง่ายกว่าคนในเมืองหนาว การทนต่ออุณหภูมิร้อนจะสูงกว่าคนเมืองหนาว ซึ่งสรุปได้ว่าสภาวะสบายภายในร่างกายของคนแต่ละพื้นที่ต่างกัน

<u>ส่วนที่ 2</u> สภาวะนอกร่างกาย เป็นองค์ประกอบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นที่มีผลต่อสภาวะสบาย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative-Humidity) แสงแดด การแผ่รังสี ความเร็วลมและทิศทางของลม

จากการศึกษา Bioclimatic Chart ของกรุงเทพฯ ซึ่งจัดทำโดย The Center for Tropical and Near Eastrn Architecture, Pratt Institute, Brooklyn, N.Y. 1967 - 1968 สรุปได้ว่า "ขอบเขตของเขตสบายจะอยู่ที่อุณหภูมิ 22-29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์ 20 - 75%

2.6.2 การระบายอากาศ

การระบายอากาศมีหน้าที่ ดังนี้

2.6.2.1 การระบายอากาศเพื่อสุขภาพ (Health Ventilation)

2.6.2.2 การระบายอากาศเพื่อสภาวะน่าสบาย (Comfort Ventilation)

2.6.2.3 การระบายอากาศเพื่อทำความเย็นแก่ตัวอาคาร (Structure Cooling Ventilation)

การระบายอากาศเพื่อสุขภาพ (Health Ventilation) เป็นการถ่ายเทอากาศซึ่งจำเป็นต่อสุขภาพ เพื่อลดการป่วยจากการติดต่อกันทางอากาศ โดยเฉพาะเชื้อโรค และก๊าซพิษ การระบายอากาศเพื่อสุขภาพขึ้นกับหน้าที่ใช้สอยของอาคารที่มีความต่างกัน

ตารางที่ 2.4 ความต้องการการถ่ายเทอากาศของอาคารแต่ละประเภท

Building Type (excluding kitchens, baths)	**Recommended Ventilation Rates Par Occupant (cfm)**
Office Building	15-25
Hotels	15-20
Residential	7-10
Department Stores	10-15
Transportation Facilities	20-25
Auditoriums	10-20

ที่มา: Energy in Design Techniques, AIA, 1981

การระบายอากาศเพื่อสภาวะน่าสบาย (Comfort Ventilation) คือ การถ่ายเทอากาศเพื่อให้ได้มาของอุณหภูมิอากาศ ที่ผู้อยู่อาศัยไม่รู้สึกร้อน - หนาว โดยการใช้ความเร็วลมพัดผ่านอาคารด้วยช่องเปิดความเร็วลมที่ทำให้รู้สึกสบาย ณ อุณหภูมิและความชื้นที่กำหนด สามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้ (Cowan, 1991)

WSc = 30 *[DBT - 81 + 1.5 (RH-60) / 10]

โดยที่ WSc คือ ความเร็วลมมีหน่วยเป็น

DBT คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าความเร็วลมที่ได้จากสมการนี้ต้องไม่เกิน 300 fpm

การระบายอากาศเพื่อทำความเย็นแก่ตัวอาคาร (Structure Cooling Ventilation) ใช้ตัวกลางความร้อนที่เป็นอากาศเพื่อดึงความร้อนที่สะสมในวัสดุให้เย็นลง Conduction - Convenction เป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อน คือ อัตราการแรกเปลี่ยนพลังงานระหว่างผิวของวัสดุ กับอากาศที่ผิวสัมผัสซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ เมื่ออากาศที่ผิววัสดุนั้นถูกทำให้ร้อนขึ้นจะเกิดการนำพาความร้อนเสมอ เมื่ออากาศมีการเคลื่อนไหวมีอัตราการแรกเปลี่ยนอากาศ ซึ่งจะมีผลกับอัตราการนำความร้อนอากาศที่เคลื่อนไหวจะมีประสิทธิภาพในการรับ หรือถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอากาศนิ่ง ในการเปรียบเทียบการรับหรือปล่อยความร้อนของอากาศ สังเกตจากค่า “Wind Chill Index” (Donald Watson & Kenneth Labs, 1983)

$$WCI = (10.45 + 10(V)^{1/2} - V) * (33 - T_a)$$

โดยที่ WCI คือ Wind Chill Index (kcal/sqm.Hr)

V คือ ความเร็วลม (m/sec)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศ (^{o}C)

ค่าอุณหภูมิที่เกิดจาก Wind Chill (T_{WCI}) หาได้จากสมการ

$$T_{WCI} = -0.045440 *(WCI) + 33$$

2.6.3 การคำนวณ Life Cycle Cost & Payback Period

2.13.3.1 การคำนวณ Life Cycle Cost

Life Cycle Cost (ต่อปี) = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน + ค่าบำรุงรักษา + ค่าไฟฟ้า + ดอกเบี้ย + ค่าเงินจากอัตราเงินเฟ้อ + อื่นๆ

2.6.3.2 การคำนวณ Payback Period

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุนเพื่อการปรับปรุงอาคารใดๆ เปรียบเทียบกับผลในการลดค่าการใช้จ่ายรายปี ในแต่ละปีว่าจะสามารถคุ้มค่าการลงทุนในปีที่เท่าไหร่หลังจากเริ่มลงทุนในปีแรก โดยทั้งนี้จะพิจารณาถึงค่าอัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อที่คาดว่าเกิดขึ้นในปีต่อๆ ไป

$$\text{Payback Period} = \frac{\ln((r-d)C / A + 1)}{\ln((1+d) / (1+d))}$$

โดยที่ A = ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี

C = ค่าเงินที่ลงทุน

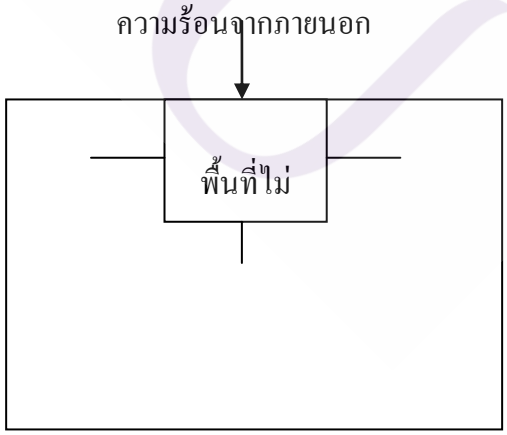
d = อัตราดอกเบี้ยที่ใช้พิจารณา

r = อัตราเงินเฟ้อ

2.7 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนจากภายนอกอาคารที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคาร ขึ้นกับวัสดุกรอบอาคารเป็นหลัก จึงถือเป็นหน้าที่ของสถาปนิกผู้ออกแบบโดยตรง ส่วนภาระการทำความเย็นจากภายในอาคารนั้นสมมติให้มีค่าคงที่เมื่อทำการปรับปรุงอาคาร

สำหรับอาคารควบคุมตาม พ.ร.บ. อนุรักษ์พลังงาน โดยปกติจะมีพื้นที่เป็นบางส่วนที่ไม่ปรับอากาศรวมอยู่กับพื้นที่ปรับอากาศ ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของระบบเปลือกอาคาร จึงอนุมานว่าพื้นที่ในอาคารเป็นพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด (ไม่รวมพื้นที่จอดรถหรือพื้นที่อื่นซึ่งไม่ปรับอากาศและมีพื้นที่ขนาดใหญ่) เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศได้ทางผนัง พื้น และเพดาน เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในที่สุด



ภาพที่ 2.1 การถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ไม่ปรับอากาศสู่พื้นที่ที่มีการปรับอากาศ

2.7.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคาร

ก) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาค่าการนำความร้อนของวัสดุใดๆ ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทย์ฯ กำหนด

ข) ค่าการนำความร้อน (C) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้ต่อไปนี้

$$C = k / \Delta x$$

โดยที่ C = ค่าการนำความร้อนของวัสดุ

Δx = ค่าความหนาของวัสดุ

ค) ค่าความต้านทานความร้อน (R) คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน

ง) ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ที่ผิวด้านนอกของอาคาร
- ที่ผิวด้านในของอาคาร
- ที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง หลังคาและเพดาน

2.7.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ทั้งอาคารเก่าและอาคารใหม่ต้องมีค่าไม่เกิน วัตต์/ตร.ม. และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศต้องมีค่าไม่เกิน 45 วัตต์/ตร.ม. สำหรับอาคารใหม่ และ 55 วัตต์/ตร.ม. สำหรับอาคารเก่า การคิดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดพื้นที่ของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกัน หรือ ส่วนของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกันของส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ

ก. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้านของอาคาร (OTIV)

$$OTTV_1 = (1- WWR)(TD_{eq})(U_W) + (WWR)(\triangle T)(U_f) + (WWR)(SC)(SF)$$

โดยที่ $OTTV_1$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและ/หรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้นๆ

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก/ผนังโปร่งแสง

$\triangle T$ = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ปกติใช้ที่ 10 องศาเซลเซียส)

ข. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (หรือ OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน โดยใช้สมการดังนี้

$$OTTV = \frac{(A_1)(OTTV_1) + (A_2)(OTTV_2) + (A_3)(OTTV_3) + \ldots\ldots\ldots + (A_n)(OTTV_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots\ldots + A_n}$$

โดยที่ OTTV = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร

A_1 = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ 1

$OTTV_1$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ 1

A_n = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ n

$OTTV_n$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ n

ค. ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้านของอาคาร ($RTTV_l$)

$$RTTV_l = U_r (1- RSR)\, TD_{eq} + SC\,(RSR)(SF) + U_{rf}\,(RSR)(\triangle T)$$

โดยที่ $RTTV_l$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณา

U_{rf} = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ

RSR = อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคา

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารทีรวมถึงการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาทึบ

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

U_r = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือส่วนที่เป็นหลังคาโปร่งแสง

$\triangle T$ = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ปกติใช้ที่ 10 องศาเซลเซียส)

ง. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (RTTV)

$$RTTV = \frac{(A_1)(RTTV_1) + (A_2)(RTTV_2) + (A_3)(RTTV_3) + \ldots\ldots\ldots + (A_n)(RTTV_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots\ldots + A_n}$$

โดยที่ RTTV = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร

A_1 = พื้นที่ทั้งหมดของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ 1

$RTTV_1$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ 1

A_n = พื้นที่ทั้งหมดของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ n

$RTTV_n$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ n

2.8 การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร

ฉนวนกันความร้อน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย และการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้น เมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้นมี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายๆ วิธีพร้อมกัน ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

ฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญ เนื่องจากฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ เพื่อให้ภายในอาคารมีสภาพเหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และเกิดภาวะความสบาย จึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร การใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารเป็นสำคัญ

2.8.1 การถ่ายเทความร้อนภายในฉนวน (ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537) แบ่งเป็น 2 แบบคือ

2.8.1.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นมวล

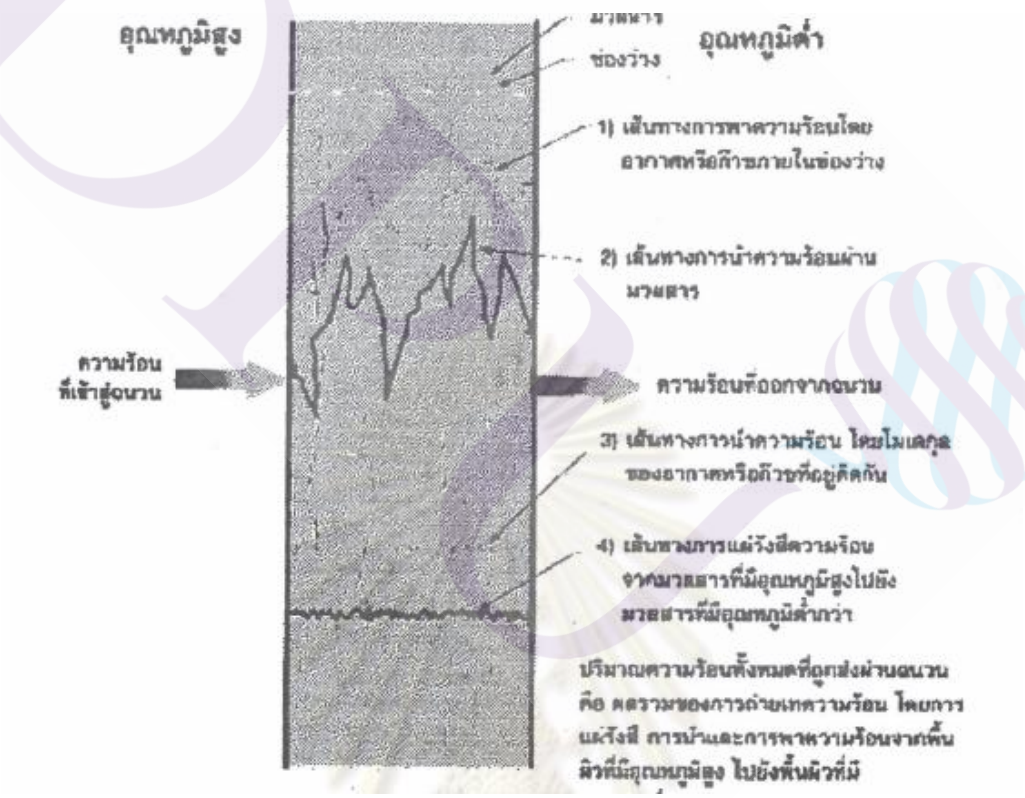
ความร้อนไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่จุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จากรูปความร้อนจะถ่ายเทจากผิวทางด้านซ้ายไปขวา ผ่านฉนวนที่เต็มไปด้วยช่องอากาศทำให้อัตราการไหลช้าลง และทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนลดลงอีกด้วย

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้ถูกต้อง จำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนกันความร้อนแต่ละประเภทก่อน ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็กๆ และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบทึบ เรียกว่า “ฉนวนมวลสาร”

เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวน ที่ค่าความหนาแน่นค่าหนึ่งสภาพการนำความร้อนปรากฏที่เกิดขึ้นจะลดลงได้ เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศ

ภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใยที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี และเมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มขึ้น การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนที่ลดลงเนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน จนกระทั่งเมื่อเส้นใยหรือเซลล์ต่อเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกันจะเกิดการนำความร้อนขึ้นภายในวัสดุจนถึงจุดที่การแผ่รังสีมีค่าน้อยกว่า การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น สภาพการนำความร้อนปรากฏเริ่มเพิ่มขึ้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการใช้ฉนวนมวลสาร จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นฉนวนจะมีค่าเหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น และฉนวนกันความร้อนที่ดี ควรมีสภาพนำความร้อนปรากฏต่ำสุด



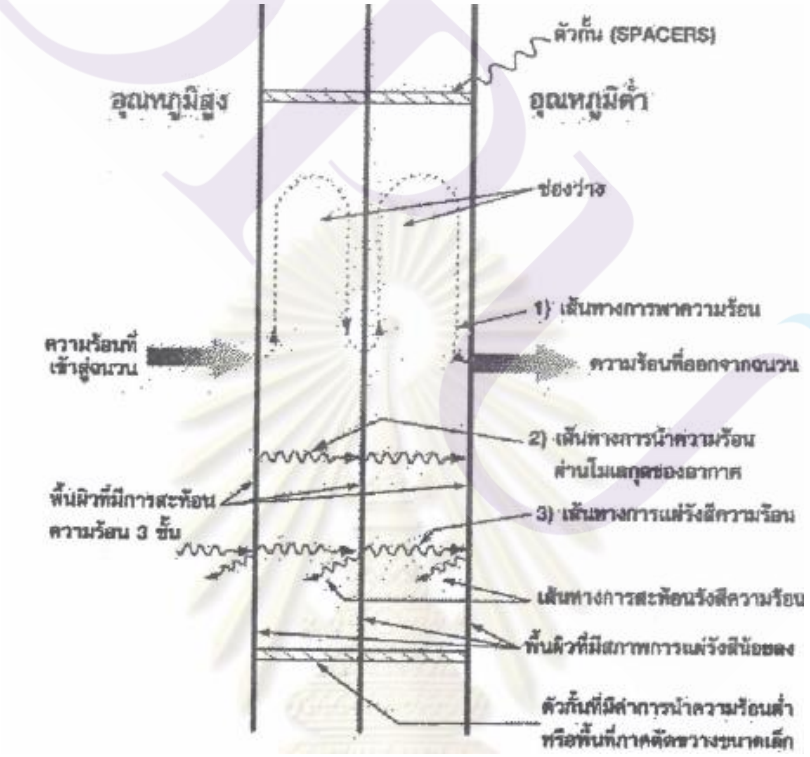
ภาพที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นมวล

ที่มา : การใช้ฉนวน, กรมพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2542)

2.8.1.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นผิวสะท้อนแสง

การทำให้เกิดการสะท้อนรังสีความร้อนไปมาระหว่างผิวสองด้าน โดยคุณสมบัติที่สำคัญของแผ่นวัสดุจะต้องมีค่าสภาพแผ่รังสี และดูดกลืนรังสีต่ำเป็นหลัก ส่วนช่องว่างระหว่างแผ่นกั้นเหล่านี้จะต้องก่อให้เกิดสภาพการนำความร้อนและการพาความร้อนน้อยที่สุด โดยการทำให้ช่องว่างเหล่านี้เป็นสุญญากาศ ฉนวนกันความร้อนอยู่ระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน โดยมีกระบวนการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น ส่วนใหญ่ทำจากอลูมิเนียมหรือเหล็กปลอดสนิม

การไหลของความร้อนผ่านฉนวนประเภทสะท้อนความร้อน 3 ชั้น ซึ่งประกอบด้วยการถ่ายเทความร้อน 3 รูปแบบ คือ การพาความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของอากาศ หรือก๊าซภายในช่องว่าง การนำความร้อนผ่านโมเลกุลของอากาศ และการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า แผ่สะท้อนและตัวกั้น จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานการพาความร้อน โดยการเคลื่อนที่ของอากาศแผ่นสะท้อนและตัวกั้นจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานการพาความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของอากาศ



ภาพที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นผิวสะท้อนแสง

ที่มา : การใช้ฉนวน, กรมพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2542)

2.8.2 การจัดประเภทของฉนวน

2.8.2.1. ฉนวนแบบแผ่นแข็ง ได้แก่ โพลิสไตริน, โพลียูรีเทน, โพลีไอโซไซยาเรตและเพอร์ไลต์สามารถใช้ได้กับทุกส่วนของอาคาร

2.8.2.2. ฉนวนใยแร่ ผลิตจากหิน เศษโลหะ หรือแก้ว ผลิตภัณฑ์ที่ประดิษฐ์จากเศษโลหะบางครั้งเรียกว่า Rock Wood หรือ Mineral Wool ลักษณะเป็นแผ่นแข็ง กึ่งแผ่นแข็งแบบคลุมหรือเส้นใยอัดเป็นแผ่นๆ เป็นต้น

2.8.2.3. ฉนวนลูสฟิลล์ ได้แก่ โพริง เวอร์มิคูไลท์ และเซลลูโลสอิก ไฟเบอร์ เป็นต้น

2.8.2.4. ฉนวนโฟมฉีดในที่ ใช้สำหรับฉีดพ่นในสถานที่ที่ต้องการใช้งานเลย ได้แก่ โพลีไอโอโซไซยานูเรต

2.8.2.5. กระจกฉนวนความร้อน เป็นกระจก 2 ชั้น ถูกคั่นโดยอากาศแห้งระหว่างกระจกซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากด้านใดด้านหนึ่งของกระจก

2.8.3 การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนและมวลสาร

ในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางหนึ่ง คือ การเลือกใช้วัสดุที่สามารถกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร นั่นคือ มีค่าความต้านทานความร้อนสูง สามารถสรุปข้อควรพิจารณาดังนี้

2.8.3.1. รูปแบบทางกายภาพ

รูปแบบฉนวนปัจจุบันมีให้เลือกใช้หลายแบบ เช่น แบบคลุมห่ม แบบแผ่น แบบพ่น แบบฉีด เป็นต้น การเลือกใช้ฉนวนจึงควรคำนึงถึงเรื่องการใช้งาน ตำแหน่งที่ติดตั้ง ค่าใช้จ่าย และความแข็งแรงคงทนของฉนวน

2.8.3.2. ความหนาแน่นและความจุความร้อน

ฉนวนกันความร้อนที่มีคุณภาพดี จะมีความหนาแน่น และความจุความร้อนที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวเท่านั้น ซึ่งฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าดังกล่าวแตกต่างกันออกไป ข้อมูลเหล่านี้จะได้จากผู้ผลิต

2.8.3.3. อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม

เนื่องจากฉนวนแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิในการใช้งานที่แตกต่างกัน การแบ่งระดับของอุณหภูมิในการใช้งานของฉนวนอาจทำได้ ดังนี้

ก. ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -270 ถึง 100 องศาเซลเซียส ได้แก่ กลาสโฟม เซลลูโลสโฟม

ข. ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 100 ถึง 500 องศาเซลเซียส ได้แก่ แคลเซียมซิสเกต กลาสโฟม ใยแร่ ฟอยส์ เป็นต้น

2.8.3.4. การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

การขยายตัวของฉนวนอาจทำให้ประสิทธิภาพการกันความร้อนเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนที่ดีควรพิจารณาช่วงอุณหภูมิใช้งานให้ตรงความต้องการ

2.8.3.5. ความสามารถในการต้านทานความร้อน

สามารถสังเกตได้จากค่าความต้านทานความร้อน โดยฉนวนที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงจะกันความร้อนได้ดี ตัวอย่างฉนวนที่กันความร้อนได้ดี เช่น โฟมโพลียูรีเทน และโฟมโพลีสไตรีน

2.8.4 ความสามารถในการต้านทานความชื้น

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับประเทศร้อนชื้น โดยเฉพาะอากาศที่มีการปรับอากาศ จากผลการศึกษาสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย ซึ่งมีความชื้นสูงเกือบตลอดเวลา ทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่สูญเสียไปกับการลดความชื้น ดังนั้นการกันความชื้นจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ถูกมองข้ามอีกต่อไป วัสดุสำหรับกันความชื้นปัจจุบัน เช่น แผ่นอลูมิเนียม ฟอยส์ แผ่นโพลีเอทิลีน แผ่นพีวีซี เป็นต้น

2.8.5 ความต้านทานต่อแรงอัด

ควรพิจารณาเพื่อให้เกิดความคงทนแข็งแรง และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องรับแรงอัดสูง เช่น ฉนวนพื้น ฉนวนที่ขอบประตู – หน้าต่าง ฉนวนท่ออุปกรณ์อาคาร เช่น ฉนวนประเภทโฟมและโพลิเมอร์ เป็นต้น

2.8.6 ความแข็งแรงทางกล

ความแข็งแรงทางกล หมายถึง ความสามารถของฉนวนในการทนทานต่อแรงต่างๆ หลายรูปแบบ คือ

ก. การรับน้ำหนักและแรงอัด

ข. ความต้านทานต่อแรงดึงและแรงเฉือน

ค. ทนต่อการกระแทก และการสั่นสะเทือน

ง. ทนต่อการบิดงอได้

ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับองค์ประกอบ ความหนาแน่น ขนาดของเซลล์ ขนาดและการจัดเรียงตัวของเส้นใยของฉนวน ชนิดและปริมาณของตัวประสาน อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการใช้งาน เป็นต้น

2.8.7 การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา เป็นสิ่งที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายภายหลังที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.9 เทคโนโลยีของวัสดุกระจก

สามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีต่างๆเพื่อตอบสนองการใช้งานที่ต่างกัน ดังนี้

2.9.1 กระจกธรรมดา (Float Glass)

2.9.1.1 กระจกใส คือกระจกโปร่งแสงที่สามารถมองผ่านได้อย่างชัดเจน และให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ไม่บิดเบี้ยว ยอมให้แสงผ่านประมาณ 75-92% ของแสงที่ตกกระทบขึ้นกับความหนาของกระจก กระจกอบความร้อน (Heat Treated Glass)

ก. คุณสมบัติ

- มองเห็นจากภายนอกได้ชัดเจน
- ตัดแสงได้ประมาณ 8% สำหรับกระจกหนา 12 มม. และมากขึ้นเมื่อเพิ่มความหนากระจก
- มีค่าการสะท้อนแสงประมาณ 7%
- ผิวกระจกไม่ร้อนเพราะกระจกดูดกลืนความร้อนต่ำ

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- แสงที่ผ่านเข้ามากลายเป็นความร้อน ไม่สามารถระบายความร้อนออกไปได้ จนกว่าอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอก
- เหมาะกับงานประเภทแสดงสินค้า ไม่เหมาะกับส่วนที่ต้องการความเป็นส่วนตัว
- เหมาะสำหรับห้องที่ต้องการจะเห็นทัศนียภาพภายนอกอาคาร

2.9.1.2 กระจกสี หรือเรียกว่า กระจกดูดกลืนความร้อน ผสมด้วยโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสมทำให้มีสีสัน ปริมาณแสงแดดที่ผ่านกระจกขึ้นกับสีที่ใช้ ความเข้มของสีและความหนาของกระจก

ก. คุณสมบัติ

- ผิวกระจกร้อนเนื่องจากมีการเติมโลหะออกไซด์ซึ่งมีตัวดูดกลืนความร้อน
- ช่วยตัดแสงไม่ให้เข้ามาในอาคารนี้ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำกว่ากระจกใส
- ช่วยลดความจ้าของแสงที่ผ่านกระจกสี ทำให้ได้แสงที่นุ่มนวล และเกิดความสบายตาในการมอง

- อาจทำให้เห็นภาพที่อยู่ด้านหลังกระจกผิดไปจากความเป็นจริงทั้งรูปร่างและสีสัน

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- ไม่ควรให้ลมเย็นเป่ากระทบผิวกระจกโดยตรง
- ไม่ควรติดม่านที่หนาทึบ / วางสิ่งของชิดกระจก เพราะกระจกไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้สะดวก
- ไม่ควรทาสีหรือติดแผ่นกระดาษใดๆ บนกระจก

2.9.2 กระจกอบความร้อน (Heat Treated Glass)

คือ กระจกที่นำไปอบด้วยความร้อนสูงเพื่อให้แข็งแรงมากขึ้น แบ่งเป็น 2 ชนิดได้แก่

2.9.2.1 กระจกนิรภัยเทมเปอร์ ใช้หลักการเดียวกับคอนกรีตอัดแรงในการเพิ่มความแกร่งให้กับกระจก (มากกว่าถึง 4 เท่า) โดยการให้ความร้อนและทำให้ผิวกระจกเย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการเป่าลมเย็น

ก. คุณสมบัติ

- การต้านทานน้ำหนักคงที่ซึ่งเกิดจากลม ร่างกายมนุษย์หรือแรงดันน้ำดีกว่ากระจกธรรมดา 3 ถึง 5 เท่า
- การต้านทานน้ำหนักกระแทก เนื่องจากการชนดีกว่ากระจกธรรมดาถึง 4 เท่า
- ความปลอดภัยจากการโดนกระจกบาดมีน้อยเนื่องจากกระจกจะแตกเป็นเม็ดเล็กๆ

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- จุดอ่อนของกระจกนิรภัย คือ แรงที่กระทำเป็นจุดหากมีการกระแทกด้วยวัตถุที่มีมุมแหลม จะทำให้เกิดการตัดลึกเข้าไปภายในผิวกระจกและทำลายสมดุลของแรงในตัวกระจกได้
- ส่วนของกระจกที่มีการเจาะรู หรือทำเครื่องหมายใด จะเปราะบางกว่าส่วนอื่นๆ
- มีความเป็นคลื่นมากกว่ากระจกธรรมดา

2.9.2.2 กระจกอีทสเตรนเทนต์ คล้ายๆ กับกระจกนิรภัยเทมเปอร์ แต่กระจกชนิดนี้จะปล่อยให้เย็นตัวเองอย่างช้าๆ ความแข็งแกร่งจึงน้อยกว่ากระจกนิรภัยแบบแรก

ก. คุณสมบัติ

- เป็นกระจกกึ่งนิรภัย สามารถรับแรงอัดของลมได้ดีกว่ากระจกธรรมดาที่มีความหนาเท่ากัน
- เหมาะสำหรับการป้องกันการแตกของกระจกจากความร้อน
- ลักษณะการแตกของกระจกจะแตกเหมือนกับกระจกธรรมดา

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- ใช้กับที่ที่มีความร้อนสะสมสูงกว่าปกติ เช่น หน้าคาน เป็นต้น
- ใช้กับผนังอาคารและหน้าต่างที่มีแรงอัดของลมสูง
- ใช้กับสถานที่ที่ต้องใช้กระจกที่มีความแข็งแรงและปลอดภัยสูงกว่ากระจกธรรมดา

2.9.3 กระจกเคลือบผิว (Surface Coated Glass)

คือ กระจกใสที่นำไปผ่านกระบวนการเคลือบโลหะบนผิวกระจก เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงและความร้อนจากแสงอาทิตย์ คุณสมบัติของกระจกเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน คือ กระจกที่มีค่าในการประหยัดพลังงานจะเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดได้แก่

2.9.3.1 กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Solar Reflective Glass) คือ กระจกธรรมดาที่เคลือบโลหะออกไซด์ มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงค่อนข้างสูง ความโปร่งแสงค่อนข้างน้อย

ก. คุณสมบัติ

- ลดปริมาณรังสีอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารได้
- ช่วยลดความจ้าของแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ทำให้เกิดความสบายตา
- สร้างความเป็นส่วนตัวให้กับผู้ใช้อาคารได้มากกว่ากระจกธรรมดา

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- การตัดกระจกควรมีการป้องกันผิวด้านที่เคลือบไว้ไม่ให้มีรอยขีดข่วน
- เมื่อมีการบิ่นหรือแตกบริเวณขอบกระจกควรลบคมให้เรียบร้อยเพื่อกันการแตกทั้งแผ่นกระจก
- ป้องกันอย่าให้ซีเมนต์ติดบนกระจก เพราะอาจทำลายสารเคลือบกระจกได้
- ด้านที่เคลือบควรติดตั้งไว้ด้านในเสมอ
- หลีกเลี่ยงการเป่าลมเย็นลงบนกระจกโดยตรง

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างกระจกสะท้อนแสดงที่เคลือบ 2 ระบบ

Magnetic Sputtering Process **Soft Coating**	**Pyrolytic Deposition Process** **Hard Coating**
1. เป็นกระบวนการเคลือบกระจกแบบ off – line แยกจากกระบวนการผลิตกระจกแผ่น	1. เป็นกระบวนการเคลือบกระจกแบบ on – line ทำการเคลือบกระจกอยู่ในระบวนการผลิตกระจกแผ่น
2. ในกรณีที่ต้องการทำเป็นกระจก temper หรือ heat strengthened ต้องทำก่อนที่จะนำกระจกไปเคลือบ	2. สามารถนำกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบแล้วไปผ่านกระบวนการผลิตกระจก temper หรือ heat strengthened ได้
3. สีของกระจกมีให้เลือกมากมาย เนื่องจากโลหะออกไซด์ที่ใช้เคลือบมีมากชนิด	3. สีของกระจกมีให้เลือกน้อย เนื่องจากโลหะออกไซด์ที่มีจำกัด
4. ความคงทนต่อรอยขีดข่วนน้อยกว่า	4. ความคงทนต่อรอยขีดข่วนมากกว่า
5. การติดตั้งจำเป็นต้องนำด้านที่เคลือบไว้ภายในอาคารทั้งหมด	5. การติดตั้งสามารถนำด้านที่เคลือบออกภายนอกหรือหันเข้าด้านในอาคารก็ได้
6. การประหยัดพลังงานมากกว่า	6. การประหยัดพลังงานน้อยกว่า
7. ราคาจำหน่ายแพงกว่า	7. ราคาจำหน่ายถูกกว่า

2.9.3.1 กระจกที่มีสภาพแผ่รังสีต่ำ (Low – E Glass) คือ กระจกที่มีการเคลือบสารโลหะเงินบริสุทธิ์เพื่อให้มีค่าการคายรังสีความร้อนต่ำ ลักษณะโปร่งใส่ไม่ทึบแสง

ก. คุณสมบัติ

- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี
- ยอมให้แสงผ่านกระจกได้มากกว่ากระจกสะท้อนแสง
- ช่วยสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเลตได้บางส่วน
- ช่วยลดความจ้าของแสงที่เข้าสู่อาคารได้

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- สามารถที่เคลือบเมื่อโดนขีดข่วนจะเสียหายได้ จึงควรหันกระจกด้านที่ฉาบสารไว้ด้านนอก (ให้ด้านที่เคลือบสารที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำอยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นกระจก)
- การบรรจุก๊าซเฉื่อยในช่องว่างระหว่างกระจกช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนได้ดี

2.9.4 กระจกดัดแปลง (Processed Glass)

คือ กระจกที่นำมาดัดแปลงด้วยกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองการใช้งานที่ต่างกันไป

2.9.4.1 กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulation Glass) คือ กระจก 2 แผ่นที่ถูกคั่นด้วยอากาศแห้งที่เกิดจากการดูดความชื้นของสารดูดความชื้นในตัวขอบอลูมิเนียม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะไม่มีผลกระทบต่อความสามารถในการเป็นฉนวนของอากาศแห้ง

ก. คุณสมบัติ

- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก ทำให้ลดภาระปรับอากาศลงได้ส่วนหนึ่ง
- ช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้ดีกว่ากระจกธรรมดา
- สามารถรับแรงอัดของลมได้เพิ่มขึ้น
- ให้ความปลอดภัยมากขึ้น ในกรณีที่ใช้กระจกนิรภัยเป็นกระจกฉนวนกันความร้อน

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- ควรใช้ซิลิโคนสำหรับกระจกที่เป็นโครงสร้างเท่านั้น
- การหักงอของอลูมิเนียมสเปเซอร์ หรือสารเคมีที่ใช้ในการเชื่อมกระจกมีผลต่อศักยภาพเป็นฉนวน

2.9.4.2 กระจกฮีสมิเรอร์ (Heat Mirror) เป็นระบบกระจก 2 ชั้นที่เคลือบสารที่มีสภาพการแผ่รังสีความร้อนต่ำ 2 ด้านของฟิล์มที่อยู่ระหว่างช่องว่างอากาศ ทำให้ช่องว่างอากาศ ทำให้ช่องอากาศนั้นเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีนั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกอาจมีค่าต่ำถึง 1.4 วัตต์/ตารางเมตร

ก. คุณสมบัติ

- สะท้อนความร้อนได้ประมาณ 80% ทำให้ความร้อนที่เข้ามาในอาคารมีปริมาณลดลง
- ยอมให้แสดงสว่างผ่านเข้ามาได้ดี ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ
- ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้โดยการสะท้อนออกไปได้ประมาณ 98%

2.9.4.3 กระจกฮีสสต็อป (Heat Stop) เป็นกระจก 2 ชั้นประกอบขึ้นด้วยกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบสารที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำเป็นกระจกด้านนอกและกระจกด้านในใช้กระจกใสสารที่เคลือบสามารถป้องกันความร้อนอินฟาเรดให้ผ่านเข้ามาได้เพียง 55% ช่องว่างตรงกลางบรรจุด้วยก๊าซอาร์กอน ซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อยจึงมีค่าการนำความร้อนต่ำ

ก. คุณสมบัติ

- กระจกสามารถสะท้อนความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคาร และยอมให้ความร้อนส่งผ่านได้ประมาณ 33%
- ยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามาได้มากถึง 60%
- สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้ประมาณ 95%

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งานของกระจกฮีตมิเรอร์และฮีสสต็อป

- การระวังไม่ให้วัสดุยาแนวเสียหาย จะทำให้ความชื้นแทรกเข้าสู่ภายในอาคารได้
- ไม่สามารถปรับแต่งขนาดของกระจกภายหลังการประกอบได้
- ควรติดตั้งอย่างระมัดระวังและไม่หันกระจกผิดด้านเพราะจะลดประสิทธิภาพการเป็นฉนวนลง

2.9.4.4 กระจกหลายชั้น (Laminated Glass) สร้างขึ้นเนื่องจากการคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร โดยนำกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป มาผนึกเข้าด้วยกันโดยมีแผ่นฟิล์มโพลีไวนิล บิวทิเรต ที่เหนียวและแข็งแรงซ้อนอยู่ระหว่างกระจำทำหน้าที่ยึดกระจกให้ติดกันเมื่อกระจกถูกกระแทกและแตกออก

ก. คุณสมบัติ

- ช่วยลดความรุนแรงจากการบาดเจ็บจากกระจกได้
- ป้องกันการทะลุทะลวงเนื่องจากการแตกและการบุกรุกได้
- ช่วยลดเสียงรบกวนและเสียงก้องได้ดี
- ช่วยลดรังสีอัลตราไวโอเลตที่เข้าสู่อาคารได้ดี

ข. ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- ฟิล์มโพลีไวนิล บิวทิเรต มีคุณสมบัติในการอมความร้อน จึงควรระวังการแตกร้าวที่อาจเกิดขึ้น
- มีความแข็งแรงและทนต่อแรงอัดของลมน้อยกว่ากระจกธรรมดา ที่มีความหนาเท่ากัน
- ไม่ควรใช้ซิลิโคนที่ใช้ยาแนวรอยต่อระหว่างกระจกกับวงกบอลูมิเนียม หรือระหว่างกระจกด้วยกัน ที่มีส่วนผสมของสารละลายอินทรีย์ เนื่องจากสารเหล่านั้นจะทำให้เกิดผลเสียต่อฟิล์ม

- เมื่ออุณหภูมิหรือความร้อนขึ้นสูงระดับหนึ่ง จะทำให้ความสามารถในการยึดเกาะของฟิล์มลดลง นั่นคือ ความสามารถในการรับแรงกระทกและการรับน้ำหนักจะลดลงตามไปด้วย

2.10 ระบบการใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

2.10.1 ระบบควบคุมปิด - เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Control System)

ระบบการให้แสงสว่างถือได้ว่าเป็นระบบหลักที่สำคัญต่อการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร อาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างประมาณ 15-25% (ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2542) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถทำได้หลายๆ วิธี เช่น การเลือกให้อุปกรณ์แสงสว่างประสิทธิภาพสูง ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟบัลลาสต์ และโคมไฟประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ 25-30% จนถึงการควบคุมแสงสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานลงได้อีกถึง 30% สังเกตเห็นได้จากอาคารสำนักงานทั่วไปที่มีค่าความส่องสว่างสูงเกินความจำเป็น และกรณีของอาคารสูงที่มีผนังเป็นกระจกหลอดไฟแสงสว่างบริเวณริมหน้าต่างมักจะถูกเปิดโดยไม่มีความจำเป็น ถึงแม้ว่าจะมีแสงธรรมชาติส่องเข้ามาเพียงพอแล้วก็ตาม

การควบคุมแสงสว่างที่ดี นอกจากจะช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบแสงสว่างแล้วยังจะต้องรักษาคุณภาพของแสงให้ดีเหมือนเดิม หรือดียิ่งขึ้นตรงตามที่มาตรฐานกำหนดอีกด้วย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจที่จะประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างให้ถูกต้องเหมาะสม

2.10.2 เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง

2.10.2.1 การลดความสว่างที่เกิดความจำเป็น (Over light Compensation)

วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดความสว่างคือ การปลดหลอดไฟ (Delamping) เช่น ในจุดที่แสงสว่างมากเกินความจำเป็นสามารถปลดหลอดไฟ 2 หลอดจากโคมไฟที่มี 4 หลอด ซึ่งจะช่วยลดพลังงานได้ 50% อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงคุณภาพของแสง และผลที่กระทบทางจิตวิทยาต่อคนทำงาน ในบริเวณที่มีการปลดหลอดไฟ เนื่องจากการลดความสว่างทันทีทันใด 50% จะมีผลกระทบต่อการปรับสายตา สุขภาพตา และความรู้สึก ดังนั้นวิธีการลดความสว่างส่วนเกินที่เหมาะสม คือ ใช้อุปกรณ์หรี่แสง (Dimmer) โดยค่อยๆ ลดเป็นระดับการควบคุมสามารถทำได้ 2

วิธี คือ การควบคุมแสงขณะใช้งานตลอดช่วงการใช้งาน และการควบคุมเฉพาะช่วงเวลา (ก่อน/หลัง เวลาทำงานช่วงพักกลางวัน)

2.10.2.2 การควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย Light Loss: LLF (LLF Compensation)

โดยทั่วไปหลอดไฟใหม่จะมีความสว่างสูงเกินความจำเป็น เพื่อชดเชยแสงที่ลดลงเนื่องจากการเสื่อมเมื่อใช้ไปนานๆ ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าว เราสามารถประหยัดพลังงานโดยหรี่แสงให้มีความสว่างในระดับที่พอเหมาะในช่วงเริ่มต้นใช้งาน โดยพลังงานที่ประหยัดได้จะลดลงเมื่ออายุการใช้งานหลอดนานขึ้น ในกรณีนี้สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 20%

2.10.2.3 การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด - ปิดไฟแสงสว่าง (Room Utillzation)

เทคนิคนี้ช่วยประหยัดพลังงานโดยการใช้แสงสว่างในอาคารเมื่อจำเป็นเท่านั้น โดยตัวจับการเคลื่อนไหวชนิดอัลตราโซนิกหรือชนิดพาสซีพอินฟาเรด จะสั่งเปิดไฟโดยอัตโนมัติโดยสัญญาณควบคุม เมื่อมีการเคลื่อนไหว และถ้าตรวจจับได้ว่าไม่มีการเคลื่อนไหว แสงสว่างภายในบริเวณนั้นก็จะดับ ช่วงกว้างของการตรวจจับ การเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ตรวจจับบริเวณที่นั่งทำงาน ช่วงกว้างของการตรวจจับจึงไม่กว้างมากนัก เทคนิคนี้เหมาะสมกับบริเวณที่ไม่ค่อยมีคนใช้หรือใช้งานเป็นช่วงเวลา เช่น ห้องประชุม ห้องผู้บริหาร เป็นต้น

2.10.2.4 การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight Utilization)

หน้าต่างบริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) และ Skylight ภายในอาคาร (Interior Zone) ถูกออกแบบมาเพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร เพื่อลดความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟในช่วงเวลากลางวัน อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างประกอบด้วย Sensor ชุดควบคุม (Light Controller) และอุปกรณ์แสงสว่าง หลักการทำงาน คือ Photo Sensor จะตรวจวัดระดับแสงในบริเวณใช้งาน ถ้ามีแสงธรรมชาติมาก ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมไฟหรี่แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ลดลง จนกระทั่งได้ความสว่างที่กำหนดไว้ ซึ่งการควบคุมต้องใช้ควบคุมคู่กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

พลังงานที่จะประหยัดได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งทิศทางอาคาร พื้นที่หน้าต่าง ชนิดกระจก และระยะห่างของพื้นที่ทำงานจากหน้าต่าง ในการออกแบบยังต้องพิจารณาถึงความร้อนที่ผ่านเข้ามาด้วย ในกรณีที่แสงธรรมชาติมากเกินไป จะทำให้ความร้อนมากจะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศทำงานมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้เกิดความสมดุลระหว่างกันด้วย

2.10.3 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง

ในการกำหนดระดับการส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่างๆ กันนั้น มีการกำหนดโดยหน่วยงานแต่ละแห่ง เช่น IES (USA), IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอยและสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกัน ส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่ง ได้แก่ CIE ซึ่งกำหนดความสว่างออกเป็น 3 ค่า โดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ยส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่นๆ คือ อาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่างๆ เช่น

ก. ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิวต่ำกว่าปรกติให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น

ข. ถ้าการมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

ค. ถ้าบริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

ง. ถ้าผู้ที่ใช้งานบริเวณที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES ตามพื้นที่ใช้งานต่างๆ

พื้นที่ใช้งาน (n)	**CIE (lx)**	**IES (lx)**	**พื้นที่ใช้งาน (ข)**
ทางเดิน, พื้นที่ทำงานภายนอก	20 – 30 -50	20 – 30 – 50 (a)	Public spaces with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50 – 75 – 100	50 – 75 – 100 (a)	Simple orientation for shot temporary visits
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100 – 150 -200	100 – 150 – 200 (a)	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น สำนักงานงาน	300 – 500 – 750		
งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ	1000 – 1500 - 2000	1000 – 1500 – 2000 (b)	Performance of visual tasks of low contrast or Very small size
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	2000 – 3000 – 5000 (x)	Performance of visual tasks of low contrast and very small size, Prolonged period
		5000 – 7500 – 10000 (x)	Performance of very prolonged and exacting visual tasks
		10000 up (x)	Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

ที่มา: ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง, หน้า 1-6 (ข) IEs, illuminating Engineering Society : Reference Volume, 1983, ppA3

นอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็นสักข์ หรือฟุตแคนเดิลแล้ว การกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES และมาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน	**ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE (ก)**	**ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES (ข)**	**ค่า Daylight Factor (%) (ค)**		
			เฉลี่ย	**ต่ำ**	**จุดที่วัด**
อาคารทั่วไป					
ทางเดิน	50 – 100 -150	50 – 75 – 100	2	0.6	พื้น
บันได-บันไดเลื่อน	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	2	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ, ห้องเก็บของ	100 – 150 -200	100 – 150 - 200	1.5	0.5	work plane
ห้องน้ำ	100 – 150 -200	100 – 150 -200	1.5	0.5	work plane
สำนักงาน					
พื้นที่ทั่วไป พิมพ์ดีด คอมพิวเตอร์	300 – 500 – 750	500 – 750 - 1000	5	2.5	work plane
เขียนแบบ	500 – 750 – 1000	500 – 750 - 1000	5	2.5	work plane
ห้องประชุม	300 – 500 – 750	200 – 300 - 500			
โถงทางเข้า		100 – 150 -200	2	0.6	work plane
เอนกประสงค์	150 – 200 – 300	200 – 300 - 500	5	2.5	work plane

ที่มา: ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง, หน้า 1-6 (ข) IEs, illuminating Engineering Society : Reference Volume, 1983, ppA3 (ค) BSI Draft for Development, p 73, อ้างถึงใน Applications Manual window Design, หน้า 31.

2.10.4 การประยุกต์ระบบควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน

เทคนิคทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้น ถ้านำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันจะช่วยประหยัดพลังงานมากขึ้นอีก เช่น บริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) เราสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจจับการเคลื่อนไหวควบคู่ไปกับเทคนิคการควบคุมโดยใช้แสงจากธรรมชา ส่วนบริเวณภายในอาคาร (Interior Zone) เราอาจจะใช้เทคนิคการลดความสว่างที่เกินความจำเป็น ร่วมกับเทคนิคการควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย การใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และเทคนิคการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด/ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง

ตารางที่ 2.8 ข้อมูลเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าติดตั้งของบัลลาสต์ Rapid Start กับElectronic Ballast

รายการ	**ชนิดของหลอดรวมบัลลาสต์**	**V**	**Amp**	**Watt**	**PF**	**%THD Current**
1	RAPID START 1* 40W	220	0.24	49	0.94	30.2
2	RAPID START 1* 20W	220	0.12	26	0.97	23.6
3	RAPID START 2* 40W	220	0.43	87	0.92	27.4
4	RAPID START 2* 20W	220	0.22	47	0.98	15.5
5	ELECTRONIC 1* 36W	220	0.18	37	0.93	24.7
6	ELECTRONIC 1* 18W	220	0.09	18	0.90	24.7
7	ELECTRONIC 2* 36W	220	0.35	71	0.94	30.4
8	ELECTRONIC 2* 18W	220	0.17	35	0.93	29.8

หมายเหตุ. อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ มีดังนี้

ก. บัลลาสต์ Rapid Start 1* 40W, 1 *20W, 2 *40W, 2 *20W

ข. บัลลาสต์ Electronicขนาด 1* 36W, 1 *18W, 2 *36W, 2 *18W

ค. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด Rapid Start ขนาด 40W, 20W

ง. เครื่องวัด Flunk 41

จ. Variac

2.11 การคำนวณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร

2.11.1 แนวทางการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร

ในการออกแบบปรับปรุงอาคาร จำเป็นต้องทราบรายละเอียดการใช้พลังงานในอาคารก่อน เนื่องจากการใช้พลังงานในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายๆ ส่วนโดยสามารถแบ่งอย่างง่าย เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบอื่นๆ ของอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่นๆ ของอาคารควรจะขึ้นอยู่พื้นที่อาคารเป็นหลัก ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่อาคารและระบบต่างๆ ในการออกแบบแต่ละครั้ง การใช้พลังงานในส่วนนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงตามรูปทรงอาคาร ส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ซึ่งถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบปรับอากาศ ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศจะคงเดิม ดังนั้น การใช้พลังงานในส่วนนี้จะแปรผันตามภาระการทำความเย็นของระบบนั่นเอง

ภาระปรับอากาศของอาคารสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ภาระปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร และภาระปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนภายในอาคาร ได้แก่ ผู้ใช้อาคารอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใต้อาคาร เป็นต้น ดังนั้นหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปลงดังกล่าวตามรูปทรงอาคารที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นภาระปรับอากาศจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับรูปทรง และวัสดุกรอบอาคารเป็นหลัก ซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่หลักของสถาปนิกผู้ออกแบบโดยตรง

2.11.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ

การปรับอากาศ คือ การสร้างและคงไว้ซึ่งสภาวะอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนและความบริสุทธิ์ของอากาศ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความสบายหรือให้เหมาะสมกับวัสดุ หรือกระบวนการการภายในสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง สามารถแบ่งการปรับอากาศในปัจจุบันได้ 2 ประเภท

- การปรับอากาศเพื่อการอุสาหกรรม เพื่อคงไว้ซึ่งกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพ และมีอายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ยาวนาน
- การปรับอากาศเพื่อความสบาย เพื่อให้มนุษย์สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ในปริมาณที่เหมาะกับกระบวนการภายในร่างกาย

2.11.3 ความละเอียดในการคำนวณการใช้พลังงาน

แนวทางการคำนวณการใช้พลังงานในอาคารขึ้นอยู่กับความละเอียดในการคำนวณ แบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

2.11.3.1 วิธี Degree Day

การใช้พลังงานในอาคาร คำนวณโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยใน 1 วัน มีสมมติฐานว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวันเฉลี่ยมีค่าเท่ากับจุดสมดุล (Balance Point) จะไม่มีความจำเป็นในการใช้ระบบปรับอากาศใน สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีความชื้นสูง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความชื้นในการพิจารณาหาจุดสมดุลที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยด้วย

2.11.3.2 วิธี Hour – by – Hour

การใช้พลังงานในอาคารโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ละเอียดและมีความแม่นยำมากที่สุด และมีความเหมาะสมในกรณีที่มีข้อมูลสภาพอากาศภายนอกไม่เหมือนกันในทุกช่วงเวลา และมีข้อมูลด้านต่างๆ ภายในอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาซึ่งมีผลให้การใช้พลังงานในอาคารในแต่ละช่วงเวลา มีค่าไม่เท่ากัน ข้อมูลสภาพอาคารรายชั่วโมง ยังแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- ได้จากการเก็บข้อมูลจริง ตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ

- ได้จากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลสภาพอากาศในหลายๆ ปี เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยในแต่ละเดือน

2.11.3.3 วิธี Bin

การคำนวณด้วยวิธีนี้จะช่วยลดความถี่ในการคำนวณลง โดยการนับความถี่ของช่วงเวลาที่มีสภาพอากาศภายนอก และการใช้อาคารที่เหมือนกันตลอดระยะเวลาที่พิจารณา และคำนวณการใช้พลังงานในสภาวะนั้นๆ เพียงครั้งเดียวซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับกรณีที่มีข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานในอาคารที่ซ้ำกันในหลายๆ ช่วงเวลา

2.11.4 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณ

เนื่องจากการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศส่วนหนึ่ง มีผลมาจากสภาพอากาศภายนอก ซึ่งหากใช้ค่าสภาพอากาศเฉลี่ย (Average Weather Data) ของแต่ละช่วงเวลาในแต่ละเดือน ทำให้การคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมิใช่ค่าสูงสุดแท้จริง ดังนั้นเพื่อให้สามารถคำนวณการกระทำความเย็นสูงสุดตลอดปีได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าสูงกว่า และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาใช้ในการคำนวณ มีรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ย ใช้ข้อมูลสภาพอากาศจำนวน 100% ของทุกๆ ชั่วโมงใน 1 เดือน มาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศของทุกวันในแต่ละเดือน และนำไปคิดเป็นการใช้พลังงานในอาคารต่อไป

- ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยสูงสุด ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าสูงสุดเป็นจำนวน 1% ของข้อมูลทั้งหมดในแต่ละชั่วโมงใน 1 เดือน จากข้อมูลที่สภาพอากาศทั้งหมดเพื่อหาค่าเฉลี่ย

- ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยต่ำสุด ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าต่ำสุดเป็นจำนวน 1% ของข้อมูลทั้งหมดในแต่ละชั่วโมงใน 1 เดือน จากข้อมูลสภาพอากาศทั้งหมด เพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.11.5 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคาร

การคำนวณภาระการปรับอากาศ (Cooling Load)

จากการวิเคราะห์ของ ASHRAE Fundamental hand book (SI) (1997) พบว่า การคำนวณภาระปรับอากาศ (Cooling Load) โดยวิธี CL TD / SCL / CLF มีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

ก) External Cooling Load คือ ภาระปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนภายนอกอาคารที่ผ่านระบบเปลือกอาคารเข้ามาภายในอาคาร ได้แก่ การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนัง หลังคาและกระจกช่องแสงของอาคาร สูตรการคำนวณดังนี้

- จากการนำความร้อนผ่านผนัง หลังคาและกระจกอาคาร

$$Q = U * A * CLTD$$

- จากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจกช่องแสง

$$Q = A * SC * (SCL \text{ หรือ } SF)$$

- การถ่ายเทความร้อนผ่านฉากกั้นห้อง เพดานและพื้น

$$Q = U * A * (t_b - t_{rc})$$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (W/m^2-k)

A = พื้นที่ผิวที่พิจารณา (m^2)

$CLTD^1$ = cooling load temperature difference (^oC)

SC = shading coefficient ของวัสดุตัวกลาง

SCL = solar cooling factor

SF = solar heat gain factor

t_b = อุณหภูมิในส่วนที่ต่อเนื่องกับพื้นที่ปรับอากาศ (^oC)

t_{rc} = อุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศ (^oC)

ข) Internal Cooling Load คือ ภาระการปรับอากาศจากความร้อนภายในอาคารเปลือกอาคาร

- จากผู้ใช้สอยอาคาร

$$Q_{sen} = N*Sen.HG * CLF$$

$$Q_{lat} = N*Lat.HG * CLF$$

- จากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ในอาคาร

$Q = W * F_{ul} * F_{sa} * CLF$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ

N = จำนวนผู้ใช้

CLF = cooling load factor เท่ากับ 1 เสมอ เมื่อมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง หรือมีความหนาแน่นมาก

W = watt input ของอุปกรณ์เครื่องใช้ หรือหลอดไฟฟ้า

F_{ul} = lighting use factor ของระบบการให้แสงสว่าง

F_{sa} = spacial allowence factor ของอุปกรณ์หรือหลอดไฟฟ้า

ค) Ventilation & Infiltration Load คือ ภาระการปรับอากาศจากความร้อนที่เข้าสู่อาคารทั้งที่ตั้งใจ (การระบายอากาศ) และไม่ตั้งใจ (การรั่วซึมของอากาศ) สูตรคำนวณ ดังนี้

$$Q = 1.23 * V * \Delta T$$

$$Q = 3010 * V * \Delta W$$

$$Q = 1.20 * V * \Delta h$$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

V = ความเร็วลม (L/S)

t_o t_l = อุณหภูมิอากาศภายนอก / ภายใน ตามลำดับ (^{o}C)

W_o W_l = ปริมาณไอน้ำภายนอก / ภายใน (dry air) ตามลำดับ

h_o h_l = enthalpy ภายนอก / ภายใน ตามลำดับ ki / kg

2.11.6 การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศนั้น ขึ้นอยู่กับภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศในขณะนั้นๆ และประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่เลือกใช้ในอาคาร ในการประเมินศักยภาพในการปรับปรุงระบบปรับอากาศ จะต้องมีการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร โดยที่ค่าการใช้พลังงานนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อประเมินคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

2.11.6.1 หลักเกณฑ์ประกอบการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ดังนี้

ก. ทั่วไป

- ขณะบันทึกต่างๆ อุณหภูมิภายในห้องหรืออุณหภูมิน้ำเย็นต้องอยู่ในช่วงใช้งานปกติ

- ขณะบันทึกค่าต้องแน่ใจว่าคอมเพรสเซอร์ทำงานเต็มพิกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องรุ่นที่คอมเพรสเซอร์สามารถ Unload บางลูกสูบได้

ข. เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 20 ตัน และน้อยกว่า

- บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า ให้บันทึกทั้งช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงาน

- คำนวณหาโหลดแฟกเตอร์จากผลการบันทึก

- คำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยนำค่าพลังงานไฟฟ้าช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน คูณกับโหลดแฟกเตอร์ คูณกับจำนวนชั่วโมงใช้งานใน 1 ปี

ค. เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็นขนาดมากกว่า 20 ตัน ถึง 100 ตัน

- บันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องเป็นระยะเวลาในช่วง 1 รอบการทำงานใน 1 วัน

- คำนวณหาค่าโหลดแฟกเตอร์ของเครื่องปรับอากาศ จากผลการบันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง

- คำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย นำค่าพลังไฟฟ้าช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน คูณกับโหลดแฟกเตอร์ คูณกับจำนวนชั่วโมงใน 1 ปี

ง. เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็นขนาดมากกว่า 100 ตัน

- บันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องเป็นระยะเวลาในช่วง 1 รอบการทำงาน ใน 1 วัน ในกรณีที่ภาระทำความเย็นในแต่ละวันมีรูปแบบไม่คงที่ให้บันทึก 7 วัน

- คำนวณหาค่าโหลดแฟกเตอร์ของเครื่องปรับอากาศ จากผลการบันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง

- คำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย นำค่าพลังไฟฟ้าช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน คูณกับ โหลดแฟกเตอร์ คูณกับ จำนวนชั่วโมงใช้งานใน 1 ปี

จ. สำหรับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ บันทึกค่าพลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น เครื่องสูบน้ำร้อน เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน และหอระบายความร้อน (ถ้าเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ) แล้วนำไปคูณกับชั่วโมงทำงานใน 1 ปี เพื่อหาค่าการใช้พลังงานของแต่ละอุปกรณ์ แล้วนำไปรวมกับค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศทั้งระบบ

2.11.6.2 การคำนวณการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

เมื่อทราบทั้งภาระการทำความเย็นของระบบ และประสิทธิภาพของระบบแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในขณะนั้น โดยใช้สูตร

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ณ ขณะใดๆ (วัตต์)	= ภาระการทำความเย็นในขณะนั้น (วัตต์) * ค่ามาตรฐานการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

นั่นคือ สามารถอนุมานได้ว่า ประสิทธิภาพของส่วนอื่นๆ ของระบบปรับอากาศมีค่าคงที่ แต่ส่วนที่ทำให้ระบบปรับอากาศโดยรวมมีประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงไป คือ ส่วนทำความเย็นของระบบปรับอากาศนั่นเอง

2.11.6.3 การคำนวณผลการประหยัดพลังงานในการปรับปรุงระบบปรับอากาศใช้ขั้นตอนดังนี้

- คำนวณโหลดแฟกเตอร์ใหม่ (หลังการปรับปรุง) = (ขนาดทำความเย็นเก่า / ขนาดทำความเย็นใหม่) * โหลดแฟกเตอร์เก่า
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง = Kw หลังปรับปรุง * จำนวนชั่วโมงใช้งานในหนึ่งปี * โหลดแฟกเตอร์ใหม่

2.11.6.4 การคำนวณผลการประหยัดเป็นเงิน

- ค่าพลังงาน = (kWh ก่อนปรับปรุง – kWh หลังปรับปรุง) * ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
- ค่าความต้องการไฟฟ้า = (kWh ก่อนปรับปรุง – kWh หลังปรับปรุง) * ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อ kW)

- ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าความต้องการไฟฟ้าที่นำมาใช้คำนวณ ต้องเป็นอัตราที่ใช้สำหรับอาคารประเภทนั้นๆ ต้องสอดคล้องกับช่วงเวลาใช้งานของเครื่องปรับอากาศ และสอดคล้องกับลักษณะการใช้ไฟฟ้าของอาคาร (Electrical Load Profile)

- การตรวจวิเคราะห์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของระบบปรับอากาศทั้งระบบ ต้องคำนึงถึงช่วงเวลาในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องด้วย เช่น หากมี

เครื่องปรับอากาศสองเครื่องเปิดใช้งานต่างเวลากัน ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดรวมจะใช้ความต้องการไฟฟ้าของสองเครื่องรวมกันไม่ได้

2.11.7 มาตรฐานการปรับอากาศภายในอาคาร

2.11.7.1 ปริมาณและคุณภาพอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศ

การกำหนดขีดความบริสุทธิ์ของอากาศในห้องที่ปรับอากาศ อาศัยการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องที่อาจจะปนเปื้อนด้วยฝุ่นละออง ควัน กลิ่น และก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อเจือจางสิ่งปนเปื้อน ในกรณีที่ภายในห้องไม่มีการสูบบุหรี่ ควรจะป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 5-30 cfm/คน หากมีการสูบบุหรี่ควรป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 15-50 cfm/คน

2.11.7.2 การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น (COP EIR และ EER)

ก. ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ : (Coefficient of Performance (COP) เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกไป ต่อปริมาณพลังงานของระบบโดยตรงที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนดังกล่าว โดยมีหน่วยของพลังงานเป็นหน่วยเดียวกัน (ASHRAE, 1993)

$$COP = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่สามารถดึงออก (watt)}}{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก (watt)}}$$

- Energy Input Ratio (Energy Efficient Ratio : EIR) เป็นส่วนกลับของ COP

$$EIR = \frac{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อดึงความร้อนออก (watt)}}{\text{พลังงานความร้อนที่เครื่องสามารถดึงออก (watt)}}$$

ข. Energy Efficiency Ratio (EER) อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการทำความเย็นดังกล่าว โดยมีหน่วยในการเปรียบเทียบที่ต่างกัน (ASHRAE, 1993)

$$EER = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h)}}{\text{พลังงานที่ใช้ (watt)}}$$

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นเป็นเครื่องปรับอากาศกับค่า EER ดังนี้

เบอร์	EER
1	6.6 – 7.6
2	7.6 – 8.6
3	8.6 – 9.6
4	9.6 – 10.6
5	10.6 ขึ้นไป

2.11.7.3 ภาระการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัดหรือที่ภาระใช้งานจริงไม่เกิดกว่าที่กำหนด โดยแยกตามชนิดเครื่องทำความเย็น 2 ประเภท คือ (กฎกระทรวง, พ.ศ.2538 : ออกตามความใน พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535)

ตารางที่ 2.10 เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	**อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ / ตันความเย็น)**	**อาคารเก่า**
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
- ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
2. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ		
- ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
- ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด	0.88	1.06
4. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู	0.70	0.84
ที่มา: พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม (พ.ศ. 2538)		

2.12 การคำนวณการใช้พลังงานของระบบอื่นๆ ภายในอาคาร

2.12.1 การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง สามารถคำนวณได้จากส่วนต่างๆ ดังนี้

- กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่
- พื้นที่อาคารในส่วนต่างๆ
- ค่าตัวประกอบการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าเบื้องต้นของอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างสามารถคำนวณได้จากสูตร

การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง ณ ขณะใดๆ (วัตต์)	= กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อพื้นที่ (วัตต์/ตร.ม) * ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง * พื้นที่ (ตร.ม)

2.12.2 การใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร สามารถคำนวณได้ ดังนี้

การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง ณ ขณะใดๆ (วัตต์)	= กำลังไฟฟ้าของระบบอื่นๆ ในอาคาร * ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของระบบอื่นๆ (ASHRAE, 1993)

2.12.2 .3 การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า

อาคารที่ประกอบกิจการขนาดใหญ่ ในการคำนวณค่าไฟฟ้าจึงใช้อัตราไฟฟ้าตามประเภทของกิจการเป็นพื้นฐาน กำหนดให้ใช้อัตราตามช่วงเวลาของการใช้พลังงาน (Time of Use : TOU Rate) เป็นอัตรารายเดือน โดยใช้สูตรการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าตลอดเดือน	= (Demand Change ในช่วงเวลาต่างๆ * พลังงานไฟฟ้าที่ใช้) + (Unit Cost * พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆ) + ค่าบริการรายเดือน (บาท)

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิมประภา จินดากร (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 55 พรรษา สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 55 พรรษา สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) เป็นจำนวนมาก มีค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้าปีละ 115 ล้านบาท การดำเนินการตรวจสอบเพื่อศึกษาวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร และมีมาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพให้สูงขึ้นได้เพื่อเป็นแนวทางในการ

ประหยัดพลังงานในอาคาร ผลการศึกษาตามเกณฑ์การตรวจประเมินอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายประเภทสำนักงานและสถานศึกษา พบว่า เกณฑ์ขั้นต่ำของระบบต่างๆ ในอาคาร ระบบกรอบอาคารไม่ผ่านเกณฑ์ ค่าปริมาณความร้อนกรอบ อาคาร 56.42 วัตต์ต่อตารางเมตร ระบบไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเกณฑ์มีค่าน้อยมากที่ 8.17 วัตต์ต่อตารางเมตร ระบบปรับอากาศ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ขั้นต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.59-1.8 หมายความว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของระบบต่างๆ ในอาคารไม่ผ่านเกณฑ์ และเมื่อดำเนินการวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมของอาคารเป็นอาคารที่มีการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านเกณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามการดำเนินการปรับปรุงระบบต่างๆ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าใช้หลอด T5 ทั้งหมด การปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดให้กับผนังและการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงทิ้งหมด สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ถึงปีละ 268,032.77 kWh/ปี เป็นเงิน 1,192,477 บาท/ปี

จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์ (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) กรุงเทพมหานคร การออกแบบอาคารขนาดใหญ่ ที่ไม่ได้คำนึงถึงตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะในส่วนเปลือกอาคารเป็นผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีในปัจจุบันจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหาแนวทางหนึ่ง เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) เป็นกรณีศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงเปลือกอาคารจะพิจารณาจาก 2 แนวทาง คือ ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ วิธีการดำเนินการศึกษากระทำโดยการสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อทำการปรับปรุงเปลือกอาคารในแต่ละวิธี จากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE-2 ควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ผลการศึกษาพบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารใช้ในระบบปรับอากาศร้อยละ 63, ระบบแสงสว่างร้อยละ 18 และระบบอื่น ๆ ร้อยละ 19 ภาระปรับอากาศที่เกิดจากองค์ประกอบทางเปลือกอาคาร ได้แก่ ผนังโปร่งแสงร้อยละ 34.75, ผนังทึบร้อยละ 12.76 และหลังคาทึบร้อยละ 2.25 ดังนั้นเทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคารกรณีศึกษาที่พิจารณา ได้แก่ การปรับปรุงผนังโปร่งแสง การลดสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดของอาคาร และการใช้

ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเพื่อส่องสว่างภายในอาคาร ผลการศึกษา พบว่า เทคนิคการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารที่เหมาะสมที่สุด ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาซึ่งเป็นอาคารสูง คือ การลดสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของอาคาร เนื่องจากสามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุดได้ ร้อยละ 13.40, ลดภาระปรับอากาศรายปีเมื่อคิดเฉพาะส่วนเปลือกอาคารได้ร้อยละ 23.87, ลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ร้อยละ 10.17 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารลดลงเหลือ 43.47 วัตต์/ตรม. ใช้งบประมาณในการลงทุนเพียง 739,504.29 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว คือ 1.1 ปี ขณะที่แนวทางปรับปรุงอื่น ๆ มีความเป็นได้ในการลงทุนต่ำ เมื่อทำการปรับปรุงอาคารโดยผนวกตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับอาคารเดิม พบว่าการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงตัวแปรดังกล่าว สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากระบบอากาศ และการให้แสงสว่างได้ร้อยละ 36.67 และ 11.05 ตามลำดับ ดังนั้นการออกแบบและการปรับปรุงอาคารในแนวทางที่เหมาะสมจึงช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองของอาคารกรณีศึกษา และอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

สิริพร บรรณมาส (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัย มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาและปรับปรุงระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสาหรับอาคารธุรกิจและบ้านพักอาศัย โดยการรวม 6 ฟังก์ชันการทางาน ซึ่งประกอบด้วย ฟังก์ชันตรวจจับการเคลื่อนไหว, ฟังก์ชันการควบคุมการเปิด/ปิดไฟอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด, ฟังก์ชันการใช้แสงสว่างภายนอก, ฟังก์ชันการใช้แสงสว่างเฉพาะจุด, ฟังก์ชันการควบคุมความสว่างด้วยผู้ใช้ และฟังก์ชันการควบคุมการใช้พลังงานทั้งระบบจากค่ากาลังไฟฟ้าสูงสุด ที่สามารถทางานร่วมกันเป็นระบบเดียวในการลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อให้เหมาะสมกับบริเวณที่นาไปใช้งาน สภาพแวดล้อม กิจกรรมที่ใช้ในบริเวณนั้น รวมถึงการคัดเลือกอุปกรณ์ควบคุมระบบ โดยระบบมีการควบคุมทั้งแบบอัตโนมัติและแบบตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งมีการควบคุมได้ทั้ง 2 แบบ คือ ระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้และระบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ โดยควบคุมผ่านโปรแกรมจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ด้วยวิธีการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงสว่างจากหลอดไฟ ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนโปรแกรมและส่วนอุปกรณ์ที่ให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทางานร่วมกับ Raspberry Pi นอกจากนี้ยังนาเสนอวิธีการเลือกฟังก์ชัน การ

ทางานที่เหมาะสมและการควบคุมการทางานของแต่ละฟังก์ชันตามลาดับความสำคัญ จากผลการทดสอบในอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัย พบว่าระบบที่นำเสนอสามารถใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลช่วยให้ระบบมีประสิทธิผลในการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างวันลดลง ทำให้ค่าไฟฟ้าลดลงด้วย โดยระบบควบคุมที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้สามารถประหยัดได้สูงสุดร้อยละ 56 และระบบควบคุมที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้สามารถประหยัดได้สูงสุดถึงร้อยละ 68 เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

วรกานต์ สุขเจริญ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร กรณีศึกษา : บริษัท เพทโทร-อินสตรูเมนท์ จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าและสร้างมาตรการด้านการ อนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารบริษัท เพทโทร-อินสตรูเมนท์ จำกัด โดยเริ่มจากการเก็บ รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ภายในอาคารจำนวน 7 ชั้น วิเคราะห์มาตรการระบบแสงสว่าง 3 มาตรการ คือ มาตรการปิดแสงสว่างในช่วงเวลาพัก เที่ยง มาตรการติดตั้งสวิทซ์กระตุกกับโคมไฟฟ้าในสำนักงานและมาตรการปรับปรุงระบบแสง สว่าง โดยใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยวิเคราะห์จากระยะเวลาคืนทุน ผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้มาตรการปิดแสงสว่างในช่วงเวลาพักเที่ยงที่ปฏิบัติแล้ว สามารถประหยัดได้ 11,607.96 kW/ ปี ประหยัดเงินได้ 42,136.89 บาท วิเคราะห์มาตรการระบบปรับอากาศ 3 มาตรการ คือ มาตรการปิดระบบปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยง มาตรการบุฉนวนกันความร้อนฝ้าเพดานของ พื้นที่ปรับอากาศชั้นบนสุดและมาตรการการใช้เทอร์โมสตัทชนิดอิเล็กทรอนิกส์ โดยวิเคราะห์จาก ระยะเวลาคืนทุน โดยผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้มาตรการปิดระบบปรับอากาศในช่วงเวลาพัก เที่ยงที่ปฏิบัติแล้ว สามารถประหยัดได้ 73,942.05 kW/ปี ประหยัดเงินได้ 268,409.64 บาท เมื่อนำ มาตรการไปปฏิบัติแล้วผลการปฏิบัติแล้วประหยัดได้มาตรการทั้ง 2 ในเดือนที่เริ่มต้นใช้มาตรการ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2553 เป็นต้นมา ทำให้ลดการใช้ไฟฟ้าได้เมื่อเทียบกับเดือนตุลาคม 2553 ได้ ทั้งหมด 4,000 หน่วย ทำให้ประหยัดเงินได้เป็นจำนวน 14,520 บาท ซึ่งค่าที่ประหยัดพลังงานได้ จริงแตกต่างจากค่าที่คำนวณได้ร้อยละ 56.11 จากจำนวนเงินที่ประหยัดได้

ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์ และอุกฤษฏ์ โข่ศรี (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบอาคาร และสิ่งแวดล้อมชุมชน เพื่อการประหยัดพลังงาน ศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดหลักการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน , นำประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติ (Passive) มาใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น พื้นที่จังหวัดสกลนครและจังหวัดใกล้เคียง และเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ค่า (OTTV) และ ค่า (RTTV) เปรียบเทียบบ้าน 2 หลังที่ได้จากการออกแบบ และก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานผลการศึกษาพบว่า อาคารกรณีศึกษานี้มีระบบเปลือกอาคาร เช่น ผนังทึบ, กระจกหน้าต่าง และวัสดุมุงหลังคา ที่มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการต้านทานความร้อนจากภายนอก จึงทำให้ความร้อนจากภายนอกผ่านสามารถเข้ามาภายในอาคารได้มาก ซึ่งจะทำให้สภาวะน่าสบายภายในอาคารลดลงและทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นภายในอาคารมากขึ้น สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดไว้โดยยังมีค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งาน

อนุชิต หาสูงเนิน (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่อง เทคนิคการวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า และสร้างมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2535 โดยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคารนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ สร้างมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 5% ถ่ายทอดความรู้ให้กับทีมงานอนุรักษ์พลังงาน และติดตามผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานหลังจากการสร้างมาตรการ 60 วัน โดยมีอาคารควบคุมที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 3 อาคาร ประกอบด้วย (1) อาคารถนนหลังสวน ธนาคารไทยธนาคาร จำกัด (มหาชน) กำหนดมาตรการได้ 9 มาตรการ นำไปปฏิบัติแล้ว 7 มาตรการ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 407,753 kWh/ปี หรือร้อยละ 6.91 (2) อาคารชุมสายโทรศัพท์ทุ่งสองห้อง บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) กำหนดมาตรการได้ 7 มาตรการ นำไปปฏิบัติแล้ว 5 มาตรการ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 315,254 kWh/ปี หรือร้อยละ 5.74 (3) อาคารสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำหนดมาตรการได้ 3 มาตรการ นำไปปฏิบัติแล้ว 2 มาตรการ ลดการใช้พลังงาน

ไฟฟ้าได้ 28,839 kWh/ปี หรือร้อยละ 12.64 จึงสรุปได้ว่าอาคารควบคุมดังกล่าวข้างต้นสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ จากการสร้างมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ศราวุธ ศรีนุศิษย์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน : กรณีศึกษา อาคารโรงพยาบาลเลิดสิน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ในอาคารโรงพยาบาลเลิดสิน ซึ่งประกอบด้วยอาคารหลัก 5 อาคาร มีจำนวนเตียงผู้ป่วยจำนวน 621 เตียง ขณะนี้โรงพยาบาลมีนโยบายที่จะปรับปรุง ระบบปรับอากาศของอาคาร 2 อาคารให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงแนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคารทั้ง 2 ให้สามารถลด ความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร เป็นการลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง โดยการศึกษา ประกอบด้วยการสำรวจ ประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร ทำการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE-2 นำมาใช้เป็น ตัวแทนกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจริง เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานในอาคาร และเสนอแนวทางในการปรับปรุงการใช้พลังงานใน อาคารที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่า วิธีที่ควรนำมาใช้ในการปรับปรุงโดยพิจารณาประกอบกับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้แก่ การปรับ ปรุงผนังทึบของอาคาร การปรับปรุงหลังคาคอนกรีตของอาคาร และการปรับปรุงกระจกหน้าต่างของอาคาร ซึ่งการปรับปรุงที่ลดการใช้พลังงาน ไฟฟ้าได้มากที่สุดในแต่ละอาคารคือ การปรับปรุงกระจกในอาคาร 33 ปี ลดการใช้พลังงานได้ 45 MWh/year ระยะเวลาคืนทุน 5.2 ปี และการปูฉนวน ใยแก้วบนฝ้าเพดานในอาคารอำนวยการ ลดการใช้พลังงานได้ได้ 37 MWh/year ระยะเวลาคืนทุน 3.8 ปี ส่วนมาตรการอื่นๆ สามารถประหยัดพลังงาน ได้ระหว่าง 2-17 MWh/year

บุตรบำรุง ธรรมโชติ (2541) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ กรณีศึกษา อาคารพหลโยธินธนาคารกสิกรไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคารพหลโยธิน ธนาคารกสิกรไทยเพื่อนำเสนอวิธีการประหยัดพลังงานที่เป็นไปได้ ผลการศึกษาพบว่า แนวทางที่จะดำเนินการประหยัดพลังงานมี 12 แนวทาง

คือ 1. ใช้ระบบการบำรุงรักษาแบบป้องกันในเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน 2. ปรับปรุงการบำรุงรักษาหอผึ่งลมเย็น 3. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง 4. การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง 5. การติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์เทอโมสตัท 6. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังห้องส่งเย็นประจำชั้น 7. การใช้โคมไฟฟ้าชนิดสะท้อนแสง 8. การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน 9. การใช้บัลลาสต์ชนิดกำลังสูญเสียต่ำ 10. การติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง 11. การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 12. การย้ายภาระหม้อแปลงไฟฟ้ามารวมกัน แต่จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและเงินลงทุนรวมทั้งผลกระทบที่จะเกิดขึ้นแล้ว สามารถดำเนินการประหยัดพลังงานจริงได้เพียง 6 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1, 2, 6, 7, 8 และ 9 หลังจากได้ดำเนินการทั้ง 6 แนวทางนี้แล้วและได้วัดค่าการใช้พลังงานพร้อมการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า พลังงานที่ใช้ไฟฟ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงมีค่า 2,814,996 บาท/เดือน และเมื่อปรับปรุงแล้วลดลงเหลือประมาณ 2,630,686 บาท/เดือน หรือลดลง 184,310 บาท/เดือน จึงสรุปได้ว่าวิธีการดังกล่าวสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ประมาณ ร้อยละ 6.5

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาเรื่อง การออกแบบและการประเมินสมรรถนะอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนที่ใช้ในการทำการวิจัย โดยมีหัวข้อต่างๆดังนี้

3.1 ประเภทของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยอาศัยการวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปแกรม BEC ซึ่งประกอบด้วยการคำนวณ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง, ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา, ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ, ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด, และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคารต่อปี เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบก่อน - หลัง การปรับปรุงอาคาร

3.2 วิธีการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร Building Energy Code Software: BEC Software เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคาร โดยใช้สมการการวิเคราะห์ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

3.4 ปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคาร โดยมีปัจจัยประกอบหลายๆส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคารทั้งสิ้น ประกอบด้วย

3.4.1 ปัจจัยภายในที่มีผลต่ออาคาร

3.4.1.1 ตัวอาคารหรือรูปทรงอาคาร รูปทรงอาคารที่เหมาะสมควรมีอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยต่ำสุด หรือการออกแบบให้กรอบอาคารมีเส้นรอบรูปน้อย ควรมีการรั่วซึมของอากาศต่ำ แต่ยอมให้มีการไหลเวียนอากาศผ่านผิวอาคารในกรณีที่อาคารมีรูปทรงเรียวยาว ควรวางอาคารในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ข้อมูลด้านล่างต่อไปนี้ เป็นข้อมูลในการพิจารณารูปทรงอาคารที่เหมาะสม

3.4.1.2 ผนังอาคาร ผนังถือเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากในการช่วยให้อาคาร บ้านอยู่อาศัยมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัยโดยส่วนใหญ่ใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้อยู่อาศัยหรือผู้ที่กำลังปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในอาคารดังกล่าว โดยเฉพาะเมืองไทยเป็นเมืองร้อน การเลือกใช้ผนังอาคารที่เหมาะสม จึงเป็นส่วนสำคัญเพื่อลดภาระการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นให้ภายในตัวอาคาร

3.4.1.3 ฉนวนกันความร้อน ฉนวนอุปกรณ์เสริมที่สำคัญสำหรับอาคาร การเลือกชนิดฉนวนที่เหมาะสม ทั้งที่ติดตั้งบริเวณผนังหรือหลังคาเพื่อทำให้ ตัวอาคารมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานได้สูงสุเช่น ใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาส ร็อควูล หรือโฟมชนิดต่างๆ เป็นต้น

3.4.1.4 ระบบแสงสว่าง การออกแบบแสงสว่างเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น การออกแบบให้มีหน้าต่างโดยรอบอาคารและเลือกใช้กระจกใส จะช่วยให้ภายในอาคารสว่างกว่าการเลือกใช้กระจกสีชา ส่งผลให้สามารถลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างลงได้ เป็นต้น

3.4.1.5 ระบบปรับอากาศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตโซนร้อน อาคารที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ จึงต้องใช้ระบบปรับอากาศหรือเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้ เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของบุคลากรในอาคาร การใช้เครื่องปรับอากาศหรือระบบปรับอากาศจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ควรใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนและรุ่นประหยัดไฟฟ้า เบอร์ 5 และให้มี เบรกเกอร์ เปิด–ปิด แยกสำหรับแต่ละเครื่องเป็นต้น

3.4.1.6 กระจก กระจกเป็นส่วนประกอบของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและส่งผ่านความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้ ดังนั้นเลือกชนิดกระจกและเทคนิคการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

3.4.2 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่ออาคาร

3.4.2.1 สภาพภูมิอากาศ การสร้างอาคารโดยคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้น ๆ ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญกับการสร้างอาคารที่อยู่อาศัยหรืออาคารสำนักงานเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากการสร้างอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นเขตร้อนหรือเขตหนาว จะช่วยในการลดพลังงานเพื่อระบบการทำความเย็นสำหรับเขตร้อน หรือแม้แต่ระบบทำความร้อนในเขตที่อยู่อาศัยของเขตหนาว

3.4.2.2 ทิศทางแดดและลมประจำถิ่น ผู้ออกแบบควรหลีกเลี่ยงการวางตำแหน่งด้านยาวของอาคารให้หันหน้าเข้าหาทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เนื่องจากจะมีแสงแดดร้อนจัดในเวลาบ่าย ทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องลงมากกว่าปกติ

3.4.2.3 สภาพภูมิประเทศ การออกแบบอาคารให้มีการอนุรักษ์พลังงานให้เต็มที่องค์ประกอบที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องถูกนำมาพิจารณาคือ สภาพภูมิประเทศที่อาคารจะต้องสร้างขึ้นเหนือพื้นที่นั้น การปรับสภาพภูมิประเทศให้เหมาะสมกับการปลูกสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้เอียงไปทางทิศเหนือ (North Slope) เพื่อให้รับแสงแดดน้อยลงอันส่งผลให้อาคารมีภาระในการทำความเย็นน้อยลง หรือ การปรับแต่งเนินดินรอบอาคารเพื่อช่วยส่งเสริมให้กระแสลมเย็นสามารถพัดผ่านตัวอาคารได้สะดวกยิ่งขึ้น เป็นต้น

3.4.2.4 การใช้ภูมิทัศน์โดยรอบอาคาร ใน 1 ปี ประเทศไทยจะมีลมพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้จำนวน 9 เดือน แหละอีก 3 เดือนที่เหลือเป็นลมหนาวที่เกิดจากความกดอากาศสูงในประเทศจีน โดยพัดมาในทิศทางตรงกันข้าม การใช้ประโยชน์เพื่อการออกแบบ เช่น จัดพื้นผิวดินรอบอาคารโดยเฉพาะด้านที่ลมประจำพัดผ่าน 9 เดือน มายังอาคารให้ใช้วัสดุปูผิวที่ชุ่มชื้น เช่น สนามหญ้า ไม้คลุมดิน ไม่ควรปูผิวด้วยวัสดุสะท้อนความร้อน ประเภทผิวคอนกรีต เพราะจะพัดพาลมร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เป็นต้น

3.4.2.5 พืชพันธุ์ธรรมชาติ การเลือกพันธ์ไม้ที่นำมาปลูกเพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพและเหมาะสม เช่น ปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างและพุ่มใบโปร่งบริเวณรอบ ๆ อาคาร เพื่อให้ร่มเงาช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) แต่ในขณะเดียวกันนั้นก็ไม่กักเก็บความชื้น หรือ การใช้ไม้พุ่มเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น โดยให้มีลมพัดผ่านทำให้เกิดการระเหยของน้ำ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศที่พัดเข้าสู่ตัวอาคารลดลงได้อีก เป็นต้น

3.4.6 ค่าพลังงานรวมสุทธิทั้งอาคาร คือค่าการใช้พลังงานโดยรวมของทั้งอาคาร โดยคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวในรอบ 1 ปี มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m^2-y)

3.4.7 การวิเคราะห์ทางการเงิน การวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อใช้ในการประเมินโครงการความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการนี้ โดยใช้เครื่องมือดังนี้ 1.ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 2.ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 3.การหาต้นทุนที่ต่ำที่สุด ((Least – Cost method)

3.5 วิธีวิเคราะห์ผลการวิจัย

หลังจากรวบรวมข้อมูล และทดลองผลการวิจัยทั้งหมดแล้ว นำผลการวิจัยที่ได้มาวิเคราะห์ผลดังนี้

3.5.1 ตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV,วัตต์/ตร.ม.) ,ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP), การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี) ของอาคารที่พักอาศัยกองทัพอากาศ 3 อาคาร ได้แก่ 1.อาคารชุดพักอาศัย ทอ. โสด เขต 3 2.อาคารชุดพักอาศัยทุ่งสีกัน เขต 6 และ 3.อาคารชุดพักอาศัยสถานีรถไฟดอนเมือง เขต 6 ที่ได้จากโปรแกรม BEC

3.5.2 ในกรณีมีค่า ตามข้อ 1 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงนั้น ผู้วิจัยดำเนินการสืบค้นวัสดุประกอบอาคารที่นิยมใช้และจัดหาง่ายเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารของเดิม เพื่อให้อาคารที่พักอาศัย สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ

3.5.3 นำแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารคำนวนด้วยโปรแกรม BEC เพื่อหาวัสดุประกอบอาคารที่ทำให้อาคารผ่านเกณฑ์กฎกระทรวงฯดี

3.5.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ปรับเทียบราคาวัสดุประกอบอาคารก่อน-หลังปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยกองทัพอากาศ

3.5.5 สรุปแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคาร ที่สามารถทำให้อาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ ภายใต้ข้อกำหนด วัสดุประกอบอาคารต้องมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ สามารถอธิบายผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 3 อาคาร ดังนี้

4.1 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(โสด) เขต3

4.2 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

4.3 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

4.1 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(โสด) เขต3

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร อาคารชุด ชื่อโครงการ อาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (โสด) เขต3
เจ้าของโครงการ กองทัพอากาศ
ข้อมูลลักษณะอาคาร

พื้นที่ใช้สอยรวม	2,232	ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ	1,398	ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยไม่ปรับอากาศ	834	ตารางเมตร
จำนวนชั้นอาคารสูง	4	ชั้น
ความสูงจากพื้นถึงจั่วหลังคา	13.60	เมตร
โครงสร้างอาคาร	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ พื้นเป็นระบบพื้นสำเร็จรูปชนิดแผ่นพื้นกลวงความหนา 10 เซนติเมตร อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคารทั้งหมด (WWR) ร้อยละ 2	

วัสดุกรอบอาคาร	
ผนัง	อิฐมอญ ฉาบปูนเรียบทาสี
กระจก	กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร
วัสดุหลังคา	หลังคากระเบื้องลอนคู่ซีเมนต์ หนา 5 มิลลิเมตร
วัสดุฉนวน	ไม่มี
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 14-36 วัตต์ , โคมสปอร์ตไลท์ 250 วัตต์
ระบบปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000-24,000 Btu/hr.

4.1.2 ลักษณะทางกายภาพของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (โสด) เขต 3

รูปทรงอาคาร มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเป็นรูปทรงมาตรฐานในการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการกองทัพอากาศ เนื่องจากมีรูปทรงที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีการจัดวางทิศทางอาคารที่เหมาะสม จึงทำให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยลง และเนื่องจากวงโคจรของดวงอาทิตย์มีทิศขึ้นทางทิศตะวันออกและทิศลงทางทิศตะวันตก ดังนั้นการวางทิศทางอาคารโดยหันด้านแคบของอาคารไปทางตะวันออก-ตะวันตก ตามความเหมาะสมกับพื้นที่การก่อสร้างอาคาร จึงทำให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยที่สุด

การออกแบบอุปกรณ์บังแดด โดยให้มีการบังแดดด้วยระเบียงของห้องพักอาศัยจากโครงสร้างอาคารชั้นบน ทำให้สามารถลดปริมาณความร้อนโดยตรงที่มาจากรังสีดวงอาทิตย์ได้ดี

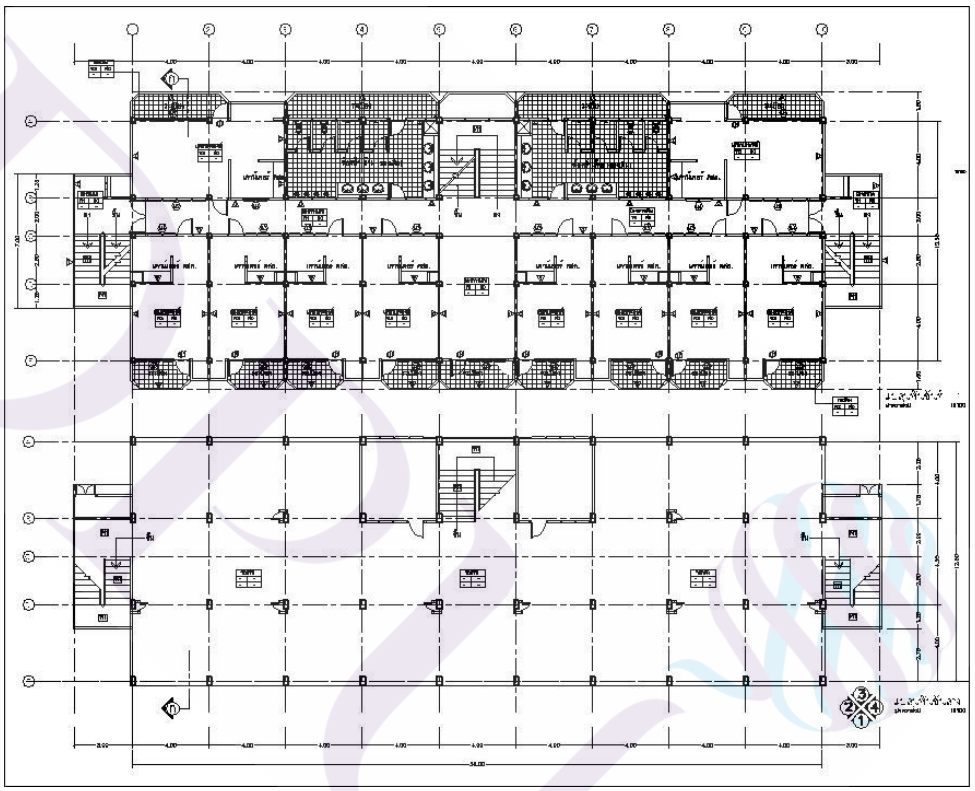
รูปทรงหลังคาเป็นหลังคาทรงจั่ว ทำให้ภายใต้หลังคามีช่องอากาศ สามารถช่วยลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารทาง หลังคาของอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด การจัดวางพื้นที่ใช้สอยน้อย ได้ออกแบบให้อยู่ในตำแหน่งด้านข้างของอาคารหรือออกแบบให้อยู่ในทิศตะวันออก-ตะวันตก ทำให้ช่วงลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุกรอบอาคาร ตามแบบและรายการประกอบแบบ เป็นวัสดุชนิด อิฐมอญ ซึ่งการเลือกใช้วัสดุนั้นอยู่ในช่วงที่เทคโนโลยี คอนกรีตมวลเบายังไม่ได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเหมือนในปัจจุบัน จึงอาจส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารมีค่าสูง

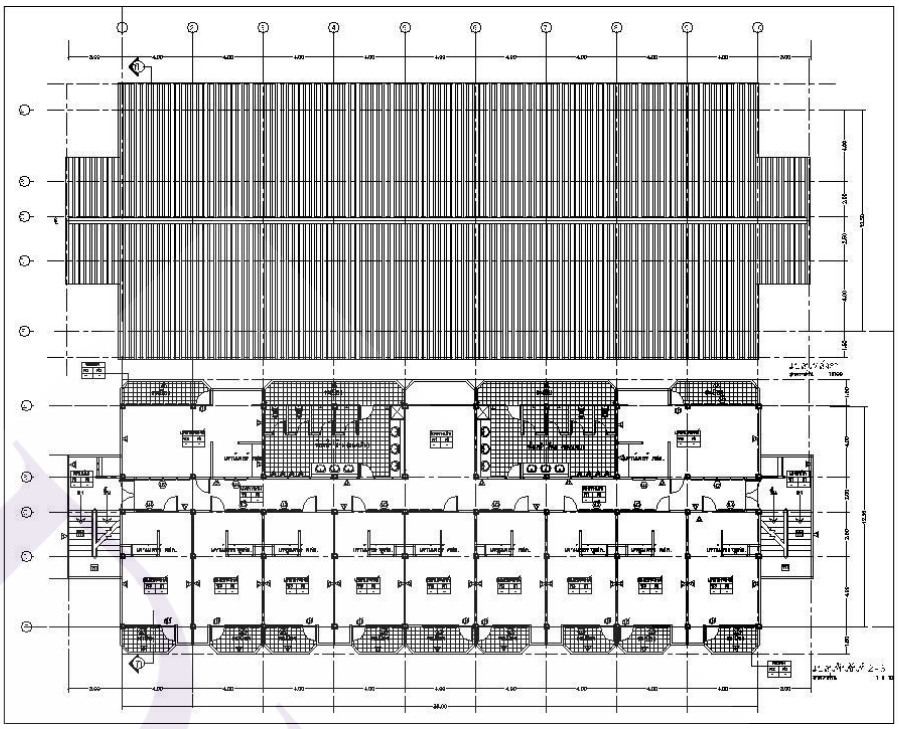
อุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่าง ตามแบบและรายการงานระบบไฟฟ้าใช้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ (T8) ขนาด 36 วัตต์ , หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (E27) ขนาด 14 วัตต์ และโคมไฟสปอร์ตไลท์ (Metal Halide) 250 วัตต์

ระบบปรับอากาศใช้เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000-24,000 Btu/hr. ทำความเย็นให้กับอาคาร โดยระบบปรับอากาศบางส่วนยังไม่ได้รับการปรับปรุงให้เป็นเครื่องปรับอากาศ ที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 แต่เป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับรองมาตรฐาน มอก. 213-2545

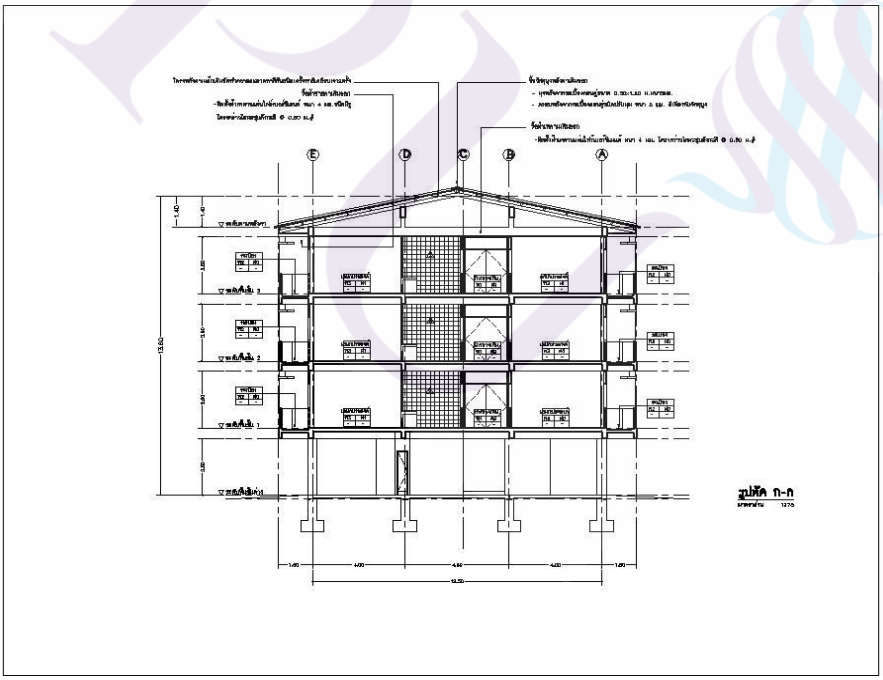
4.1.3 แบบแปลนแฟลตพักอาศัย ทอ.(โสด) เขต3



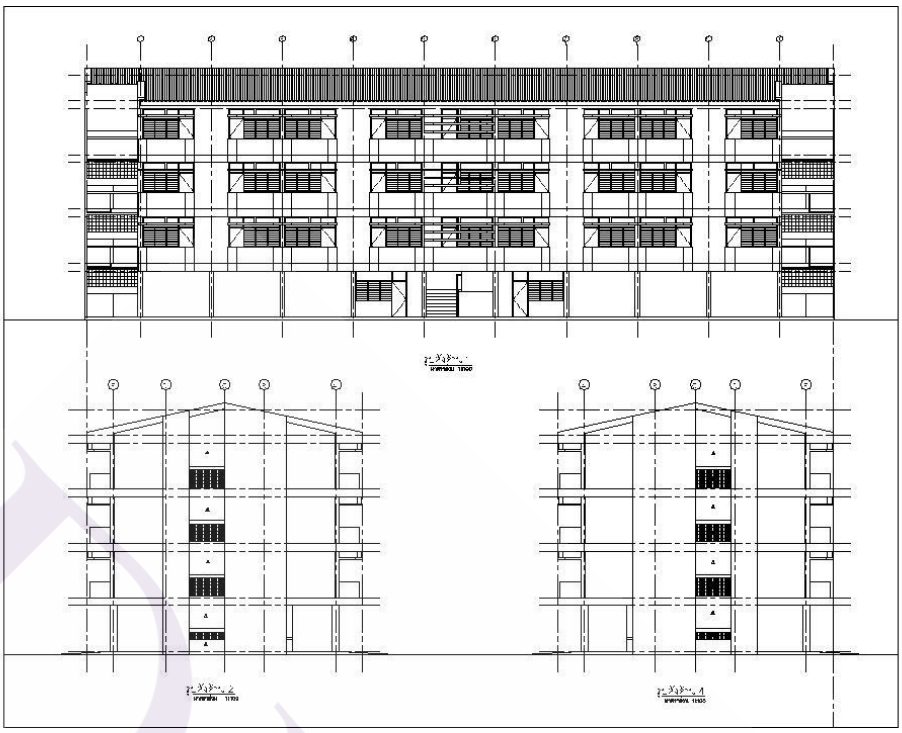
ภาพที่ 4.1 แปลนพื้นชั้นล่าง และ แปลนพื้นชั้น 1 ทอ.(โสด) เขต3



ภาพที่ 4.2 แปลนพื้นชั้น 2-4 และ แปลนหลังคา ทอ.(โสด) เขต3



ภาพที่ 4.3 รูปด้านกรอบอาคาร ทอ.(โสด) เขต3



ภาพที่ 4.4 รูปด้านกรอบอาคาร ทอ.(โสด) เขต3

ภาพที่ 4.5 ผังบริเวณอาคาร ทอ.(โสด) เขต3

4.1.4 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารของแบบอาคารชุดพักอาศัยข้าราชการ ทอ. (โสด) เขต3 ด้วยโปรแกรม BEC

แบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3 ตามการออกแบบเดิม มีผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกำหนดของกฎกระทรวงฯ ในส่วนกรอบอาคาร,หลังคาอาคาร และค่าพลังงานรวม ในขณะที่ผลรวมความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้าด้านไฟฟ้าส่องสว่าง มีการประเมินผ่านเกณฑ์ตามกฎระทรวงฯ ด้วยเหตุนี้เพื่อการพัฒนาอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3 เป็นอาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการด้านการออกแบบปรับปรุงวัสดุประกอบอาคาร และเสนอแนวทางการออกแบบรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารก่อนการปรับปรุง ทอ.(โสด) เขต3

รายละเอียด	**เกณฑ์กฎกระทรวง**	**อาคารตามที่ออกแบบ**	**ผลการประเมิน**
OTTV (W/sq.m.)	30	41.39	Failed
RTTV (w/sq.m.)	10	46.42	Failed
Lighting System (W/sq.m.)	12	5.66	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.84	Failed
Whole Building Energy (kWh/Year)	927,145	1,145,004	Failed

4.1.5 แนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการออกแบบได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลรายเอียดวัสดุประกอบอาคาร ซึ่งผลจากการวิเคราะห์นั้น วัสดุก่อสร้างอาคารในส่วนของกรอบอาคารยังเป็นวัสดุที่ล้าสมัยเนื่องจากอาคารเป็นอาคารเก่า โดยส่วนระบบกรอบอาคารมีผลต่อค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (Whole building energy consumption) โดยวัสดุก่อผนังและกระจกพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) ส่วนวัสดุหลังคาและวัสดุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกฎกระทรวงฯ โดยมีการออกแบบวัสดุต่างๆที่มีสามารถหาได้ง่ายในท้องตลาด นิยมใช้กันอย่าง

แพร่หลาย และมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด เพื่อให้อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3 สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกฎกระทรวงฯได้

นอกจากนี้ในส่วนงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Tube-T8)/(Bulb-E27) กับหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED (Tube-T8)/(Bulb-E27) รายละเอียดดังต่อไปนี้

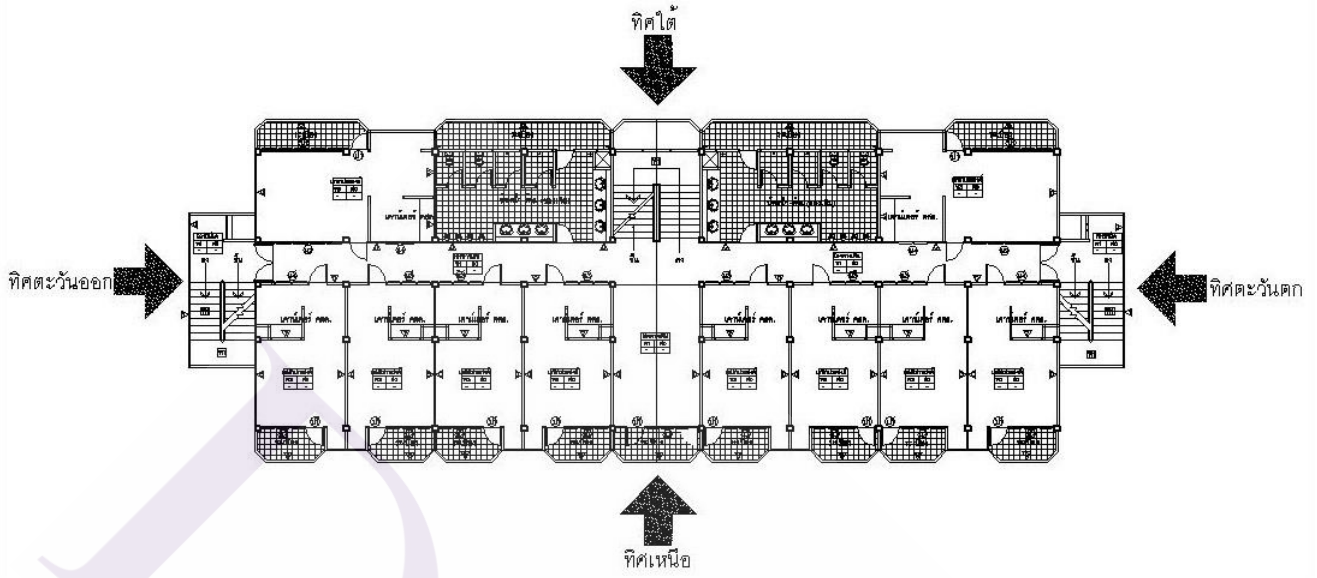
4.1.6 แนวทางการออกแบบวัสดุกรอบอาคาร สำหรับอาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3 ให้มีผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ผ่านเกณฑ์ตามกฎกระทรวงฯ และมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารดีขึ้น (Whole building energy consumption) ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนของวัสดุกรอบอาคารดังนี้

ตารางที่ 4.2 แนวทางการออกแบบผนังอาคาร ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการออกแบบ	**รายละเอียดแบบอาคาร**
แนวทางที่ 1	ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G4 (อิฐมอญฉาบปูนเรียบทาสี) กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร (เดิม กระจกใส หนา 6)
แนวทางที่ 2	ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 (อิฐมอญ ฉาบปูนเรียบทาสี) กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร (เดิม กระจกใส หนา 6)

4.1.7 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC



ภาพที่ 4.6 แสดงทิศทางการหันของอาคารอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงผนัง ทอ. (โสด) เขต3

รายละเอียด	**เกณฑ์ กฎกระทรวง**	**อาคารตามที่ ออกแบบ**	**แนวทางที่1**	**แนวทางที่2**
OTTV (W/sq.m.)	30	41.39	37.62	30.00
RTTV (w/sq.m.)	10	46.42	46.42	46.62
Lighting System (W/sq.m.)	12	5.66	5.66	5.66
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.84	1.84	1.84
Whole Building Energy (kWh/Year)	927,145	1,145,004	1,122,906	1,080,326

ผลการประเมินการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม BEC ของ อาคารที่พักอาศัยข้าราชาร ทอ. (โสด) เขต3 ตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อดำเนินการออกแบบตามแนวทางทั้ง 2 แนวทางที่ดำเนินการ

ปรับปรุงแบบของอาคารที่สามารถเป็นไปได้นั้น ทั้ง 2 แนวทางสามารถปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวงฯ ในส่วนกรอบอาคาร โดยแนวทางที่ 2 ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 (เดิมคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉาบปูนเรียบทาสี)กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร (เดิมกระจกใส หนา 6) ทำให้ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 30.00 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 46.62 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 1,080,326 kWh/Year อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และต้นทุนของวัสดุผนังนั่น (ตารางที่ 4.4) พบว่าแนวทางที่2 มีต้นทุนของวัสดุที่ต่ำที่สุด ดังนั้นวัสดุผนังอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานมีความเหมาะสมและต้นทุนต่ำที่สุดคือ ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการออกแบบ		**ราคาวัสดุต่อพื้นที่ (บาท/ตร.ม.)**	**ราคาวัสดุกรอบอาคาร (ผนัง2,389 กระจก 31 ตร.ม.)**	**ราคาวัสดุกรอบอาคารที่ลดลง (บาท)**	**พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)**	**ค่าไฟลดลงต่อปี (บาท)**	**ระยะเวลาคืนทุน (ปี)**
แนวทางที่1	คอนกรีตมวลเบาG4	756	1,806,084	254,702	22,098	77,343	3.29
	อิฐมอญ	660	1,576,740				
	กระจกสะท้อนแสง	1,022	31,682				
	กระจกใส	204	6,324				
แนวทางที่2	คอนกรีตมวลเบาG2	725	1,732,025	180,643	64,678	226,373	0.80
	อิฐมอญ	660	1,576,740				
	กระจกสะท้อนแสง	1,022	31,682				
	กระจกใส	204	6,324				

4.1.8 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาสำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3

ตารางที่ 4.5 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคา ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการออกแบบ	รายละเอียดการออกแบบอาคาร
แนวทางที่ 1	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม.
แนวทางที่ 2	ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มม.
แนวทางที่ 3	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.
แนวทางที่ 4	ติดตั้งฉนวนใยหินความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.

ในแนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อนที่นิยมติดตั้งใต้หลังคาสำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงาน ให้ผ่านเกณฑ์ระบบหลังคาอาคารและค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกฎกระทรวงฯ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนระบบหลังคา 4 แนวทาง ตามตารางที่ 4.5 โดยวัสดุกรอบอาคารเป็น ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตรวัสดุหลังคาเป็น หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์หนา 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงวัสดุฉนวนหลังคา ทอ.(โสด) เขต3

รายละเอียด	เกณฑ์กระทรวงฯ	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4
OTTV (W/sq.m.)	30	30.00			
RTTV (w/sq.m.)	10	4.95	10	6.91	7.06
Lighting System (W/sq.m.)	12	5.6			

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

รายละเอียด	เกณฑ์ กระทรวงฯ	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.84			
Whole Building Energy (kWh/Year)	927,145	1,025,104	1,031,891	1,027,205	1,027,416

จากตารางที่ 4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ของวัสดุฉนวนหลังคา สรุปได้ว่าแนวทางที่ 1 คือ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม. เป็นแนวทางการปรับปรุงที่ทำมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ทำให้อาคาร พักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดย ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 30.00 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 4.95 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 1,025,104 kWh/Year แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 4.7) พบว่าแนวทางที่ 3 เป็นแนวทางที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด เท่ากับ 91 บาทต่อตารางเมตร และมี ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 30.00 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 6.91 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 1,027,205 kWh/Year ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี 395,896 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.06 ปี ด้วยเหตุนี้วัสดุที่มีความเหมาะสมในการเลือกใช้งานที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุดคือ ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการออกแบบ		ราคาวัสดุฉนวนหลังคา ต่อ ตร.ม.	ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)	ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี(บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
แนวทางที่1	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม.	166	46,314	119,900	419,650	0.11
แนวทางที่2	ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มม.	235	65,565	113,113	395,896	0.17
แนวทางที่3	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.	91	25,389	117,799	412,297	0.06
แนวทางที่4	ติดตั้งฉนวนใยหินความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.	163	45,477	117,588	411,558	0.11

4.1.9 แนวทางการออกแบบปรับปรุงค่า Coefficient of Performance สำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3

แนวทางการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance หรือ ค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำความเย็น โดยผู้วิจัยดำเนินการเปรียบเทียบอาคารก่อนปรับปรุงค่า COP และหลังปรับปรุงค่า COP แนวทางการปรับปรุงคือ การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่มีค่าอัตราประสิทธิภาพลังงาน (EER) มากกว่าหรือเท่ากับ 11.0 หรือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5 โดยกรอบวัสดุอาคารและหลังคาพร้อมฉนวนนั้นคือ ผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 กระจกเป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์หนา 5 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. ซึ่งสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 264,711 kWh/Year คิดเป็นเงิน 926,489 บาท

ตารางที่ 4.8 ผลการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance ทอ.(โสด) เขต3

รายละเอียด	เกณฑ์กฎกระทรวง	ก่อนปรับปรุง COP	ปรับปรุง COP	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	30.00	30.00	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	6.91	6.91	Pass
Lighting System (W/sq.m.)	12	5.6	5.66	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.84	3.23	Pass
Whole Building Energy (kWh/Year)	927,145	1,027,205	762,494	Pass
ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงต่อปี (kWh/Year)		264,711	926,489	บาทต่อปี

4.1.10 แนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3

ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าแสงว่างระหว่างหลอดฟูลออเรสเซนต์ (Tube)/ คอมแพ็คฟูลออเรสเซนต์ (Bulb) กับหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED (Tube/Bulb) โดยคิดราคาของอุปกรณ์ทั้งชุด มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง LED ทอ.(โสด) เขต3

รายละเอียด	เกณฑ์กฎกระทรวง	อาคารก่อนปรับปรุง LED	อาคารปรับปรุง LED	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	30.00	30.00	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	6.91	6.91	Pass
Lighting System (W/sq.m.)	12	5.66	2.89	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	3.23	3.23	Pass
Whole Building Energy (kWh/Year)	927,145	762,494	691,648	Pass

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้หลอดไฟ LED ทอ.(โสด) เขต3

อุปกรณ์เดิม (ราคาต่อชุด)	**อุปกรณ์ใหม่ (ราคาต่อชุด)**	**จำนวน (หลอด)**	**ราคาเพิ่มขึ้น (บาท/ชุด)**	**ต้นทุนเพิ่มขึ้น (บาท)**	**ผลประหยัด (บาท/ปี)**	**ระยะเวลาคืนทุน (ปี)**
ฟูลออเรสเซนต์ (T8) 36 วัตต์ (220บาท)	LED Tube 20 วัตต์ (480บาท)	250	260	65,000	247,961	0.29
คอมแพคฟูลออเรสเซนต์ 14 วัตต์ (160บาท)	LED Bulb 8 วัตต์ (200บาท)	66	40	2,640		
โคมเมทัลฮาไลด์ 250 วัตต์ (2,800บาท)	Flood Light Led 50 วัตต์ (3,500บาท)	6	700	4,200		
ระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเทียบกับผลประหยัด				71,840	247,961	0.29

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED โดยกรอบวัสดุอาคารและหลังคาพร้อมฉนวนนั้นคือ ผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 กระจกเป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์ หนา 5 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. และเลือกใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์5 ทำให้ค่า Lighting System มีค่าเท่ากับ 2.89 W/sq.m. ซึ่งลดลงจากเดิม (ตารางที่ 4.10) และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 4.9) ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED อาคารมีต้นทุนสูงขึ้น 71,840 บาท แต่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 247,961 บาท ทำให้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.29 ปี ด้วยเหตุนี้วัสดุที่เลือกใช้เป็นหลอดไฟฟ้าให้อาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(โสด) เขต3 คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

4.2 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

4.2.1 ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร อาคารชุด

ชื่อโครงการ อาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

เจ้าของโครงการ กองทัพอากาศ

ข้อมูลลักษณะอาคาร

พื้นที่ใช้สอยรวม	32,400 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ	24,400 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยไม่ปรับอากาศ	6,000 ตารางเมตร
จำนวนชั้น	อาคารสูง 12 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงชั้นดาดฟ้า
โครงสร้างอาคาร	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่พื้นเป็นระบบพื้นสำเร็จรูปชนิดแผ่นพื้นกลวงความหนา 10 เซนติเมตร อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคารทั้งหมด(WWR)ร้อยละ 34.60
วัสดุกรอบอาคาร	
ผนัง	คอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ (Precast Concrete)
กระจก	กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร
วัสดุหลังคา	ไม่มี
วัสดุฉนวน	ไม่มี

อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	หลอดฟูลออเรสเซนต์ 14-36 วัตต์ , โคมสปอร์ตไลท์ 500 วัตต์
ระบบปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000-24,000 Btu/hr.

4.2.2 ลักษณะทางกายภาพของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต 6

รูปทรงอาคาร มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเป็นรูปทรงมาตรฐานในการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการกองทัพอากาศ เนื่องจากมีรูปทรงที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีการจัดวางทิศทางอาคารที่เหมาะสม จึงทำให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยลง และเนื่องจากวงโคจรของดวงอาทิตย์มีทิศขึ้นทางทิศตะวันออกและทิศลงทางทิศตะวันตก ดังนั้นการวางทิศทางอาคารโดยหันด้านแคบของอาคารไปทางตะวันออก-ตะวันตก ตามความเหมาะสมกับพื้นที่การก่อสร้างอาคาร จึงทำให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยที่สุด

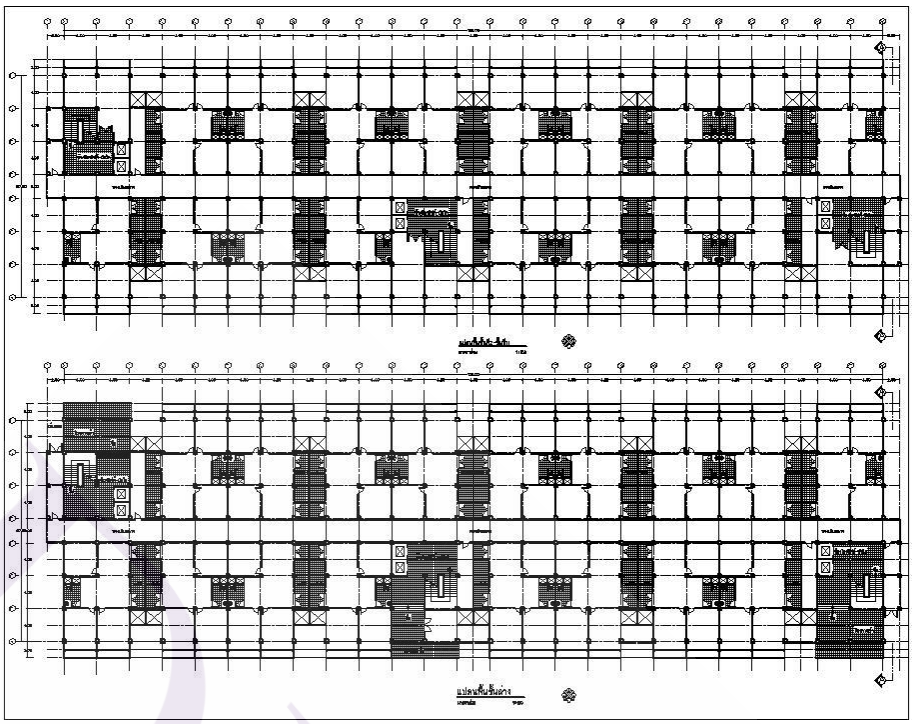
ชั้น12 เป็นชั้นดาดฟ้าเป็นวัสดุคอนกรีตผสมสารกันซึมของน้ำ โดยไม่มีส่วนของหลังคาในการป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ การจัดวางพื้นที่ใช้สอยน้อย ได้ออกแบบให้อยู่ในตำแหน่งด้างข้างของอาคารหรือออกแบบให้อยู่ในทิศตะวันออก-ตะวันตก ทำให้ช่วงลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุกรอบอาคาร ตามแบบและรายการประกอบแบบ เป็นวัสดุชนิด ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จในที่ ซึ่งมีความคงทนแข็งแรงมีความรวดเร็วและสะดวกต่อก่อสร้างทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของแรงงานการก่อสร้างซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ทำให้ประหยัดเวลา จึงอาจส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร มีค่าสูง

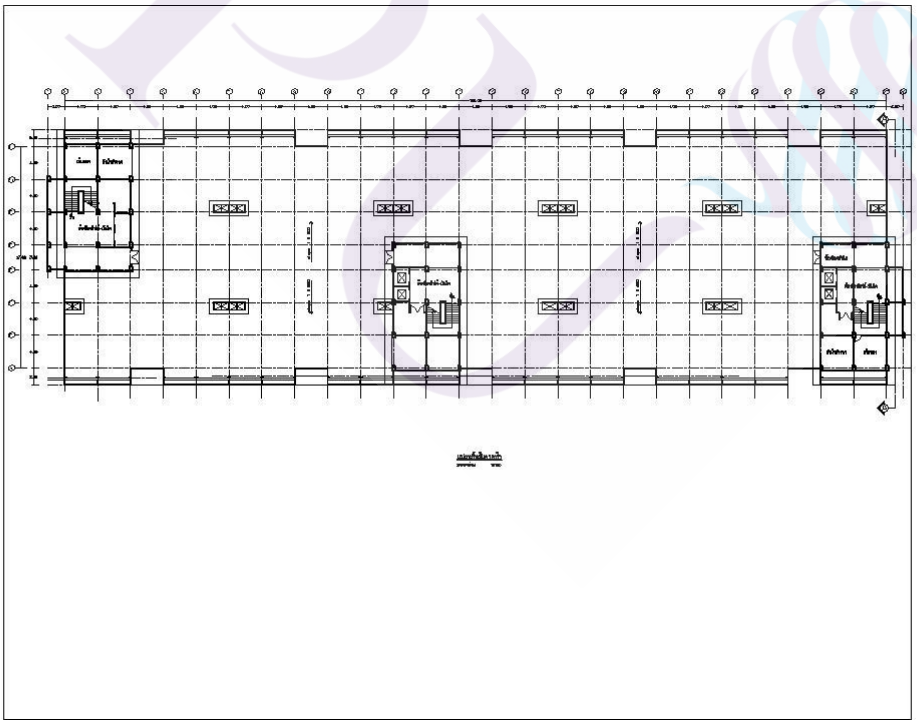
อุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่าง ตามแบบและรายการงานระบบไฟฟ้าใช้เป็นหลอดฟูลออเรสเซนต์ (T8) ขนาด 36 วัตต์ , หลอดคอมแพคฟูลออเรสเซนต์ (E27) ขนาด 14 วัตต์ และโคมไฟสปอร์ตไลท์ (Metal Halide) 400 วัตต์

ระบบปรับอากาศใช้เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000-24,000 Btu/hr. ทำความเย็นให้กับอาคาร โดยระบบปรับอากาศบางส่วนยังไม่ได้รับการปรับปรุงให้เป็นเครื่องปรับอากาศ ที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 แต่เป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับรองมาตรฐาน มอก. 213-2545

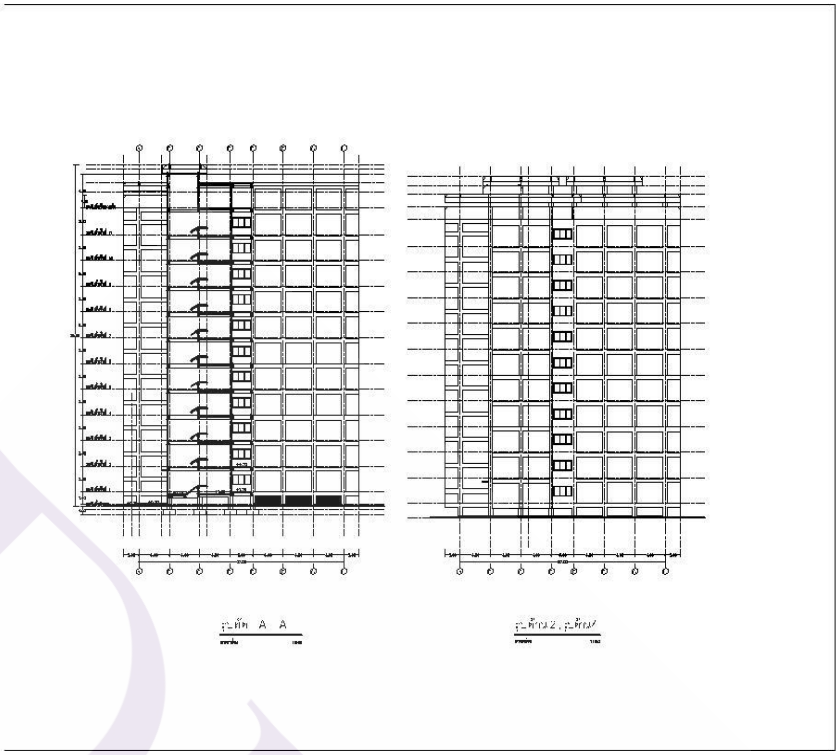
4.2.3 แบบแปลนแฟลตพักอาศัย ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6



ภาพที่ 4.7 แปลนพื้นชั้นล่าง และ แปลนพื้นชั้น 11 ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6



ภาพที่ 4.8 แปลนพื้นชั้นดาดฟ้า ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6



ภาพที่ 4.9 รูปด้านข้างของอาคาร ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

ภาพที่ 4.10 รูปด้านหน้าของอาคาร ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารของแบบอาคารชุดพักอาศัย ข้าราชการ ทอ. (โสด) เขต3 ด้วยโปรแกรม BEC แสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่าแบบอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ตามการออกแบบเดิม มีผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม กำหนดของกฎกระทรวงฯ ในส่วนกรอบอาคาร,หลังคาอาคาร,ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ ปรับอากาศ และค่าพลังงานรวม ในขณะที่ผลรวมความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้าด้านไฟฟ้าส่อง สว่าง มีการประเมินผ่านเกณฑ์ตามกฎระทรวงฯ ด้วยเหตุนี้เพื่อการพัฒนาอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 มุ่งสู่อาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการด้านการ ออกแบบปรับปรุงวัสดุประกอบอาคาร ผนัง,หลังคา,ระบบปรับอากาศ,ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง และ เสนอแนวทางการออกแบบ รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารก่อนการปรับปรุง ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์ กฎกระทรวง	อาคารตามที่ ออกแบบ	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	46.90	Failed
RTTV (w/sq.m.)	10	44.22	Failed
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.03	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.86	Failed
Whole Building Energy (kWh/Year)	22,213,992	25,211,084	Failed

4.2.4 แนวทางการออกแบบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิค โดยศึกษาผลของวัสดุ ก่อสร้างอาคารในส่วนระบบกรอบอาคารที่มีผลต่อค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (Whole Building Energy Consumption) โดยวัสดุก่อผนังและกระจกพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อน รวมของผนังอาคาร (OTTV) ส่วนวัสดุหลังคาและวัสดุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาพิจารณาจาก

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) และค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็น (COP) ในขณะเดียวกันก็ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นของแต่ละแนวทางการออกแบบ ทั้งนี้การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ได้คำนึงถึงลักษณะความเป็นไปได้ของวัสดุที่ใช้อยู่ปัจจุบันและท้องตลาดโดยแนวทางการออกแบบจะเป็นแนวทางที่ทำให้อาคารชุดนั้นสามารถผ่านเกณฑ์ ที่กฎกระทรวงฯกำหนด และมีต้นค่าค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด

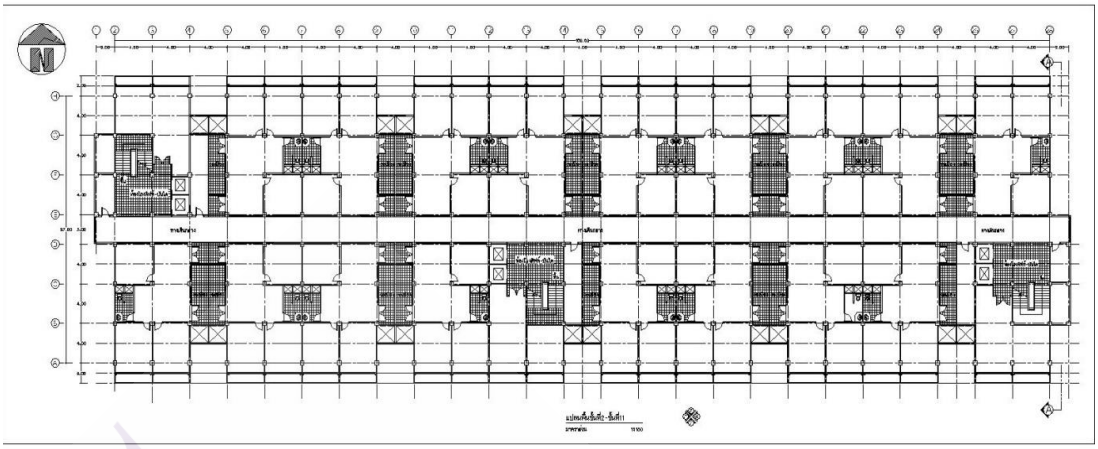
เนื่องจากอาคารตามแบบเดิมนั้นยังมีส่วนที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED นั้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และ ไม่ได้รับ , หลอดฟูลออเรสเซนต์ และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

4.2.5 แนวทางการออกแบบวัสดุกรอบอาคาร อาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ให้มีผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ผ่านเกณฑ์ตามกฎกระทรวงฯ และมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารดีขึ้น (Whole Building Energy Consumption) และต้นทุนต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการเสนอแนวทางการออกแบบในส่วนของผนังอาคารรายละเอียด ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แนวทางการออกแบบวัสดุกรอบอาคาร ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบ	รายละเอียดแบบอาคาร
แนวทางที่1	ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G4 (เดิมใช้ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉาบปูนเรียบทาสี)กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร (เดิมใช้กระจกใส หนา 6)
แนวทางที่2	ผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 (เดิมใช้ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉาบปูนเรียบทาสี)กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร (เดิมใช้กระจกใส หนา 6)



ภาพที่ 4.11 ทิศทางการหันของอาคารอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

4.2.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC

ตารางที่ 4.13 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงผนัง ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กฎกระทรวง	อาคารตามที่ออกแบบ	แนวทางที่1	แนวทางที่2
OTTV (W/sq.m.)	30	46.90	30	29.72
RTTV (w/sq.m.)	10	44.22	44.22	44.22
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.03	3.03	3.03
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.86	1.86	1.86
Whole Building Energy (kWh/Year)	22,213,992	25,211,084	24,241,211	24,191,084

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่ลดลง ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบ		**ราคาวัสดุต่อพื้นที่ (บาท/ตร.ม.)**	**ราคาวัสดุกรอบอาคาร (ผนัง10,926 กระจก 2,012 ตร.ม.)**	**ราคาวัสดุกรอบอาคารที่ลดลง (บาท)**	**พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)**	**ค่าไฟลดลงต่อปี (บาท)**
แนวทางที่1	คอนกรีตมวลเบา G4	756	8,260,056	11,946,128	969,873	3,394,556
	ผนังคอนกรีตสำเร็จ	2,000	21,852,000			
	กระจกสะท้อนแสง	1,022	2,056,264			
	กระจกใส	204	410,448			
แนวทางที่2	คอนกรีตมวลเบา G2	725	7,921,350	12,284,834	1,020,000	3,570,000
	ผนังคอนกรีตสำเร็จ	2,000	21,852,000			
	กระจกสะท้อนแสง	1,022	2,056,264			
	กระจกใส	204	410,448			

ผลจากการประเมินการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม BEC ของ อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ดังตารางที่ 4.13 แนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานเพื่อให้อาคารนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ ในส่วนกรอบอาคารได้ โดยแนวทางที่2 คือ การใช้วัสดุผนังใช้เป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 (เดิมใช้ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉาบปูนเรียบทาสี)กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร (เดิมใช้กระจกใส หนา 6) ทำให้ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 29.72 W/sq.m. RTTV มีค่าเท่ากับ 44.22 W/sq.m. และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 24,191,084 kWh/Year ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางที่ 1 และเมื่อ

พิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ตารางที่ 4.14 พบว่าแนวทางที่ 2 มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุด ด้วยเหตุนี้ วัสดุผนังอาคารของอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 และ กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร

4.2.7 แนวทางการออกแบบวัสดุหลังคาพร้อมวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาสำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ให้ผ่านเกณฑ์ระบบหลังคาพร้อมวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาและค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกฎกระทรวงฯและต้นทุนต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนระบบหลังคา (ตารางที่4.15) โดยวัสดุผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 และ กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร ดังนี้

ตารางที่ 4.15 แนวทางการออกแบบวัสดุหลังคาพร้อมฉนวนกันความร้อน ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบ	**รายละเอียดการออกแบบอาคาร**
แนวทางที่ 1	ติดตั้งหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนแผ่นเรียบ หนา 6 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium
แนวทางที่ 2	ติดตั้งหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium
แนวทางที่ 3	ติดตั้งหลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 5 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium
แนวทางที่ 4	ติดตั้งหลังคาเมทัลชีท หนา 0.47 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงวัสดุหลังคา ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กระทรวงฯ	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4
OTTV (W/sq.m.)	30	28.71			
RTTV (w/sq.m.)	10	4.89	4.88	4.91	4.91
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.03			
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.86			
Whole Building Energy (kWh/Year)	22,213,992	23,653,320	23,593,355	23,593,738	23,593,765

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นวัสดุหลังคาที่เพิ่มขึ้นทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบ		ราคาวัสดุหลังคาเพิ่มขึ้นต่อตร.ม.	ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)	ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
แนวทางที่1	หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนแผ่นเรียบ หนา 6 มม.	1,067	2,880,900	1,557,764	5,452,174	0.53
แนวทางที่2	หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม.	688	1,857,600	1,617,729	5,662,052	0.33
แนวทางที่3	หลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 5 มม.	1,707	4,608,900	1,617,346	5,660,711	0.81
แนวทางที่4	หลังคาเมทัลชีท หนา 0.47 มม.	2,186	5,902,200	1,617,319	5,660,617	1.04

ผลการจากการประเมินการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม BEC ของอาคารที่พักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 พบว่าการออกแบบทั้ง 4 แนวทางนั้น สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวงฯ ในส่วนของกรอบอาคารและหลังคาได้ โดยแนวทางที่ 2 คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium สามารถทำให้ผลการประเมินสามารถผ่านเกณฑ์ได้ ซึ่งได้ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 28.71 W/sq.m. RTTV มีค่าเท่ากับ 4.88 W/sq.m. และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 23,593,355 kWh/Year ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางการออกแบบอื่น และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ตารางที่ 4.17 พบว่า แนวทางออกแบบที่ 2 มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น ด้วยเหตุนี้วัสดุที่เลือกใช้เป็นหลังคาสำหรับอาคารที่พักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม.

4.2.8 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาสำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ให้ผ่านเกณฑ์ระบบหลังคาพร้อมวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาและค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกฎกระทรวงฯและต้นทุนต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนระบบหลังคา (ตารางที่4.18) โดยวัสดุผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 , กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร และวัสดุหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม. โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนวัสดุฉนวนหลังคาแนวทางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.18 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อน ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบ	รายละเอียดการออกแบบอาคาร
แนวทางที่ 1	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม.
แนวทางที่ 2	ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มม.
แนวทางที่ 3	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.
แนวทางที่ 4	ติดตั้งฉนวนใยหินความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.

ตารางที่ 4.19 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานหลังการปรับปรุงวัสดุฉนวนหลังคา ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กระทรวงฯ	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4
OTTV (W/sq.m.)	30	28.71			
RTTV (w/sq.m.)	10	4.96	10	6.90	6.59
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.03			
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.86			
Whole Building Energy (kWh/Year)	22,213,992	23,594,367	23,663,783	23,620,960	23,616,735

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบ		ราคาวัสดุฉนวนหลังคาต่อ ตร.ม.	ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)	ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
แนวทางที่ 1	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม.	166	448,200	1,616,717	5,658,510	0.08
แนวทางที่ 2	ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มม.	235	634,500	1,547,301	5,415,554	0.12

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

แนวทางการออกแบบ		ราคาวัสดุฉนวนหลังคาต่อ ตร.ม.	ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)	ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
แนวทางที่ 3	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.	91	245,700	1,590,124	5,565,434	0.04
แนวทางที่ 4	ติดตั้งฉนวนใยหินความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.	163	440,100	1,594,349	5,580,222	0.08

จากตารางที่ 4.19 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ของวัสดุฉนวนหลังคา สรุปได้ว่าแนวทางที่ 1 คือ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม. เป็นแนวทางการปรับปรุงที่ทำมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ทำให้อาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดย ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 28.71 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 4.96 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 23,594,367 kWh/Year แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 4.20) พบว่าแนวทางที่ 3 เป็นแนวทางที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด เท่ากับ 91 บาทต่อตารางเมตร และมี ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 28.71 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 6.90 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 23,594,367 kWh/Year ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี 5,565,434 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.04 ปี ด้วยเหตุนี้วัสดุที่มีความเหมาะสมในการเลือกใช้งานที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุดคือ ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.

4.2.9 แนวทางการออกแบบปรับปรุงค่า Coefficient of Performance สำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance หรือ ค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำความเย็น โดยผู้วิจัยดำเนินการเปรียบเทียบอาคารก่อนปรับปรุงค่า COP และหลังปรับปรุงค่า COP แนวทางการปรับปรุงคือ การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่มีค่าอัตราประสิทธิภาพลังงาน (EER) มากกว่าหรือเท่ากับ 11.0 หรือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์

5 โดยกรอบวัสดุอาคารและหลังคาพร้อมฉนวนนั้นคือ ผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 กระจกเป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์หนา 6 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. ซึ่งสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 4,669,079 kWh/Year คิดเป็นเงิน 16,341,777 บาท

ตารางที่ 4.21 ผลการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

รายละเอียด	**เกณฑ์กฎกระทรวง**	**ก่อนปรับปรุง COP**	**อาคารปรับปรุง COP**	**ผลการประเมิน**
OTTV (W/sq.m.)	30	28.71	28.71	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	6.9	6.90	Pass
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.03	3.03	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.86	3.24	Pass
Whole Building Energy (kWh/Year)	22,213,992	23,620,960	18,951,881	Pass
ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงต่อปี (kWh/Year)		4,669,079	16,341,777	บาทต่อปี

4.2.10 แนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าแสงว่างระหว่างหลอดฟูลออเรสเซนต์ (Tube)/ คอมแพ็คฟูลออเรสเซนต์ (Bulb) กับหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED (Tube/Bulb) โดยคิดราคาของอุปกรณ์ทั้งชุด มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.22 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง LED (ทุ่งสีกัน) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กฎกระทรวง	อาคารก่อนปรับปรุง LED	อาคารปรับปรุง LED	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	28.71	28.71	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	6.9	6.90	Pass
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.03	1.66	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	3.24	3.24	Pass
Whole Building Energy (kWh/Year)	22,213,992	18,951,881	18,448,834	Pass

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้หลอดไฟ LED ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

อุปกรณ์เดิม (ราคาต่อชุด)	**อุปกรณ์ใหม่ (ราคาต่อชุด)**	**จำนวน (หลอด)**	**ราคาเพิ่มขึ้น (บาท/ชุด)**	**ต้นทุนเพิ่มขึ้น (บาท)**	**ผลประหยัด (บาท/ปี)**	**ระยะเวลาคืนทุน (ปี)**
ฟูลออเรสเซนต์ (T8) 36 วัตต์ (220บาท)	LED Tube 20 วัตต์ (480บาท)	2057	260	534,820	1,760,665	0.33
คอมแพคฟูลออเรสเซนต์ 14 วัตต์ (160บาท)	LED Bulb 8 วัตต์ (200บาท)	724	40	28,960		
โคมเมทัลฮาไลด์ 400 วัตต์ (2,900บาท)	Flood Light Led 150 วัตต์ (4,000บาท)	8	1,100	8,800		
ระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเทียบกับผลประหยัด				572,580	1,760,665	0.33

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED โดยกรอบวัสดุอาคารและหลังคาพร้อมฉนวนนั้นคือ ผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 กระจกเป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์ หนา 6 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. และเลือกใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์5 ทำให้ค่า Lighting System มีค่าเท่ากับ 1.66 W/sq.m. ซึ่งลดลงจากเดิม (ตารางที่ 4.22) และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 4.23) ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED อาคารมีต้นทุนสูงขึ้น 572,580 บาท แต่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 1,760,665 บาท ทำให้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.33 ปี ด้วยเหตุนี้วัสดุที่เลือกใช้เป็นหลอดไฟฟ้าให้อาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

4.3 การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

4.3.1 ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร อาคารชุด

ชื่อโครงการ อาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

เจ้าของโครงการ กองทัพอากาศ

ข้อมูลลักษณะอาคาร

พื้นที่ใช้สอยรวม	6,000 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ	4,000 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยไม่ปรับอากาศ	2,000 ตารางเมตร
จำนวนชั้น	อาคารสูง 6 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงชั้นดาดฟ้า
โครงสร้างอาคาร	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ พื้นเป็นระบบพื้นสำเร็จรูปชนิดแผ่น พื้นกลวงความหนา 10 เซนติเมตร อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคารทั้งหมด (WWR) ร้อยละ 19.60
วัสดุกรอบอาคาร	
ผนัง	อิฐมวลเบามาตรฐาน G4
กระจก	กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร

วัสดุหลังคา	ไม่มี
วัสดุฉนวน	ไม่มี
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	หลอดฟูลออเรสเซนต์ 14-36 วัตต์, โคมสปอร์ตไลท์ 250 วัตต์
ระบบปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000 Btu/hr.

4.3.2 ลักษณะทางกายภาพของอาคารแฟลตพักอาศัย ทอ. (ทุ่งสีกัน) เขต6

รูปทรงอาคาร มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเป็นรูปทรงมาตรฐานในการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการกองทัพอากาศ เนื่องจากมีรูปทรงที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีการจัดวางทิศทางอาคารที่เหมาะสม จึงทำให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยลง และเนื่องจากวงโคจรของดวงอาทิตย์มีทิศขึ้นทางทิศตะวันออกและทิศลงทางทิศตะวันตก ดังนั้นการวางทิศทางอาคารโดยหันด้านแคบของอาคารไปทางตะวันออก-ตะวันตก ตามความเหมาะสมกับพื้นที่การก่อสร้างอาคาร จึงทำให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยที่สุด

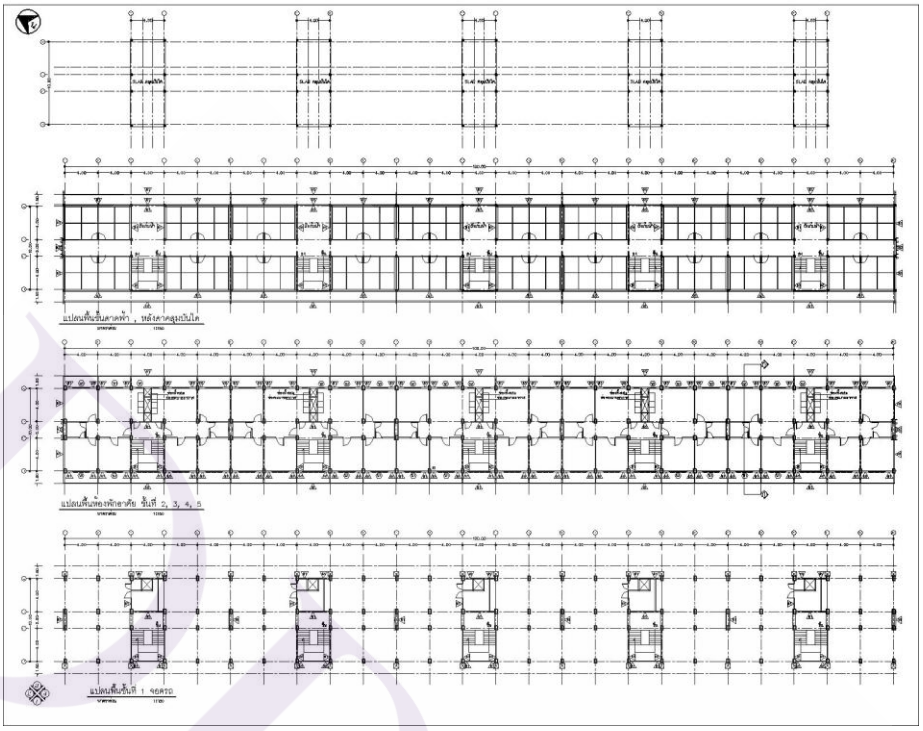
ชั้น6 เป็นชั้นดาดฟ้าเป็นวัสดุคอนกรีตผสมสารกันซึมของน้ำ โดยไม่มีส่วนของหลังคาในการป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ การจัดวางพื้นที่ใช้สอยน้อย ได้ออกแบบให้อยู่ในตำแหน่งด้างข้างของอาคารหรือออกแบบให้อยู่ในทิศตะวันออก-ตะวันตก ทำให้ช่วงลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุกรอบอาคาร ตามแบบและรายการประกอบแบบ เป็นวัสดุชนิด ผนังอิฐมวลเบามาตรฐาน G4 ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าเมื่อเทียบกับผนังอิฐมอญหรือผนังคอนกรีตสำเร็จรูป มีน้ำหนักเพียง 90-100 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ฉาบเรียบแล้วเสร็จ) ส่วนผสมของวัสดุที่ทำ เป็นส่วนผสมของทราย ซีเมนต์ ปูขาว ยิปซั่มและผงอะลูมิเนียม มีฟองอากาศมากประมาณ 75% ทำให้เบา (ลอยน้ำได้) ฟองอากาศเป็น Close Cell ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่สะสมความร้อน ไม่ติดไฟ ทนไฟ 1,110 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 4 ชั่วโมง กันเสียงได้ดี

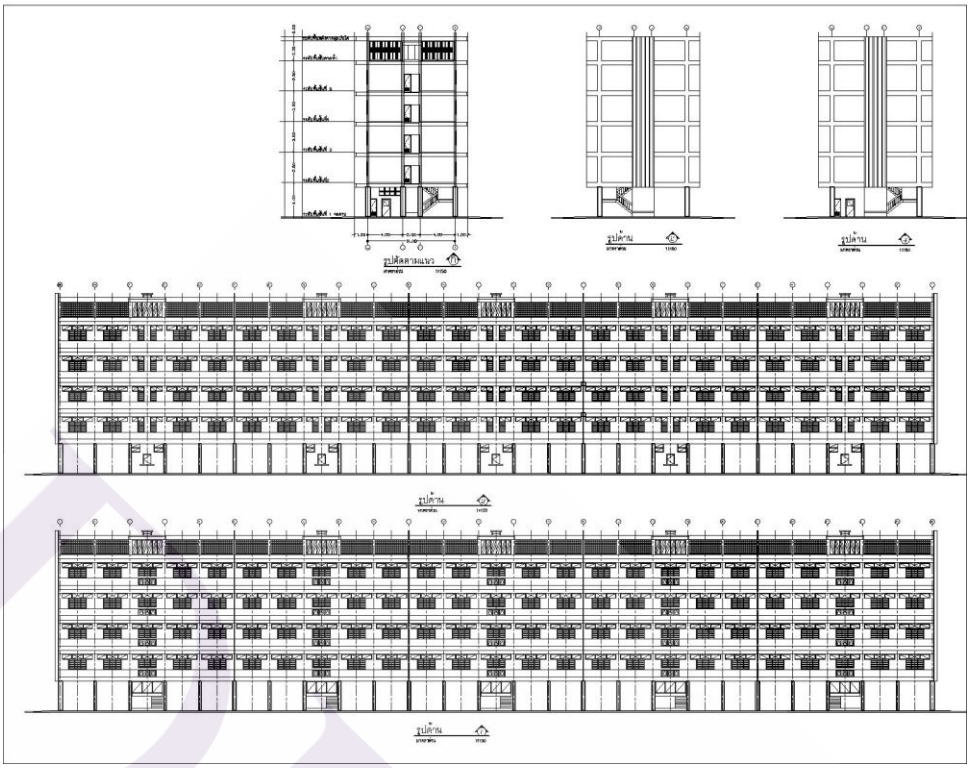
อุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่าง ตามแบบและรายการงานระบบไฟฟ้าใช้เป็นหลอดฟูลออเรสเซนต์ (T8) ขนาด 36 วัตต์ , หลอดคอมแพคฟูลออเรสเซนต์ (E27) ขนาด 14 วัตต์ และโคมไฟสปอร์ตไลท์ (Metal Halide) 400 วัตต์

ระบบปรับอากาศใช้เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000 Btu/hr. ทำความเย็นให้กับอาคาร โดยระบบปรับอากาศบางส่วนยังไม่ได้รับการปรับปรุงให้เป็นเครื่องปรับอากาศ ที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 แต่เป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับรองมาตรฐาน มอก. 213-2545

4.3.3 แบบแปลนอาคารพักอาศัยแฟลต ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6



ภาพที่ 4.12 แปลนพื้นชั้นล่าง ถึง ชั้นดาดฟ้า (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6



ภาพที่ 4.13 รูปด้านอาคาร (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารของแบบอาคารชุดพักอาศัยข้าราชการ ทอ. (โสด) เขต3 ด้วยโปรแกรม BEC แสดงดังตารางที่ 4.24 พบว่าแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 ตามการออกแบบเดิม มีผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกำหนดของกฎกระทรวงฯ ใน หลังคาอาคาร,ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ และค่าพลังงานรวม ในขณะที่ผลรวมความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้าด้านไฟฟ้าส่องสว่าง มีการประเมินผ่านเกณฑ์ตามกฎระทรวงฯ ด้วยเหตุนี้เพื่อการพัฒนาอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 มุ่งสู่อาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการด้านการออกแบบปรับปรุงวัสดุประกอบอาคาร ผนัง,หลังคา,ระบบปรับอากาศ,ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง และเสนอแนวทางการออกแบบ รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.24 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารก่อนการปรับปรุง (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กฎกระทรวง	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	20.88	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	31.54	Failed
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.78	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.76	Failed
Whole Building Energy (kWh/Year)	3,379,488	3,724,462	Failed

4.3.4 แนวทางการออกแบบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

แนวทางการออกแบบได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิค โดยศึกษาผลของวัสดุก่อสร้างอาคารในส่วนระบบกรอบอาคารที่มีผลต่อค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (Whole Building Energy Consumption) โดยวัสดุก่อผนังและกระจกพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) ส่วนวัสดุหลังคาและวัสดุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) และค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็น (COP) ในขณะเดียวกันก็ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นของแต่ละแนวทางการออกแบบ ทั้งนี้การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ได้คำนึงถึงลักษณะความเป็นไปได้ของวัสดุที่ใช้อยู่ปัจจุบันและท้องตลาดโดยแนวทางการออกแบบจะเป็นแนวทางที่ทำให้อาคารชุดนั้นสามารถผ่านเกณฑ์ ที่กฎกระทรวงฯกำหนด และมีต้นค่าค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด

เนื่องจากอาคารตามแบบเดิมนั้นยังมีส่วนที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED นั้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และ ไม่ได้รับ , หลอดฟูลออเรสเซนต์ และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

4.3.5 แนวทางการออกแบบวัสดุหลังคาพร้อมวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาสำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

แนวทางการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 ให้ผ่านเกณฑ์ระบบหลังคาพร้อมวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาและค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกฎกระทรวงฯและต้นทุนต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนระบบหลังคา (ตารางที่4.25) โดยวัสดุผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G4 และ กระจกใช้เป็นกระจกใส 6 มิลลิเมตร ดังนี้

ตารางที่ 4.25 แนวทางการออกแบบวัสดุหลังคาพร้อมฉนวนกันความร้อน ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

แนวทางการออกแบบ	**รายละเอียดการออกแบบอาคาร**
แนวทางที่ 1	ติดตั้งหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนแผ่นเรียบ หนา 6 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium
แนวทางที่ 2	ติดตั้งหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium
แนวทางที่ 3	ติดตั้งหลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 5 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium
แนวทางที่ 4	ติดตั้งหลังคาเมทัลชีท หนา 0.47 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium

ตารางที่ 4.26 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงวัสดุหลังคา ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กระทรวงฯ	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4
OTTV (W/sq.m.)	30	20.88			
RTTV (w/sq.m.)	10	4.95	4.96	4.98	5.21
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.78			
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.76			
Whole Building Energy (kWh/Year)	3,379,488	3,591,966	3,591,976	3,592,071	3,593,247

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นวัสดุหลังคาที่เพิ่มขึ้น ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

แนวทางการออกแบบ		ราคาวัสดุหลังคาเพิ่มขึ้นต่อตร.ม.	ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)	ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี(บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
แนวทางที่1	หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนแผ่นเรียบ หนา 6 มม.	1,067	1,067,000	132,496	463,736	2.30
แนวทางที่2	หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม.	688	688,000	132,486	463,701	1.48

ตารางที่ 4.27 (ต่อ)

แนวทางการออกแบบ		ราคาวัสดุหลังคาเพิ่มขึ้นต่อตร.ม.	ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)	ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี(บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
แนวทางที่3	หลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 5 มม.	1,707	1,707,000	132,391	463,369	3.68
แนวทางที่4	หลังคาเมทัลชีท หนา 0.47 มม.	2,186	2,186,000	131,215	459,253	4.76

ผลการจากการประเมินการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม BEC ของอาคารที่พักอาศัยข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 ตารางที่ 4.26 พบว่าการออกแบบทั้ง 4 แนวทางนั้นสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวงฯ ในส่วนของกรอบอาคารและหลังคาได้ โดยแนวทางที่ 1 คือ ติดตั้งหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนแผ่นเรียบ หนา 6 มม. ฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium ซึ่งได้ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 20.88 W/sq.m. RTTV มีค่าเท่ากับ 4.95 W/sq.m. และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 3,591,966 kWh/Year ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางการออกแบบอื่น และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ตารางที่ 4.27 พบว่า แนวทางออกแบบที่ 2 มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น ด้วยเหตุนี้วัสดุที่เลือกใช้เป็นหลังคาสำหรับอาคารที่พักอาศัยข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม.

4.3.6 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาสำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุด อาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

แนวทางการออกแบบอาคารพักอาศัยข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 ให้ผ่านเกณฑ์ระบบหลังคาพร้อมวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งใต้หลังคาและค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกฎกระทรวงฯและต้นทุนต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนระบบหลังคา (ตารางที่4.25) โดยวัสดุผนัง คือ คอนกรีตมวลเบามาตรฐาน G4 , กระจกใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) 6 มิลลิเมตร และวัสดุหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ หนา 6 มม. โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบในส่วนวัสดุฉนวนหลังคาแนวทางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.28 แนวทางการออกแบบวัสดุฉนวนกันความร้อน ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

แนวทางการออกแบบ	รายละเอียดการออกแบบอาคาร
แนวทางที่ 1	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม.
แนวทางที่ 2	ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มม.
แนวทางที่ 3	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.
แนวทางที่ 4	ติดตั้งฉนวนใยหินความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.

ตารางที่ 4.29 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานหลังการปรับปรุงวัสดุฉนวนหลังคา (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์กระทรวงฯ	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4
OTTV (W/sq.m.)	30	20.88			
RTTV (w/sq.m.)	10	4.96	10	6.90	7.06
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.78			
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.76			
Whole Building Energy (kWh/Year)	3,379,488	3,591,976	3,617,274	3,601,668	3,602,470

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

แนวทางการออกแบบ		**ราคาวัสดุฉนวนหลังคาต่อ ตร.ม.**	**ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)**	**พลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง (kWh/Year)**	**ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี(บาท)**	**ระยะเวลาคืนทุน(ปี)**
แนวทางที่1	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม.	166	16,600	132,486	463,701	0.04
แนวทางที่2	ติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มม.	235	23,500	107,188	375,158	0.29
แนวทางที่3	ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.	91	9,100	122,794	429,779	0.02
แนวทางที่4	ติดตั้งฉนวนใยหินความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.	163	16,300	121,992	426,972	0.04

จากตารางที่ 4.29 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ของวัสดุฉนวนหลังคา สรุปได้ว่าแนวทางที่ 1 คือ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว Stay Cool หนา 75 มม. เป็นแนวทางการปรับปรุงที่ทำมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ทำให้อาคาร พักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดย ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 20.88 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 4.96

W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 3,591,976 kWh/Year แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 4.30) พบว่าแนวทางที่ 3 เป็นแนวทางที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด เท่ากับ 91 บาทต่อตารางเมตร และมี ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 20.88 W/m^2 RTTV มีค่าเท่ากับ 6.90 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 3,601,668 kWh/Year ค่าไฟฟ้าลดลงต่อปี 429,779 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.02 ปี ด้วยเหตุนี้วัสดุที่มีความเหมาะสมในการเลือกใช้งานที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุดคือ ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม.

4.3.7 แนวทางการออกแบบปรับปรุงค่า Coefficient of Performance สำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 แนวทางการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance หรือ ค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำความเย็น โดยผู้วิจัยดำเนินการเปรียบเทียบอาคารก่อนปรับปรุงค่า COP และหลังปรับปรุงค่า COP แนวทางการปรับปรุงคือ การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่มีค่า อัตราประสิทธิภาพพลังงาน (EER) มากกว่าหรือเท่ากับ 11.0 หรือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5 โดยกรอบวัสดุอาคารและหลังคาพร้อมฉนวนนั้นคือ ผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G4 กระจกเป็นกระจกใส 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์ หนา 6 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. ซึ่งสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 936,179 kWh/Year คิดเป็นเงิน 3,276,627 บาท

ตารางที่ 4.31 ผลการปรับปรุงค่า Coefficient of Performance ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์ กฎกระทรวง	ก่อนปรับปรุง COP	อาคารปรับปรุง COP	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	20.88	20.88	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	6.90	6.90	Pass
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.78	3.78	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	1.76	3.24	Pass

ตารางที่ 4.31 (ต่อ)

รายละเอียด	เกณฑ์ กฎกระทรวง	ก่อนปรับปรุง COP	อาคารปรับปรุง COP	ผลการประเมิน
Whole Building Energy (kWh/Year)	3,379,488	3,601,668	2,665,489	Pass
ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงต่อปี (kWh/Year)		936,179	3,276,627 บาทต่อปี	

4.3.8 แนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับอาคารต้นแบบแบบประหยัดพลังงาน ประเภทอาคารชุดอาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าแสงว่างระหว่างหลอดฟูลออเรสเซนต์ (Tube)/ คอมแพ็คฟูลออเรสเซนต์ (Bulb) กับหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED (Tube/Bulb) โดยคิดราคาของอุปกรณ์ทั้งชุด มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.32 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง LED ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

รายละเอียด	เกณฑ์ กฎกระทรวง	อาคารก่อนปรับปรุง LED	อาคารปรับปรุง LED	ผลการประเมิน
OTTV (W/sq.m.)	30	20.88	20.88	Pass
RTTV (w/sq.m.)	10	6.90	6.90	Pass
Lighting System (W/sq.m.)	12	3.78	1.95	Pass
Air conditioning System : Split Type (COP)	3.22	3.24	3.23	Pass
Whole Building Energy (kWh/Year)	3,379,488	2,665,489	2,538,938	Pass

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้หลอดไฟ LED ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

อุปกรณ์เดิม (ราคาต่อชุด)	**อุปกรณ์ใหม่ (ราคาต่อชุด)**	**จำนวน (หลอด)**	**ราคาเพิ่มขึ้น (บาท/ชุด)**	**ต้นทุนเพิ่มขึ้น (บาท)**	**ผลประหยัด (บาท/ปี)**	**ระยะเวลาคืนทุน (ปี)**
ฟูลออเรสเซนต์ (T8) 36 วัตต์ (220บาท)	LED Tube 20 วัตต์ (480บาท)	460	260	119,600	442,929	0.29
คอมแพคฟูลออเรสเซนต์ 14 วัตต์ (160บาท)	LED Bulb 8 วัตต์ (200บาท)	100	40	4,000		
โคมเมทัลฮาไลด์ 25 วัตต์ (2,800บาท)	Flood Light Led 50 วัตต์ (3,500บาท)	10	700	7,000		
ระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเทียบกับผลประหยัด				130,600	442,929	0.29

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม BEC ในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง LED โดยกรอบวัสดุอาคารและหลังคาพร้อมฉนวนนั้นคือผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G4 กระจกเป็นกระจกใส 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องลอนคู่สีซีเมนต์ หนา 6 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 50 มม. และเลือกใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์5 ทำให้ค่า Lighting System มีค่าเท่ากับ 1.95 W/sq.m. ซึ่งลดลงจากเดิม (ตารางที่ 4.32) และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 4.33) ของต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED อาคารมีต้นทุนสูงขึ้น 130,600 บาท แต่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 442,929 บาททำให้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.29ปี ด้วยเหตุนี้วัสดุที่เลือกใช้เป็นหลอดไฟฟ้าให้อาคารพักอาศัย ข้าราชการ ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินสมรรถนะทางด้านพลังงานงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานประเภทอาคารชุดที่มีต้นทุนต่ำที่สุดที่สามารถผ่านเกณฑ์กฎกระทรวงได้ฯ โดยอ้างอิงฐานข้อมูลตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535(แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) และสอดคล้องกับแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558-2579 (Energy Efficiency Plan; EEP 2015)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินศึกษาอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีแบบรูปมาตรฐานก่อสร้างใกล้เคียงกัน แต่วัสดุประกอบอาคารแตกต่างกัน 3 อาคาร ได้แก่ 1.อาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(โสด) เขต3, 2.อาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6, อาคารแฟลตพักอาศัย ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 และได้เสนอแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ สรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาเรื่อง การประเมินและปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงานของอาคารที่พักอาศัยของกองทัพอากาศ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์จากกลุ่มตัวอย่างอาคารพักอาศัยแฟลตข้าราชการทหารอากาศ ทั้ง 3 อาคาร โดยมีลักษณะ วัสดุกรอบอาคาร หลังคา และพื้นที่ ที่แตกต่างกันออกไปนั้น สามารถสรุปรายละเอียดคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร สำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานได้ดังนี้จากการวิจัย สรุปผลการศึกษา ดังนี้

5.1.1 สรุปผลประเมินละปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารที่พักอาศัย ทอ.(โสด) เขต 3

5.1.1.1 เกณฑ์กฎกระทรวงของอาคารที่พักอาศัย ทอ. (โสด) เขต3 มีค่าดังนี้ OTTV = 30 W/m^2, RTTV = 10 W/m^2, LPD = 12 W/m^2, COP = 3.22 และ Whole Building Energy = 927,145 kWh/Year

5.1.1.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารก่อนการปรับปรุงมีค่าดังนี้ OTTV

= 41.39 W/m^2, RTTV = 46.42 W/m^2, LPD = 5.66 W/m^2, COP = 1.84 และ Whole Building Energy = 1,145,004 kWh/Year

5.1.1.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารหลังการปรับปรุงมีค่าดังนี้ OTTV = 30.00 W/m^2, RTTV = 6.91 W/m^2, LPD = 2.89 W/m^2, COP = 3.23 และ Whole Building Energy

= 691,648 kWh/Year

5.1.1.4 สรุปแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารที่พักอาศัย ทอ. (โสด) เขต3

1.4.1 ผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 ฉาบปูนเรียบทาสี

1.4.2 กระจก คือ กระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) หนา 6 mm.

1.4.3 หลังคา คือ หลังคากระเบื้องลอนคู่ซีเมนต์ หนา 5 mm.

1.4.4 ฉนวนกันความร้อน คือ ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 50 mm.

1.4.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

1.4.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน คือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5

5.1.2 สรุปผลประเมินละปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารที่พักอาศัย ทอ.(ทุ่งสีกัน) เขต6

5.1.2.1 เกณฑ์กฎกระทรวงของอาคารที่พักอาศัย ทอ. (โสด) เขต3 มีค่าดังนี้ OTTV = 30 W/m^2, RTTV = 10 W/m^2, LPD = 12 W/m^2, COP = 3.22 และ Whole Building Energy = 22,213,992 kWh/Year

5.1.2.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารก่อนการปรับปรุงมีค่าดังนี้ OTTV

= 46.90 W/m^2, RTTV = 44.22 W/m^2, LPD = 3.03 W/m^2, COP = 1.86 และ Whole Building Energy = 22,213,992 kWh/Year

5.1.2.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารหลังการปรับปรุงมีค่าดังนี้ OTTV

= 28.71 W/m^2, RTTV = 6.90 W/m^2, LPD = 1.66 W/m^2, COP = 3.24 และ Whole Building Energy = 18,448,834 kWh/Year

5.1.2.4 สรุปแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารที่พักอาศัย ทอ. (โสด) เขต3

5.1.2.4.1 ผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 ฉาบปูนเรียบทาสี

5.1.2.4.2 กระจก คือ กระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) หนา 6 mm.

5.1.2.4.3 หลังคา คือ หลังคากระเบื้องลอนคู่ซีเมนต์ หนา 6 mm.

5.1.2.4.4 ฉนวนกันความร้อน คือ ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 50 mm.

5.1.2.4.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

5.1.2.4.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน คือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5

5.1.3 สรุปผลประเมินละปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารที่พักอาศัย ทอ. (สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6

5.1.3.1 เกณฑ์กฎกระทรวงของอาคารที่พักอาศัย ทอ.(สถานีรถไฟดอนเมือง) เขต6 มีค่าดังนี้ OTTV = 30 W/m^2, RTTV = 10 W/m^2, LPD = 12 W/m^2, COP = 3.22 และ Whole Building Energy = 3,379,488 kWh/Year

5.1.3.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารก่อนการปรับปรุงมีค่าดังนี้ OTTV = 20.88 W/m^2, RTTV = 31.54 W/m^2, LPD = 3.78 W/m^2, COP = 1.76 และ Whole Building Energy = 3,724,462 kWh/Year

5.1.3.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารหลังการปรับปรุงมีค่าดังนี้ OTTV = 20.88 W/m^2, RTTV = 6.90 W/m^2, LPD = 1.95 W/m^2, COP = 3.23 และ Whole Building Energy = 2,538,938 kWh/Year

5.1.3.4 สรุปแนวทางการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารที่พักอาศัย ทอ. (โสด) เขต3

5.1.3.4.1 ผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G4 ฉาบปูนเรียบทาสี

5.1.3.4.2 กระจก คือ กระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) หนา 6 mm.

5.1.3.4.3 หลังคา คือ หลังคากระเบื้องลอนคู่ซีเมนต์ หนา 6 mm.

5.1.3.4.4 ฉนวนกันความร้อน คือ ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 50 mm.

5.1.3.4.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

5.1.3.4.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน คือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์5

5.1.4. สรุปแนวทางการออกแบบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงาน ประเภทอาคารชุด เพื่อให้อาคารนั้นได้รับการรับรองเป็นอาคาร มาตรฐาน BEC โดยวัสดุการก่อสร้างนั้นมีส่วนสำคัญที่ไม่สามารถมองข้ามได้ถึงแม้ว่าจะมีเทคโนโลยีใหม่ในการก่อสร้างที่ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถก่อสร้าง

ได้รวดเร็ว คงทน แข็งแรงและสวยงาน แต่ ในการเลือกวัสดุแต่ละชนิดต้องคำนึงถึงค่าต่างทางวิศวกรรม ค่าที่แสดงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity) ความหนาแน่น (Density) ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) และค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ (Visible Rays) เป็นต้น และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆที่ประกอบอาคารต้องเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง พร้อมทั้งประหยัดไฟ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน แนวทางวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานมีรายละเอียดดังนี้

5.1.4.1 สรุปแนวทางการออกแบบวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานสำหรับอาคารที่พักอาศัยกองทัพอากาศ

5.1.4.4.1 ผนัง คือ คอนกรีตมวลเบา มาตรฐาน G2 ฉาบปูนเรียบทาสี

5.1.4.4.2 กระจก คือ กระจกสะท้อนแสง Solar Tag(TE110) หนา 6 mm.

5.1.4.4.3 หลังคา คือ หลังคากระเบื้องลอนคู่ซีเมนต์ หนา 6 mm.

5.1.4.4.4 ฉนวนกันความร้อน คือ ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 50 mm.

5.1.4.4.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง คือ หลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED

5.1.4.4.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน คือ เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์5

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีแนวทางการประเมินและปรับปรุงให้สอดคล้องกับแผนระยะยาวของ Road Map แผน EEP 2015 โดยคำนึงถึงแผนระยะยาว โดยในปี พ.ศ.2562 BEC (Building Energy Code), พ.ศ. 2568 HEPS (High Energy Performance Standard), พ.ศ.2574 ECON (Economic Building) และสนับสนุนการยกระดับ ZEB (Zero Energy Building)

5.2.2 แนวทางการออกแบบวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานสำหรับอาคารที่พักอาศัยกองทัพอากาศ ควรคำนึงถึง อัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด เพราะส่งผลโดยตรงกับค่า OTTV

5.2.3 แนวทางการออกแบบวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานสำหรับอาคารที่พักอาศัยกองทัพอากาศ ควรคำนึงถึง การเลือกใช้สีที่มีค่าการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ต่างๆ เพราะส่งผลโดยตรงกับค่า OTTV

5.2.4 ควรมีการประเมินอาคารประเภทอื่น เช่น อาคารสำนักงาน หรืออาคารชุมนุมคน เป็นต้น เพื่อให้การก่อสร้างอาคารในอนาคต สอดคล้องกับแผน EEP 2015

5.2.5 ควรมีการนำข้อมูลผลการดำเนินการตามแผนปฏิบัติการเผยแพร่สู่สาธารณะชน เพื่อให้เกิด ความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.6 ควรกำหนดแนวทางการดำเนินงานด้านร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน และเป็นรูปธรรมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.7 ควรมีระบบการติดตามประเมินผลโครงการต่าง ๆ ที่ดำเนินการตามแผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน ระยะ ๕ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๘ – ๒๕๖๔) อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการดำเนินการเชิงรุก เพื่อทำการประเมินความก้าวหน้าของโครงการในเวลาต่าง ๆ รวมทั้งรวบรวมปัญหา และอุปสรรคในการดำเนินโครงการ ตลอดจนผลลัพธ์ของโครงการเหล่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบันเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแนวทางการขับเคลื่อนการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนปฏิบัติการที่กำหนด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน2550 (2550, 4 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่ม 124 ตอนที่87. หน้า 1-23.

พิมประภา จินดากร. (2559). *การตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 55 พรรษา สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี.* วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์. (2544*) การออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) กรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิริพร บรรณมาส. (2559). *การพัฒนาระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัย.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรกานต์ สุขเจริญ. (2553*). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร กรณีศึกษา : บริษัท เพทโทร-อินสตรูเมนท์ จำกัด.* วิทยานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์ และอุกฤษฏ์ โข่ศรี. (2550). *ได้ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบอาคาร และสิ่งแวดล้อมชุมชน เพื่อการประหยัดพลังงาน.* สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อนุชิต หาสูงเนิน. (2550). *เทคนิคการวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศราวุธ ศรีนุศิษย์. (2549*). การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน : กรณีศึกษา อาคารโรงพยาบาลเลิดสิน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจองเกล้าธนบุรี.

บุตรบำรุง ธรรมโชติ. (2541). *การประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ กรณีศึกษา อาคารพหลโยธิน ธนาคารกสิกรไทย.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ร.อ.นนทรัฐ ระหงษ์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2584 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	รองหัวหน้าฝ่ายวิศวกรรมไฟฟ้า แผนกวิศวกรรมระบบ กองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ เลขที่ 171 ถ.พหลโยธิน แขวงสนามบิน เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210