การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Energy Efficiency Analysis of Engineering Class Room Building, Faculty of Engineering, Naresuan University

นาย จรัญ คำบรรลือ

นาย วงศ์ประกริช แก้วประเสริฐ

นาย สุเมธ เขียวเรือง

15506591

วน.

จ154ก

2553

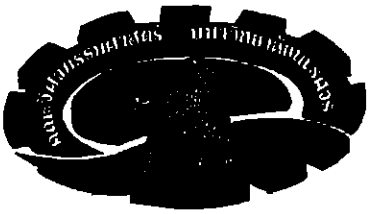
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15506591
เลขเรียกหนังสือ วน.
มหาวิทยาลัยนเรศวร จ154ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต 2553

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553



ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**

Energy Efficiency Analysis of Engineering Class Room Building, Faculty of Engineering Naresuan University

ผู้ดำเนินโครงงาน : 1. นายจรัญ คำบรรลือ รหัสนิสิต 50360623

2. นายวงศ์ประกริช แก้วประเสริฐ รหัสนิสิต 50362184

3. นายสุเมธ เขียวเรือง รหัสนิสิต 50362771

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.กุลยา กนกจารุวิจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

หัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวม
คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน : 1. นายจรัญ คำบรรลือ

2. นายวงศ์ประกริช แก้วประเสริฐ

3. นายสุเมธ เขียวเรือง

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าอาคารเรียนรวมมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปี จึงทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวม โดยที่ทำการคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุด ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสมพร้อมกับสอดคล้องกับภาระการทำความเย็น และเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อเสนอมาตรการประหยัดพลังงานแก่ผู้เกี่ยวข้องต่อไป

ผลจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าอาคารเรียนรวมมีการใช้พลังงานอย่างไร้ประสิทธิภาพเห็นได้จากมีการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเกินความจำเป็นประกอบกับเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่ามาตรฐานดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงทำการเสนอมาตรการแบ่งออกเป็น 2 มาตรการดังนี้ มาตรการที่ไม่มีเงินลงทุนสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ 141,803 บาทต่อปีและมาตรการที่มีเงินลงทุน 3,036,500 บาทสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ 452,874 บาทต่อปีระยะเวลาคืนทุน 6.71 ปี

Project Title : Energy Efficiency Analysis of Engineering Class Room Building, Faculty of Engineering Naresuan University

Name : Mr.Jarun Khumbunlue Code 50360623

Mr.Wongpragrich Keawprasert Code 50362184

Mr.Sumet Khiawrueng Code 50362771

Project Advisor : Mr. Sitphan Kanla

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2010

.....

Abstract

This project is a preliminary survey of the Engineering Classroom Building, Naresuan University that there are use increase energy every year .Therefore we analyzed energy efficiency of Classrooms building including the calculation the Peak Cooling Load, Measurement and analysis of energy efficiency of air conditioners split type for Management of the classroom is appropriate to comply with the Cooling Load And to reduce the energy consumption of air conditioners Split type to offer energy saving measures related to the future

Results from the analysis that Classroom Building are energy inefficient that Use of the lighting system more than necessary and Air conditioning efficiency at a lower standard Therefore, the preparation proposed measures are divided into the following two measures as No investment measures can save energy costs per year to 141,803 And measures that have investments 3,036,500 baht cost of electricity per year to 452,874. Payback period of 6.71 years.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

จากการที่รายวิชาโครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงงานเรื่อง "การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มหาวิทยาลัยนเรศวร" ในระหว่างการปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆมากมายและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก

- อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการให้ข้อมูลการทำโครงงาน ทุนทรัพย์และคำแนะนำตลอดการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
- กรรมการและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตลอดจนคำแนะนำ

และบุคลากรท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือรวมถึงอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำโครงงานทางวิศวกรรมจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงานวิจัย ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฑ

รายการสัญลักษณ์ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบข่ายของโครงการ 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 งบประมาณที่ใช้ 4

1.6 ระยะเวลาการดำเนินการ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 ภาระการทำความเย็นสูงสุดของห้อง (Room peak Cooling Load) 5

2.2 การคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Calculation) 7

สารบัญ(ต่อ)

2.2.1 ความร้อนที่เกิดกับห้อง 7

2.2.2 การคำนวณความร้อนผนังภายนอก 8

2.2.3 การนำความร้อนผ่านโครงสร้างภายใน 9

2.2.4 การส่งผ่านความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก 9

2.2.5 ภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ 10

2.2.6 ภาระการทำความเย็นจากคน 11

2.2.7 ภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ 11

2.2.8 การรั่วไหลของอากาศ 12

2.3 วัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration) 11

2.3.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ 12

2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ 14

2.4.1 รายการเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด 14

2.4.2. การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูล 15

2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) 18

2.4.4 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) 19

2.4.5 สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (Chp) 19

2.4.6 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 20

2.4.7 ระยะเวลาคืนทุน. 20

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การสำรวจข้อมูลและจัดทำทะเบียนเครื่องปรับอากาศเบื้องต้น 21

3.2 วัดค่าที่จำเป็นเพื่อใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 23

3.3 สำรวจข้อมูลเพื่อนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาภาระทางความเย็น 26

3.4 สำรวจการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 29

3.5 สำรวจชั่วโมงการใช้ห้อง 31

3.6 สำรวจจำนวนนิสิตที่ใช้ห้อง 31

3.7 สำรวจค่าไฟฟ้าพื้นฐานของอาคาร 31

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์

4.1 ข้อสมมุติฐาน 32

4.2 การใช้พลังงานของอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 35

4.3 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ 37

4.4 การกำหนดมาตรการ 38

มาตรการที่ 1 การลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน 38

มาตรการที่ 2 การใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามจำนวนคนใช้จริง 39

สารบัญ(ต่อ)

มาตรการที่ 3 ผลจากการลดการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่งผล
ทำให้การใช้ พลังงานนของเครื่องปรับอากาศลดลง 40
มาตรการที่ 4 การลดการใช้พลังงานจากการบริหารจัดการห้องเรียน 41
มาตรการที่ 5 เปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่าง จากหลอด T8 เป็น T5 44
กรณีที่ 1 เปลี่ยน 100% 44
กรณีที่ 2 เปลี่ยน 50% 46
มาตรการที่ 6 มาตรการซ่อมบำรุง 49
มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ทางภาระทางความเย็น
ที่เกิดขึ้น 50
4.5 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในแต่ละปี 52
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีการศึกษา 2553 55
5.2 อภิปรายผล 58
5.3 ข้อเสนอแนะ 59
บรรณานุกรม 60
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ 61
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ 76

ภาคผนวก ค ตารางที่ใช้สำหรับการคำนวณ 88

ภาคผนวก ง รูปแบบการนำเสนอ 98

ประวัติดำเนินโครงงาน 106

สารบัญรูป

รูปภาพที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 อาคารที่มีคนจำนวนมาก 5

รูปที่ 2.2 อาคารที่มีพื้นที่ผนังมาก 6

รูปที่ 2.3 อาคารที่มีพื้นที่หลังคามาก 6

รูปที่ 2.4 อาคารที่มีพื้นที่ของ Skylight มาก 7

รูปที่ 2.5 แสดงความร้อนทั้งหมดที่เกิดกับห้อง 7

รูปที่ 2.6 การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์
(สำหรับประเทศทางซีกโลกเหนืออย่างประเทศไทย) 8

รูปที่ 2.7 กระบวนถ่ายเทความร้อน 12

รูปที่ 2.8 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ 13

รูปที่ 2.9 แผนภาพความดันและเอนทาลปี (P-h diagram) ของสารทำความเย็น 13

รูปที่ 2.10 อุปกรณ์วัดกระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้า 14

รูปที่ 2.11 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 14

รูปที่ 2.12 อุปกรณ์วัดความเร็วลม 15

รูปที่ 2.13 อุปกรณ์วัดขนาด 15

รูปที่ 2.14 แสดงการแบ่งพื้นที่ของอากาศกลับและอากาศจ่ายออกเป็น 3 ช่อง 16

รูปที่ 2.15 การหาเอนทาลปีของอากาศจากแผนภูมิ Psychrometrics 17

รูปที่ 3.1 วิธีการนับเครื่องปรับอากาศ 22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.2 แสดงการกำหนดตำแหน่งที่จะวัดค่าคุณสมบัติของอากาศที่ดอยล์ 22

รูปที่ 3.3 แสดงการวัดความชื้นและอุณหภูมิด้านอากาศกลับ (Return air) 23

รูปที่ 3.4 แสดงการแสดงการวัดความชื้นและอุณหภูมิด้านอากาศจ่าย (Supply air) 24

รูปที่ 3.5 แสดงการวัดความเร็วลมด้านอากาศกลับ (Return air) 24

รูปที่ 3.6 แสดงการวัดพื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับ (Return air) 25

รูปที่ 3.7 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าเฟสเดียว 25

รูปที่ 3.8 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าสามเฟส 26

รูปที่ 3.9 อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) 27

รูปที่ 3.10 ทิศที่ตั้งและลักษณะการวางตัวของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) 37

รูปที่ 3.11 ผนังของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ 28

รูปที่ 3.12 ผนังของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ 28

รูปที่ 3.13 การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องเรียน 29

รูปที่ 3.14 การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องเรียน 30

รูปที่ 3.15 การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องคอมพิวเตอร์เวลาไม่มี
การเรียนการสอน 30

รูปที่ 3.16 รูปที่ การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องสมุด 31

รูปที่ 4.1 การจำลองการจัดเรียงที่นั่งของห้องเรียนขนาดใหญ่ 32

รูปที่ 4.2 การจำลองการจัดเรียงที่นั่งของห้องเรียนขนาดกลาง 33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.3 การจำลองการจัดเรียงที่นั่งของห้องเรียนขนาดเล็ก 34

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) 35

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ 36

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการประหยัดจากการลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน 38

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าใช่จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างก่อนและหลังปรับปรุง 39

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 40

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างตารางห้องเรียน EN 310 ที่ย้ายแล้วซึ่งมีภาระทางความเย็นสูงสุดในตอนบ่าย 42

รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างตารางห้องเรียน EN 511 ที่ย้ายแล้วซึ่งมีภาระทางความเย็นสูงสุดในช่วงเช้า 42

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการย้ายห้องเรียน 43

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด T5 ทั้งหมด 44

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนหลอดไฟ 45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานเมื่อระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 เป็น T5 50% 46

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนระบบ 48

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศจากการซ่อมบำรุงแล้ว 49

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีผลต่อการใช้พลังงาน 51

สารบัญตารางราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 19

ตารางที่ 2.2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 หมวด 3 ข้อ 5(2) 20

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของคนและหลอดไฟห้องเรียนขนาดใหญ่ 33

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของคนและหลอดไฟห้องเรียนขนาดกลาง 34

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของคนและหลอดไฟห้องเรียนขนาดกลาง 34

ตารางที่ 4.4 แสดงรายละเอียดข้อมูลเครื่องปรับอากาศจากค่าที่ตรวจวัดได้ 37

ตารางที่ 4.5 สรุปการประหยัดค่าใช้จ่ายของหลอดไฟบริเวณทางเดิน 38

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีในส่วนของอุปกรณ์ให้แสงสว่าง 40

ตารางที่ 4.7 สรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีของเครื่องปรับอากาศจากการลดจำนวน
การใช้งานหลอดไฟ 41

ตารางที่ 4.8 สรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีของเครื่องปรับอากาศจากการย้ายห้องเรียน 43

ตารางที่ 4.9 สรุปค่าใช้จ่ายและระยะคืนทุนจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
เป็น T5 ทั้งหมด 44

ตารางที่ 4.10 การประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยน
หลอดไฟจากหลอด T8 เป็น หลอด T5 ที่ 100% 45

ตารางที่ 4.11 สรุปค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนของการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
จากหลอด T8 เป็นT550% 47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.12 การประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 เป็น T5 ที่ 50% 48

ตารางที่ 4.13 สรุปการประหยัดพลังงานในส่วนของการล้างเครื่องปรับอากาศและล้างกรองอากาศ 49

ตารางที่ 4.14 แสดงราคาของเครื่องปรับอากาศ 50

ตารางที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีผลต่อการใช้พลังงาน 51

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากมาตรการต่างๆ **ต่อปี** เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 90% 52

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากมาตรการต่างๆ **ต่อปี** เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 80% 53

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากมาตรการต่างๆ **ต่อปี** เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70% 54

รายการสัญลักษณ์

FDB	ความหมาย	อุณหภูมิกระเปราะแห้ง
FWB	ความหมาย	อุณหภูมิกระเปราะเปียก
RH	ความหมาย	ความร้อนแฝง
Q	ความหมาย	ภาระความเย็นจากหลังคา
U	ความหมาย	สัมประสิทธิ์ความร้อนของหลังคา ผนัง หรือกระจก
A	ความหมาย	หน่วยเป็น BTU / hr – ft^2 _ °F
$CLTD_c$	ความหมาย	การแก้ไขผลต่างอุณหภูมิ หน่วยเป็น °F
t_R	ความหมาย	อุณหภูมิห้อง
t_a	ความหมาย	อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย
t_o	ความหมาย	อุณหภูมิกระเปราะแห้ง
DR	ความหมาย	อุณหภูมิประจำวัน
LM	ความหมาย	การแก้ไขเส้นศูนย์สูตรและเดือน
ΔT	ความหมาย	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ปรับอากาศและที่ไม่ปรับอากาศหน่วยเป็น °F
SHGF	ความหมาย	คือ Maximum solar heat gain factor, Btu/ (hr – ft^2)
SC	ความหมาย	สัมประสิทธิ์การบังเงา
CLF	ความหมาย	ตัวประกอบภาระการทำความเย็นของกระจก

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

W	ความหมาย	กำลังไฟฟ้า
BF	ความหมาย	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของบัลลาส
Q_S, Q_C	ความหมาย	ความร้อนสัมผัสกับความร้อนแฝงสะสม
N	ความหมาย	จำนวนคน
ΔW	ความหมาย	ผลต่างของอัตราส่วนความชื้นอากาศภายนอก และ ในห้องใน หน่วย lb ของน้ำ / lb ของอากาศ
ΔG	ความหมาย	ผลต่างของอัตราส่วนความชื้นอากาศภายนอก และ ในห้องใน หน่วย Grain ของน้ำ /lb ของอากาศแห้ง
TCC	ความหมาย	ภาระทำความเย็นทั้งหมด
SCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นสัมผัส
LCL	ความหมาย	ภาระทำความแฝง
RTCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นสัมผัสทั้งหมดของห้อง
RLCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นแฝงทั้งหมดของห้อง
BTCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นรวมของอาคาร
BSCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นรวมสัมผัสของอาคาร
BLCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นรวมแฝงของอาคาร
CTCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นรวมที่คอยล์

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

CSCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นสัมผัสที่คอยล์
CLCL	ความหมาย	ภาระทำความเย็นแฝงที่คอยล์
CFM	ความหมาย	อัตราการระบายอากาศในหน่วย ft^3/min
TC	ความหมาย	ผลต่างอุณหภูมิ DB – อุณหภูมิ WB
TD	ความหมาย	ผลต่างอุณหภูมิอากาศ
RL	ความหมาย	ภาระการทำความเย็น
BCCL	ความหมาย	ความร้อนสัมผัสในสิ่งก่อสร้างและความร้อนแฝงในสิ่งก่อสร้าง
CLF	ความหมาย	ตัวประกอบภาระของหน้าต่าง
ACH	ความหมาย	อัตราการรั่วไหลของอากาศ
LF	ความหมาย	ตัวประกอบความร้อนสัมผัส

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นอาคารเรียนที่มีความสูง 6 ชั้น ตัวอาคารชั้น 1 ใช้เป็นห้องสมุดและห้องสไมสรนิสิต ชั้น 2,3 และ 5 ใช้เป็นห้องเรียน และชั้น 6 ใช้เป็นห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และห้องประชุมซึ่งมีการใช้เครื่องปรับอากาศ ส่วนชั้น 4 ไม่มีการเรียนการสอนและไม่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ลักษณะของอาคารเรียนรวมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 22 เมตรยาว 86 เมตรซึ่งด้านยาววางตัวในทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งจากแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้ผนังที่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน ผนังส่วนใหญ่ของอาคารด้านยาวเป็นผนังกระจกประมาณ 70 % และเป็นผนังอิฐถือปูน 30% ซึ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ ส่วนผนังด้านกว้างวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ทั้งสองด้านมีผนังติดอยู่กับห้องสุขาและบันไดหนีไฟ ซึ่งเป็นพื้นที่ไม่ได้ปรับอากาศ จากการรวบรวมการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมเป็นพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารเรียนรวมแบ่งได้ 3 ประเภทคือ เครื่องปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์โสตทัศนศึกษา และจากการรวบรวมข้อมูลจากใบแจ้งค่าไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 - 2552 มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้า 328,296 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงถึง 1,122,664 บาทต่อปี ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นของอาคารเรียนรวมจะแสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด

จากโครงสร้างของผนังของอาคารเรียนและทิศทางการวางตัวของอาคารเรียนที่กล่าวข้างต้นจึงทำให้ภาระทางความเย็น(Cooling Load) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง และประกอบกับในการบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนของอาคารเรียนรวมในแต่ละวันนั้นไม่มีความเหมาะสม จึงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อทำการคำนวณภาระทางความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) แล้วนำมาวิเคราะห์ผลเพื่อนำมาทำแผนการบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และนำไปเป็นอาคารเรียนตัวอย่างเพื่อปรับปรุงอาคารเรียนคณะอื่นๆของมหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ของอาคารเรียนรวม

1.2.2 เพื่อทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.2.3 เพื่อบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสมพร้อมกับสอดคล้องกับภาระการทำความเย็น (Cooling Load) และเพื่อลดการใช้พลังงานของ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.3 ขอบข่ายโครงงาน

1.3.1 รวบรวมข้อมูลตารางการใช้ห้องเรียนและค่าไฟฟ้าตั้งแต่ปีการศึกษา 2548 จนถึงปัจจุบันของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.2 รวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์โสตทัศนศึกษาของแต่ละห้องของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อนำไปคำนวณค่าภาระทางความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load)

1.3.3 ตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยทำการตรวจวัดดังนี้

1.3.3.1 กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW)

1.3.3.2 อุณหภูมิด้านอากาศกลับและอากาศจ่าย (°C)

1.3.3.3 ความชื้นสัมพัทธ์อุณหภูมิด้านอากาศกลับและอากาศจ่าย (%)

1.3.3.4 ความเร็วลมด้านอาอาศกลับ (m/s)

1.3.3.5 พื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับ (m^2)

1.3.4 คำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Chiller Performance, Chp)

1.3.5 บริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มหาวิทยาลัยนเรศวรตามข้อมูลที่ได้มาเพื่อลดการใช้พลังงานให้มากที่สุด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ของอาคารเรียนรวม

1.4.2 ได้ทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.4.3 สามารถบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสมได้พร้อมกับสอดคล้องกับภาระการทำความเย็น (Cooling Load) และสามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้

1.4.4 สามารถนำไปเป็นแบบอย่างให้กับอาคารคณะอื่นๆ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อนำไปสู่การประหยัดพลังงานได้

1.5 สถานที่ทำงาน

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางการดำเนินการ					
แผนงานการปฏิบัติงาน	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์โสตทัศนศึกษาภายในอาคารเรียนรวม	←	→			
2. รวบรวมข้อมูลตารางการใช้ห้องเรียน	←	→			
3. ทำการตรวจวัดค่าที่จำเป็นในการคำนวณประสิทธิภาพ		↔			
4. ทำการคำนวณภาระทางความเย็นสูงสุด(Peak Cooling Load)		←	→		
5. คำนวณหาค่า สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน(Chiller Performance ,Chp) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพ Energy Efficiency Ratio (EER)			←	→	
6. บริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสม เพื่อลดการใช้พลังงาน				←	→
7. สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรายงาน					↔

1.7 งบประมาณ

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าอุปกรณ์การตรวจวัด	600
2. ค่าแบตเตอรี่เครื่องมือวัด	400
3. ค่าเข้าเล่มรายงาน	1,500
4. อื่นๆ	500
รวม	**3,000**

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของห้องนั้น เราจะคำนวณถึงภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ของห้อง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

2.1 ภาระการทำความเย็นสูงสุดของห้อง (Room Peak Cooling Load)

ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในนั้นจะแปรผันกับเวลาของแต่ละวัน แต่ละเดือน และแต่ละฤดูกาล เพราะว่าต้องเปลี่ยนแปลงไปตามแสงแดด และทิศทางของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิของห้อง ผลจากสิ่งเหล่านี้จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ภาระความเย็นในห้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การหาช่วงเวลาของวันที่เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุด ปัญหาหนึ่งที่มักพบเสมอในการคำนวณภาระการทำความเย็น คือ ทำอย่างไรจึงจะทราบเวลาที่จะเกิดภาระการทำความเย็นสูงสุด เพื่อหลีกเหลี่ยงคำนวณซ้ำหลายๆครั้ง สำหรับช่วงเวลาเราพอจะคาดคะเนโดยแนวทางต่อไปนี้

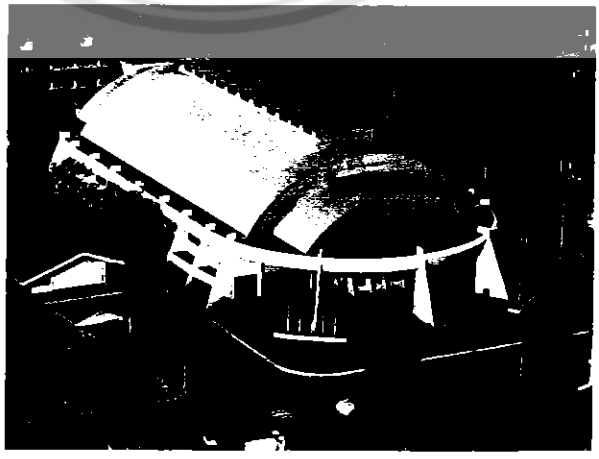
2.1.1 อาคารใดมีจำนวนคนไม่คงที่ เช่น ห้องอาหาร ภัตตาคาร โรงภาพยนตร์ หอประชุม เป็นต้น ภาระการทำความเย็นมักเกิดสูงสุดในช่วงเวลาที่คนอยู่มากที่สุด ยกเว้นในบางกรณีที่อาคารนั้น มีกระจกเป็นจำนวนมาก ภาระการทำความเย็นอาจเกิดสูงสุดเมื่อกระจกส่วนใหญ่ถูกแสงแดดในช่วงเวลาที่คนอยู่น้อย

รูปที่ 2.1 อาคารที่มีคนจำนวนมาก

2.1.2 อาคารใดที่มีจำนวนคนสม่ำเสมอทั้งวัน และมีพื้นที่ของผนังและกระจกมาก แต่พื้นที่หลังคาน้อย เช่น อาคารสูงที่เป็นสำนักงาน ภาระการทำความเย็นจะเกิดสูงสุดในช่วงเวลาที่แดดส่องผนังด้านที่มีกระจกมากที่สุด

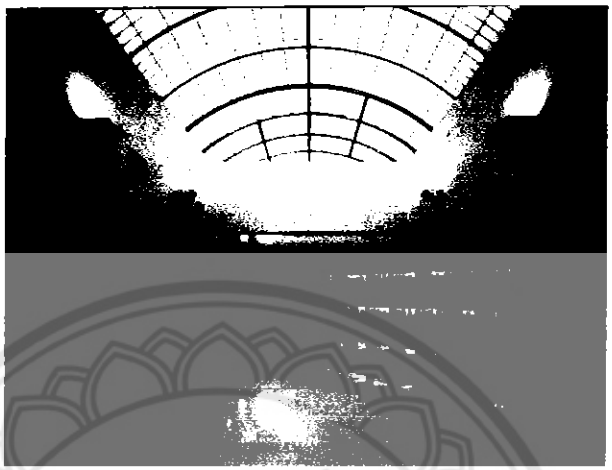
รูปที่ 2.2 อาคารที่มีพื้นที่ผนังมาก

2.1.3 อาคารใดที่มีคนคงที่และพื้นที่หลังคามากเมื่อเทียบกับผนังและกระจก เช่น อาคารชั้นเดียว ภาระการทำความเย็นจะเกิดสูงสุดในช่วงบ่ายตั้งแต่ 14:00 น. เป็นต้นไป ยกเว้นผนังบางด้านที่มีกระจกมาก ภาระการทำความเย็นสูงสุดก็อาจเกิดเวลาที่กระจกรับแสงแดดได้



รูปที่ 2.3 อาคารที่มีพื้นที่หลังคามาก

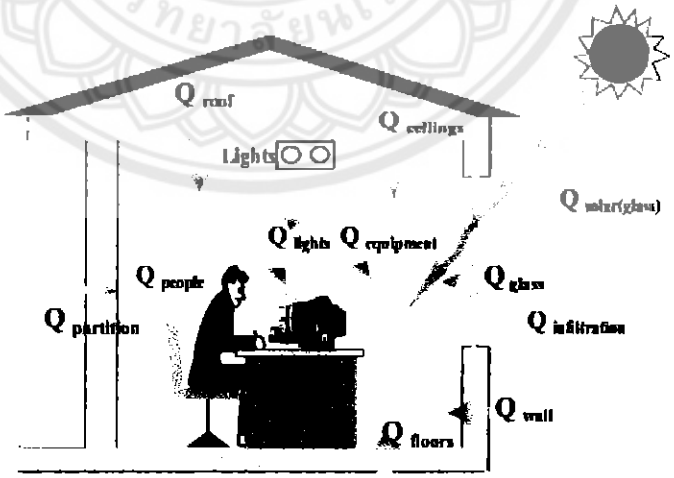
2.1.4 อาคารใดที่มีพื้นที่ของ Skylight มาก ภาระการทำความเย็นสูงสุดจะเกิดเวลาเที่ยงหรือใกล้เที่ยง



รูปที่ 2.4 อาคารที่มีพื้นที่ของ Skylight มาก

2.2 การคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Calculation)

2.2.1 ความร้อนที่เกิดกับห้อง (Room Heat Gain)



รูปที่ 2.5 แสดงความร้อนทั้งหมดที่เกิดกับห้อง

2.2.1.1 การนำความร้อนผ่านผนังภายนอก หลังคา และกระจก

2.2.1.2 การนำความร้อนผ่านผนังภายใน ผ่านเพดานและพื้น

2.2.1.3 ความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

2.2.1.4 ความร้อนที่ได้จากการเปิด – ปิด ประตู รูรั่วต่างๆของห้อง

2.2.1.5 ความร้อนที่ได้จากระบบแสงสว่าง

2.2.1.6 ความร้อนที่ได้จากคน

2.2.1.7 ความร้อนที่ได้จากอุปกรณ์อำนวยความสะดวก

เราสามารถแบ่งความร้อนออกเป็น 2 กลุ่มคือ ความร้อนภายนอกและความร้อนภายใน

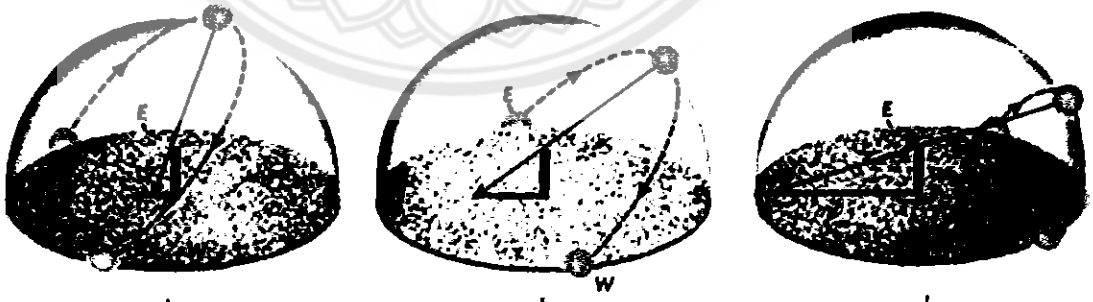
2.2.2 การคำนวณความร้อนผนังภายนอก (Conduct through exterior structure)

ความร้อนที่เกิดกับผนังภายนอกทั้งหมดเป็นความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีผลกระทบเป็นอย่างมากกับภาระทางความเย็นของอาคาร ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์นั้นพบว่า ปัจจุบันนี้แกนเอียงของโลกมีค่า 23.5 องศา และเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆบนโลกเมื่อโลกหมุนไปรอบๆดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปี

ในวันที่ 21 มิถุนายน โลกจะเอียงขั้วเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ช่วงนี้ประเทศทางซีกโลกเหนือจะเป็นฤดูร้อน การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์จะค่อนไปทางเหนือเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.6a

ในวันที่ 21 มีนาคม และ 23 กันยายน โลกจะเอียงด้านข้างให้กับดวงอาทิตย์ ทำให้ดวงอาทิตย์อยู่บนเส้นศูนย์สูตรฟ้าพอดี ดังรูป ที่ 2.6b

สำหรับวันที่ 22 ธันวาคม โลกจะเอียงขั้วใต้เข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดเช่นกัน ช่วงนี้ประเทศทางซีกโลกเหนือจะเป็นฤดูหนาว การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์จะค่อนไปทางใต้ ดังรูปที่ 2.6c



รูปที่ 2.6 a รูปที่ 2.6 b รูปที่ 2.6 c

รูปที่ 2.6 การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ (สำหรับประเทศทางซีกโลกเหนืออย่างประเทศไทย)

สาเหตุของภาระทำความเย็นได้จากการนำผ่านความร้อนของหลังคา ผนัง และกระจก ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$Q = (U)(A)(CLTD_C) \quad (2.1)$$

เมื่อ Q คือ ภาระความเย็นจากหลังคาผนัง หรือกระจก หน่วยเป็น W

U คือ สัมประสิทธิ์ความร้อนของหลังคาผนัง หรือกระจก หน่วยเป็น W/m^2K (ดูจากตารางภาคผนวก)

A คือ พื้นที่ของหลังคาผนัง หรือกระจก หน่วยเป็น m^2

$CLTD_C$ คือ ค่าแก้ไขผลต่างอุณหภูมิ หน่วยเป็น °C (ดูจากตารางภาคผนวก)

2.2.3 การนำความร้อนผ่านโครงสร้างภายใน (Conduct through interior structure)

หากห้องมีการปรับอากาศตั้งอยู่ติดกับห้องอื่นๆที่มีอุณหภูมิสูงกว่าแล้วความร้อนจะถ่ายเทผ่านผนังภายใน เพดานและพื้นเข้ามาซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$Q = (U)(A)(\Delta T) \quad (2.2)$$

เมื่อ Q คือ ภาระความเย็นที่ผ่านพื้นหรือเพดาน หน่วยเป็น W

U คือ สัมประสิทธิ์ความร้อนที่ผ่านพื้นหรือเพดาน หน่วยเป็น W/m^2K

A คือ พื้นที่ของพื้นหรือเพดาน หน่วยเป็น m^2

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ปรับอากาศและที่ไม่ปรับอากาศ หน่วยเป็น °C อุณหภูมิที่ไม่ปรับอากาศจะไม่ทราบ ค่าที่ใช้จะให้น้อยกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 5 °C

2.2.4 การส่งผ่านความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (Solar radiation through glass)

พลังงานความร้อนที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาผ่านวัสดุโปร่งใส จะทำให้มีการเพิ่มความร้อนภายในห้อง ซึ่งปริมาณความร้อนจะแปลผันตามเวลา, ทิศ, การบังเงา, ชนิดกระจกเป็นต้นภาระทำความเย็นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$Q = (SHGF)(A)(SC)(CLF) \quad (2.3)$$

เมื่อ Q คือ ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก หน่วยเป็น W

SHGF คือ maximum solar heat gain factor หน่วยเป็น W/m^2 (ดูจากตารางภาคผนวก)

A คือ พื้นที่ของกระจก หน่วยเป็น m^2

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังเงา (ดูจากตารางภาคผนวก)

CLF คือ ตัวประกอบภาระการทำความเย็นของกระจก (ดูจากตารางภาคผนวก)

2.2.5 ภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ (Lighting)

สมการสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ คือ

$$Q = (W+BF)(CLF) \quad (2.4)$$

เมื่อ Q คือ ภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ หน่วยเป็น W

W คือ กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ หน่วยเป็น W

BF คือ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของบัลลาส โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 10 W

CLF คือ ตัวประกอบภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ มีค่าประมาณ 1

2.2.6 ภาระการทำความเย็นจากคน (People)

การเพิ่มความร้อนที่มาจากคนจะแบ่งได้ 2 ส่วน คือ ความร้อนสัมผัส(Sensible heat) และความร้อนแฝง (latent heat) ที่มาจากเหงื่อ ความร้อนสัมผัสบางอย่างอาจมาจากผลของ heat storage สมการที่ใช้คำนวณ cooling load จากความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่มาจากคน คือ

$$Q_s = (q_s)(n)(CLF) \quad (2.5)$$

$$Q_l = (q_l)(n) \quad (2.6)$$

เมื่อ Q_s ,Q_l คือ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงสะสม (load) หน่วยเป็น W

q_s,q_l คือ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงสะสมที่มีต่อ 1 คน หน่วยเป็น W

n คือ จำนวนคน

CLF คือ Cooling load factor for lighting มีค่าประมาณ 1

2.2.7 ภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ (Equipment and Appliances)

สมการสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ไฟฟ้า คือ

$$Q = W \tag{2.7}$$

เมื่อ Q คือ ภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ หน่วยเป็น W

W คือ กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ หน่วยเป็น W

2.2.8 การรั่วไหลของอากาศ (Infiltration)

การรั่วไหลของอากาศจะรั่วไหลโดยตรงที่รอยแยก รอยแตกของประตูหรือหน้าต่าง ซึ่งจะมีผลต่อความร้อนแฝง(Latent heat) และ ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ภายในห้องนั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$Q_s = 1.005(\dot{m}_{air})(\Delta T) \tag{2.8}$$

$$\text{และ } Q_l = 2501.3(\dot{m}_{air})(\Delta\omega) \tag{2.9}$$

เมื่อ Q_s,Q_l คือ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงสะสม (load) หน่วยเป็น kW

$\dot{m}_{air}$ คือ อัตราการระบายอากาศในหน่วย kg/s

ΔT คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในห้องและนอกห้องในหน่วย °C

$\Delta\omega$ คือ ผลต่างของอัตราส่วนความชื้นอากาศภายในห้องและนอกห้อง หน่วยเป็น kg_w/kg_{DB}

2.3 วัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle)

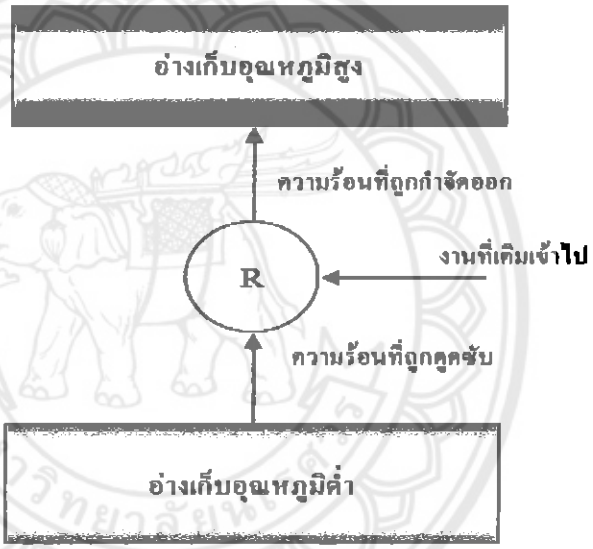
วัฏจักรการทำความเย็นในระบบปรับอากาศมีด้วยกัน 2 ประเภท คือ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor – Compression Refrigeration Cycle) และวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Refrigeration Cycle)

เนื่องจากอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มีเครื่องปรับอากาศเป็นแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner) ที่มีลักษณะคอยล์เย็นเป็นแบบแขวนเพดาน (Ceiling Type) ซึ่งมี

วัฏจักรการทำความเย็นเป็นแบบอัดไอ ดังนั้นจึงขอกล่าวเฉพาะวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอเพียงอย่างเดียว

2.3.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor – Compression Refrigeration Cycle)

การถ่ายเทความร้อนนั้น ตามธรรมชาติแล้วจะถ่ายเทความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำโดยไม่จำเป็นต้องให้งานแก่ระบบ แต่ในทางกลับกัน "จากคำกล่าวของ Clausius บอกว่าเป็นไปไม่ได้ที่จะถ่ายเทความร้อนจากแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ ไปสู่แหล่งที่มีอุณหภูมิสูงโดยปราศจากการป้อนงานเข้าไป"



รูปที่ 2.7 กระบวนถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำไปยังแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง

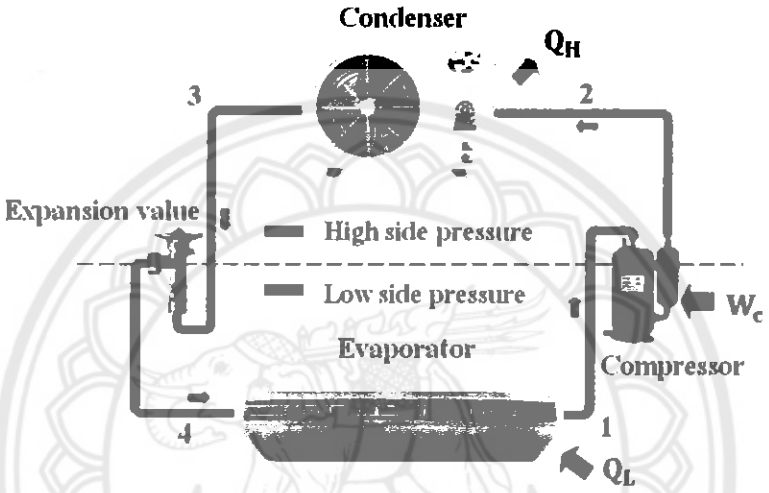
ปัจจุบันได้ถูกประยุกต์มาใช้ในการสร้างเครื่องปรับอากาศ ซึ่งทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์เครื่องปรับอากาศ เราจะใช้กฎข้อที่ 1 ทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยวิเคราะห์วัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอเบื้องต้น ซึ่งมีอุปกรณ์หลักประกอบด้วย

2.3.1.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นหัวใจสำคัญของระบบทำความเย็น ทำหน้าที่ดูดไอของสารความเย็นความดันต่ำที่ออกจากคอยล์เย็น และอัดให้ความดันสูงส่งไปคอยล์ร้อน

2.3.1.2 คอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ รับสารทำความเย็นที่มาจากคอมเพรสเซอร์เพื่อระบายความร้อนออกทำให้อุณหภูมิลดลงและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ส่งไปยังวาล์วลดความดัน

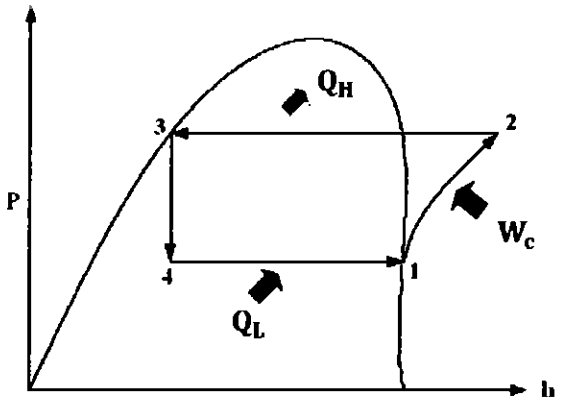
2.3.1.3 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ ลดความดันและควบคุมการไหลของสารทำความเย็นให้มีความดันต่ำลงจนสามารถเดือดเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำในคอยล์เย็น

2.3.1.4 คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ ดูดรับความร้อนจากบริเวณปรับอากาศ แล้วถ่ายโอนความร้อนให้สารทำความเย็นจนเปลี่ยนสถานะเป็นไอส่งกลับเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์ ซึ่งหมุนเวียนเป็นวัฏจักรเช่นนี้ตลอดไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพ 2.8



รูปที่ 2.8 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

และสามารถเขียนเป็นแผนภาพความดันและเอนทาลปี (P-h diagram) ของสารทำความเย็นได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 แผนภาพความดันและเอนทาลปี (P-h diagram) ของสารทำความเย็น

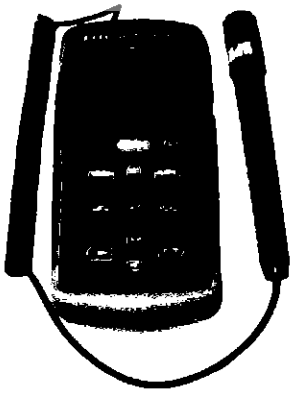
2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy efficiency analysis of air conditioning)

2.4.1 รายการเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

2.4.1.1 Clamp Meter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแส (Amp) แรงดัน (Voltage) และกำลังไฟฟ้า (Power) ของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถวัดได้ทั้งไฟแบบเฟสเดียว (Single Phase) และสามเฟส (Three Phase)

รูปที่ 2.10 อุปกรณ์วัดกระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้า

2.4.1.2 Hygrometer เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ของอากาศ



รูปที่ 2.11 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.4.1.3 Anemometer เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลมโดยอาศัยหลักการหมุนของใบพัด เป็นชนิดเคลื่อนย้ายได้ มีช่วงการวัดกว้าง สามารถวัดค่าได้ทันที ใช้วัดได้ทั้งความเร็วอากาศแวดล้อมและอากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 2.12 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

2.4.1.4 ตลับเมตร เป็นอุปกรณ์วัดขนาด มีหน่วยเป็นเมตรและฟุต

รูปที่ 2.13 อุปกรณ์วัดขนาด

2.4.1.5 Psychrometrics Chart เป็นแผนภูมิที่แสดงคุณสมบัติต่างๆของอากาศ ณ บรรยากาศ ซึ่งเราจะใช้ในการหาเอนทาลปีของอากาศ

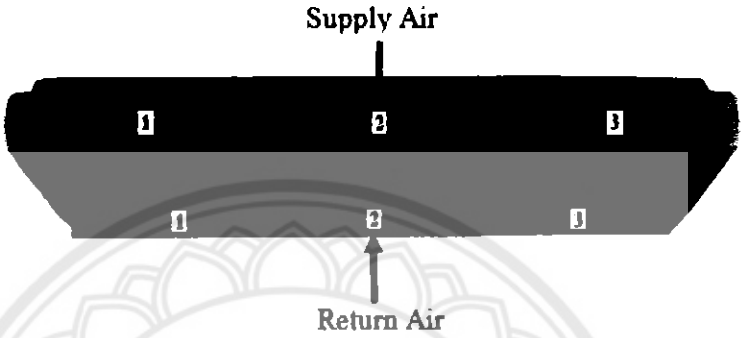
2.4.2 การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูล

การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการเก็บค่าข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิด้านอากาศกลับ (Return Air Temperature, T_R), อุณหภูมิด้านอากาศจ่าย (Supply Air Temperature, T_S), ความชื้นสัมพัทธ์ด้านอากาศกลับ (Return Air Relative Humidity, RH $(\%)_R$), ความชื้นสัมพัทธ์ด้านอากาศจ่าย (Supply Air Relative Humidity, RH $(\%)_R$), ความเร็วลมด้านอากาศกลับ (Return Air Velocity, V), พื้นที่หน้ากาก (Area, A), กำลังไฟฟ้า (Power, W_C), แรงดันไฟฟ้า (Voltage, V), กระแสไฟฟ้า (Current, I) โดยมีวิธีการตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.4.2.1 เปิดเครื่องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้เครื่องปรับอากาศอยู่ในสภาวะที่พร้อมสำหรับการเก็บข้อมูล

2.4.2.2 ปรับตั้งค่าความเร็วลมให้อยู่ในตำแหน่งที่แรงสุด และปรับตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัสให้ต่ำเพื่อให้แน่ใจว่าคอมเพรสเซอร์ทำงานในขณะทำการตรวจวัด

2.4.2.3 แบ่งพื้นที่การเก็บข้อมูลด้านอากาศกลับและอากาศจ่ายออกหลายๆช่อง เพื่อนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในภาพ



รูปที่ 2.14 แสดงการแบ่งพื้นที่ของอากาศกลับและอากาศจ่ายออกเป็น 3 ช่อง

2.4.2.3 วัดความเร็วลมด้านอากาศกลับของเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่งช่องที่ทำการตรวจวัดออกเป็น n ช่อง เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย ดังสมการ

$$V = \frac{V_1+V_2+...+V_n}{n} \qquad (2.10)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมเฉลี่ยด้านอากาศกลับของเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น m/s

V_i คือ ความเร็วลม ณ ตำแหน่งที่ 1, 2,..., n

n คือ จำนวนช่องที่แบ่ง

2.4.2.4 วัดขนาดพื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับในหน่วยเมตรเพื่อนำไปหาอัตราการไหลของอากาศผ่านคอยล์เย็น ดังสมการ

$$\dot{m}_{air} = (\rho)(V)(A) \qquad (2.11)$$

จะขอใช้ค่าความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะอากาศมาตรฐาน (Standard Air) ที่ 1 atm, 25° °C ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของอากาศ, ρ = 1.184 kg/ m³ ดังนั้นเขียนสมการ (2.11) ใหม่ได้เป็น

$$\dot{m}_{air} = (1.184)(V)(A) \qquad (2.12)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมด้านอากาศกลับ หน่วยเป็น m/s

A คือ พื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับ หน่วยเป็น m²

2.4.2.5 วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลับ (Return Air) และอากาศจ่าย (Supply Air) โดยแบ่งช่องที่ทำการตรวจวัดออกเป็น n ช่อง เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย ดังสมการ

$$T = \frac{T_1 + T_2 + ... + T_n}{n} \tag{2.13}$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศกลับและอากาศจ่าย หน่วยเป็น °C

T_i คือ อุณหภูมิของอากาศ ณ ตำแหน่งที่ 1, 2,..., n

n คือ จำนวนช่องที่แบ่ง

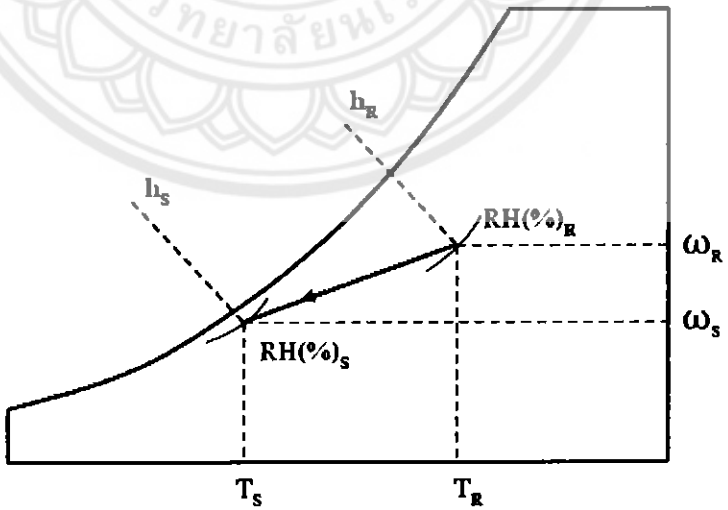
$$RH\,(\%) = \frac{RH(\%)_1 + RH(\%)_2 + ... + RH(\%)_n}{n} \tag{2.14}$$

เมื่อ RH (%) คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศกลับ และอากาศจ่าย

$RH\,(\%)_i$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งที่ 1, 2,..., n

n คือ จำนวนช่องที่แบ่ง

2.4.2.6 นำค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปหาเอนทาลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทาลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S) จากแผนภูมิ Psychrometrics ดังแสดงในภาพ



รูปที่ 2.15 การหาเอนทาลปีของอากาศจากแผนภูมิ Psychrometrics

2.4.2.7 การคำนวณความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity) ของเครื่องปรับอากาศ สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_L = \dot{m}_{air}(h_R - h_S) \quad (2.15)$$

เมื่อ Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้ หน่วยเป็น kW

$\dot{m}_{air}$ คือ อัตราการไหลของอากาศกลับ หน่วยเป็น kg/s

h_R, h_S คือ เอนทาลปีจำเพาะของอากาศกลับและอากาศจ่าย หน่วยเป็น kJ/kg

2.4.2.8 วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W_C) เป็น kW ด้วย Clamp Meter หรืออาจหาได้จากสมการ

$$W_C = IV\cos\theta \quad \text{(กรณีไฟฟ้าหนึ่งเฟส)} \quad (2.16)$$

$$\text{หรือ} \quad W_C = \sqrt{3}IV\cos\theta \ \text{(กรณีไฟฟ้าสามเฟส)} \quad (2.17)$$

เมื่อ W_C คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น

I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Volt

$\cos\theta$ คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

ในกรณีไฟสามเฟสสามารถหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการ

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (2.18)$$

เมื่อ I_1, I_2, I_3 คือ กระแสไฟฟ้าของเส้นที่ 1,2 และ 3

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \quad (2.19)$$

เมื่อ V_1, V_2, V_3 คือ แรงดันไฟฟ้าของเส้นที่ 1,2 และ 3

2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

คือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นต่อปริมาณงานสุทธิที่ป้อนให้กับระบบ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$COP = \frac{Q_L}{W_c} \quad (2.20)$$

เมื่อ COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

Q_L คือ อัตราการรับความร้อนของคอยล์เย็น (Evaporator) หรือ ความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้ หน่วยเป็น kW

W_c คือ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (Compressor) หน่วยเป็น kW

2.4.4 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

คืออัตราส่วนของความสามารถในการทำความเย็นเย็นในหน่วย Btu/hr ต่อกำลังไฟฟ้าในหน่วยวัตต์ (W) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$EER = (3.41)(COP) \tag{2.21}$$

เมื่อ EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน หน่วยเป็น (Btu/hr)/W

สามารถเปรียบเทียบระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศได้ดังตารางด้านล่าง

ตาราง 2.1 แสดงระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ที่มา: กระทรวงพลังงาน)

เบอร์	Energy Efficiency Ratio, EER
5	$EER \geq 11$
4	$10.6 \leq EER < 11$
3	$9.6 \leq EER < 10.6$
2	$8.6 \leq EER < 9.6$
1	$EER < 8.6$

2.4.5 สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (Chiller Performance, Chp)

คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ในหน่วยกิโลวัตต์ (kW) ต่อความสามารถในการทำความเย็นในหน่วยตันความเย็น (Ton) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Chp = \frac{12}{EER} \tag{2.22}$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง COP และ EER ในสมการที่ (2.21) จะได้ Chp ในเทอมของ COP ดังนี้

$$Chp = \frac{12}{EER} = \frac{12}{(3.41)(COP)} \quad (2.23)$$

เมื่อ Chp คือ สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น kW/Ton

ซึ่งสามารถเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศมาตรฐานได้จากตาราง พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมดังต่อไปนี้

ตาราง 2.2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 หมวด 3 ข้อ 5(2)

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น, kW/Ton)	
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง(Centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น	1.20	1.38
ข. ส่านทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package unit)	1.37	1.58
ง. เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Windows/Split type)	1.40	1.61

2.4.6 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแต่ละปี = (kW)(hr /year)(Baht/Unit) (2.24)

2.4.7 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้น}}{\text{ค่าใช่จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2.25)$$

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) จะทำการสำรวจข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาภาระการทำความเย็น (Cooling Load) และภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) จัดทำทะเบียนเครื่องปรับอากาศ ตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ สำรวจพฤติกรรมการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของนิสิตและเจ้าหน้าที่ ตารางการใช้ห้องเรียน จำนวนชั่วโมงการใช้ห้องเรียน จำนวนนิสิตที่ใช้ห้อง และการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

3.1 การสำรวจข้อมูลและจัดทำทะเบียนเครื่องปรับอากาศเบื้องต้น

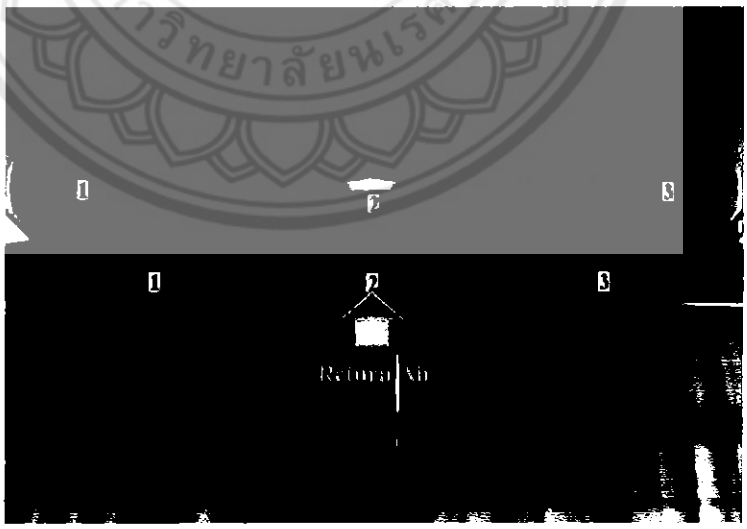
3.1.1 สำรวจรุ่นและอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งพบว่าเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานที่ 10 ขึ้นไป

3.1.2 สำรวจขนาดการทำความเย็น (Btu/hr) ขีดความสามารถในการทำความเย็น (kW) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศจากแผ่นป้ายแสดงคุณลักษณะ (Name plate) ของเครื่อง ซึ่งจากการสำรวจพบว่าเครื่องปรับอากาศของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มีขนาดการทำความเย็น 9 ขนาด ได้แก่ ขนาด 72,000 Btu/hr จำนวน 4 เครื่อง, ขนาด 64,000 Btu/hr จำนวน 5 เครื่อง, ขนาด 45,000 Btu/hr จำนวน 22 เครื่อง, ขนาด 44,000 Btu/hr จำนวน 2 เครื่อง, ขนาด 42,000 Btu/hr จำนวน 16 เครื่อง, ขนาด 38,000 Btu/hr จำนวน 3 เครื่อง, ขนาด 36,000 Btu/hr จำนวน 19 เครื่อง, ขนาด 32,000 Btu/hr จำนวน 6 เครื่อง, ขนาด 27,000 Btu/hr จำนวน 7 เครื่อง

3.1.3 สำรวจห้องที่มีการปรับอากาศ จำนวนเครื่องปรับอากาศแต่ละห้อง เพื่อจัดทำหมายเลขห้อง และเครื่องปรับอากาศ โดยการจัดทำหมายเลขให้กับเครื่องปรับอากาศในแต่ละเครื่องจะกำหนดให้เครื่องแรกของแต่ละห้องอยู่ด้านซ้ายสุด ซึ่งสามารถดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 วิธีการนับเครื่องปรับอากาศ

3.1.4 กำหนดตำแหน่งที่จะวัดความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของด้านอากาศกลับ (Return air) และอากาศจ่าย (Supply air) ให้มี 3 ตำแหน่งเรียงจากซ้ายไปขวาเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 แสดงการกำหนดตำแหน่งที่จะวัดค่าคุณสมบัติของอากาศที่คอยล์เย็น

3.2 วัดค่าที่จำเป็นเพื่อใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

การหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ ต้องมีการวางแผนในการเก็บข้อมูล ตั้งแต่การออกแบบตารางเก็บข้อมูล และมีการเตรียมเครื่องมือวัดให้พร้อมก่อนที่จะทำการวัด ซึ่งมีขั้นตอนในการวัดดังนี้

3.2.1. ตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้พัดลมมีความเร็วสูงสุด และปรับตั้งอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัสให้ต่ำที่สุดเพื่อให้แน่ใจว่าคอมเพรสเซอร์ทำงานในขณะทำการตรวจวัด

3.2.2. วัดความชื้น (Hygrometer) และอุณหภูมิ (Dry Bulb) ด้านอากาศกลับและอากาศจ่าย ทั้ง3 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยบันทึกค่าที่ได้ลงตาราง แสดงดังรูปต่อไปนี้

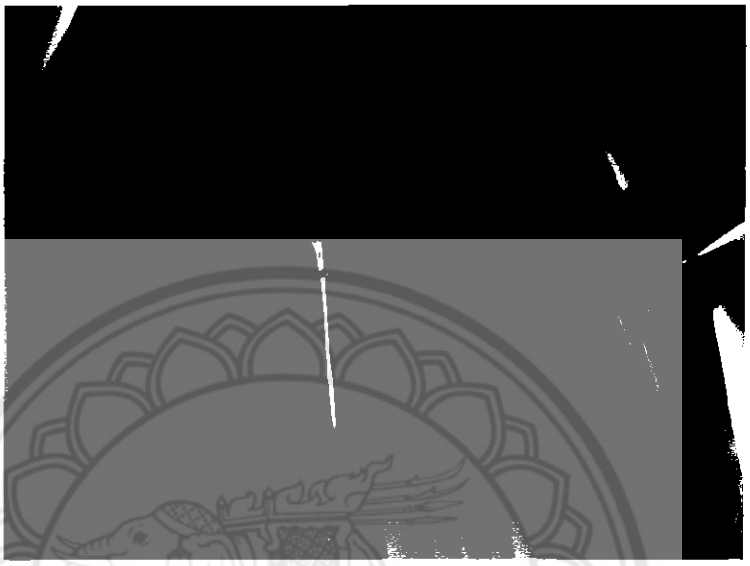
รูปที่ 3.3 แสดงการวัดความชื้นและอุณหภูมิด้านอากาศกลับ (Return air)

รูปที่ 3.4 แสดงการแสดงการวัดความชื้นและอุณหภูมิด้านอากาศจ่าย **(Supply air)**

3.2.3. วัดค่าความเร็วลมด้วยเครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) **โดยวัดที่ความเร็วลมที่ด้า**นลมจ่าย โดยทำการตรวจวัด 3 จุดตรวจวัด ดังแสดงดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 3.5 แสดงการวัดความเร็วลมด้านอากาศกลับ **(Return air)**

3.2.4. วัดพื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับ โดยวัดความกว้างและความยาว (m) เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณอากาศกลับ

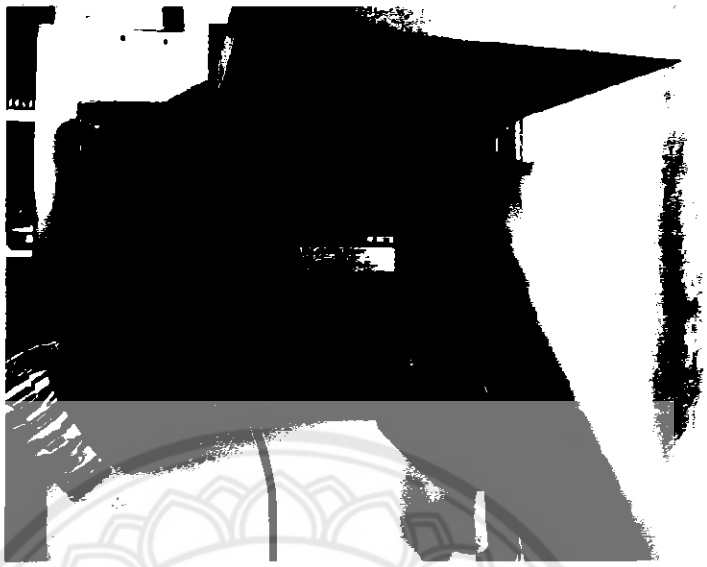


รูปที่ 3.6 แสดงการวัดพื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับ (Return air)

3.2.5. วัดกำลังไฟฟ้า (Power) ที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์ ด้วยเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter) โดยทำการวัดที่ตู้เบรกเกอร์ หรือเปิดฝาเคส (Case) วัดที่คอมเพรสเซอร์โดยตรง ซึ่งทำการวัดทั้งแบบเฟสเดียวและสามเฟส ดังรูปต่อไปนี้

15 50 659
ม.
9154
2553

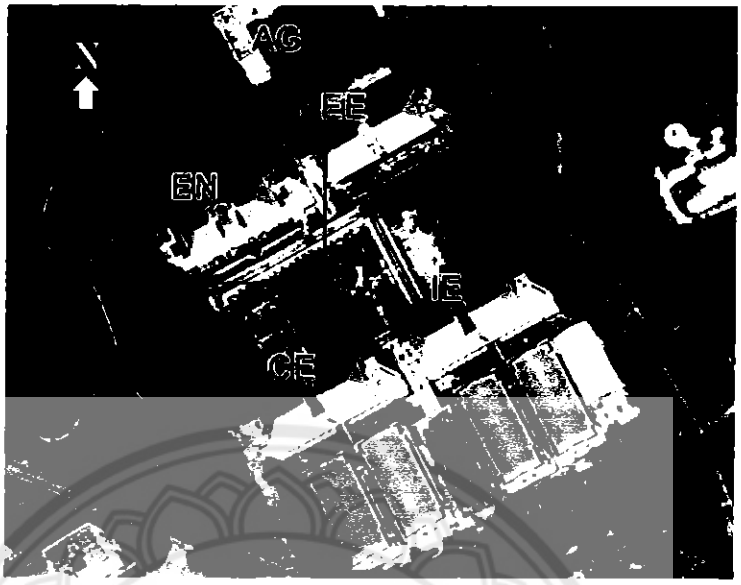
รูปที่ 3.7 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าเฟสเดียว



รูปที่ 3.8 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าสามเฟส

3.3 สำรวจข้อมูลเพื่อนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาภาระทางความเย็น (Cooling Load Calculation)

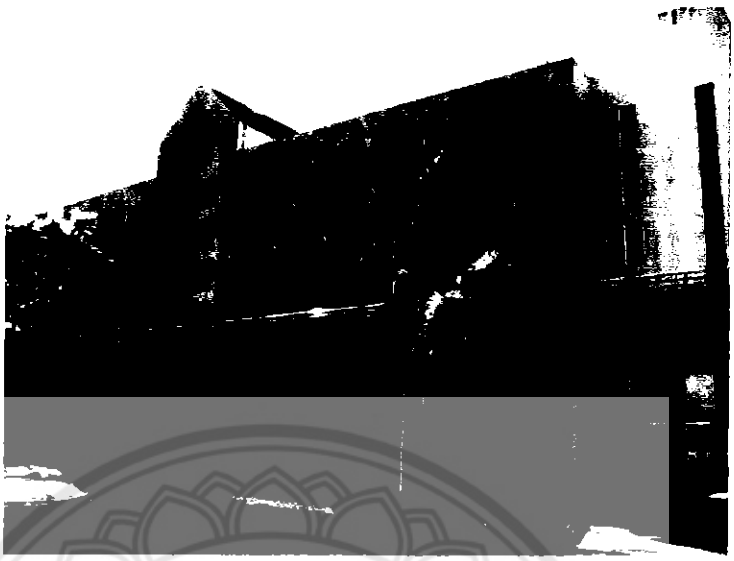
3.3.1 สำรวจทิศที่ตั้งของอาคาร และโครงสร้างของอาคารเบื้องต้นซึ่งเป็นอาคารเรียนที่มีความสูง 6 ชั้นตัวอาคารชั้น 1 ใช้เป็นห้องสมุดและห้องสโมสรนิสิต ชั้น 2,3 และ 5 ใช้เป็นห้องเรียน และชั้น 6 ใช้เป็นห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และห้องประชุมซึ่งมีการใช้เครื่องปรับอากาศ ส่วนชั้น 4 ไม่มีการเรียนการสอนและไม่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ลักษณะของอาคารเรียนรวมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 22 เมตร ยาว 86 เมตร ซึ่งด้านยาววางตัวในทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือ



รูปที่ 3.9 อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN)

รูปที่ 3.10 ทิศที่ตั้งและลักษณะการวางตัวของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN)

3.3.2 สำรวจประเภทโครงสร้าง เช่น ผนัง กระจะ หลังคา ซึ่งจากการสำรวจพบว่าเป็นผนังกระจกประมาณ 70% และ และผนังอิฐถือปูนประมาณ 30%



รูปที่ 3.11 ผนังของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

รูปที่ 3.12 ผนังของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

3.3.3 สำรวจขนาดห้องเรียน จำนวนหลอดไฟ ความจุของห้อง ซึ่งจากการสำรวจข้อมูล พบว่าห้องเรียนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มีขนาดห้องเรียนสามขนาด แบ่งเป็นห้องขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ห้องขนาดใหญ่ได้แก่กลุ่มหมายเลขห้อง EN 205, EN 207, EN 210, EN 212, และ EN 314 มีจำนวนเครื่องปรับอากาศ 4 เครื่อง จำนวนหลอดไฟ

72 หลอด ความจุ 150 ที่นั่ง ห้องขนาดกลางได้แก่กลุ่มหมายเลขห้อง EN 305, EN 307, EN 309, EN 310, EN 311, EN 505, EN 507, EN 509, EN 510, EN 511, EN 609 และ EN 616 มีจำนวนเครื่องปรับอากาศ 3 เครื่อง จำนวนหลอดไฟ 48 หลอด ความจุ 80 ที่นั่ง ห้องขนาดเล็กได้แก่กลุ่มหมายเลขห้อง EN-312, EN-512, และ EN-514 มีจำนวนเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง จำนวนหลอดไฟ 32 หลอด ความจุ 40 ที่นั่ง

3.3.4 สำรวจกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละห้องได้มีข้อมูลดังนี้ หลอดไฟ 36 วัตต์, พัดลม 104 วัตต์, คอมพิวเตอร์ 600 วัตต์, ทีวี 330 วัตต์, โปรเจคเตอร์ 220 วัตต์ ซึ่งการเก็บข้อมูลจะดูวัตต์ (W) ที่อุปกรณ์เหล่านั้นใช้

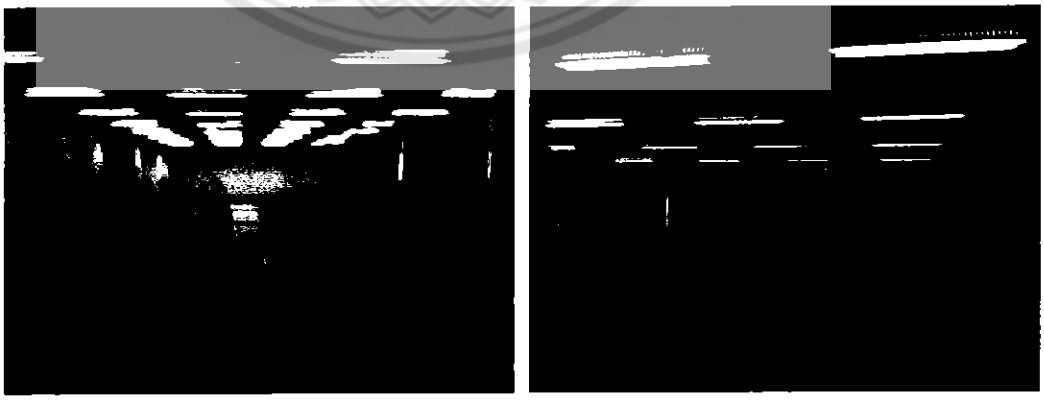
3.3.5 วัดขนาดพื้นที่ของผนัง กระจก ประตู และเพดาล ของแต่ละห้อง

3.3.6 คำนวณหาภาระการทำความเย็นของแต่ละห้องตั้งแต่เวลา 6.00 น. – 21.00 น. ทั้ง 12 เดือน ซึ่งในการคำนวณภาระทางความเย็นจะใช้อุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 35 °C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 80 % RH และอุณหภูมิภายใน อยู่ที่ 25 °C เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50% RH

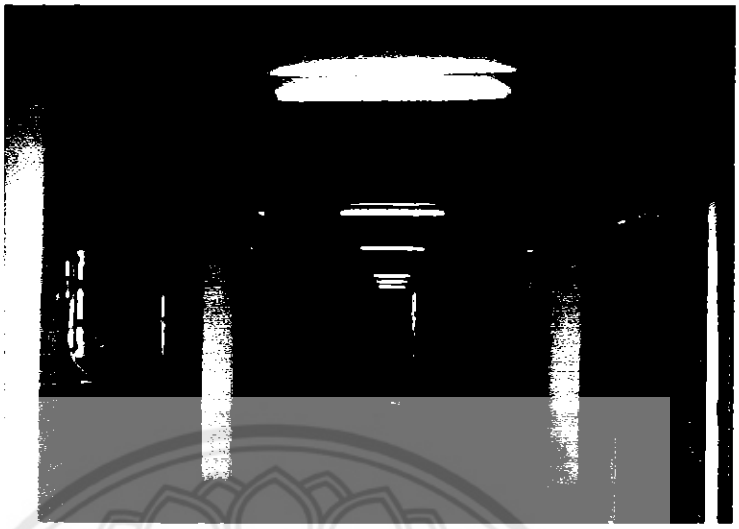
3.4 สำรวจการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.4.1 สำรวจจำนวนหลอดไฟของแต่ละห้อง

3.4.2 สำรวจพฤติกรรมการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของนิสิตและเจ้าหน้าที่ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN)



รูปที่ 3.13 การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องเรียน



รูปที่ 3.14 การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน

รูปที่ 3.15 การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องคอมพิวเตอร์เวลาไม่มีการเรียนการสอน

รูปที่ 3.16 รูปที่ การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของห้องสมุด

ซึ่งจากการสำรวจพบว่าการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะมีการใช้งานอยู่ที่ 70-100% ดังนั้นในการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะขอตั้งสมมติฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับการใช้งานจริงที่ 70%, 80% และ 90%

3.5 สำรวจชั่วโมงการใช้ห้อง

สำรวจตารางการใช้ห้องเรียนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ประจำปีการศึกษา 2553 เพื่อนำมาคำนวณหาจำนวนชั่วโมงการใช้ห้อง

3.6 สำรวจจำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้อง

สำรวจจำนวนนิสิตที่ใช้ห้องเรียนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ประจำปีการศึกษา 2553 จากระบบทะเบียนออนไลน์ (E-Registrar: www.reg.nu.ac.th) ของมหาวิทยาลัยของแต่ละห้อง แต่ละราชวิชา

3.7 สำรวจค่าไฟพื้นฐานของอาคาร

ตรวจสอบโครงสร้างค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ย้อนหลังเป็นระยะเวลา 6 ปี เพื่อดูแนวโน้มการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลการด้านต่างๆของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ตรวจวัดวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ และคำนวณหาภาระทางความเย็นของห้องเรียนแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ เพื่อหามาตรการการประหยัดพลังงานของอาคาร ซึ่งจะแสดงดังต่อไปนี้

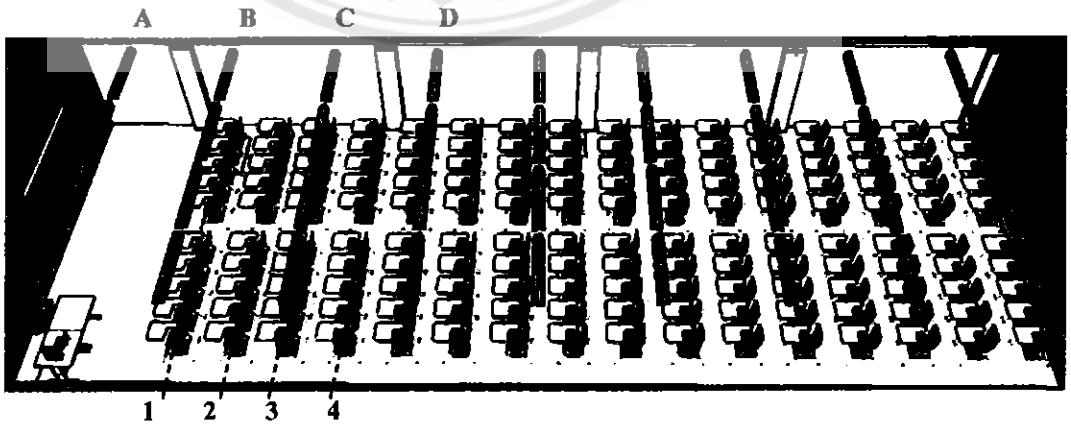
4.1 ข้อสมมุติฐาน

4.1.1 อัตราค่าไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ 3.75 บาทต่อหน่วย

4.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในห้องเรียนคิดที่ 90 %, 80 %, 70 % ของภาระการใช้งานเต็มที่ (Full load)

4.1.3 การแบ่งการเปิดปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ดังนี้

4.1.4.1 ห้องเรียนขนาดใหญ่ซึ่งมีขนาดความจุ 150 ที่นั่ง (EN 205, EN 207, EN 212, EN 210, EN 314) มีหลอดไฟจำนวน 72 หลอด



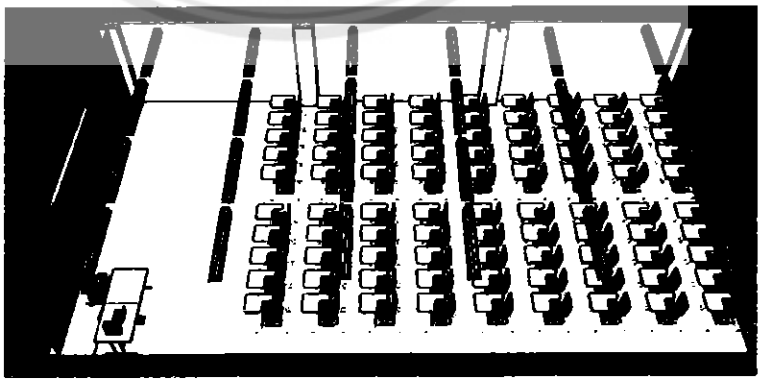
รูปที่ 4.1 การจำลองการจัดเรียงที่นั่งของห้องเรียนขนาดใหญ่

จากรูปที่ 4.1 A, B, C, D แสดงถึงจำนวนแถวของหลอดไฟและ 1, 2, 3, 4 แสดงจำนวนคนใช้ห้องเรียน ตัวอย่างเช่นมีคนเข้าเรียน 30 คนเราจะจัดให้นั่งแถว 1, 2, 3 ให้เต็มและเราจะเปิดหลอดไฟแถว B และ C ส่วนแถว A นั้นเราจะไม่เปิดเนื่องจากหน้าห้องเป็นเครื่องฉายแผ่นทึบ (Projector) ไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่าง

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของคนและหลอดไฟห้องเรียนขนาดใหญ่

จำนวนคน	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนแถวหลอดไฟ
1-20	8	1
21-40	16	2
41-60	24	3
61-80	32	4
81-100	40	5
101-120	48	6
121-140	56	7
141-160	64	8

4.1.4.1 ห้องเรียนขนาดกลางขนาดความจุ 80 ที่นั่ง (EN 305, EN 307, EN 309, EN 310, EN 311, EN 505, EN 507, EN 509, EN510, EN 511, EN 516) มีจำนวนหลอดไฟ 48 หลอด



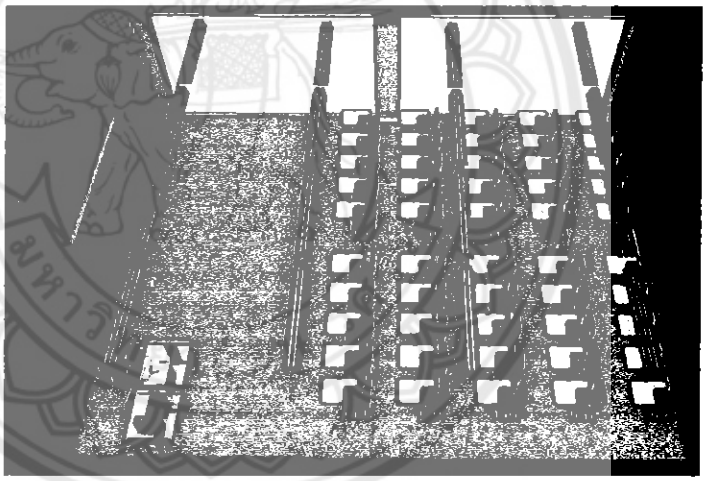
รูปที่ 4.2 การจำลองการจัดเรียงที่นั่งของห้องเรียนขนาดกลาง

จากรูปที่ 4.2 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคนเข้าใช้กับหลอดไฟได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของคนและหลอดไฟห้องเรียนขนาดกลาง

จำนวนคน	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนแถวหลอดไฟ
1-10	8	1
11-30	16	2
31-50	24	3
51-70	32	4
71-90	40	5

4.1.4.2 ห้องเรียนขนาดเล็กขนาดความจุ 40 คน (EN 312, EN 512, EN 514) มีจำนวนหลอดไฟ 32 หลอด



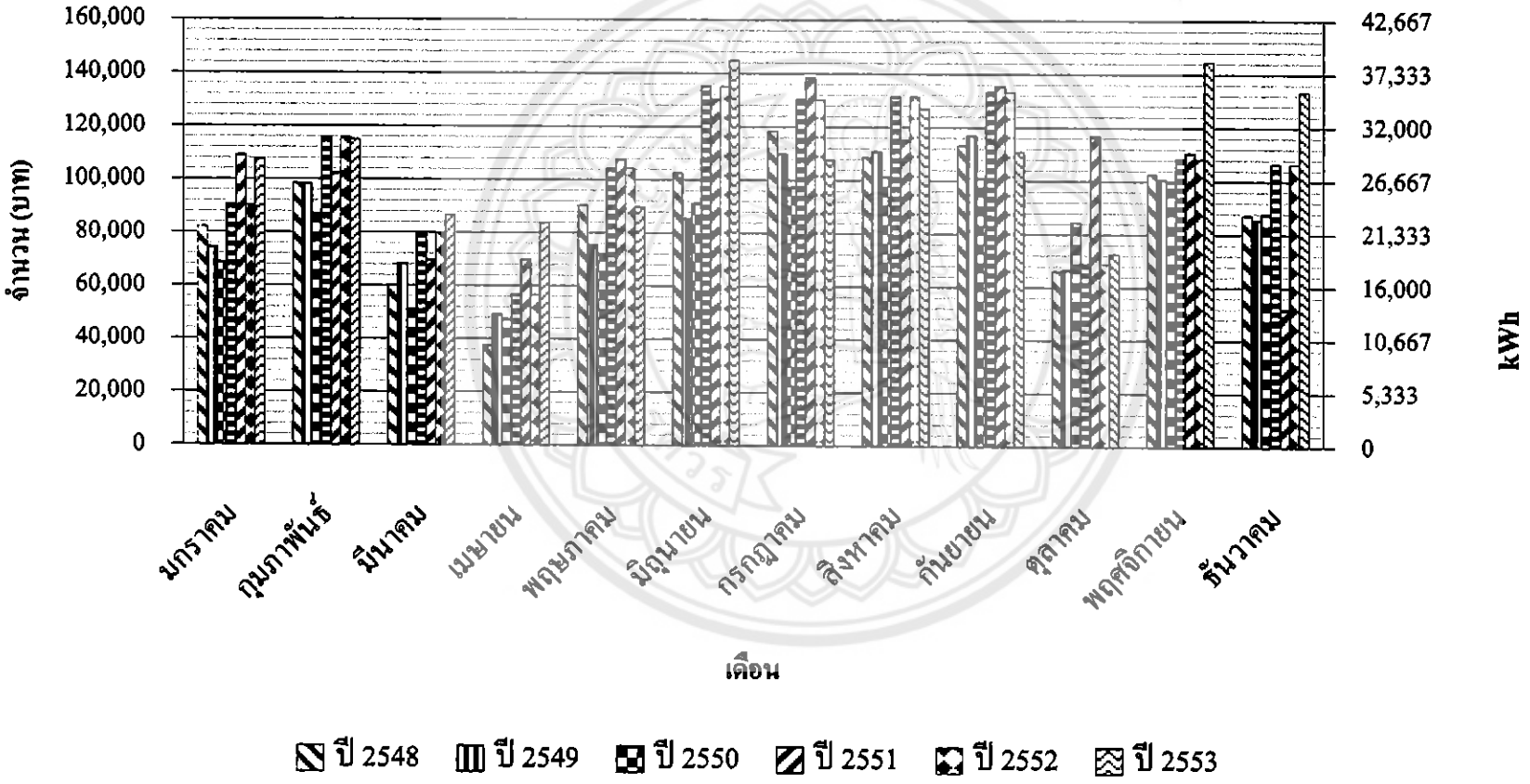
รูปที่ 4.3 การจำลองการจัดเรียงที่นั่งของห้องเรียนขนาดเล็ก

จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงห้องเรียนขนาดเล็กซึ่งมีด้วยกัน 3 ห้อง แสดงความสัมพันธ์ของคนใช้ห้องเรียนดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของคนและหลอดไฟห้องเรียนขนาดเล็ก

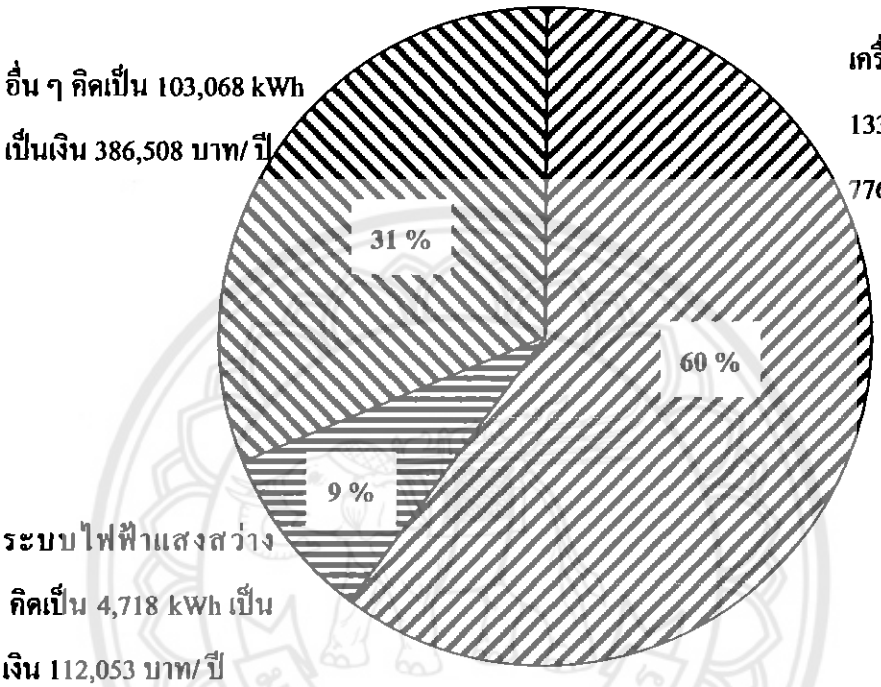
จำนวนคน	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนแถวหลอดไฟ
1-10	8	1
11-30	16	2
31-50	24	3

4.2 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN)

จากกราฟที่ 4.1 แสดงค่าไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 6 ปีย้อนหลังจะเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้นเพิ่มขึ้นทุกปีโดยสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์สามารถแบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์

จาก รูปที่ 4.5 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องปรับอากาศมีมากถึง 50% ซึ่งถ้าเราสามารถลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ได้จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายอย่างหนึ่งอย่างคณะได้ ส่วนการใช้พลังงานในส่วนอื่นเช่นลิฟต์ คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่น เป็นต้น

4.3 ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ

จากใช้งานของเครื่องปรับอากาศขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งข้อมูลการตรวจวัดอย่างละเอียดอยู่ในส่วนของภาคผนวก

ตารางที่ 4.4 แสดงรายละเอียดข้อมูลเครื่องปรับอากาศจากค่าที่ตรวจวัดได้

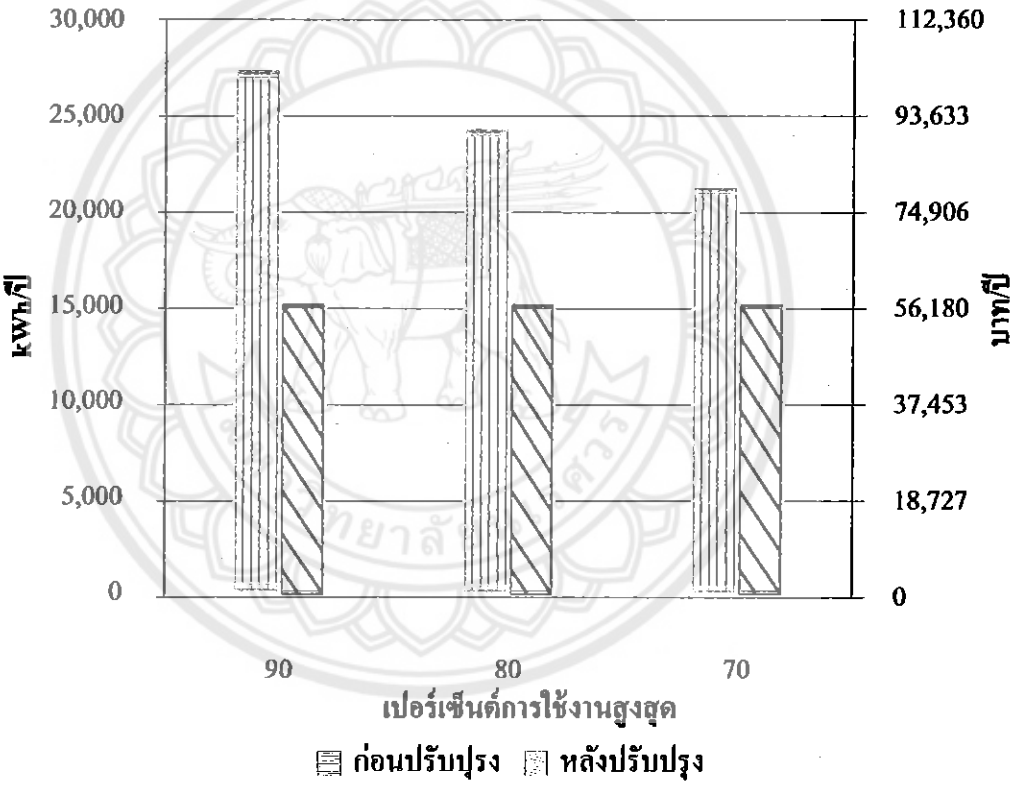
ลำดับ	ขนาด (Btu/hr)	จำนวน (เครื่อง)	อายุการใช้งาน (ปี)	ระดับประสิทธิภาพพลังงาน					เสีย
				เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5	
1	27,000	6	12	6	-	-	-	-	-
2	32,000	6	12	2	3	1	-	-	-
3	36,000	19	10	18	1		-	-	-
4	38,000	3	12	3	-	-	-	-	-
5	42,000	16	12	10	2	2	1	-	1
6	44,000	2	12	1	2	-	-	-	-
7	45,000	22	10	15	3	3	1	-	-
8	64,000	5	12	4	2	-	-	-	-
9	72,000	4	12	4	-	-	-	-	-
รวม		83	12	63	13	6	2	0	1

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นประสิทธิของเครื่องปรับอากาศของอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1ซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพต่ำส่งผลทำให้การใช้พลังที่สูงตามไปด้วย

4.4 การกำหนดมาตรการ

มาตรการที่ 1 การลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดินโดยการเปิดลักษณะควงเว้นควง

ผู้จัดทำโครงได้สังเกตการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดินนอกพื้นที่ปรับอากาศของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์พบว่า มีการเปิดหลอดไฟทุกหลอดทั้งๆ พื้นบริเวณนั้นไม่ได้ใช้งานตลอดเวลาหากมีการถอดหลอดไฟออกครึ่งหนึ่งโดยทำการถอดควงเว้นควงจะทำให้ลดค่าใช้จากด้านพลังงานได้ดังนี้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการประหยัดค่าใช้จ่ายจากการลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน

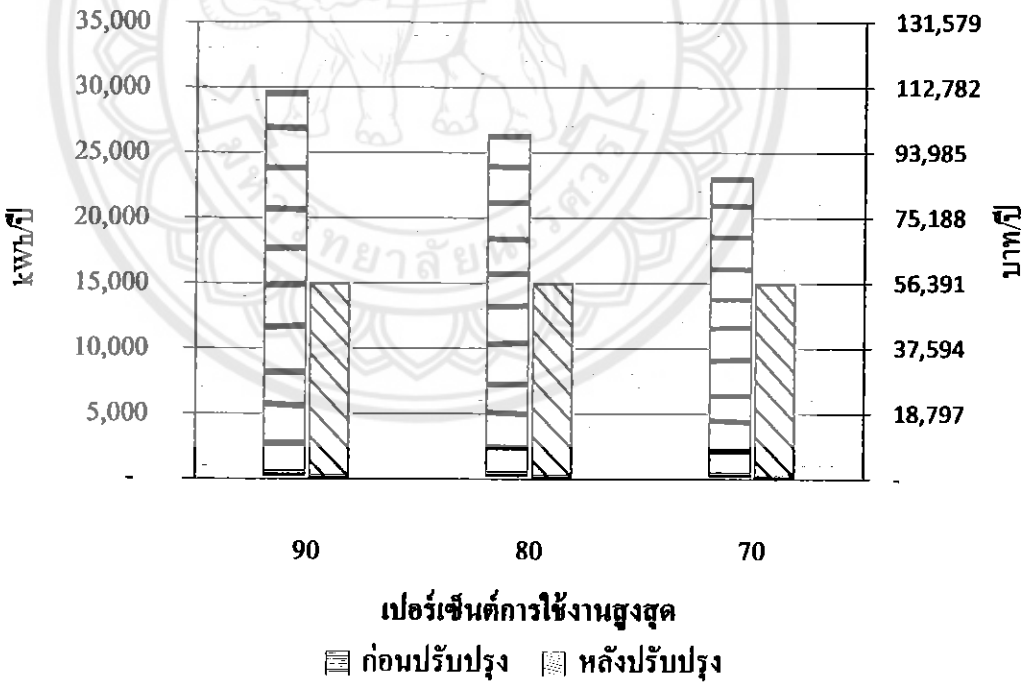
ตารางที่ 4.5 สรุปการประหยัดค่าใช้จ่ายของหลอดไฟบริเวณทางเดิน

เทียบกับการเปิดไฟที่ 90 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 80 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 70 %	
บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ
12,254	44.44	9,191	37.50	6,127	28.57

จากตารางที่ 4.4 เมื่อทำการถอดหลอดไฟออกครึ่งหนึ่งในลักษณะของควงเว้นควงค่าพลังงานไฟฟ้าก็จะลดลงครึ่งหนึ่งด้วยเมื่อคิดเป็นเงินสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ถึง 12254 บาท/ปี อีกอย่างหนึ่งคือเมื่อถอดหลอดไฟเก็บทำให้มีหลอดไฟสำรองเปลี่ยนเมื่อเกิดหลอดไฟเสียด้วย

มาตรการที่ 2 การเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามจำนวนผู้เข้าเรียนจริง

ทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้สังเกตการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนอุปกรณ์ให้แสงสว่างพบว่ามีการใช้อย่างไม่เหมาะสม โดยเราจะตั้งการใช้งานสูงสุดของหลอดไฟไว้ที่ 90%, 80%, 70% เป็นฐานการใช้งานในปัจจุบัน เราจะใช้ข้อมูลจาก ระบบลงทะเบียนออนไลน์ของมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อนำข้อมูลจำนวนผู้เรียนในแต่ละวิชามาวิเคราะห์การจัดหลอดไฟ โดยสรุปไว้ในข้อสมมุติฐานที่ 4.1.4 ได้ข้อมูลการประหยัดพลังงานดังนี้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าใช่จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างก่อนและหลังปรับปรุง

จากกราฟ จะเห็นว่าเมื่อทำการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดังตารางที่ 4.5

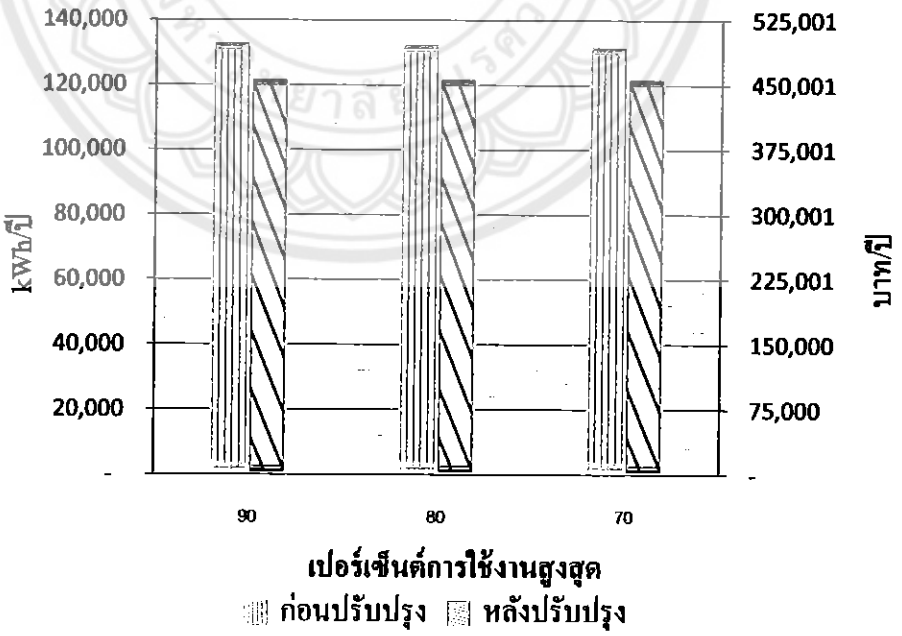
ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีในส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เทียบกับการเปิดไฟที่ 90 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 80 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 70 %	
บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ
55,291	49.34	42,840	43.01	30,390	34.87

จากตารางที่ 4.6 ผลของมาตรการที่ 1 เราสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้อย่างน้อยที่สุดคือ 34 % ซึ่งคิดเป็นเงินคือ 30,390 บาทต่อปี เมื่อคิดการใช้พลังงานสูงสุดในปัจจุบันที่ 70%

มาตรการที่ 3 ผลจากการลดการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่งผลทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลดลง

จากการลดจำนวนหลอดไฟทำให้ภาระทางความเย็น(Cooling Load) ภายในห้องปรับอากาศลดลงตามจำนวนหลอดไฟที่ลดลง ซึ่งส่งผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลงตามไปด้วย จากการศึกษาการลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากกราฟ พบว่าเมื่อใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามความต้องการแล้วส่งผลทำให้ภาระทางความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงการใช้พลังของเครื่องปรับอากาศก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

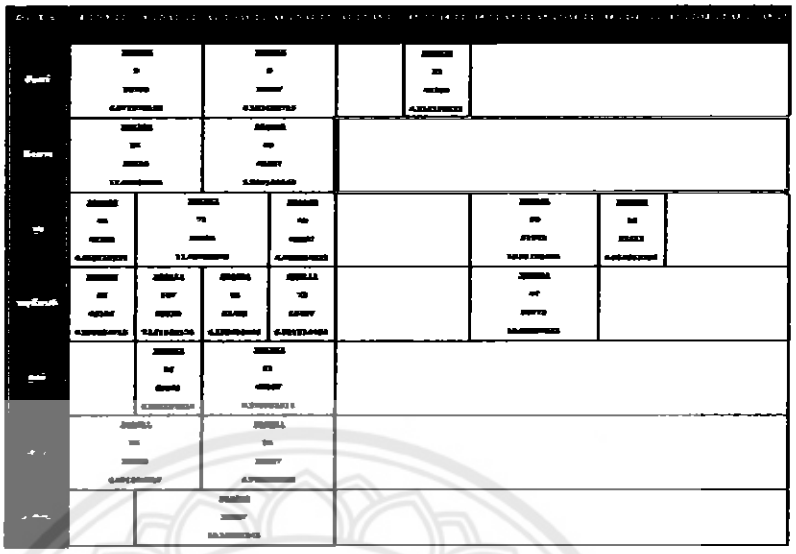
ตารางที่ 4.7 สรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีของเครื่องปรับอากาศจากการลดการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เทียบกับการเปิดไฟที่ 90 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 80 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 70 %	
บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ
21611.87	4.50	19210.55	4.00	16809.23	3.50

จากตารางที่ 4.6 เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นผู้มาจากมาตรการที่ 1 คือการลดจำนวนหลอดไฟลงอย่างน้อยที่สุดเราจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ถึง 16,809 บาท/ปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ค่าพลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70%

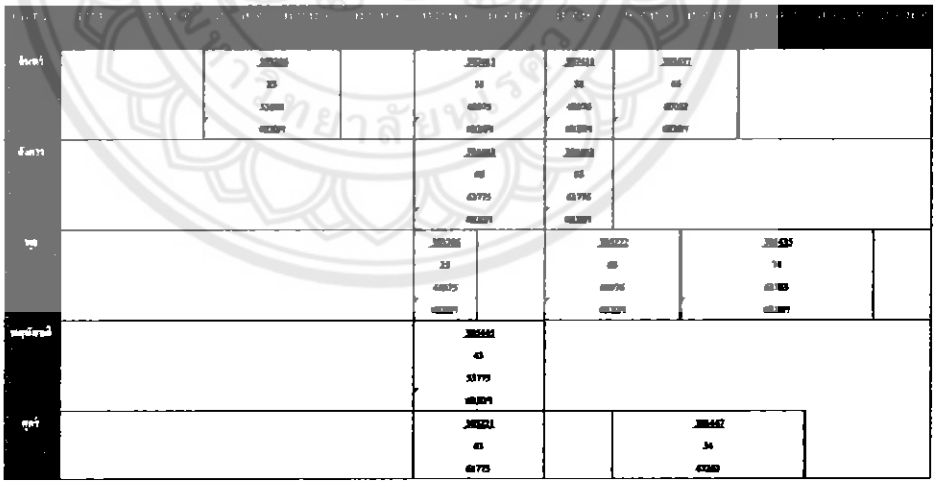
มาตรการที่ 4 การบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียนโดยคำนึงถึงภาระการทำความเย็นสูงสุด

ทางคณะผู้จัดได้ศึกษาการวางตัวของอาคาเรียนพบว่า อาคาเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) มีการวางตัวโดยด้านหน้าหันไปทางด้านคณะเกษตรศาสตร์ (ทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ) ซึ่งส่งผลทำให้ห้องเรียนทางด้านนี้มีภาระทางความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) อยู่ในช่วงบ่ายประมาณ 5 โมงเย็น และ ด้านหลังหันไปทางตึกคณะวิศวกรรมโยธา (ทิศตะวันออกเฉียงใต้) ส่งผลทำให้ห้องเรียนทางด้านนี้ มีภาระทางความเย็นสูงสุดในช่วงเช้า ประมาณ 9 โมงเช้า ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทำการย้ายห้องเรียนของแต่ละฝั่งเพื่อหลีกเลี่ยงภาระทางความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยการย้ายจะคำนึงถึง ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศห้องใหม่ต้องดีกว่าเดิม ดังตัวอย่างแสดงการย้ายห้องเรียน EN 310 และ EN 511 ซึ่งอยู่คนละฝั่ง ในรูปที่ 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างตารางห้องเรียน EN 310 ที่ย้ายแล้วซึ่งมีภาระทางความเย็นสูงสุดในตอนบ่าย

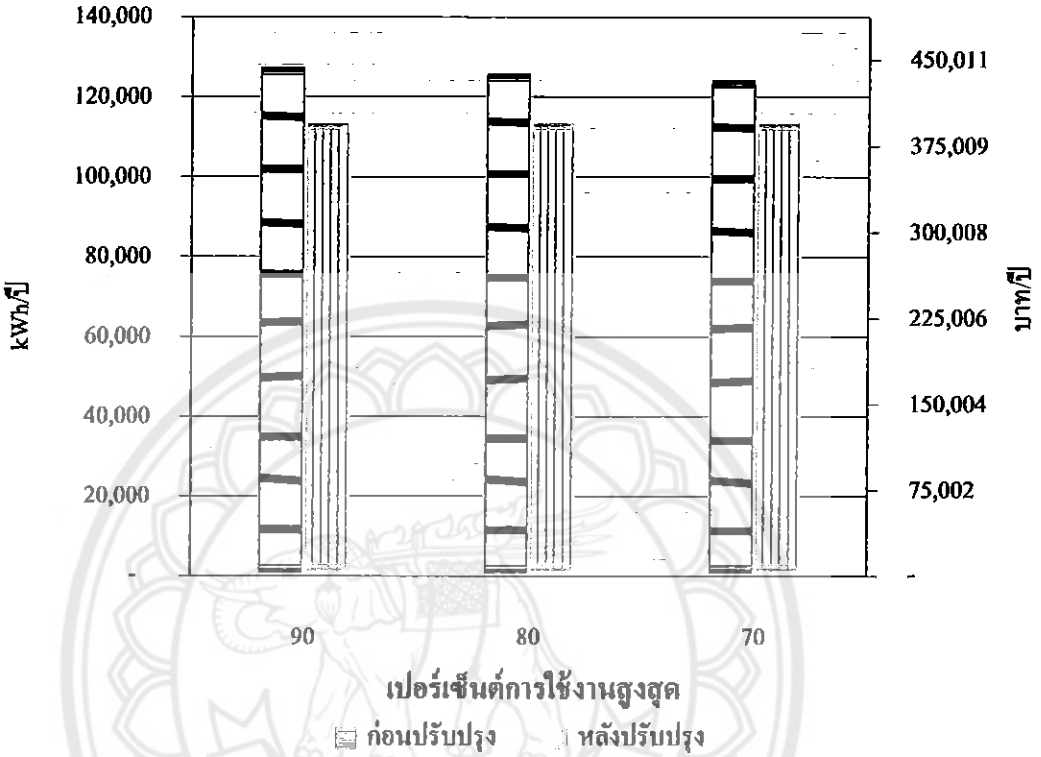
จากรูปที่ 4.4 แสดงการย้ายห้องเรียนจากห้องที่มีภาระทางความเย็นสูงสุด (Peak cooling load) ของห้องในช่วงเช้ามาไว้ในห้องที่มีภาระทางความเย็นสูงสุดในช่วงบ่าย เพื่อหลีกเลี่ยงภาระทางความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเช้า



รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างตารางห้องเรียน EN 511 ที่ย้ายแล้วซึ่งมีภาระทางความเย็นสูงสุดในช่วงเช้า

จากรูปที่ 4.5 แสดงการย้ายห้องเรียนจากห้องที่มีภาระทางความเย็นสูงสุด (Peak cooling load) ของห้องในช่วงบ่ายมาไว้ในห้องที่มีภาระทางความเย็นสูงสุดในช่วงเช้า เพื่อหลีกเลี่ยงภาระทางความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงบ่าย

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการย้ายห้องทั้งหมดโดยได้ผลการประหยัดพลังงานดังนี้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการย้ายห้องเรียน

จากรูปที่ 4.10 สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการประหยัดพลังงานได้ดังตาราง 4.8

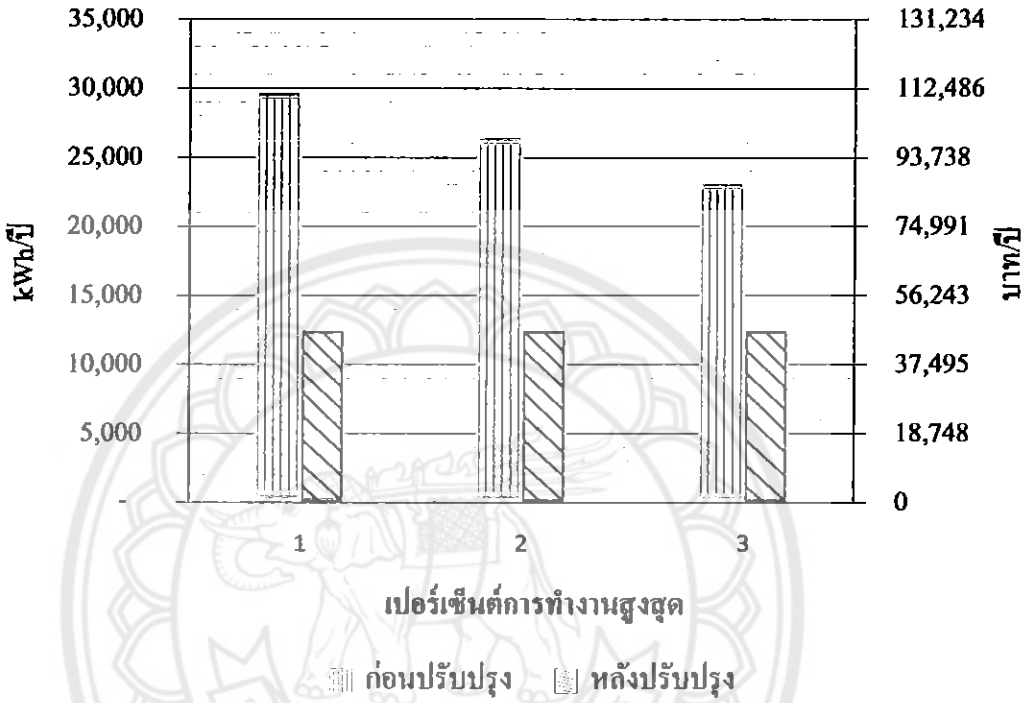
ตารางที่ 4.8 สรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีของเครื่องปรับอากาศจากการบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียน

เทียบกับการเปิดไฟที่ 90 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 80 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 70 %	
บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ
51544.57	10.74	45817.40	9.55	40090.22	8.36

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าถ้ามีการบริหารจัดการตารางเรียนให้ดีอย่างน้อยที่สุดจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องปรับอากาศได้ถึง 40,090 บาท/ปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70%

มาตรการที่ 5 มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 (36 วัตต์) เป็น T5 (28 วัตต์)

กรณีที่ 1 เปลี่ยนทั้งหมด 100 %



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด T5 ทั้งหมด

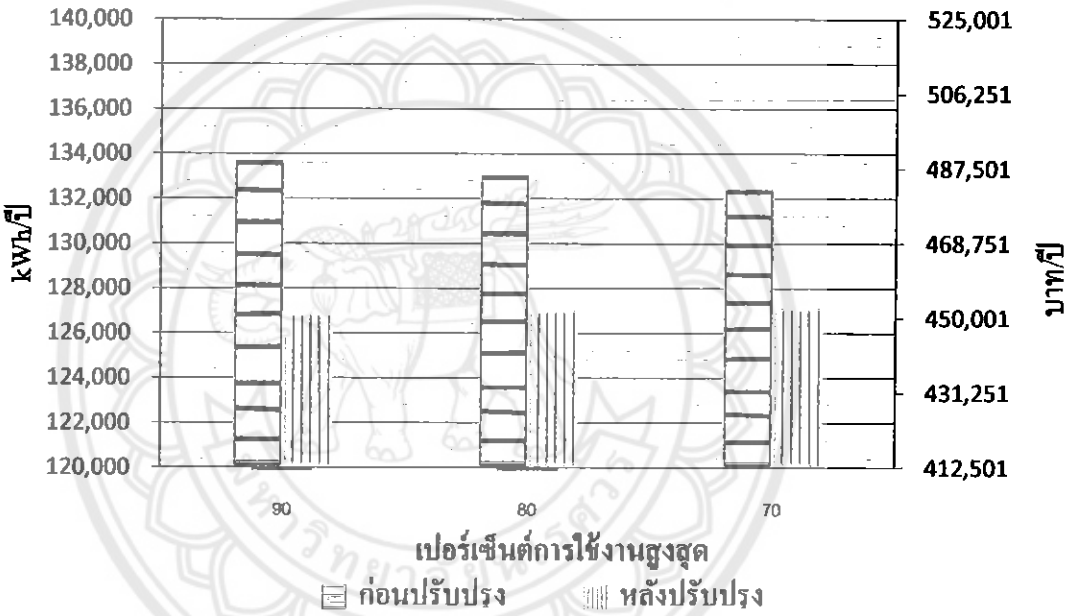
ตารางที่ 4.9 สรุปค่าใช้จ่ายและระยะคืนทุนจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็น T5 ทั้งหมด

คิดที่	จำนวนหลอด	ค่าใช้จ่าย/หลอด	ค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	คิดเป็นร้อยละ
90%	984	100	112,053.00	46,890	65,163	58.15
80%	984	100	99,602.88	46,890	52,712.88	52.92
70%	984	100	87,152.52	46,890	40,262.52	46.20

จากตาราง 4.9 จะเห็นว่าเมื่อใช้หลอด T5 แทนหลอด T8 ทั้งหมดจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างน้อยที่สุดคือ 40,829 บาท/ปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70%

เนื่องจากหลอดไฟ T 8 (36 วัตต์) ใช้พลังงานมากกว่า หลอด T 5 (28 วัตต์) ดังนั้นเมื่อทำการเปลี่ยนจาก หลอด T 8 เป็น T5 ส่งผลทำให้ภาระทางความเย็นภายของเครื่องปรับอากาศลดลงกว่าเดิมเราสามารถพิจารณาการเปลี่ยนได้ดังนี้

จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้ห้องเรียนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ จะพบว่าจะสามารถแบ่งการใช้พลังงานสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่างคิดที่ 90%, 80% 70% ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลการประหยัดพลังงานในส่วนเครื่องปรับอากาศได้ดังนี้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 เป็นชนิด T5 ที่ 100%

ตารางที่ 4.10 การประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอด T8 เป็น หลอด T5 ที่ 100%

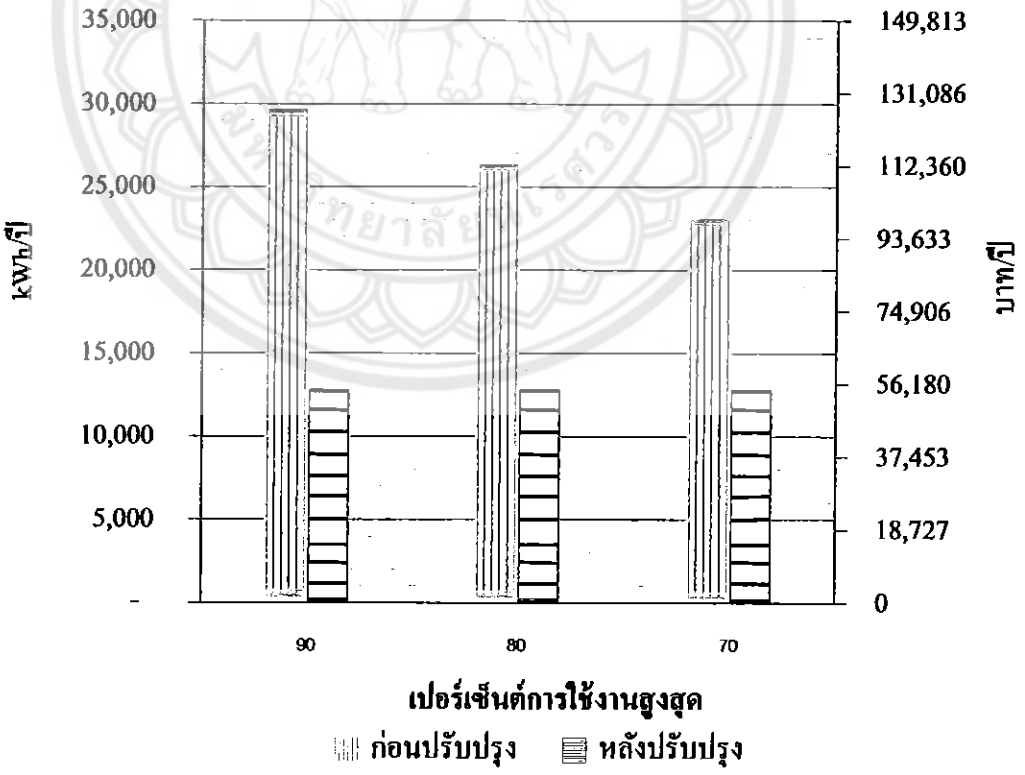
เทียบกับการเปิดไฟที่ 90 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 80 %		เทียบกับการเปิดไฟที่ 70 %	
ประหยัด (บาท/ปี)	คิดเป็นร้อยละ	ประหยัด (บาท/ปี)	คิดเป็นร้อยละ	ประหยัด (บาท/ปี)	คิดเป็นร้อยละ
25,402	4.52	22,580	4.02	19,753	3.51

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าเมื่อเราเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอด T8 เป็น T5 ทำให้ภาระทางความเย็นของห้องปรับอากาศลดผลส่งผลทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลดลงตามไปด้วย จากการศึกษาพบว่า เราสามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศอย่างน้อยที่สุดคือ 16,862 บาท/ปี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังของเครื่องปรับอากาศจากเดิมเป็นหลอด T8 สามารถลดได้ถึง 2,891 บาท/ปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70%

ทั้งสองกรณีใช้เงินลงทุนที่ 98,400 บาท ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.08 ปี, 1.3 ปี, 1.6 ปี, เมื่อคิดเทียบกับการเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ 90%, 80%, 70% ตามลำดับ

กรณีที่ 2 เปลี่ยนครึ่งหนึ่งหรือ 50 %

จากการศึกษาการใช้ห้องเรียนพบว่า ลักษณะการใช้ห้องของนิสิตจะใช้เพียงครึ่งห้องคือบริเวณด้านหน้าดังนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงได้มีวิธีการเปลี่ยนหลอดไฟเฉพาะส่วนคือส่วนที่มีการเรียนการสอน ส่วนด้านหลังจะไม่เปลี่ยน(เป็นหลอด T8) ซึ่งจากศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้



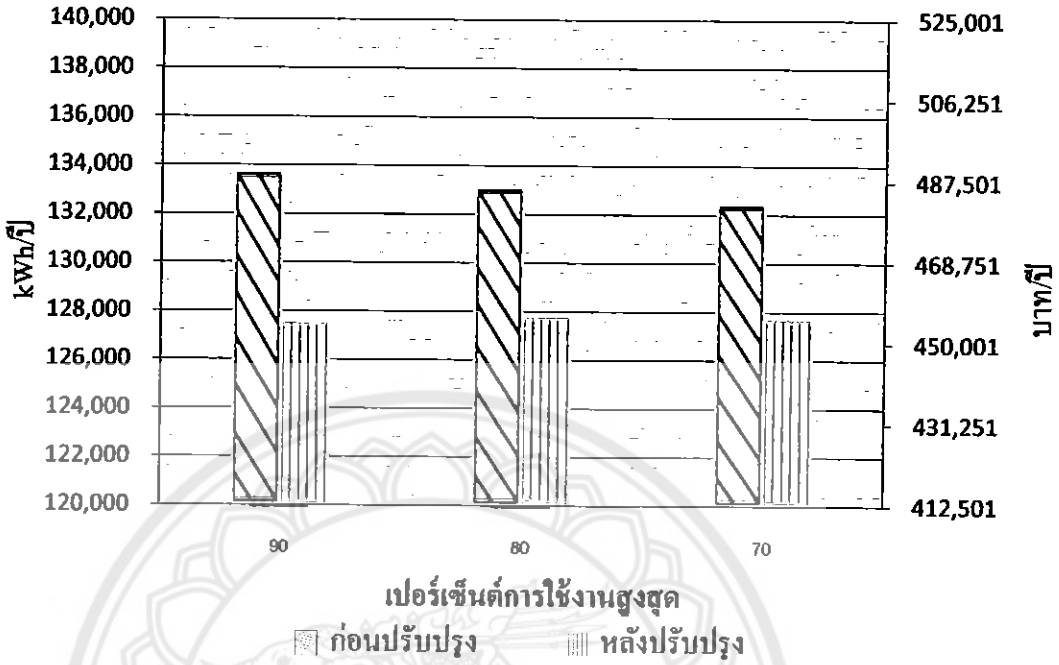
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการประหยัดพลังงานจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 เป็น T5 50%

ตารางที่ 4.11 สรุปค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนของการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 เป็น T5 50%

คิดที่	จำนวนหลอด	ค่าใช้จ่าย/หลอด	ค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	คิดเป็นร้อยละ
90%	492	100	112,053	48,400.95	63,652.19	56.81
80%	492	100	99,602.88	48,400.95	51,201.93	51.41
70%	492	100	87,152.52	48,400.95	38,751.57	44.46

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าเมื่อเราใช้หลอด T5 แทนหลอด T8 เพียง 50 % จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างน้อยที่สุดคือ 38751 บาท/ปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70% ระยะคืนทุนอยู่ที่ 1.27 ปี

ผลจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นหลอด T5 ที่ 50% ส่งผลทำให้ภาระทางความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง เราจะใช้ข้อมูลจำนวนคนใช้ห้องจริงในแต่ละรายวิชานั้นในการกำหนดการเปิดปิดหลอดไฟ T5 และ T8 ซึ่งลายละเอียดอธิบายในหัวข้อ 4.1 ข้อสมมุติฐาน จากการศึกษาการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อทำการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 เป็น T5 ที่ 50% ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 เป็น T5 ที่ 50%

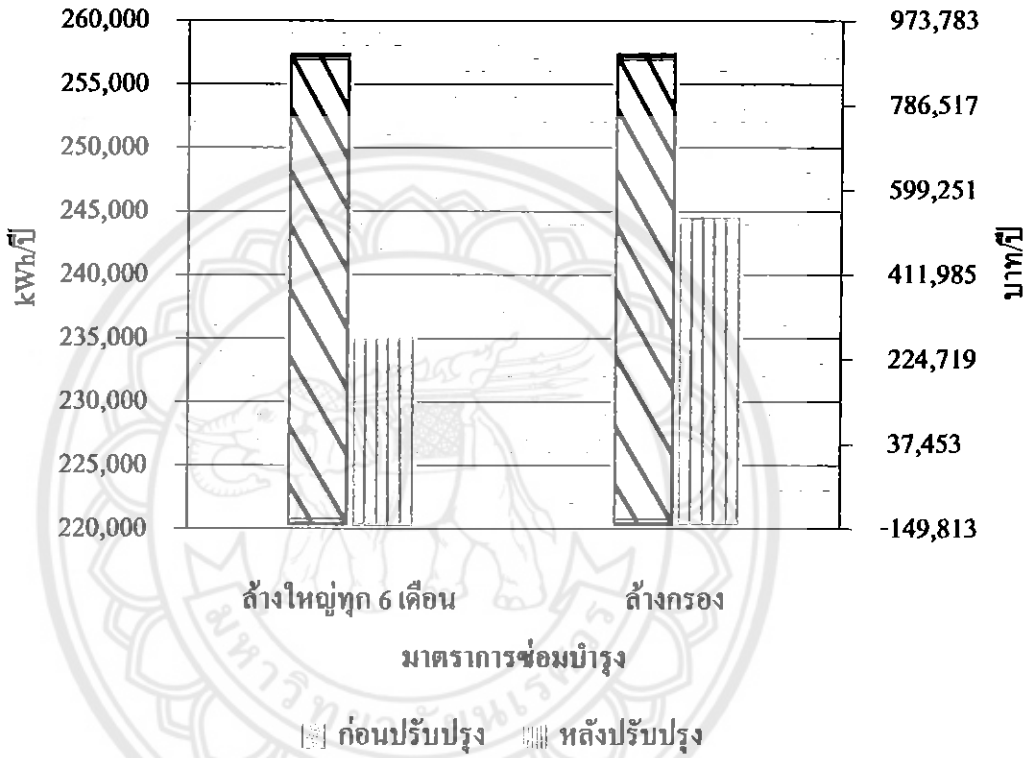
ตารางที่ 4.12 การประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 เป็น T5 ที่ 50%

ลงทุน (บาท)	เทียบกับการเปิดไฟที่ 90 %			เทียบกับการเปิดไฟที่ 80 %			เทียบกับการเปิดไฟที่ 70 %		
	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	คืนทุน	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	คืนทุน	บาท/ปี	คิดเป็นร้อยละ	คืนทุน
49,200	23,202	4.83	2.12	19,798	4.12	2.48	17,670	3.68	2.78

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่าเมื่อทำการหลอดเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 เป็น T5 เพียง 50 % จะเห็นว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างน้อยที่สุด คือ 17,670 บาท/ปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70%

มาตรการที่ 6 มาตรการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ

มาตรานี้เป็นการการบำรุงรักษ์เครื่องปรับอากาศเพื่อทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการใช้งานที่สูงขึ้นผลที่ตามมาคือการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศจากการซ่อมบำรุงแล้ว

ตารางที่ 4.13 สรุปการประหยัดพลังงานในส่วนของการล้างเครื่องปรับอากาศและล้างกรองอากาศ

ค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องปรับอากาศ (บาท/ปี)	กรณีล้างใหญ่ประหยัด 10%					ล้างกรองอากาศประหยัด 5%	รวม (บาท/ปี)
	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัด (บาท/ปี)	ค่าบริการ (บาท/เครื่อง)	จำนวน (เครื่อง)	ลงทุน (บาท/ปี)	คืนทุน	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัด (บาท/ปี)	
966,113	96,611	500.00	84	84,000.	0.87	48,306	144,917

จากตารางที่ 4.13 จากมาตาการซ่อมบำรุง จะเห็นว่าถ้าล้างใหญ่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 10 % ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ส่วนถ้าล้างกรองจะประหยัดพลังงานได้ถึง 5% แต่ถ้าล้างใหญ่จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าล้างด้วยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 500 บาทต่อเครื่อง ประหยัดพลังงานได้ถึง 12,611 บาทต่อปี ระยะคืนทุนคือ 0.87 ปี ส่วนการล้างกรองจะไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าล้าง

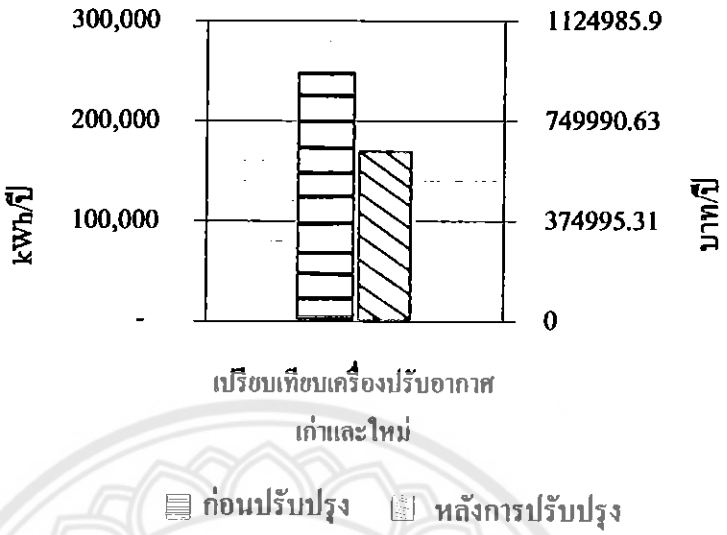
มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)

มาตรการนี้เป็นการเปรียบเทียบการประหยัดพลังเมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่โดยเปลี่ยนตามภาระทางความเย็นที่เกิดขึ้น โดยจะเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดการทำความเย็นน้อยๆเพื่อจะให้ได้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง โดยข้อมูลที่นำมาแสดงนี้จะเป็นข้อมูลโดยสรุปของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ ซึ่งละเอียดการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศอยู่ในภาคผนวก

ตารางที่ 4.14 แสดงราคาของเครื่องปรับอากาศ

ขนาด (BTU/hr)	EER	ราคา (บาท)
24,000	11	27,800
30,000	11	35,500
36,000	11	38,000

การเปลี่ยนจะเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เท่ากับ 11 ขนาดไม่เกิน 36,000 Btu/hr เพราะเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกินนี้จะให้อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหรือ EER เท่ากับ 11 หรือมากกว่า



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการประหยัดค่าใช้จ่ายการการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)

ตารางที่ 4.15 แสดงแสดงผลการประหยัดค่าใช้จ่ายการการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

เงินลงทุน	ค่าใช้จ่าย		ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี	ระยะเวลาคืนทุน
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง		
2,854,100	939,872	643,716	296,156	9.64

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นว่าเมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ส่งผลทำให้ค่าการประหยัดพลังงานอยู่ที่ 296,156 บาท/ปี ซึ่งใช้เงินลงทุนพร้อมค่าติดตั้งทั้งหมด 2,854,100 บาท ระยะคืนทุนอยู่ที่ 9.64 ปี ซึ่งดูแล้วอาจจะไม่คุ้มทุนเพราะว่าระยะเวลาคืนทุนจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งถ้าชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศมากก็จะส่งผลให้มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว ดังนั้นจึงควรเลือกเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศห้องที่มีชั่วโมงการใช้งานมาก เช่น ห้องเรียนในชั้น 5 แล้วชั้น 3 ที่มีชั่วโมงการใช้งาน 1,000 ชั่วโมงต่อปีขึ้นไป

4.5 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในแต่ละปี

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากมาตรการต่างๆ ต่อปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 90%

เทียบกับการใช้อุปกรณ์ให้แสงสว่างที่ 90%						
ลำดับ	ชื่อมาตรการ	เงินลงทุน (บาท)	ประหยัดได้ในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (บาท/ปี)	ประหยัดได้ในส่วนของเครื่องปรับอากาศ (บาท/ปี)	รวมประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
มาตรการที่ 1	ลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน	-	12,254	-	12,254	-
มาตรการที่ 2	เปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามผู้เข้าเรียนจริง	-	55,291	-	55,291	-
มาตรการที่ 3	ผลจากการลดการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง	-	-	21,611	21,612	-
มาตรการที่ 4	การบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียนโดยคำนึงถึงภาระการทำความเย็นสูงสุด	-	-	51,544	51,545	-
มาตรการที่ 5	มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง					
กรณีที่ 1	เปลี่ยนทั้งหมด 100 %	98,400	65,163	25,402	90,565	1.09
กรณีที่ 2	เปลี่ยนครึ่งหนึ่งหรือ 50 %	49,200	63,652	23,202	86,854	0.57
มาตรการที่ 6	มาตรการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ					
กรณีที่ 1	ล้างกรองอากาศทุกๆ 1 เดือน	-	-	48,306	48,306	-
กรณีที่ 2	ล้างเครื่องปรับอากาศ (ล้างใหญ่) ทุกๆ 6 เดือน	84,000	-	96,611	96,611	0.87
มาตรการที่ 7	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)	2,854,100	-	296,156	296,156	9.64

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากมาตรการต่างๆ ต่อปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 80%

เทียบกับการใช้อุปกรณ์ให้แสงสว่างที่ 80%						
ลำดับ	ชื่อมาตรการ	เงินลงทุน (บาท)	ประหยัดได้ในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (บาท/ปี)	ประหยัดได้ในส่วนของเครื่องปรับอากาศ (บาท/ปี)	รวมประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
มาตรการที่ 1	ลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน	-	9,191	-	9,191	-
มาตรการที่ 2	เปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามผู้เข้าเรียนจริง	-	42,840	-	42,840	-
มาตรการที่ 3	ผลจากการลดการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง	-	-	19,211	19,211	-
มาตรการที่ 4	การบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียนโดยคำนึงถึงภาระการทำความเย็นสูงสุด	-	-	45,817	45,817	-
มาตรการที่ 5	มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง					
กรณีที่ 1	เปลี่ยนทั้งหมด 100 %	98,400	52,713	22,580	75,293	1.31
กรณีที่ 2	เปลี่ยนครึ่งหนึ่งหรือ 50 %	49,200	51,202	19,789	71,000	0.69
มาตรการที่ 6	มาตรการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ					
กรณีที่ 1	ล้างกรองอากาศทุกๆ 1 เดือน	-	-	48,306	48,306	-
กรณีที่ 2	ล้างเครื่องปรับอากาศ (ล้างใหญ่) ทุกๆ 6 เดือน	84,000	-	96,611	96,611	0.87
มาตรการที่ 7	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)	2,854,100	-	296,156	296,156	9.64

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากมาตรการต่างๆ ต่อปี เมื่อคิดเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดที่ 70%

เทียบกับการใช้อุปกรณ์ให้แสงสว่างที่ 70%						
ลำดับ	ชื่อมาตรการ	เงินลงทุน (บาท)	ประหยัดได้ในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (บาท/ปี)	ประหยัดได้ในส่วนของเครื่องปรับอากาศ (บาท/ปี)	รวมประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
มาตรการที่ 1	ลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน	-	6,127	-	6,127	-
มาตรการที่ 2	เปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามผู้เข้าเรียนจริง	-	30,390	-	30,390	-
มาตรการที่ 3	ผลจากการลดการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่งผลให้การระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง	-	-	16,809	16,809	-
มาตรการที่ 4	การบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียนโดยคำนึงถึงภาระการทำความเย็นสูงสุด	-	-	40,090	40,090	-
มาตรการที่ 5	มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง					
กรณีที่ 1	เปลี่ยนทั้งหมด 100 %	98,400	40,263	19,573	60,016	1.64
กรณีที่ 2	เปลี่ยนครึ่งหนึ่งหรือ 50 %	49,200	38,752	17,670	56,422	0.87
มาตรการที่ 6	มาตรการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ					
กรณีที่ 1	ล้างกรองอากาศทุกๆ 1 เดือน	-	-	48,306	48,306	-
กรณีที่ 2	ล้างเครื่องปรับอากาศ (ล้างใหญ่) ทุกๆ 6 เดือน	84,000	-	96,611	96,611	0.87
มาตรการที่ 7	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)	2,854,100	-	296,156	296,156	9.64

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) ประจำปีการศึกษา 2553

5.1.1 มาตรการที่ 1 ลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน

จากข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดินพบว่าบริเวณทางเดินมีการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมากเกินสมควรทำให้มีการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าที่สูงดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการลดปริมาณการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยการถอดออกครึ่งหนึ่งในลักษณะของดวงเว้นดวงพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ 12,254 บาท, 9,191บาท, 6,127 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 44.44, 37.5 และ 28.57 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ

5.1.2 มาตรการที่ 2 การเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามจำนานผู้เข้าเรียนจริง

จากการตรวจวัดหาค่าการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างแล้วนำมาวิเคราะห์พบว่าการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างเกินกว่าจำนวนคนใช้งานจริงจึงทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการลดการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้สอดคล้องกับจำนวนคนใช้งานจริงพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ 55,291 บาท, 42,840 บาท, 30,390 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 49.31, 43.01 และ 34.87 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ

5.1.3 มาตรการที่ 3 การเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามผู้เข้าเรียนจริงทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง

จากข้อมูลมาตรการที่ 1 พบว่าถ้ามีการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเกินกว่าจำนวนคนใช้งานจริงทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเกิดการสูญเสียพลังงานสูงเช่นกันดังนั้นเมื่อคณะผู้จัดทำได้ทำการลดการใช้ระบบไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ 21,612 บาท, 19,211 บาท, 16,809 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ4.5, 4.0 และ 3.5 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดต่อปี

5.1.4 มาตรการที่ 4 การบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสมพร้อมกับสอดคล้องกับภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

จากข้อมูลตารางการใช้ห้องเรียนของอาคารเรียนรวมแล้วนำมาคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) และสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Chiller Performance, Chp) พบว่าการบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องของอาคารเรียนรวมไม่เหมาะสมทำให้มีภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ที่สูงจึงให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่สูง ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการบริหารจัดการการจัดตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสมพร้อมกับสอดคล้องกับภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ 51,545 บาท, 45,817 บาท, 40,090 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ10.74, 9.55 และ 8.36 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดต่อปี

5.1.5 มาตรการที่ 5 มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 (36 วัตต์) เป็นหลอด T5 (28 วัตต์)

กรณีที่ 1 การเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เป็นแบบ T5 ทั้งหมด 100 %

เนื่องจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างแบบ T5 มีการประหยัดพลังงานมากกว่าแบบเดิมดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการเสนอเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นแบบ T5 สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ 65,163 บาท, 52,713 บาท, 40,263 บาท ต่อปี คิด

เป็นร้อยละ 58.15, 52.92 และ 46.20 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดต่อปี

ผลจากการเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างข้างต้นแล้วทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ 25,402 บาท, 22,580 บาท, 19,573 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.83, 4.12, 3.68 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ

ทั้งสองกรณีใช้เงินลงทุนที่ 98,400 บาท ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 90,965 บาท, 75,293 บาท, 60,016 บาท ต่อปี ขะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.08 ปี, 1.3 ปี, 1.6 ปี, เมื่อคิดเทียบกับการเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ 90%, 80%, 70% ตามลำดับ

กรณีที่ 2 การเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นแบบ T5 50%

เนื่องจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างแบบ T5 มีการประหยัดพลังงานมากกว่าแบบเดิมดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการเสนอเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นแบบ T5 สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ 63,652 บาท, 51,202 บาท, 38,752 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 56.81, 51.41 และ 44.46 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ

ผลจากการเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างข้างต้นแล้วทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ 23,202 บาท, 19,789 บาท, 17,670 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.52, 4.02, 3.51 เทียบกับการเปิดใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจริงที่ 90%, 80% และ 70% ตามลำดับ

ทั้งสองกรณีใช้เงินลงทุนที่ 49,200 บาท ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 86,854 บาท, 71,000 บาท, 56,422 บาท ต่อปี ขะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 0.57 ปี, 0.69 ปี, 0.87 ปี, เมื่อคิดเทียบกับการเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ 90%, 80%, 70% ตามลำดับ

5.1.6 มาตรการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 1 การล้างกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศ 1 เดือนต่อ ครั้ง

จากข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศพบว่าทางด้านกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศมีความสกปรกจึงทำให้ระบายอากาศได้ไม่ดีทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่สูง

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการจัดทีมวิศวกรเพื่อทำการทำความสะอาดกรองอากาศเดือนต่อ 1 ครั้ง พบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดต่อปี

กรณีที่ 2 การล้างใหญ่เครื่องปรับอากาศ 6 เดือนต่อ 1 ครั้ง

จากข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศพบว่าคอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ไม่ดีทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่สูงดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทีมวิศวกรทำความสะอาดใหญ่เครื่องปรับอากาศ ทุก 6 เดือนเสียค่าทำความสะอาด เครื่องละ 500 บาทพบว่ามีค่าใช้จ่ายปีละ 84,000 บาทต่อปีสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 10 ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดต่อปีระยะเวลาคืนทุน 0.93 ปี

5.1.7 มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)

เนื่องจากเครื่องปรับอากาศของเดิมมีประสิทธิภาพต่ำและมีการใช้พลังงานที่สูงดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้เสนอมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศทั้งหมดพบว่ามีค่าใช้จ่าย 2,854,100 บาท สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ 296,156 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 31.51 ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั้งหมด ระยะเวลาคืนทุน 9.64 ปี

5.2 อภิปรายผล

5.3.1 กรณีหากมีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเท่าเดิมซึ่งถ้าเมื่อคำนวณภาระการทำความเย็นของห้องอาจจะสามารถลดขนาดของเครื่องปรับอากาศได้

5.3.2 มาตรการที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะประสบความสำเร็จได้ต้องขอความร่วมมือและจิตสำนึกของผู้เกี่ยวทุกฝ่ายด้วย เช่น

มาตรการที่ 2 การเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามจำนวนคนใช้งานจริง จะต้องขอความร่วมมือจากคณาจารย์ผู้สอนและนิสิตผู้เรียน

มาตรการที่ 4 การบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียน ต้องขอความร่วมมือจากผู้จัดตารางสอน

มาตรการที่ 1 ลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน มาตรการที่ 6 การซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ จะต้องขอความร่วมมือจากผู้ดูแลอาคาร

มาตรการที่ 5 การเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เป็นหลอด T5 มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) จะต้องขอความอนุมัติจาก ผู้บริหาร

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 มาตรการเหล่านี้เป็นการลดภาระการใช้พลังงานในอาคาร หากจะลดภาระจากภายนอกก็สามารถทำได้ เช่น การติดฟิล์มกันแดด เพื่อลดภาระความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร

5.4.2 มาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนสามารถเลือกทำทีละห้องได้ โดยเลือกห้องที่มีชั่วโมงการใช้งานมากๆก่อน จะทำให้มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว

5.4.7 ควรตั้งอุณหภูมิตามฤดูกาล คือ ถ้าฤดูหนาวก็ควรที่จะตั้งอุณหภูมิให้สูงขึ้น 2-3 องศา จะทำให้ประหยัดได้

5.4.8 สำหรับห้องที่มีการใช้งานชั่วโมงต่อวันน้อยควรบริหารจัดการให้มีการใช้ห้องที่มากขึ้นเพื่อความคุ้มทุนในการใช้เครื่องปรับอากาศ

5.4.9 จากข้อมูลการประหยัดพลังงานทั้งหมดนี้จะสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อได้รับความร่วมมือของผู้เกี่ยวข้องหลายๆฝ่าย

แสงสว่างให้สอดคล้องกับจำนวนคนใช้งานจริงพบว่า

บรรณานุกรม

1. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมทำความเย็น .ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา เอกสารประกอบการสอนวิชาการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมการปรับอากาศและระบายอากาศ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. นายเดชา โตโทน. การวิเคราะห์มูลค่าทางการเงินสำหรับโครงการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
5. ดร.วิทยา ยงเจริญ และ ธนู วิบูลญนนณ์.พื้นฐานการทำความเย็นและการปรับอากาศ.พิมพ์ครั้งที่ 4.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2544.
6. พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538

ภาคผนวก ก.

ผลการวิเคราะห์

ตาราง ก.1 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	ห้อง	ขนาด Btu/hr	พื้นที่หน้ากาก (m^2)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m^3/s)	RH_s (%)	RH_R (%)	T_s (°C)	T_R (°C)	Enthalpy (kJ/kg)		h_R-h_s kJ/kg	Btu/hr	W_c (kW)	EER	Chp (kW/Ton)	Chp มาตรฐาน (kW/Ton)	เบอร์
1	ห้องสมุด เครื่องที่ 1	72,000	0.3	1.0	0.3	94.8	46.6	9.9	24.0	27.8	45.8	18.0	19062.6	8.9	2.1	5.6	1.6	1
2	ห้องสมุด เครื่องที่ 2	72,000	0.3	1.8	0.4	50.1	45.8	11.1	25.0	21.3	47.9	26.6	48302.1	6.8	7.1	1.7	1.6	1
3	ห้องสมุด เครื่องที่ 3	72,000	0.3	1.6	0.4	93.9	46.3	8.4	24.8	24.5	47.7	23.2	37541.1	5.8	6.5	1.8	1.6	1
4	ห้องสมุด เครื่องที่ 4	72,000	0.3	1.6	0.4	90.4	49.5	9.7	23.3	26.5	45.6	19.1	32300.5	8.9	3.6	3.3	1.6	1
5	ห้อง study เครื่องที่ 1	64,000	0.4	1.1	0.4	96.2	51.3	11.4	25.1	31.7	51.0	19.3	32791.6	4.7	7.0	1.7	1.6	1
6	ห้อง study เครื่องที่ 2	64,000	0.4	1.1	0.4	96.3	51.6	11.5	24.9	31.9	50.6	18.7	32005.2	4.9	6.5	1.8	1.6	1
7	EN 205 เครื่องที่ 1	42,000	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย
8	EN 205 เครื่องที่ 2	42,000	0.4	1.1	0.4	91.7	41.1	12.4	25.1	33.0	45.8	12.7	21444.7	4.0	5.4	2.2	1.6	1
9	EN 205 เครื่องที่ 3	42,000	0.4	1.2	0.5	86.7	47.4	10.3	24.2	27.1	46.8	19.7	36632.7	4.7	7.8	1.5	1.6	1
10	EN 205 เครื่องที่ 4	42,000	0.4	1.5	0.6	92.8	47.0	12.1	24.1	32.6	46.4	13.8	31121.4	4.6	6.8	1.8	1.6	1
11	EN 207 เครื่องที่ 1	42,000	0.4	0.9	0.3	93.5	54.2	11.5	25.5	31.4	53.5	22.1	30810.6	5.2	5.9	2.0	1.6	1
12	EN 207 เครื่องที่ 2	42,000	0.4	1.0	0.4	94.0	54.4	8.7	24.5	25.2	51.0	25.8	39566.5	4.6	8.6	1.4	1.6	2
13	EN 207 เครื่องที่ 3	42,000	0.4	1.1	0.4	73.6	56.1	12.1	24.9	28.4	52.8	24.4	41080.9	4.2	9.8	1.2	1.6	3
14	EN 207 เครื่องที่ 4	42,000	0.4	1.2	0.4	88.4	48.5	10.7	26.0	28.4	51.7	23.4	42132.6	4.8	8.8	1.4	1.6	2
15	EN 210 เครื่องที่ 1	42,000	0.4	1.9	0.7	98.6	48.2	11.2	24.2	31.7	47.2	15.5	44267.6	4.6	9.6	1.2	1.6	3
16	EN 210 เครื่องที่ 2	42,000	0.4	1.3	0.5	99.3	46.7	10.5	24.3	30.2	46.8	16.6	32936.9	4.9	6.7	1.8	1.6	1
17	EN 210 เครื่องที่ 3	42,000	0.4	1.6	0.6	98.6	49.2	10.8	24.1	30.7	47.4	16.7	40633.1	5.7	7.1	1.7	1.6	1
18	EN 210 เครื่องที่ 4	42,000	0.4	1.6	0.6	99.5	51.2	13.5	25.1	37.6	50.9	13.3	32332.4	4.7	6.9	1.7	1.6	1
19	EN 212 เครื่องที่ 1	42,000	0.4	1.1	0.4	88.7	52.6	12.6	25.2	32.9	51.9	19.0	31930.7	4.1	7.9	1.5	1.6	1

ตาราง ก.1 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	ขนาด Btu/hr	พื้นที่หน้ากาก (m^2)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m^3/s)	RH_a (%)	RH_R (%)	T_a (°C)	T_R (°C)	Enthalpy (kJ/kg)		h_R-h_S kJ/kg	Btu/hr	W_C (kW)	EER	Chp (kW/Ton)	Chp มาตรฐาน (kW/Ton)	เบอร์
20	EN 212 เครื่องที่ 2	42,000	0.4	1.1	0.4	97.3	57.2	12.7	24.4	35.0	52.1	17.1	27203.3	2.5	10.7	1.1	1.6	4
21	EN 212 เครื่องที่ 3	42,000	0.4	1.1	0.4	86.5	52.4	11.0	24.2	28.7	49.2	20.5	35125.0	4.7	7.4	1.6	1.6	1
22	EN 212 เครื่องที่ 4	42,000	0.4	1.2	0.4	95.8	51.9	11.4	25.9	31.6	53.4	21.8	37682.4	4.6	8.1	1.5	1.6	1
23	EN 305 เครื่องที่ 1	45,000	0.2	1.8	0.4	88.7	52.0	11.0	24.5	29.2	49.8	20.6	33702.7	4.5	7.5	1.6	1.6	1
24	EN 305 เครื่องที่ 2	45,000	0.2	1.7	0.4	92.4	52.5	6.5	24.6	20.4	50.3	29.9	45604.2	4.4	10.3	1.2	1.6	3
25	EN 305 เครื่องที่ 3	45,000	0.2	1.8	0.4	98.0	50.7	9.9	24.3	28.6	48.7	20.1	32478.5	4.5	7.2	1.7	1.6	1
26	EN 307 เครื่องที่ 1	45,000	0.2	2.5	0.6	91.9	51.2	11.8	24.9	31.6	50.4	18.8	43616.5	4.1	10.7	1.1	1.6	4
27	EN 307 เครื่องที่ 2	45,000	0.2	2.3	0.5	97.0	52.3	11.1	25.1	31.1	51.5	20.4	41825.5	4.1	10.3	1.2	1.6	3
28	EN 307 เครื่องที่ 3	45,000	0.2	1.7	0.4	94.0	55.8	10.1	25.5	28.1	54.4	26.2	39494.3	4.6	8.6	1.4	1.6	2
29	EN 309 เครื่องที่ 1	45000	0.2	2.0	0.4	97.6	57.7	11.2	21.4	31.5	44.6	13.1	23721.9	3.7	6.4	1.9	1.6	1
30	EN 309 เครื่องที่ 2	45000	0.2	1.7	0.4	95.9	55.6	12.3	24.1	33.8	50.6	16.8	25859.8	3.5	7.3	1.6	1.6	1
31	EN 309 เครื่องที่ 3	45000	0.2	1.7	0.4	98.0	56.9	12.1	24.2	33.7	51.4	17.7	27840.3	4.0	7.0	1.7	1.6	1
32	EN 310 เครื่องที่ 1	45000	0.2	2.0	0.4	97.6	57.7	11.2	21.4	31.5	44.6	13.1	23721.9	3.7	6.4	1.9	1.6	1
33	EN 310 เครื่องที่ 2	45000	0.2	2.2	0.5	93.1	52.2	11.7	24.7	31.6	50.5	18.9	37356.5	4.3	8.7	1.4	1.6	2
34	EN 310 เครื่องที่ 3	45000	0.2	2.1	0.5	96.5	51.5	11.4	24.4	31.6	49.4	17.8	34191.0	4.7	7.3	1.6	1.6	1
35	EN 311 เครื่องที่ 1	45000	0.2	2.1	0.5	96.4	51.0	12.3	24.7	34.0	49.8	15.8	30198.6	4.3	7.0	1.7	1.6	1
36	EN 311 เครื่องที่ 2	45000	0.2	2.2	0.5	93.1	52.2	11.7	24.7	31.6	50.5	18.9	37356.5	4.3	8.7	1.4	1.6	2
37	EN 311 เครื่องที่ 3	45000	0.2	2.1	0.5	96.5	51.5	11.4	24.4	31.6	49.4	17.8	34191.0	4.7	7.3	1.6	1.6	1
38	EN 312 เครื่องที่ 1	45,000	0.2	1.7	0.4	98.8	51.5	11.2	25.3	31.7	51.6	19.9	30457.3	2.9	10.5	1.1	1.6	3
39	EN 312 เครื่องที่ 2	45,000	0.2	1.8	0.4	90.7	52.5	11.7	24.2	31.2	49.3	18.1	30223.8	4.4	6.9	1.8	1.6	1

ตาราง ก.1 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	ขนาด Btu/hr	พื้นที่หน้ากาก (m^2)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m^3/s)	RH_a (%)	RH_R (%)	T_a ($^\circ C$)	T_R ($^\circ C$)	Enthalpy (kJ/kg)		h_R-h_a kJ/kg	Btu/hr	W_c (kW)	EER	Chp (kW/Ton)	Chp มาตรฐาน (kW/Ton)	เบอร์
40	EN 314 เครื่องที่ 1	45000	0.2	2.1	0.5	94.5	54.5	12.9	25.1	35.0	52.5	17.5	33139.8	4.3	7.8	1.5	1.6	1
41	EN 314 เครื่องที่ 2	45000	0.2	2.0	0.4	98.1	55.6	11.8	24.0	33.0	50.2	17.2	30748.3	4.7	6.5	1.8	1.6	1
42	EN 314 เครื่องที่ 3	45000	0.2	2.0	0.4	96.1	55.1	12.8	25.2	35.0	53.3	18.3	33120.3	4.4	7.6	1.6	1.6	1
43	EN 314 เครื่องที่ 4	45000	0.2	1.9	0.4	97.4	57.0	11.5	24.2	32.2	51.5	19.3	32933.8	4.7	7.1	1.7	1.6	1
44	EN 314 เครื่องที่ 5	45000	0.2	2.0	0.5	97.6	54.7	11.1	22.8	31.2	46.9	15.6	29078.6	4.3	6.8	1.8	1.6	1
45	EN 505 เครื่องที่ 1	36000	0.2	1.8	0.3	83.2	55.8	12.5	25.1	31.4	53.2	21.8	26277.2	3.7	7.1	1.7	1.6	1
46	EN 505 เครื่องที่ 2	36000	0.2	1.9	0.3	95.0	51.0	12.0	25.9	32.9	53.0	20.1	26071.1	3.5	7.4	1.6	1.6	1
47	EN 505 เครื่องที่ 3	36000	0.2	1.9	0.3	96.3	50.6	13.2	26.2	36.0	53.6	17.6	23167.2	3.6	6.4	1.9	1.6	1
48	EN 507 เครื่องที่ 1	36000	0.2	1.7	0.3	98.7	53.8	12.4	26.0	34.6	54.7	20.0	22843.4	3.5	6.6	1.8	1.6	1
49	EN 507 เครื่องที่ 2	36000	0.2	1.7	0.3	98.3	51.3	11.9	26.2	33.2	53.9	20.6	24084.0	3.5	7.0	1.7	1.6	1
50	EN 507 เครื่องที่ 3	36000	0.2	1.9	0.3	95.8	50.9	12.0	26.2	33.0	53.7	20.7	26882.9	3.7	7.3	1.6	1.6	1
51	EN 509 เครื่องที่ 1	36000	0.2	1.5	0.2	97.0	52.0	12.8	24.9	35.3	50.9	15.6	15600.9	2.1	7.4	1.6	1.6	1
52	EN 509 เครื่องที่ 2	36000	0.2	1.7	0.3	96.7	53.1	13.0	26.1	35.6	54.5	18.9	21542.7	3.1	7.0	1.7	1.6	1
53	EN 509 เครื่องที่ 3	36000	0.2	2.1	0.3	95.6	50.9	13.7	26.8	37.2	55.2	18.0	25240.9	3.6	7.0	1.7	1.6	1
54	EN510 เครื่องที่ 1	36000	0.2	2.2	0.4	60.9	54.5	21.7	25.2	46.8	53.0	6.2	9191.0	2.2	4.2	2.9	1.6	1
55	EN510 เครื่องที่ 2	36000	0.2	1.9	0.3	97.3	53.3	12.0	24.3	33.3	49.9	16.7	21510.5	3.1	7.0	1.7	1.6	1
56	EN510 เครื่องที่ 3	36000	0.2	1.9	0.3	97.5	58.3	12.2	23.7	33.8	50.8	17.1	21755.0	3.1	7.1	1.7	1.6	1
57	EN 511 เครื่องที่ 1	36000	0.2	1.6	0.3	94.9	54.4	12.1	25.5	33.0	53.6	20.6	22915.5	3.1	7.3	1.6	1.6	1
58	EN 511 เครื่องที่ 2	36000	0.2	1.9	0.3	95.2	52.5	13.2	26.0	35.8	54.0	18.1	23153.3	3.2	7.2	1.7	1.6	1

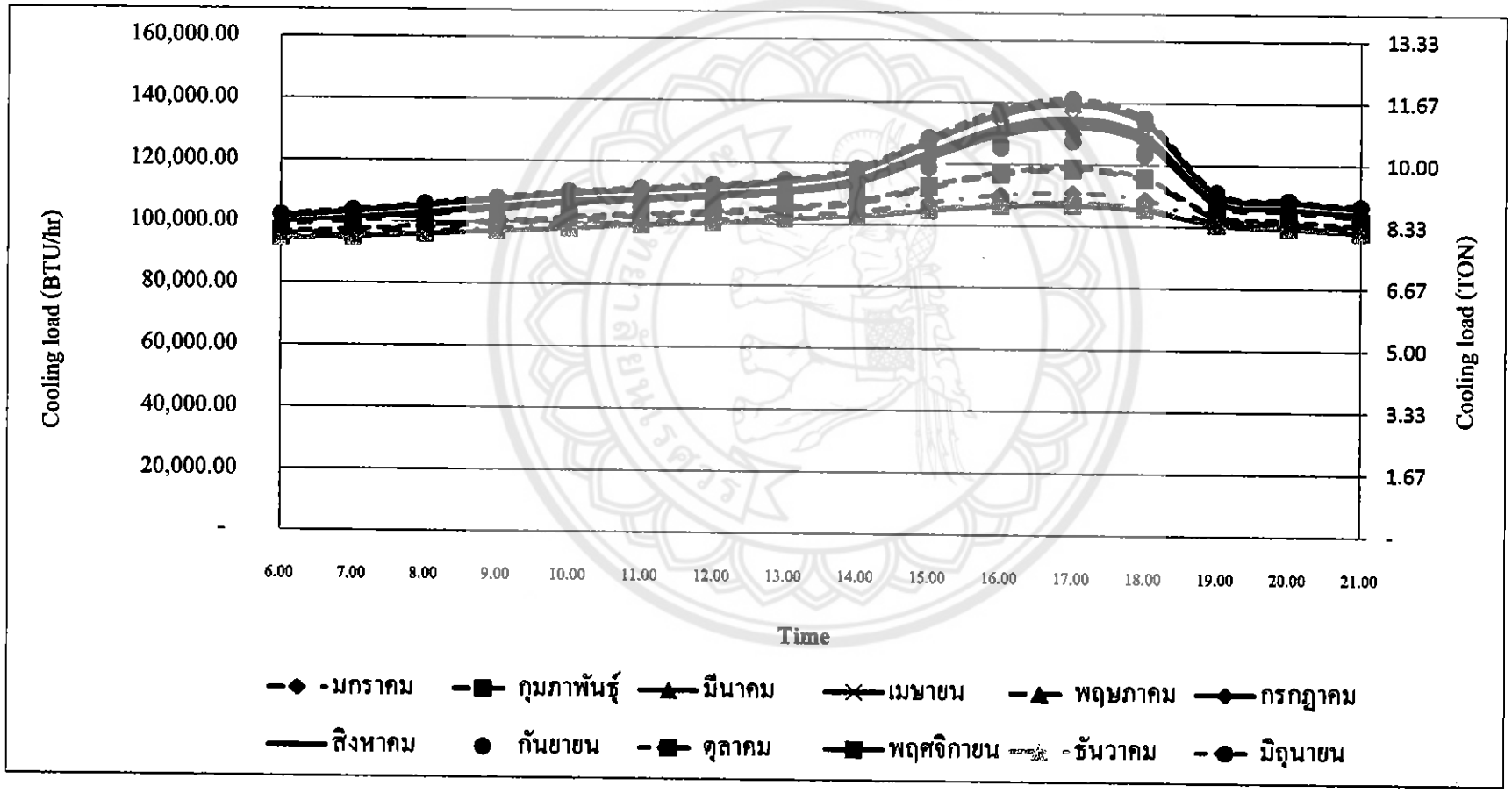
ตาราง ก.1 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	ขนาด Btu/hr	พื้นที่หน้ากาก (m^2)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m^3/s)	RH_S (%)	RH_R (%)	T_S (°C)	T_R (°C)	Enthalpy (kJ/kg)		h_R-h_S kJ/kg	Btu/hr	W_C (kW)	EER	Chp (kW/Ton)	Chp มาตรฐาน (kW/Ton)	เบอร์
59	EN 511 เครื่องที่ 3	36000	0.2	1.5	0.3	95.4	53.0	11.0	26.4	30.6	55.3	24.8	25855.8	3.0	8.7	1.4	1.6	2
60	EN 512 เครื่องที่ 1	36000	0.2	1.8	0.3	96.3	51.1	12.5	25.3	34.4	51.5	17.1	20714.4	2.9	7.2	1.7	1.6	1
61	EN 512 เครื่องที่ 2	36000	0.2	1.7	0.3	96.7	50.7	11.5	25.1	31.9	50.6	18.7	21279.8	2.9	7.4	1.6	1.6	1
62	EN 514 เครื่องที่ 1	38000	0.3	1.4	0.4	85.2	61.0	14.8	22.9	37.3	49.9	12.6	17997.8	2.6	7.0	1.7	1.6	1
63	EN 514 เครื่องที่ 2	44000	0.3	1.2	0.3	94.2	55.9	14.4	24.3	38.7	51.2	12.5	15983.4	2.2	7.4	1.6	1.6	1
64	EN 516 เครื่องที่ 1	44000	0.3	1.3	0.3	96.2	58.7	11.1	25.7	31.0	56.4	25.4	35343.7	4.0	8.8	1.4	1.6	2
65	EN 516 เครื่องที่ 2	38000	0.3	1.3	0.3	96.7	52.1	12.2	23.8	33.8	48.1	14.3	18813.2	2.6	7.4	1.6	1.6	1
66	EN 516 เครื่องที่ 3	38000	0.3	1.3	0.3	72.6	57.7	19.8	24.2	46.2	51.8	5.5	7684.9	3.2	2.4	5.1	1.6	1
67	EN 605เครื่องที่ 1	27,000	0.2	1.1	0.2	98.8	61.2	9.3	26.1	27.3	59.0	31.7	22679.5	3.5	6.5	1.9	1.6	1
68	EN 605เครื่องที่ 2	27,000	0.2	1.2	0.2	92.4	54.8	9.6	25.4	26.8	53.6	26.8	22104.0	3.3	6.6	1.8	1.6	1
69	EN 609 เครื่องที่ 1	32,000	0.2	1.8	0.3	96.5	60.6	9.6	24.0	27.6	52.6	25.1	31464.8	3.2	9.9	1.2	1.6	3
70	EN 609 เครื่องที่ 2	32,000	0.2	1.4	0.2	92.6	54.6	9.8	24.3	27.3	50.5	23.3	21909.7	3.3	6.6	1.8	1.6	1
71	EN 609 เครื่องที่ 3	32,000	0.2	1.4	0.2	94.8	56.9	9.6	25.8	27.3	55.9	28.6	27545.2	3.1	8.9	1.4	1.6	2
72	EN 610 เครื่องที่ 1	27,000	0.2	1.5	0.2	89.9	52.3	10.2	25.6	27.6	52.8	25.2	22248.9	3.1	7.1	1.7	1.6	1
73	EN 610 เครื่องที่ 2	27,000	0.2	1.6	0.2	89.4	53.4	10.8	25.2	28.9	52.3	23.5	22591.3	3.3	7.0	1.7	1.6	1
74	EN 612 เครื่องที่ 1	27,000	0.2	1.5	0.2	92.6	56.8	9.6	24.2	26.8	51.4	24.5	21666.1	3.0	7.1	1.7	1.6	1
75	EN 614เครื่องที่ 1	27,000	0.2	1.8	0.3	96.8	52.2	11.8	25.9	32.7	53.6	20.9	22547.4	3.0	7.5	1.6	1.6	1
76	EN 614เครื่องที่ 2	19,000	0.1	1.3	0.2	87.8	58.4	11.9	25.9	31.1	57.0	25.9	18630.8	2.1	9.0	1.3	1.6	2
77	EN 616 เครื่องที่ 1	32,000	0.2	1.3	0.2	87.8	61.4	10.5	26.0	27.8	58.8	31.0	27700.6	3.2	8.6	1.4	1.6	2
78	EN 616 เครื่องที่ 2	32,000	0.2	1.2	0.2	89.9	58.6	10.9	24.4	29.2	52.8	23.6	19950.1	3.3	6.1	2.0	1.6	1

ตาราง ก.1 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (ต่อ)

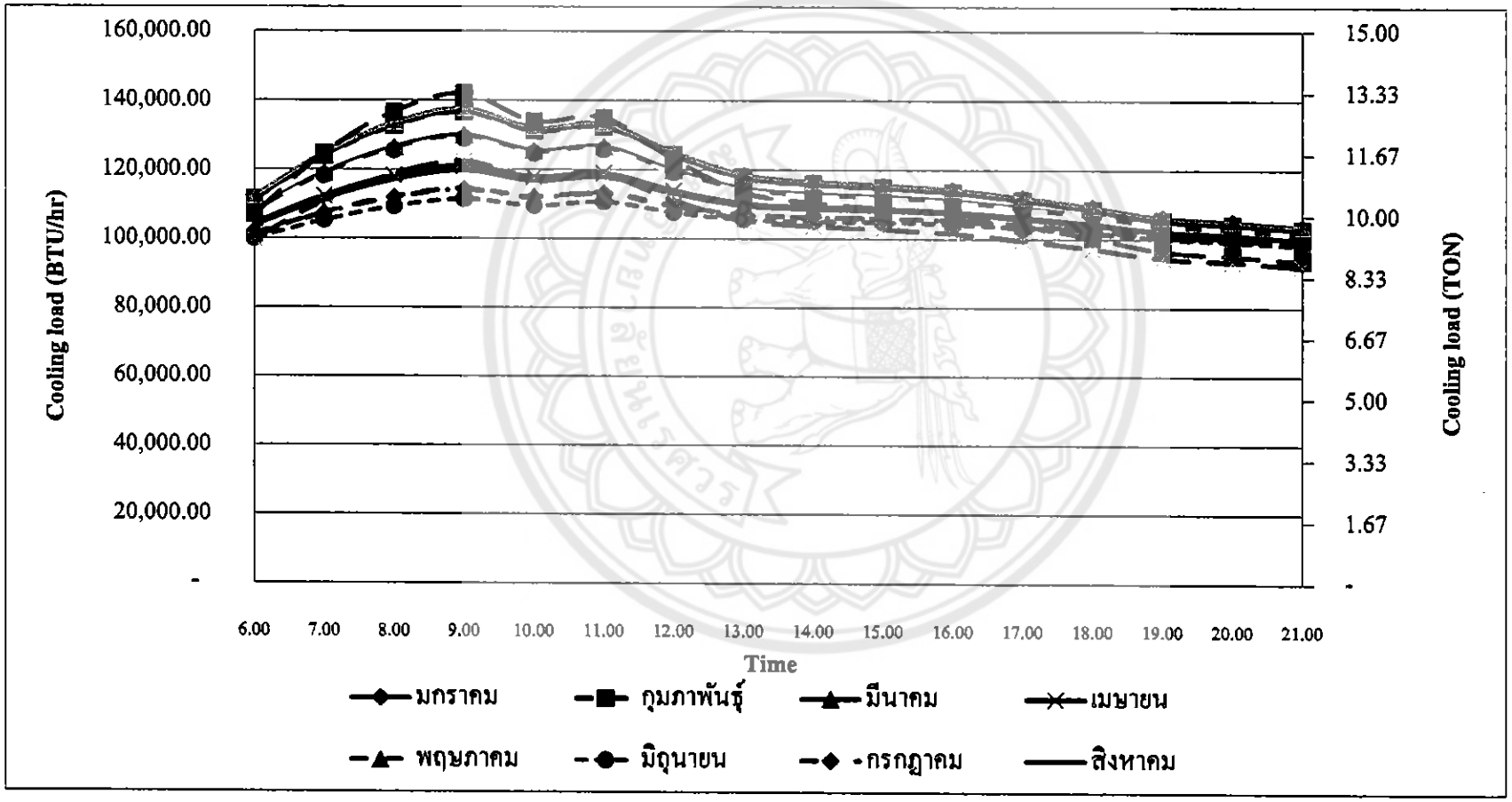
ลำดับ	ห้อง	ขนาด Btu/hr	พื้นที่หน้ากาก (m^2)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m^3/s)	RH_s (%)	RH_R (%)	T_s (°C)	T_R (°C)	Enthalpy (kJ/kg)		h_R-h_s kJ/kg	Btu/hr	W_c (kW)	EER	Chp (kW/Ton)	Chp มาตรฐาน (kW/Ton)	เบอร์
79	EN 616 เครื่องที่ 3	32,000	0.2	1.4	0.2	96.8	60.0	9.9	25.7	28.3	57.1	28.8	27664.3	3.2	8.6	1.4	1.6	2
80	EN 617เครื่องที่ 1	64,000	0.4	2.4	0.9	78.8	52.1	18.4	24.0	44.7	48.6	3.9	14016.7	5.7	2.5	4.9	1.6	1
81	EN 617เครื่องที่ 2	64,000	0.4	1.8	0.7	74.8	51.2	16.4	24.0	38.3	48.1	9.9	27201.1	5.4	5.1	2.4	1.6	1
82	EN 617เครื่องที่ 3	64,000	0.4	1.7	0.6	88.6	48.8	12.0	26.0	31.4	52.0	20.6	51602.7	5.5	9.3	1.3	1.6	2
83	EN 618เครื่องที่ 1	36,000	0.4	1.4	0.5	89.0	51.0	21.0	30.0	56.1	64.5	8.4	17458.3	2.8	6.3	1.9	1.6	1
84	EN 618เครื่องที่ 2	36,000	0.6	1.5	0.9	76.2	61.8	23.0	27.0	57.0	62.1	5.1	18077.3	3.0	6.0	2.0	1.6	1

กราฟภาระการทำความเย็นสูงสุด



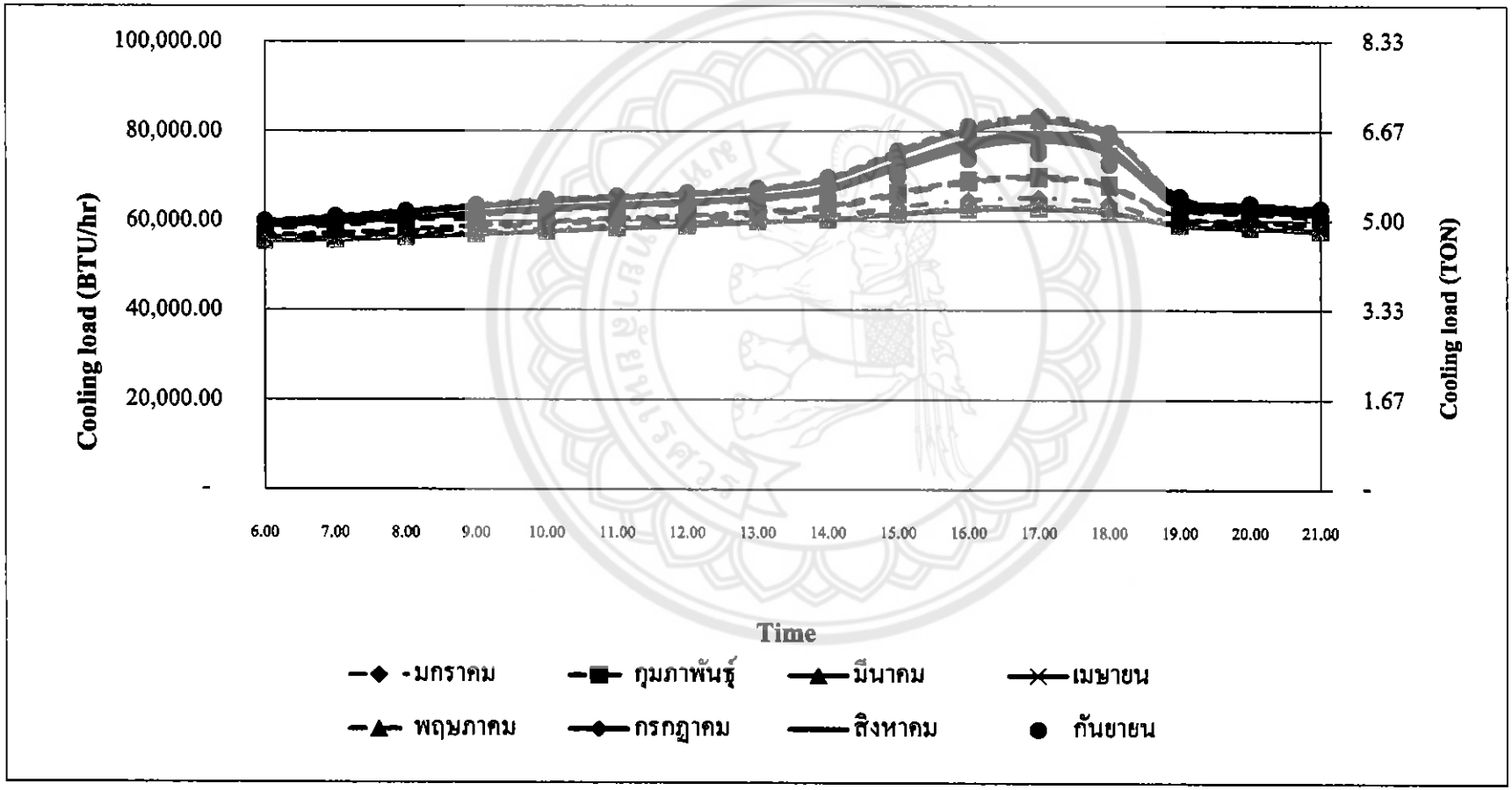
รูป ก.1 แสดงภาระทางความเย็นของห้องที่หันหน้าไปด้านคณะเกษตรศาสตร์ ห้องเรียนขนาดใหญ่ ความจุ 150 คน (EN 210, EN 212, EN 314)

กราฟภาระการทำความเย็นสูงสุด (ต่อ)



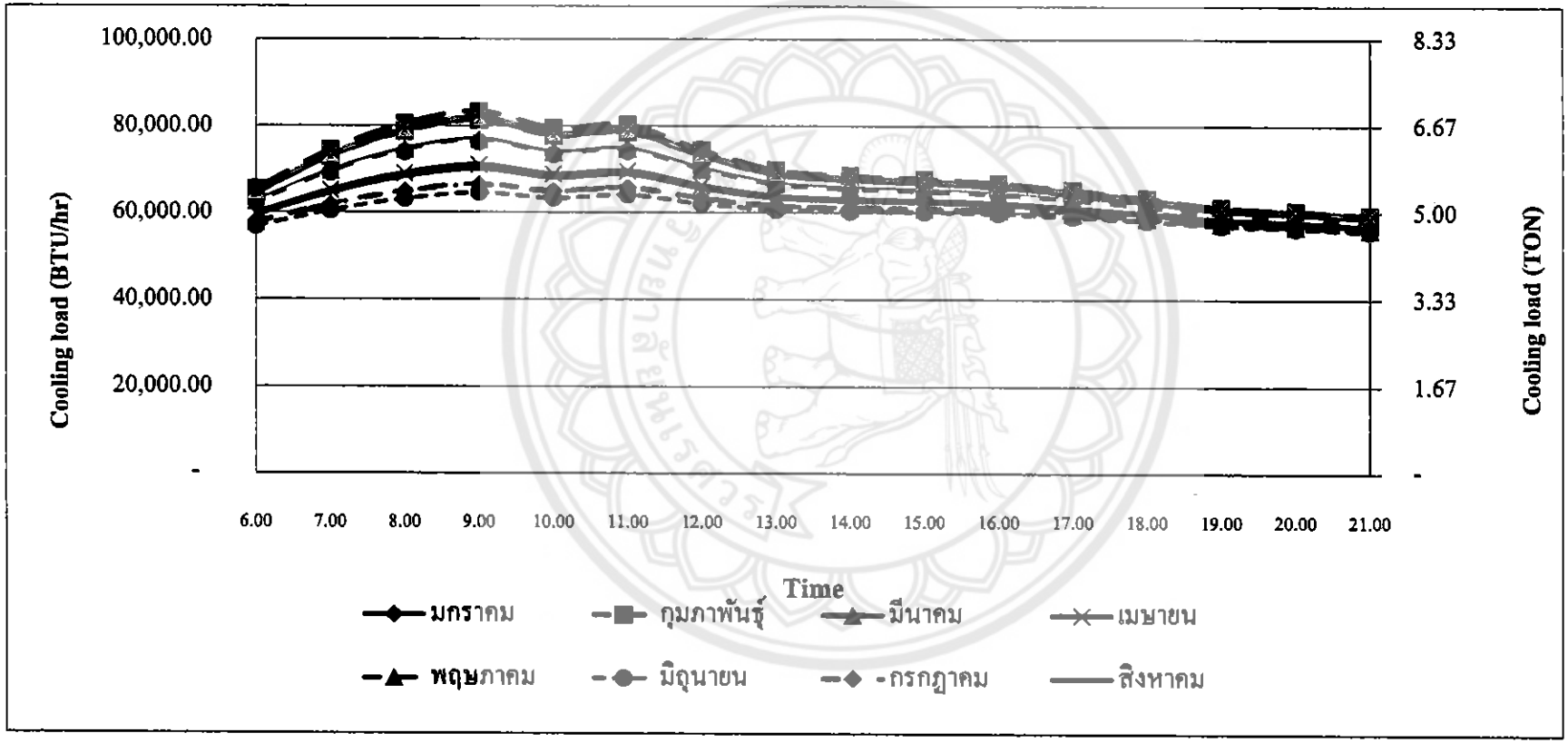
รูป ก.2 แสดงภาระทางความเย็นของห้องที่หันหน้าไปด้านตึกวิศวกรรมโยธา ห้องเรียนขนาดใหญ่ ความจุ 150 คน (EN 205, EN 207)

กราฟภาระการทำความเย็นสูงสุด (ต่อ)



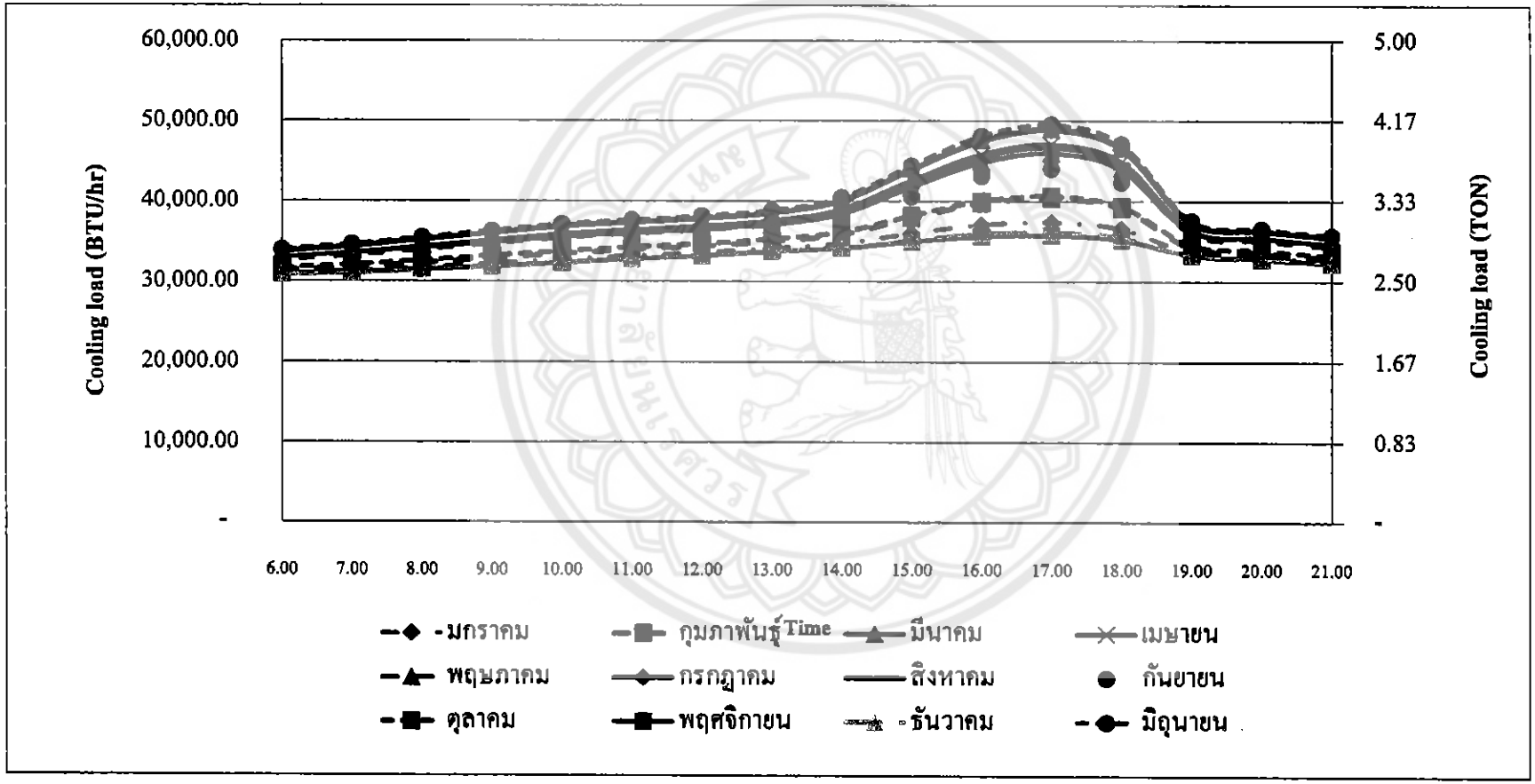
รูป ก.3 แสดงภาระทางความเย็นของห้องที่หันหน้าไปด้านคณะเกษตรศาสตร์ ห้องเรียนขนาดกลาง ความจุ 80 คน (EN 310, EN 510, EN 516)

กราฟภาระการทำความเย็นสูงสุด (ต่อ)



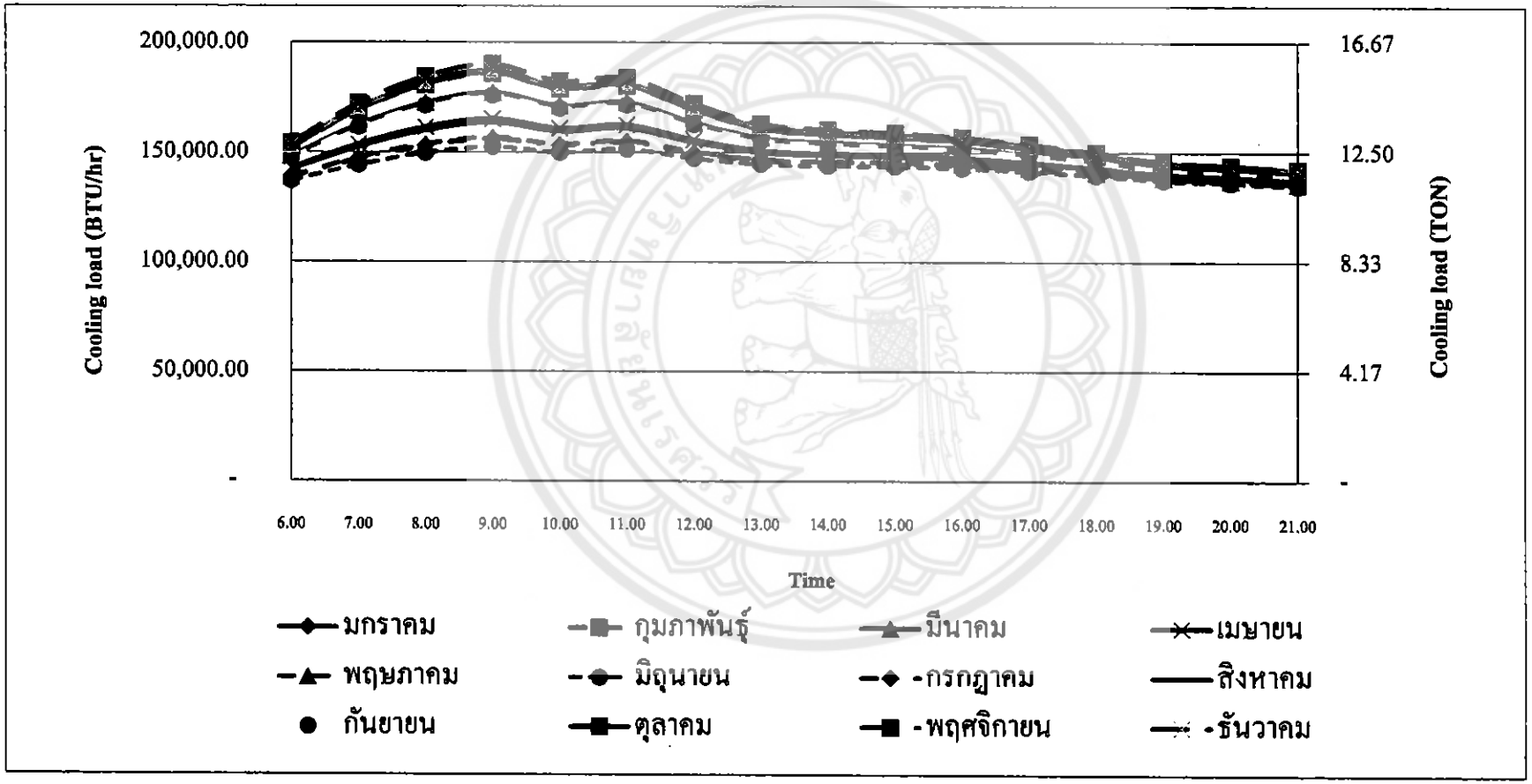
รูป ก.4 แสดงภาระทางความเย็นของห้องที่หันหน้าไปด้านตึกวิศวกรรมโยธา ห้องเรียนขนาดกลางความจุ 80 คน (EN 305, EN 307, EN 311, EN 505, EN 507, EN 509, EN 511,)

กราฟภาระการทำความเย็นสูงสุด (ต่อ)



รูป ก.5 แสดงภาระทางความเย็นของห้องที่หันหน้าไปด้านคณะเกษตรศาสตร์ ห้องเรียนเล็ก ความจุ 40 คน (EN 312,EN 512, EN 514)

กราฟภาระการทำความเย็นสูงสุด (ต่อ)



รูป ก.6 แสดงภาระทางความเย็นห้องสมุด

ตาราง ก.2 ตารางแสดงภาระความร้อนสูงสุดของแต่ละห้อง

ห้อง	ภาระความร้อนสูงสุด	เดือน (peak)	เวลา (Peak)	ขนาดห้อง (m^2)	ภาระความร้อนสูงสุดต่อขนาดห้อง (Btu/hr.m^2)
EN 205	139,740.37	พฤศจิกายน	09.00 น.	180	776.33
EN 207	139,740.37	พฤศจิกายน	09.00 น.	180	776.33
EN 210	139,979.84	มิถุนายน	17.00 น.	180	777.67
EN 212	139,979.84	มิถุนายน	17.00 น.	180	777.67
EN 305	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.47
EN 307	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.47
EN 309	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.47
EN 310	83,410.00	มิถุนายน	17.00 น.	120	695.08
EN 311	87,415.97	มิถุนายน	09.00 น.	120	728.47
EN 312	53,553.00	มิถุนายน	17.00 น.	80	669.41
EN 314	139,740.37	มิถุนายน	17.00 น.	200	698.70
EN 505	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.47
EN 507	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.47
EN 509	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.47
EN 510	87,745.22	มิถุนายน	17.00 น.	120	731.21
EN 511	87,415.97	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	731.21
EN 512	53,553.00	มิถุนายน	17.00 น.	80	669.41
EN 514	53,553.00	มิถุนายน	17.00 น.	80	669.41
EN 516	87,745.22	มิถุนายน	17.00 น.	120	731.21
EN 609	87,415.00	พฤศจิกายน	09.00 น.	120	728.45
EN 616	87,745.22	มิถุนายน	17.00 น.	120	731.21
EN 617	145,702.55	มิถุนายน	17.00 น.	240	607.09
ห้องสมุด	190,876.90	พฤศจิกายน	09.00 น.	360	530.21

ตารางที่ ก.3 แสดงรายละเอียดการเปลี่ยนเครื่องปรับ

ลำดับ	ห้อง	ภาระความเย็นของห้อง	ชั่วโมงการใช้งาน	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง											ประหยัดได้	คืนทุน
				กำลังไฟฟ้า (kW)	ค่าใช้จ่าย บาท/ปี	ขนาด Btu/hr	จำนวนเครื่อง	ราคา บาท/เครื่อง	ขนาด Btu/hr	จำนวนเครื่อง	ราคาเครื่อง (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)	เงินลงทุน บาท/ห้อง	EER	กำลังไฟฟ้า (kW)	ค่าใช้จ่าย บาท/ปี		
1	ห้องสมุด	186576	2560	30.4	248,064	36000	1	38000	30000	5	35500	1500	224500	11	18.27	149105	98959	2.27
2	startdy	100711	384	10.6	15,264	36000	2	38000	30,000	1	35,500	1500	116000	11	9.55	11684	3580	32.40
3	EN 205	139740	512	18	29,376	36000	4	38000	0	0	0	1500	158000	11	13.09	21364	8012	19.72
4	EN 207	139740	432	19	25,887	36000	4	38000	0	0	0	1500	158000	11	13.09	18026	7861	20.10
5	EN 210	139980	304	19.56	18,953	36000	4	38000	0	0	0	1500	158000	11	13.09	12685	6269	25.21
6	EN 212	139980	480	15.96	25,855	36000	4	38000	0	0	0	1500	158000	11	13.09	20029	5826	27.12
7	EN 305	87416	1,280	13.48	54,998	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	33382	21617	5.13
8	EN 307	87416	1,504	12.72	60,979	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	39224	21756	5.10
9	EN 309	87416	1424	11.22	50,927	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	37137	13790	8.05
10	EN 310	83410	1328	13.26	56,129	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	34634	21496	5.16
11	EN 311	87416	1360	13.23	57,352	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	35468	21884	5.07
12	EN 312	53553	1,216	7.32	28,372	30000	1	35500	24,000	1	27,800	1500	66300	11	5.13	19873	8499	7.80
13	EN 314	145083	1184	22.25	83,971	36000	4	38000	30,000	1	35,500	1500	195000	11	16.09	60727	23244	8.39
14	EN 505	87416	1376	10.83	47,500	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	35885	11615	9.56

ตารางที่ ก.3 แสดงรายละเอียดการเปลี่ยนเครื่องปรับ (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	ภาระความเย็นของห้อง (Btu/hr)	ชั่วโมงการใช้งาน	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง											ประหยัดได้ บาท/ปี	คืนทุน
				กำลังไฟฟ้า (kW)	ค่าใช้จ่าย บาท/ปี	ขนาด Btu/hr	จำนวนเครื่อง	ราคา บาท/เครื่อง	ขนาด Btu/hr	จำนวนเครื่อง	ราคาเครื่อง (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)	เงินลงทุน บาท/ห้อง	EER	กำลังไฟฟ้า (kW)	ค่าใช้จ่าย บาท/ปี		
15	EN 507	87416	1152	10.59	38,886	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	30044	8843	12.55
16	EN 509	87416	1248	9.30	36,995	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	32547	4448	24.95
17	EN 510	87745	560	8.79	15,690	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	14605	1086	102.2
18	EN 511	87416	496	9.31	14,719	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	12935	1784	62.23
19	EN 512	53553	48	7.72	1,181	30000	1	35500	24,000	1	27,800	1500	66300	11	5.13	784	397	167.1
20	EN 516	87745	496	9.78	15,462	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	12935	2527	43.93
21	EN 609	87415	192	9.57	5,856	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	5007	850	130.6
22	EN 616	87745	180	9.66	5,542	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	8.18	4694	848	130.8
23	EN 617	87416	36	16.62	1,907	30000	3	35500	0	0	0	1500	111000	11	81.8	939	968	114.6

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณ

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณ

ข.1 แสดงการคำนวณการตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศของห้องเรียน EN 509 เครื่องหนึ่ง ขนาด 36,000 Btu/hr วัดค่าต่างๆ ได้ดังตารางด้านล่างนี้

ขนาด		ด้านอากาศกลับ				ด้านอากาศจ่าย		กำลังไฟฟ้า (kW)
Btu/hr	Ton	พื้นที่หน้ากาก (m^2)	ความเร็วลม (m/s)	RH (%)	อุณหภูมิ ($^\circ C$)	RH (%)	อุณหภูมิ ($^\circ C$)	
36,000	3	0.169	2.75	54	25.5	98	13.7	3.6

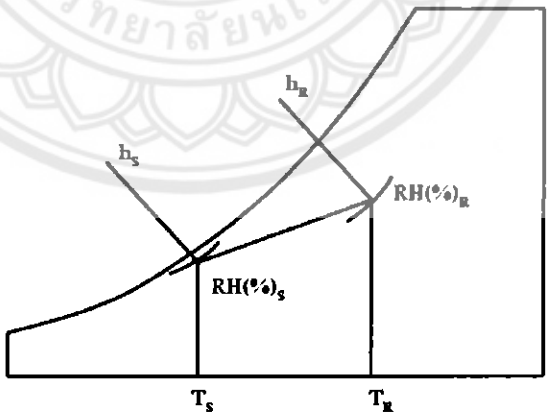
วิธีทำ 1) หาอัตราการไหลของอากาศผ่านคอยล์เย็น

จากสมการ (2.11)

$$\dot{m}_{air} = (\rho)(V)(A)$$

$$\dot{m}_{air} = (1.184)(2.75)(0.169) = 0.55 \text{ kg/s}$$

2) หาเอนทาลปีของด้านอากาศกลับและอากาศจ่ายจากแผนภูมิ Psychrometrics



จากแผนภูมิ Psychrometrics ได้ h_R= 55 kJ/kg และ h_S = 39 kJ/kg

3) หาความสามารถในการทำความเย็น

จากสมการ (2.15)

$Q_L = \dot{m}_{air}(h_R - h_S)$

$Q_L = (0.55)(55-39) = 8.8$ kW หรือ 30,008 Btu/hr

4) หาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance)

จากสมการ (2.20)

$$COP = \frac{Q_L}{W_c} = \frac{8.8}{3.6} = 2.44$$

5) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

จากตาราง (2.21)

EER = (3.41)(COP)

EER = (3.41)(COP)EER = (3.41)(2.44) = 8.32 (Btu/hr)/W

เปรียบเทียบระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศจากตาราง 2.2 ค่า EER เท่ากับ 8.32 (Btu/hr)/W เป็นเครื่องปรับอากาศเบอร์

6) สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (Chiller performance, Chp)

จากสมการ (2.22)

$$Chp = \frac{12}{EER}$$

$$Chp = \frac{12}{8.32} = 1.44 \text{ kW/Ton}$$

ข.2 แสดงตัวอย่างการคำนวณการลดอุปกรณ์ให้แสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน

การเรียนการสอนวิชาหนึ่งของห้องเรียน EN 509 มีจำนวนนิสิต 35 คน ใช้ห้อง 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ มีการใช้หลอดไฟจำนวน 48 หลอด ใช้พลังงาน 46 วัตต์/หลอด ซึ่งถ้ามีการจัดที่นั่งให้นิสิตนั่งแถวละ 10 คน จะสามารถเปิดหลอดไฟที่ 16 หลอดได้ จงหาพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

วิธีทำ ข้อสมมติฐาน : การเปิดใช้งานจริงอยู่ที่ร้อยละ 90 ของจำนวนหลอดไฟทั้งหมด

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = (0.9)(48)(0.046)(3) = 5.962 กิโลวัตต์ชั่วโมง/สัปดาห์

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = (16)(0.046)(3) = 2.208 กิโลวัตต์ชั่วโมง/สัปดาห์

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 5.96-2.21 = 3.754 กิโลวัตต์ชั่วโมง/สัปดาห์

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = (3.754)(3.74) = 14 บาท/สัปดาห์

หรือ 56 บาท/เดือน/รายวิชา หรือ 488 บาท/ปี

ข.3 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศห้องเรียน EN 509 มี 3 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 2.12 kW, 3.08 kW และ 3.6 kW ตามลำดับ มีการใช้งาน 1,248 ชั่วโมง/ปี จงหาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของห้อง

วิธีทำ กำลังไฟฟ้าของเครื่องทั้งสามตัว = 2.12+3.08+3.6 = 8.8 kW

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟ = (8.8)(1,284)(3.75) = 99,433 บาท/ปี

(หมายเหตุ: อัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.75 บาท)

ข.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณการลดอุปกรณ์ให้แสงสว่างบริเวณทางเดิน

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีข้อมูลการใช้หลอดไฟบริเวณทางเดินนอกพื้นที่ปรับอากาศดังนี้

ใช้งานช่วง 17.00 น - 21.00 น				ใช้งานช่วง 17.00 น - 06.00 น			
จำนวนหลอด	ชั่วโมง/วัน	วัน/เดือน	เดือน/ปี	จำนวนหลอด	ชั่วโมง/วัน	วัน/เดือน	เดือน/ปี
102	4	20	8	24	13	30	12

จงหาว่าถ้ามีการใช้งานของหลอดไฟที่ 50% จะประหยัดค่าใช้จ่ายเท่าไรเมื่อคิดเทียบกับการเปิดใช้งานจริงที่ 90% (หมายเหตุ: จากการสำรวจ การเปิดใช้งานที่ 50% ยังมีแสงสว่างเพียงพออยู่)

วิธีทำ ก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้า = 0.9[(102)(4)(8)+(24)(13)(30)(12)] = 7352.62 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ค่าใช้จ่าย = (7,352.62)(3.75) = 27,572 บาท/ปี

หลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้า = 0.5[(102)(4)(8)+(24)(13)(30)(12)] = 4.084.80 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ค่าใช้จ่าย = (4.084.8)(3.75) = 15,318 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 27,572–15,318 = 12,254 บาท/ปี

ข.5 แสดงกตัวอย่างการคำนวณ ภาระทางความเย็น (Cooling Load)

จงหาภาระทางความเย็น(Cooling Load) ของห้องเรียน EN 207 ข้อมูลดังนี้ ของเดือน พฤศจิกายน เวลา 9.00 น.

*ค่าสภาวะอากาศภายนอก 95 F เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ 80% RH

*design room 78 F 50 % ของเดือน พฤศจิกายน เวลา 9.00 น.

อุปกรณ์อำนวยความสะดวกภายในห้องประกอบด้วย

อุปกรณ์	จำนวน	W
หลอดไฟ	72	46
คอมพิวเตอร์	1	800
TV	6	330
LCD	1	330
ชุดเครื่องเสียง	1	1500
พัดลม	6	104

ด้านโดนแสงอาทิตย์ $A_{\text{ผนังปูน}} = 277\ ft^2$, $A_{glass} = 351\ ft^2$

ห้องกว้าง 8 เมตร ยาว 22.5 เมตร มีประตู 2 บาน

1. **การนำความร้อนผ่านผนังภายนอก หลังคา และกระจก**

1.1 การนำความร้อนผ่านผนังภายนอก (Wall)

จากสมการ $Q = (U)(A)(CLTD_c)$ .....สมการที่ 1

กำหนดให้ $U = 0.128\ \frac{Btu}{hr.ft^2.^oF}$ จากตารางที่ 4.3, $A_{\text{ผนังปูน}} = 277\ ft^2$

$CLTD_c = CLTD + LM + (78+t_R) + (t_a - 85)$

โดย t_R = อุณหภูมิห้อง, t_a คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย

เราสามารถหาค่า t_a ได้จากสมการ $t_a = t_0 - (\frac{DR}{2})$, ซึ่งประเทศไทย จะใช้ค่า t_0 = 95 °F และ DR = 18 °F

ดังนั้นจะได้ $t_a = 95 - (\frac{18}{2})$, $t_a = 86$, CLTD = 4 เปิดจากตารางที่ 2 ค.,LM = 17 จากตารางที่ 4ค.

$$CLTD_c = 4 + 17 + (78-78) + (86-85) = 22$$ (1)

แทนค่าในสมการที่ 1

จะได้ $Q_{wall} = 0.128 \frac{Btu}{hr.ft^2.°F} (277\ ft^2)(22\ F) = 780\ Btu/hr$.....(A)

การนำความร้อนผ่านหลังค่า = 0 เนื่องจากพื้นที่ด้านบนเพดานกับพื้นติดกับห้องปรับอากาศ

1.2 การนำความร้อนผ่านกระจก (glass conduction)

จากสมการที่ 1 ..... $Q = (U)(A)(CLTD_c)$

โดยที่ $CLTD_c = CLTD + (78+t_R) + (t_a - 85)$, CLTD ของกระจกดังตารางที่ 5ค.

$CLTD_c = 2 + (78-78) + (86-85) = 3$ F

$A_{glass} = 351\ ft^2$, $U = 1.04\ \frac{Btu}{hr.ft^2.°F}$

แทนค่าในสมการที่ 1

จะได้ $Q_{wall} = 1.04 \frac{Btu}{hr.ft^2.°F} (351\ ft^2)(3\ F) = 1095\ Btu/hr$.....(B)

2. การนำความร้อนผ่านผนังภายใน (Patition)

$Q = (U)(A)(\Delta T)$.....สมการที่ 2

ให้อุณหภูมิบริเวณทางเดิน = 86 F, $A_{glass} = 103.65\ ft^2$,$A_{ผนัง} = 901.73\ ft^2$

$$Q_{glass} = 1.04 \frac{Btu}{hr.ft^2.°F}(103.65\ ft^2)(86\ F\text{-}78F) = 862.36\ Btu/hr$$

$$Q_{wall} = 0.128 \frac{Btu}{hr.ft^2.°F}(901.73\ ft^2)(86\ F\text{-}78F) = 923.37\ Btu/hr$$

จะได้ $Q_{patition} = Q_{glass} + Q_{wall} = 1785.73$ Btu/hr.....(C)

3. การส่งผ่านความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก(Solar Radiation)

$Q_{Radiation} = (SHGF)\ (A)\ (SC)\ (CLF)$.....สมการที่ (3)

SHGF = 247 จากตารางที่ 6ก. สำหรับจังหวัดพิษณุโลกจะใช้ที่ละติจูดที่ 16 องศา, A= 351 ft^2,SC = 0.67 , CLF = 0.81 จากตารางที่ 4.10

แทนค่าลงในสมการที่ 3 จะได้

$Q_{Radiation} = (247\ Btu/hr\text{-}ft^2)\ (351\ ft^2)\ (0.67)\ (0.81) = 47{,}050$ Btu/hr..... (E)

4. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง (light)

$Q_{light} = W\ (n)\ (3.412)$.....สมการที่ (4)

เมื่อ W = วัตต์ของหลอดไฟคือ 46 W, โดยจำนวนหลอดไฟจองห้อง EN 207 มีทั้งหมด 72 หลอด

แทนค่า ในสมการที่ (4) จะได้

$Q_{light} = 46(72)(3.412) = 11300.54$ Btu/hr.....(F)

5. ความร้อนที่ได้จากคน (People)

$Q_s = (q_s)\ (n)\ (CLF)$.....สมการที่ (5)

$Q_s = (q_l)\ (n)$.....สมการที่ (6)

เมื่อ q_s, q_l คือ คือ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงสะสมที่มีต่อหนึ่งคน

q_s= 245 Btu/hr, q_l = 155 Btu/hrได้จาก ตารางที่ ค.13

แทนค่า จะได้

$Q_s = (245)(150)(1) = 36{,}750$ Btu/hr

$Q_l = (155)(150) = 23{,}250$ Btu/hr

$Q_{people} = Q_s + Q_l = 36{,}750 + 23{,}250 = 60{,}000$ Btu/hr..... (G)

6. อุปกรณ์อำนวยความสะดวก

จากสมการที่ (4) จะได้

$Q_{fan} = 104\ (6)\ (3.412) = 2{,}129$ Btu/hr

$Q_{projector} = 250\ (1)\ (3.412) = 853$ Btu/hr

$Q_{เครื่องเสียง} = 1500\ (1)\ (3.412) = 5{,}118$ Btu/hr

$Q_{TV,LCD} = 330\ (7)\ (3.412) = 7{,}881$ Btu/hr

$Q_{Computer} = 600\ (1)\ (3.412) = 2{,}047$ Btu/hr

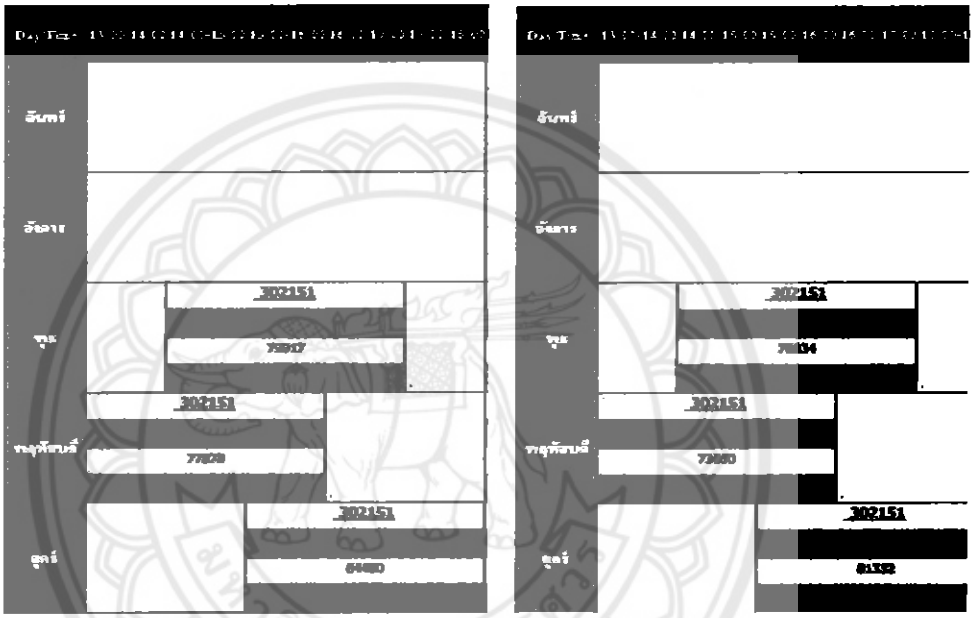
$Q_{equipment} = Q_{fan} + Q_{projector} + Q_{เครื่องเสียง} + Q_{TV,LCD} + Q_{Computer} = 18{,}028$ Btu/hr.....(H)

สรุป ภาระทางความเย็นรวมคือ A+B+C+D+E+F+G+H = 140,039.27 Btu/hr = 11.7 Ton

ข. 6 ตัวอย่างการคำนวณ มาตรการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อลดการเปิดระบบแสงสว่าง

จงคำนวณการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศของห้องเรียน EN 205

ตารางก่อนปรับปรุง **ตารางหลังปรับปรุง**



เครื่องปรับอากาศให้ห้องเรียนมีรายละดังนี้

จำนวนเครื่อง	ความสามารถทำความเย็น	W_C	CHP
เครื่องที่ 1	30828	5.2	2.02
เครื่องที่ 2	39589	4.6	1.39
เครื่องที่ 3	41104	4.2	1.23
เครื่องที่ 4	42157	4.8	1.37
เฉลี่ย			1.50

จากรูปจะเห็นว่าภาระทางความเย็นของตารางหลังปรับปรุงจะลดลงมากเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุงโดย

<u>วัน พุธ</u> ภาระทางความเย็นที่ลดได้คือ 79917-76834 = 3083 Btu/hr

kW ที่ลดได้คือ $\frac{1.5\ \text{kW}}{12000\ \text{Btu/hr}}$**(3083Btu/hr) = 0.3853 kW**

โดยวัน พุธในงาน 2 ชั่วโมง และให้เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 80% ดังนั้นจะลดค่าใช้จ่ายได้ค่า

=0.3853(2)(0.85) = 0.66 kWh ซึ่งเป็นเงิน 2.456 บาท

<u>วันพฤหัสบดี</u> ภาระทางความเย็นที่ลดได้คือ 77878 -73650 = 4228 Btu/hr

kW ที่ลดได้คือ $\frac{1.5\ \text{kW}}{12000\ \text{Btu/hr}}$**(4228 Btu/hr) = 0.528 kW**

โดยวัน พุธในงาน 2 ชั่วโมง และให้เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 80% ดังนั้นจะลดค่าใช้จ่ายได้ค่า

=0.528(2) (0.85) = 0.8984 kWh ซึ่งเป็นเงิน 3.369 บาท

<u>วันศุกร์</u> ภาระทางความเย็นที่ลดได้คือ 84460 - 81332 = 3128 Btu/hr

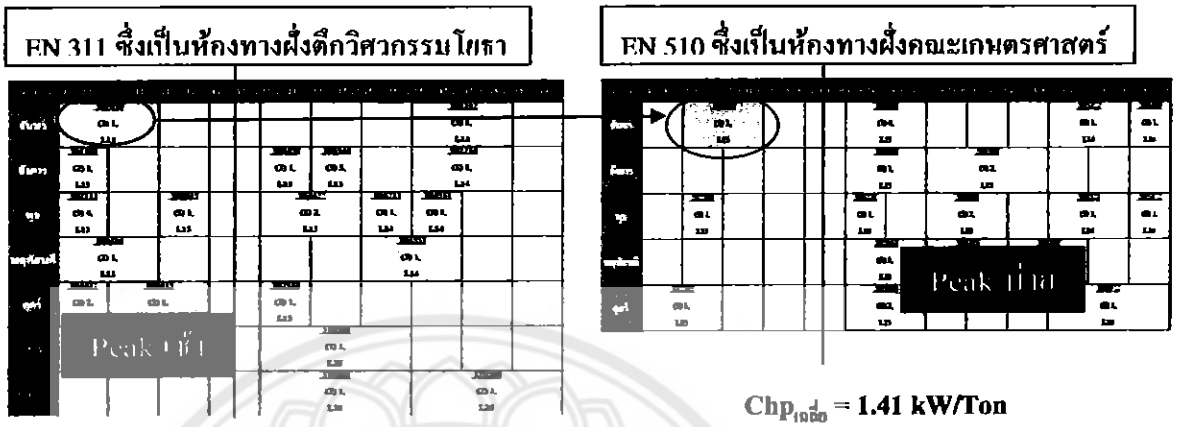
Kw ที่ลดได้คือ $\frac{1.5\ \text{kW}}{12000\ \text{Btu/hr}}$**(3128 Btu/hr) = 0.391 kW**

โดยวัน พุธในงาน 2 ชั่วโมง และให้เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 80% ดังนั้นจะลดค่าใช้จ่ายได้ค่า

=0.391(2) (0.85) = 0.6647 kWh ซึ่งเป็นเงิน 2.492 บาท

สรุปรวมทั้งสัปดาห์จะประค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคือ 2.456+3.369+2.492 = 8 บาท/สัปดาห์ 33 บาทต่อเดือน และ 330บาท/ปี

ข.7 ตัวอย่างการคำนวณมาตรการการบริหารจัดการการใช้ห้องเรียน



$Chp_{เฉลี่ย}$ = **1.41 kW/Ton**

$Chp_{เฉลี่ย}$ =**1.46 kW/Ton**

จากรูป เราจะย้ายวิชา การจัดการต้นกำลังและเครื่องจักรกลการเกษตรซึ่งมีเรียน**ในวันจันทร์ตอนเช้า ห้อง** EN 311 ไปเรียน ห้อง EN 510 จงหาค่าใช้จ่ายที่ลดได้จากย้ายห้องเรียน ใน**เดือนพฤศจิกายน**

โดยภาระทางความเย็นสูงสุดห้องของ EN 311 คือ 83,015 Btu/hr

EN 510 คือ 56,491 Btu/hr

EN 311

$$kW_{EN311} = \frac{1.46\ kW}{12000 Btu/hr}(83{,}015\ Btu/hr) = 10.10\ kW$$

EN510

$$kW_{EN\ 510} = \frac{1.41\ kW}{12000 Btu/hr}(56{,}491\ Btu/hr) = 6.64\ kW$$

สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ คือ $kW_{EN311} - kW_{EN\ 510} = 10.10 - 6.64 = 3.46\ kW$

วิชานี้เรียน 2 ชั่วโมง , อัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.75 บาท และเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศคิดที่ 85%

จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ (3.46 kW)(2)(0.85)(3.75) = 22.057 บาท

ข.7 แสดงตัวอย่างการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจากการล้างเครื่องปรับอากาศและทำความสะอาดกรองอากาศ

เครื่องปรับอากาศห้องเรียน EN 509 ทั้ง 3 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 99,433 บาท/ปี จงหาว่าถ้ามีการล้างเครื่องปรับอากาศและทำความสะอาดกรองอากาศจะทำให้ประหยัดพลังงานได้เท่าไหร่

วิธีทำ จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน การทำความสะอากกรองอากาศ 1-2 ครั้ง/เดือน จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ 5-7% และล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทุกๆ6 เดือน จะประหยัดได้ 10%

1. กรณีล้างทำความสะอาดกรองอากาศจะประหยัดได้ = (99,433)(0.005) = 4,972 บาท/ปี
2. กรณีล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ คิดค่าบริการเครื่องละ 500 บาท

ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ = (99,433)(0.01) = 9,943 บาท/ปี

ค่าบริการล้าง = (2)(3)(500) = 3,000 บาท/ปี

ประหยัดได้จริง = 9,943-3,000 = 6,943 บาท/ปี

คืนทุน = (6,943)/ (9,943) = 0.7 ปี

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ใช้สำหรับการคำนวณ

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทางความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการการทำความเย็นจากหลังคา

1		7	0.213	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	73	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	78	84
		[8]	[0.124]																												
2		8	0.17	6	3	2	1	-3	-3	-3	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9	16	-3	74	77
3		18	0.213	9	5	2	1	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13	16	-3	73	76
4		29	0.206	12	8	5	3	2	-1	-1	3	11	23	36	47	57	65	68	68	65	54	45	36	29	22	17	13	16	-1	67	68
		[0.122]																													
5		9	0.130	3	0	-3	-4	-5	-5	-5	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	28	19	11	7	16	-5	64	71
6		24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	18	1	64	63
7		13	0.13	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	38	34	19	6	56	50
8		31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	26	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47
9		52	0.2	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	28	33	40	46	50	53	53	53	52	48	43	38	34	20	8	53	45
		[52]	[0.12]																												
10		13	0.093	30	26	23	19	16	13	12	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	43
11		75	0.136	34	31	28	25	22	19	18	16	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	20	13	46	33
12		75	0.102	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31
		[75]	[0.117]																												
13		17	0.136	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	18	43	27
		[18]	[0.078]																												

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทางความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการกทำความเย็นจากหลังคาเรียบ (ต่อ)

ลำดับที่	ประเภทของโครงสร้าง	น้ำหนัก	ค่า U	ชั่วโมง																									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
				องศาฟาเรนไฮต์																									
1	แผ่นเหล็กลูกฟูก	9	0.134	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	15	4	78	82
	ระบาย 1 หรือ 2 ชั้น	(10)	(0.092)																										
2	ไม้ 1 นิ้วหนา	10	0.116	20	15	11	8	5	3	2	0	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60
	ระบาย 1 ชั้น																												
3	คอนกรีตน้ำหนัก	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	17	0	65	65
	หนา 4 นิ้ว																												
4	คอนกรีตน้ำหนัก																												
	หนา 2 นิ้วหนา	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32	18	13	47	34
	ระบาย 1																												
5	ไม้ 1 นิ้วหนา	10	0.383	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29	18	5	57	52
	ระบาย 2 ชั้น																												
6	คอนกรีตน้ำหนัก	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	54	47	42	37	20	7	54	47
	หนา 6 นิ้ว																												
7	ไม้ 2.5 นิ้วหนา	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	21	15	44	29
	ระบาย 1 ชั้น																												
8	คอนกรีตน้ำหนัก	33	0.093	39	36	3	3	29	28	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	44	42	21	14	46	32
	หนา 8 นิ้ว																												
9	คอนกรีตน้ำหนัก																												
	หนา 4 นิ้วหนา	53	0.128	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33	19	20	38	18
	ระบาย 1 หรือ 2 ชั้น	(54)	(0.09)																										
10	ไม้ 2.5 นิ้วหนา	15	0.372	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	21	18	41	23
	ระบาย 2 ชั้น																												
11	ตามแบบมีฉนวนกันความ	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32	22	22	33	11
12	คอนกรีตน้ำหนัก																												
	หนา 6 นิ้วหนา	77	0.125	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31	20	21	34	13
	ระบาย 1 หรือ 2 ชั้น	(77)	(0.088)																										
13	ไม้ 4 นิ้วหนา	19	0.082	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	23	21	37	16
	ระบาย 1 หรือ 2 ชั้น	(20)	(0.064)																										

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทางความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการกทำความเย็นจากกำแพงที่ได้รับแสงแดด

	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	CLTD	CLTD	CLTD	CLTD
N	14	14	14	13	13	13	13	13	11	10	10	10	10	10	10	11	11	11	12	13	13	13	14	14	9	12	14	4
NE	16	15	15	15	17	17	18	19	19	19	19	19	19	19	17	18	18	19	19	19	20	20	20	20	23	19	20	8
E	24	24	23	23	23	23	26	26	26	26	25	25	25	24	23	23	24	24	25	25	25	25	25	25	23	25	25	7
SE	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	6
S	20	20	19	19	19	19	17	19	19	19	14	14	14	14	14	15	15	17	18	19	19	20	20	20	23	19	20	8
SW	23	23	22	24	24	23	23	24	25	19	19	19	17	17	17	17	19	19	20	22	22	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	28	28	29	29	29	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	28	28	7	18	27	9
NW	21	21	21	22	22	19	18	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	18	20	21	7	14	21	7
N	12	14	14	15	15	11	11	12	8	8	8	8	8	8	8	10	11	12	13	14	14	13	13	13	14	8	13	7
NE	16	15	17	16	15	14	13	13	13	13	14	15	16	17	16	15	16	20	22	21	21	21	20	20	21	13	21	8
E	23	23	21	20	18	17	18	19	19	19	17	19	21	23	24	25	26	28	27	27	26	26	25	24	20	19	27	12
SE	20	19	17	16	16	17	18	19	19	19	19	19	19	20	21	22	24	26	26	26	25	24	23	22	21	19	26	10
S	21	20	19	19	17	15	14	13	13	13	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	22	11	22	11
SW	20	20	20	21	22	21	19	18	18	18	14	14	13	13	14	15	17	20	22	23	23	23	23	23	24	15	23	13
W	18	19	19	19	20	20	21	19	19	19	17	17	16	16	16	16	17	17	18	19	19	19	19	19	19	16	19	10
NW	23	22	21	20	19	19	17	19	19	17	17	17	17	17	17	17	17	17	19	17	18	21	22	23	23	24	17	23	8
N	10	10	10	10	11	12	8	8	8	7	7	8	8	8	10	12	13	13	14	15	16	16	17	17	17	10	17	12
NE	13	12	13	14	13	13	12	12	11	12	13	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	23	22	21	20	12	23	13
E	23	21	19	17	16	14	13	13	14	16	19	22	25	27	28	28	29	30	30	30	29	28	27	25	18	13	30	18
SE	22	21	19	17	16	14	13	13	13	13	16	19	22	24	26	28	28	29	29	29	28	28	27	26	18	13	28	17
S	21	19	18	16	15	13	12	12	8	8	8	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	23	20	8	26	17
SW	20	20	20	21	21	19	18	18	17	16	16	16	16	16	16	18	21	23	24	24	23	23	23	23	21	17	24	14
W	21	20	20	20	22	22	22	20	19	18	17	17	17	17	18	20	22	24	26	26	25	25	25	25	23	17	25	15
NW	25	23	21	20	19	19	18	17	17	16	16	16	16	16	16	17	18	20	22	25	27	27	27	26	23	17	27	17
N	10	10	10	10	8	7	8	8	8	8	8	7	8	10	12	13	13	15	17	18	18	18	18	18	21	8	18	12
NE	17	16	15	14	13	8	7	8	12	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	19	19	7	25	18
E	19	17	15	15	14	8	8	8	13	17	20	23	26	28	29	30	30	30	31	30	30	29	28	26	19	8	33	23
SE	20	17	16	15	14	13	8	8	13	15	17	20	23	25	27	29	30	30	31	30	30	30	29	28	17	8	33	24
S	18	17	16	15	14	8	8	7	8	8	7	8	12	16	20	24	27	29	29	29	29	28	28	26	18	8	29	22
SW	22	20	20	19	18	14	13	13	8	8	8	8	13	18	23	27	29	30	30	30	30	30	29	27	21	8	30	20
W	21	20	20	21	19	15	13	13	12	8	8	8	12	17	22	27	30	32	34	36	36	35	34	32	24	8	36	22
NW	28	25	23	22	21	17	15	15	8	8	8	8	12	17	22	27	31	33	35	36	35	34	33	32	22	8	36	22

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทางความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากกำแพงที่ได้รับแสงแดด (ต่อ)

ทิศทาง / กำแพง	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	[illegible] CLTD	[illegible] CLTD	[illegible] CLTD	[illegible] CLTD
กำแพงกลุ่ม E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	1	7	9	11	12	13	17	16	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	6	5	8	13	20	24	25	27	28	28	26	25	23	23	24	22	18	17	15	18	4	28	22
E	14	12	10	8	8	9	9	11	18	30	32	34	34	37	38	34	32	32	30	29	25	23	20	17	13	5	38	33
SE	14	13	10	8	7	9	9	8	12	18	25	31	32	37	37	34	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	8	13	21	24	29	32	34	33	31	28	28	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	8	5	6	8	7	8	10	18	24	32	38	43	45	44	42	38	30	28	19	5	43	42
W	28	21	17	14	11	8	7	6	6	6	7	8	11	14	20	27	38	43	48	48	43	40	34	25	20	6	48	43
NW	25	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	6	8	13	19	25	28	32	37	38	38	32	28	24	20	5	38	33
กำแพงกลุ่ม F																												
N	8	8	5	3	2	1	2	4	6	7	8	9	11	17	19	21	22	23	24	23	20	18	13	11	18	1	24	23
NE	6	7	5	3	3	1	5	14	22	31	36	38	37	37	37	37	37	29	24	22	19	18	13	11	11	1	38	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	42	38	38	34	32	30	27	24	21	17	15	13	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	12	18	31	36	41	41	43	36	34	34	31	29	25	21	18	15	13	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	22	33	34	38	38	38	38	31	28	22	18	14	12	16	1	36	38
SW	11	9	8	6	5	3	3	3	4	5	6	9	17	28	38	44	52	53	53	49	37	28	22	18	19	3	52	48
W	15	12	10	7	5	4	3	3	4	5	6	9	15	22	28	39	48	52	56	54	43	34	27	21	19	3	56	53
NW	14	10	8	8	4	3	2	2	2	5	6	9	10	17	31	37	49	43	48	43	39	28	23	18	19	2	48	44
กำแพงกลุ่ม G																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	8	10	15	18	[illegible]	22	24	24	25	26	22	15	11	5	7	3	18	-1	26	27
NE	3	2	1	0	-1	8	27	34	38	39	36	30	31	27	27	28	29	28	18	14	11	8	7	5	6	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	42	31	31	30	29	27	24	18	15	13	12	8	8	12	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	9	18	33	43	48	51	48	42	38	33	30	27	24	20	19	13	12	8	8	11	-1	51	52
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	13	22	31	39	42	48	43	37	31	29	22	18	13	12	8	5	14	-1	48	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	13	18	28	38	50	58	63	61	53	37	34	22	13	12	8	18	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	9	15	19	27	41	58	67	72	67	48	28	22	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	4	3	2	1	1	2	5	8	11	19	18	27	27	37	47	55	55	45	29	17	13	13	7	15	1	55	54

ตารางที่ ค.3 แสดงชนิดของกลุ่มโครงสร้างกำแพง

กลุ่ม	ชนิดของกลุ่มโครงสร้าง	น้ำหนัก (ตัน/ฟุต^2)	ค่า U (BTU/ชั่วโมง-ฟุต^2-°F)
อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว + (อิฐ)			
C	ที่ว่างอากาศ + อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว	83	0.356
D	อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว	90	0.415
C	คอนกรีตมวลเบา 1 นิ้ว หรือ ที่ว่างอากาศ + อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว	60	0.174-0.301
B	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว	68	0.111
B	อิฐก่อแบบ 8 นิ้ว	130	0.302
A	คอนกรีตมวลเบา หรือ ที่ว่างอากาศ + อิฐก่อแบบ 8 นิ้ว	130	0.154-0.243
อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว + (คอนกรีตมวลเบาหล่อในที่)			
C	ที่ว่างอากาศ + คอนกรีต 2 นิ้ว	64	0.36
B	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + คอนกรีต 4 นิ้ว	97	0.116
A	ที่ว่างอากาศหรือคอนกรีตมวลเบา คอนกรีต 8 นิ้ว(หนักเบา)	143-160	0.11-0.112
อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว + (ก้อนคอนกรีตมวลเบาก่อผนัง) หรือ (ก้อนดินเผา)			
E	ก้อนคอนกรีต 4 นิ้ว	62	0.319
D	ที่ว่างอากาศ หรือ คอนกรีตมวลเบา + ก้อนคอนกรีต 4 นิ้ว	67	0.153-0.246
D	ก้อนคอนกรีต 8 นิ้ว	70	0.274
C	ที่ว่างอากาศ หรือ คอนกรีตมวลเบา 1 นิ้ว + ก้อนคอนกรีต 8 หรือ 6 นิ้ว	71-89	0.221-0.275
B	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + ก้อนคอนกรีต 8 นิ้ว	89	0.096-0.107
อิฐก่อแบบ 4 นิ้ว + (กระเบื้องดินเหนียว)			
D	กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว	71	0.381
D	ที่ว่างอากาศ + กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว	71	0.261
C	คอนกรีตมวลเบา + กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว	71	0.169
C	กระเบื้องดินเหนียว 8 นิ้ว	98	0.275
B	ที่ว่างอากาศ หรือ คอนกรีตมวลเบา 1 นิ้ว + กระเบื้องดินเหนียว 8 นิ้ว	98	0.142-0.221
A	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + กระเบื้องดินเหนียว 8 นิ้ว	97	0.097
ก้อนคอนกรีตมวลเบาก่อผนัง + (มีช่องว่าง)			
E	คอนกรีต 4 นิ้ว	83	0.585
D	คอนกรีต 4 นิ้ว + คอนกรีตมวลเบา 1 หรือ 2 นิ้ว	83	0.118-0.2
C	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + คอนกรีต 4 นิ้ว	83	0.119
C	คอนกรีต 8 นิ้ว	109	0.40
B	คอนกรีต 8 นิ้ว + คอนกรีตมวลเบา 1 หรือ 2 นิ้ว	110	0.115-0.187
A	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + คอนกรีต 8 นิ้ว	110	0.115
B	คอนกรีต 12 นิ้ว	156	0.421
A	คอนกรีต 12 นิ้ว + คอนกรีตมวลเบา	156	0.113
ก้อนคอนกรีตผิวเรียบ และ หล่อ			
F	ก้อนคอนกรีต 4 นิ้ว + ที่ว่างอากาศ /คอนกรีตมวลเบา	29	0.161-0.283
E	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + ก้อนคอนกรีต 4 นิ้ว	29-37	0.105-0.114
E	ก้อนคอนกรีต 8 นิ้ว	47-51	0.204-0.402
D	ก้อนคอนกรีต 8 นิ้ว + ที่ว่างอากาศ /คอนกรีตมวลเบา	41-57	0.149-0.173
กระเบื้องดินเหนียว + (มีช่องว่าง)			
F	กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว	39	0.419
F	กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว + ที่ว่างอากาศ	39	0.303
E	กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว + คอนกรีตมวลเบา 1 นิ้ว	39	0.178
D	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + กระเบื้องดินเหนียว 4 นิ้ว	40	0.11
D	กระเบื้องดินเหนียว 8 นิ้ว	83	0.296
C	กระเบื้องดินเหนียว 8 นิ้ว + ที่ว่างอากาศ /คอนกรีตมวลเบา 1 นิ้ว	83	0.151-0.231
B	คอนกรีตมวลเบา 2 นิ้ว + กระเบื้องดินเหนียว 8 นิ้ว	83	0.099
ก้อนคอนกรีตมวลเบาก่อผนัง			
G	มีช่องว่าง ที่ว่างอากาศ + คอนกรีตมวลเบา 1 - 3 นิ้ว	5-6	0.091-0.230
ตารางต่อไป			
G	คอนกรีตมวลเบา 1 - 3 นิ้ว	18	0.081-0.178

ตารางที่ ค.4 ค่าแก้ไข CLTD จากการประยุกต์ละติจูดและเดือนของกำแพงและหลัง

			NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE		
ละติจูด	เดือน	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
0	มีนาคม	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	8	9	-1
	เมษายน / สิงหาคม	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	มีนาคม / กันยายน	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-5	0
	เมษายน / สิงหาคม	5	4	3	0	-2	-5	-5	-5	-5	-2
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	10	7	5	0	-3	-7	-5	-9	-5	-4
	มิถุนายน	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-5	-5
8	มีนาคม	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	เมษายน / สิงหาคม	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	มีนาคม / กันยายน	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	เมษายน / สิงหาคม	5	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	10	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	มิถุนายน	12	6	4	0	-2	-6	-6	-9	-7	-2
16	มีนาคม	-4	-6	-6	-6	-4	-1	4	9	13	-9
	เมษายน / สิงหาคม	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	มีนาคม / กันยายน	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	เมษายน / สิงหาคม	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-5	0
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	มิถุนายน	5	4	4	1	-1	-4	-5	-8	-8	-7
24	มีนาคม	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	เมษายน / สิงหาคม	-4	-6	-6	-9	-6	-3	0	3	13	-11
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	มีนาคม / กันยายน	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	เมษายน / สิงหาคม	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	มิถุนายน	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
ละติจูด	เดือน	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
32	มีนาคม	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	เมษายน / สิงหาคม	-5	-7	-9	-11	-8	-15	-4	2	9	12
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	มีนาคม / กันยายน	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	เมษายน / สิงหาคม	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	มิถุนายน	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	มีนาคม	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	เมษายน / สิงหาคม	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	6	11	-19
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	มีนาคม / กันยายน	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	เมษายน / สิงหาคม	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	มิถุนายน	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	มีนาคม	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	เมษายน / สิงหาคม	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	กุมภาพันธ์ / ตุลาคม	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	6	11	-18
	มีนาคม / กันยายน	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	เมษายน / สิงหาคม	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	พฤษภาคม / กรกฎาคม	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	มิถุนายน	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2

ตารางที่ ค.5 แสดงผลต่างอุณหภูมิของภาระการทำความเย็น (CLTD) สำหรับการนำความร้อนผ่านกระจก

ช่วงเวลา	CLTD,F	ช่วงเวลา	CLTD,F
1:00 น.	1	13:00 น.	12
2:00 น.	0	14:00 น.	13
3:00 น.	-1	15:00 น.	14
4:00 น.	-2	16:00 น.	14
5:00 น.	-2	17:00 น.	13
6:00 น.	-2	18:00 น.	12
7:00 น.	-2	19:00 น.	10
8:00 น.	0	20:00 น.	8
9:00 น.	2	21:00 น.	6
10:00 น.	4	22:00 น.	4
11:00 น.	7	23:00 น.	3
12:00 น.	9	24:00 น.	2

ตารางที่ ค.6 ความร้อนสะสม SHGF ของจังหวัดพิษณุโลก

16°N Lat										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
	30	30	55	147	210	244	231	223	199	248
	33	33	96	190	231	247	233	188	154	275
	35	53	160	205	239	235	197	138	93	291
	39	99	172	215	227	204	150	77	45	289
	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
	55	132	187	214	210	174	113	44	42	277
	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
	36	50	134	196	227	224	191	136	93	282
	33	33	95	174	223	237	235	183	160	270
	30	30	33	145	208	241	247	220	196	246
	29	29	41	132	198	241	234	233	212	234

ตารางที่ ค.7 Cooling Load Factor (CLF) สำหรับกระจกที่มีบังแดดด้านใน (สำหรับวัสดุทุกชนิด)

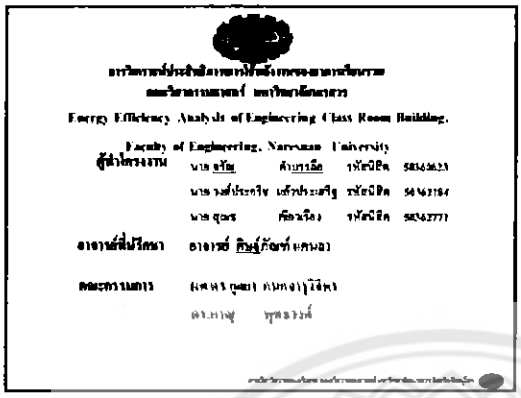
ตารางที่ ค.8 อัตราการเพิ่มความร้อนจากคนในแต่ละกิจกรรมต่างๆ

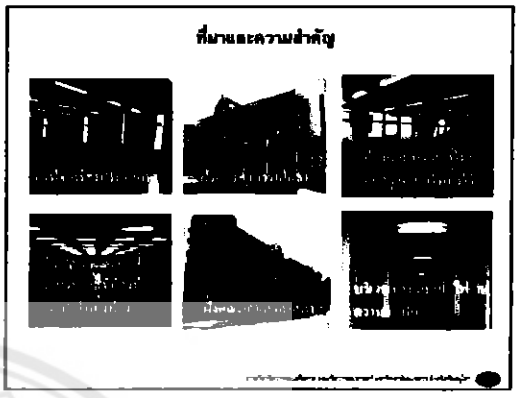
ระดับของกิจกรรม		ความร้อนรวม		ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง
		ผู้ชายผู้ใหญ่	Adjusted		
ในโรงภาพยนตร์	ในโรงภาพยนตร์ คอนกลางวัน	390	330	225	105
ในโรงภาพยนตร์ กลางคืน	ในโรงภาพยนตร์ คอนกลางคืน	390	350	245	105
ที่ที่มีการทำงานเบาๆ	ออฟฟิศ โรงแรม หอพัก	450	400	245	155
ที่ที่มีการทำงานเล็กประมาณ	ออฟฟิศ โรงแรม หอพัก	475	450	250	200
มีการยืนเดิน งานเบาๆ	ห้างสรรพสินค้า ที่จำหน่ายสินค้าต่างๆ	550	450	250	200
มีการยืนเดิน	ห้างสรรพสินค้า ขนาดกลาง	550	500	250	250
นั่งทำงาน	ภัตตาคาร	490	550	275	275
งานที่ต้องนั่ง	โรงงานอุตสาหกรรม	800	750	275	475
มีการเดิน	ห้องรับรองรถ	900	850	305	545
มีการเดิน และ มีเครื่องจักร	โรงงานอุตสาหกรรม	1000	1000	375	625
โบว์ลิ่ง	สนามโบว์	1500	1450	580	870
งานที่หนัก	โรงงานอุตสาหกรรม	1500	1450	580	870
งานเครื่องจักรที่หนัก	โรงงานอุตสาหกรรม	1600	1600	635	965
การชกมวย	โรงยิม	2000	1800	710	1090

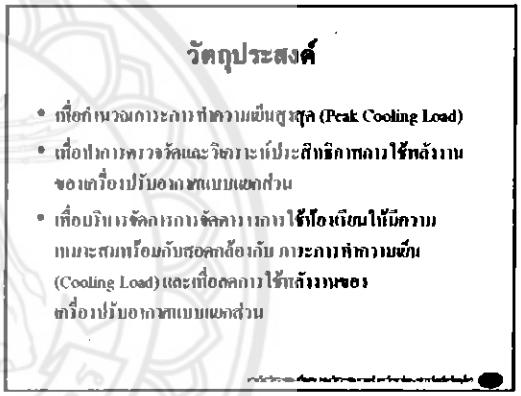
ภาคผนวก ง.

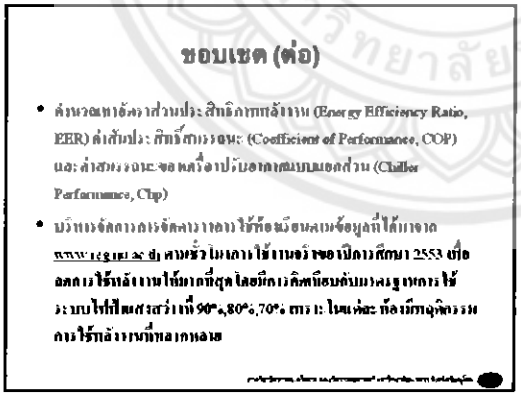
รูปแบบการนำเสนอ

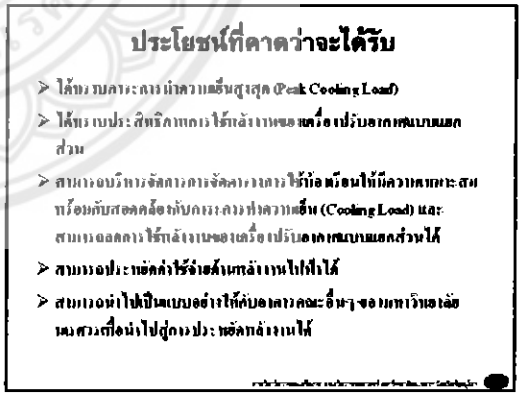
รูปแบบการนำเสนอ





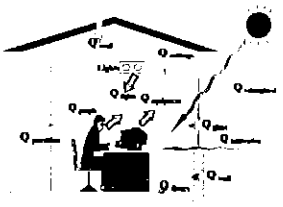






ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณหาภาระความเย็น (Cooling Load Calculation) แบ่งออกเป็น 2 กรณีดังนี้



รูปแสดงภาระความร้อนที่มาจากแหล่งต่างๆของห้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อาคารเรียนรวมเป็นอาคารทรงสูงมีสัดส่วนพื้นที่หน้ามากกว่าพื้นที่หลังเสมอ ดังนั้น การระบายความร้อนสูงสุดจึงคิดที่ผนังรับแดดส่วนใหญ่เป็นระยะ 70% เป็นอิฐมอญ 30% จึงทำให้การคำนวณสูงสุดคิดที่ผนังทางทิศตะวันตกเป็นหลัก

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

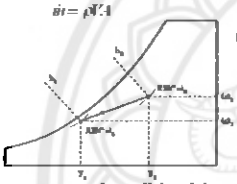
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้กลังงานของเครื่องปรับอากาศ

การหาความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity)

$$Q_L = \dot{m}(h_R - h_S)$$

(ρ คือค่าความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะอากาศมาตรฐาน 1 atm, 25 องศาเซลเซียส, 1.184 kg/m³)

$$\dot{m} = \rho VA$$



ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

การหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance)

$$COP = \frac{Q_L}{W_C} \quad \left(\frac{W}{W}\right)$$

การหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

$$EER = (3.41)(COP) \quad \left(\frac{Btu/hr}{W}\right)$$

เบอร์	Energy Efficiency Ratio, EER
5	EER > 13
4	11.5 ≤ EER < 13
3	10.5 ≤ EER < 11.5
2	9.5 ≤ EER < 10.5
1	EER < 9.5

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (Chiller performance, Chp)

$$Chp = \frac{12}{EER} \quad \left(\frac{kW}{Ton}\right)$$

	1.41	1.33
	1.27	1.19
	1.33	1.25
	1.28	1.20
	1.27	1.19
	1.41	1.33

มาตรฐานปี พ.ศ.2554 ขั้นต่ำ

ที่ Chp = 1.61 ⇒ EER = 7.45 Btu/hr/W ⇒ COP = 2.19

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า = (ค่าพลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็น + ค่าพลังงานไฟฟ้าอื่นๆ) (บาท)

(ใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบ่งตามช่วงเวลาของหน่วยงาน)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{\text{เงินลงทุนที่เพิ่ม}}{\text{เงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปี}}$ (ปี)

วิธีการดำเนินงาน

การวางแผนพื้นที่ออกแบบเพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้น

แสดงการวัดอุณหภูมิและความชื้นด้านอากาศกลับ (Return air) และ อากาศจ่าย (Supply air)

วิธีการดำเนินงาน (ต่อ)

การวัดความเร็วลมด้านอากาศกลับ

การวัดพื้นที่หน้าการด้านอากาศกลับ

วิธีการดำเนินงาน (ต่อ)

การวัดกำลังไฟฟ้า (Power)

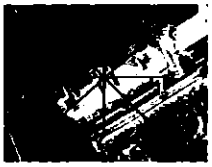
การแสดงการวัดกำลังไฟฟ้าขณะปิดฝ

การแสดงการวัดกำลังไฟฟ้าขณะเปิดฝ

หลังจากวัดค่าที่กล่าวมาทั้งหมดก็จะนำมาหาค่า Cp ได้

วิธีการดำเนินงาน (ต่อ)

สำรวจพิกัดที่ตั้งโครงสร้าง และการระดมความคิดเห็นและคำชี้แนะของอาคาร



การแสดงพิกัดที่ตั้งและการวางตัวของอาคาร

วิธีการดำเนินงาน (ต่อ)

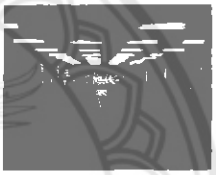
ผนังด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมโยธาธิการ ค่าความเข้มสูงสุดจะเกิดในช่วงต้นของเดือนมกราคม

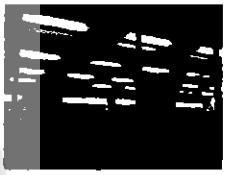
ผนังด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมโยธาธิการ ค่าความเข้มสูงสุดจะเกิดในช่วงต้นของเดือนมกราคม

(ข้อมูลการวัดความเข้มแสงในห้องน้ำ)

วิธีการดำเนินงาน (ต่อ)

สำรวจพฤติกรรมการใช้ระบบไฟฟ้าของอาคาร

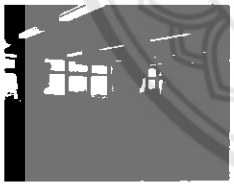




การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างของห้องโถงมีผู้เข้าเรียนน้อยแต่เปิดไฟทุกดวง

การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างของห้องสมุดเปิดใช้เต็มความจำเป็น

วิธีการดำเนินงาน (ต่อ)

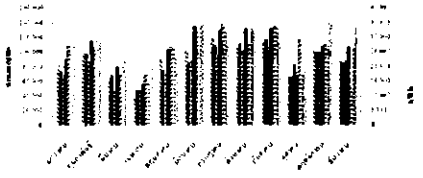


การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างของห้องคอมพิวเตอร์เวลาไม่มีคนอยู่ก็เปิดไฟทิ้งไว้

การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดินมีการเปิดใช้เต็มความจำเป็น

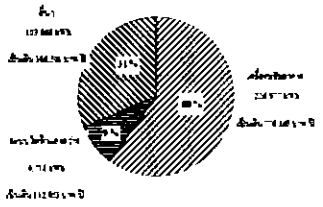
ผลการวิเคราะห์

การใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



กราฟแสดงการใช้พลังงาน 6 ปีย้อนหลังของอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์

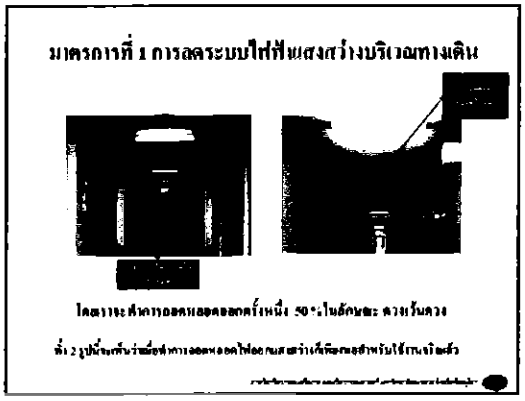
การใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



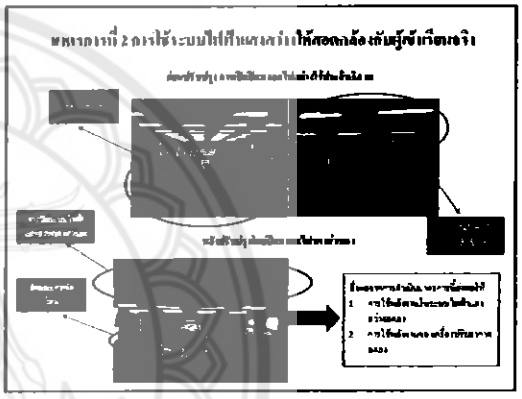
กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

พลังงานส่วนใหญ่ถูกใช้ไปกับระบบปรับอากาศคิดเป็น 60% ส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 9% และอื่น 31%

ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศได้จากการตรวจวัดทั้งหมด 83 เครื่อง

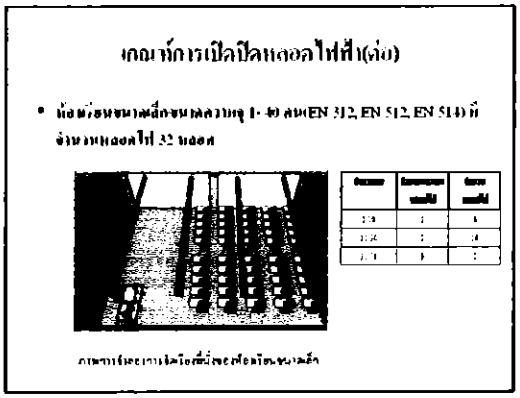

มาตรการที่ 1 การลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดิน

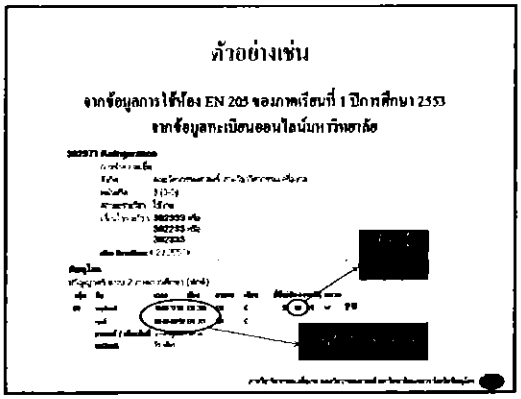
ซึ่งผลจากการศึกษาเป็นไปตามกราฟต่อไปนี้

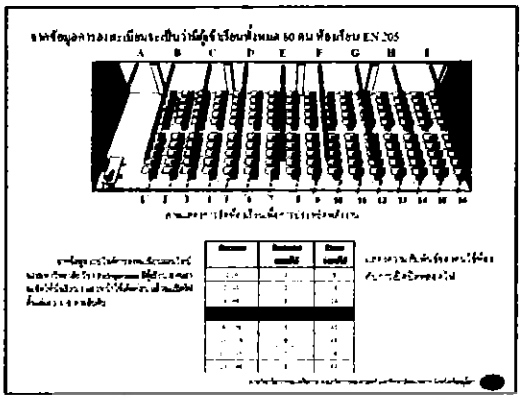

มาตรการที่ 2 การใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้สอดคล้องกับผู้เข้าใช้งานจริง

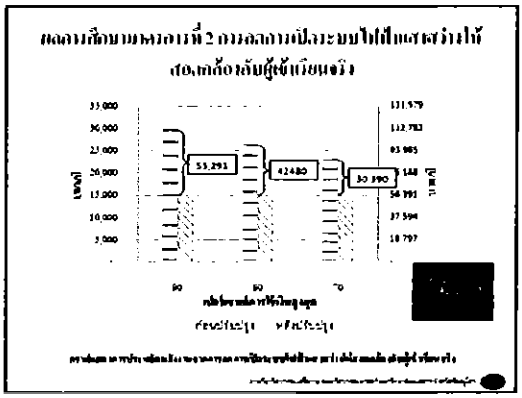
เกณฑ์การเปิดปิดหลอดไฟฟ้ามีดังนี้

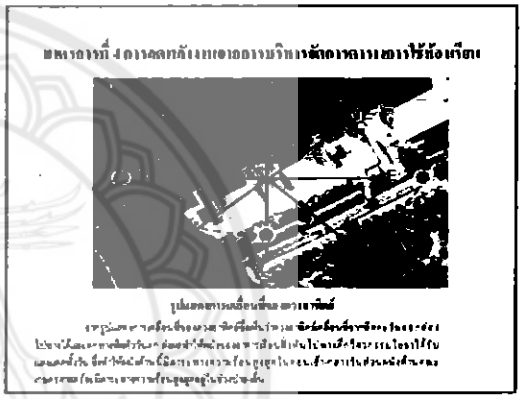
เกณฑ์การเปิดปิดหลอดไฟฟ้า (ต่อ)

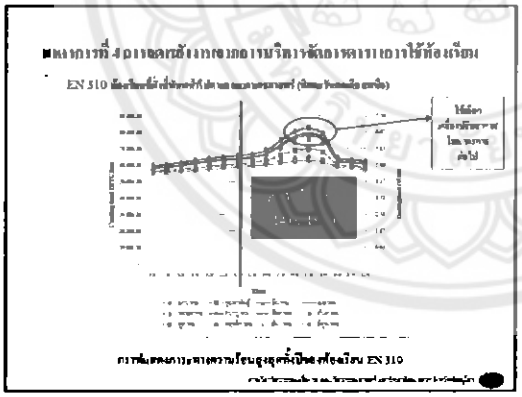

เกณฑ์การเปิดปิดหลอดไฟฟ้า(ต่อ)

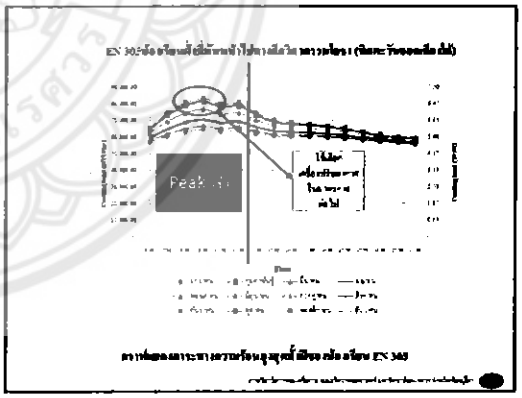

ตัวอย่างเช่น
จากข้อมูลการใช้ห้อง EN 205 ของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553
จากข้อมูลตะเปียนออนไลน์มหาวิทยาลัย

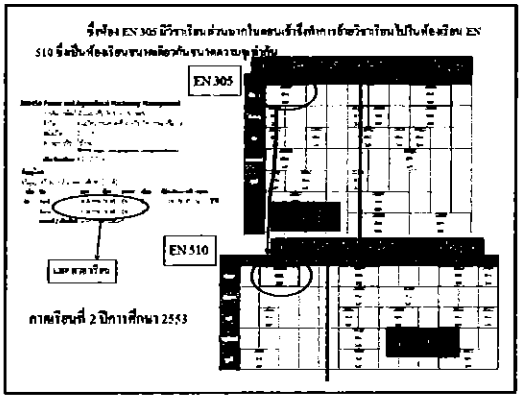


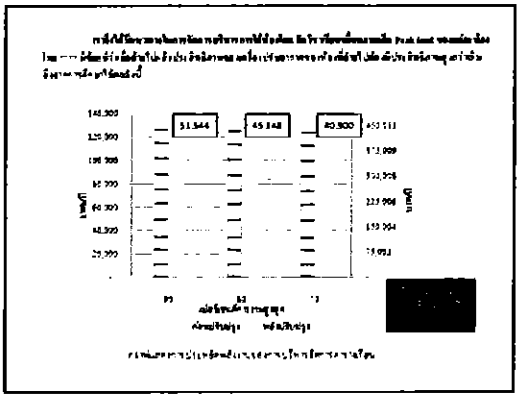


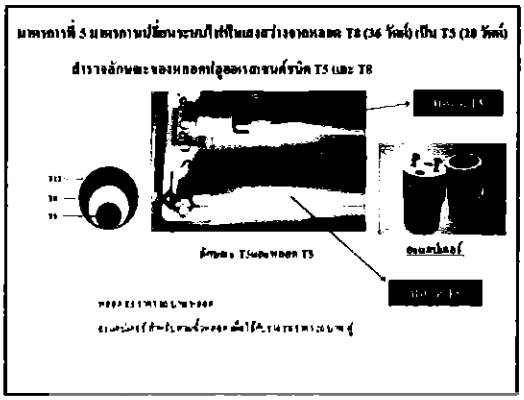


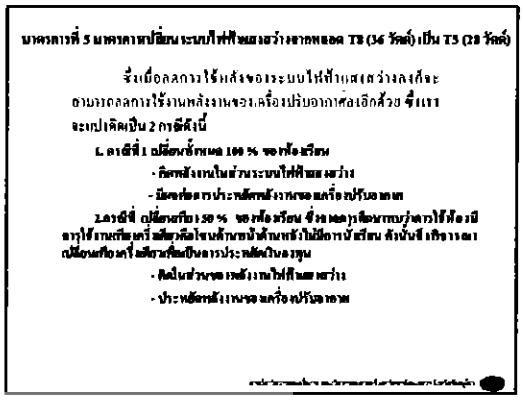


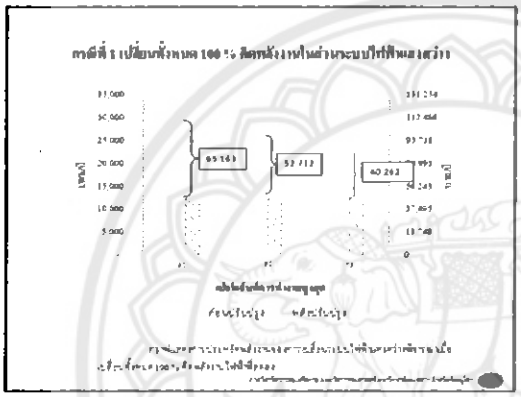


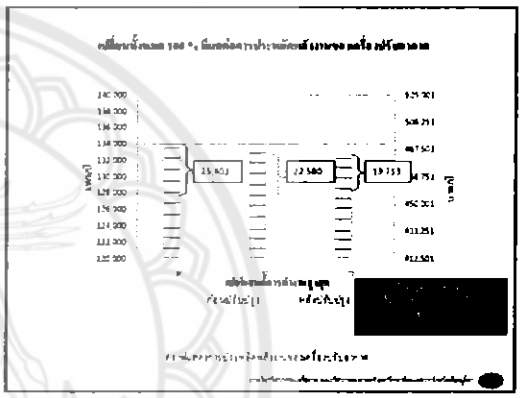


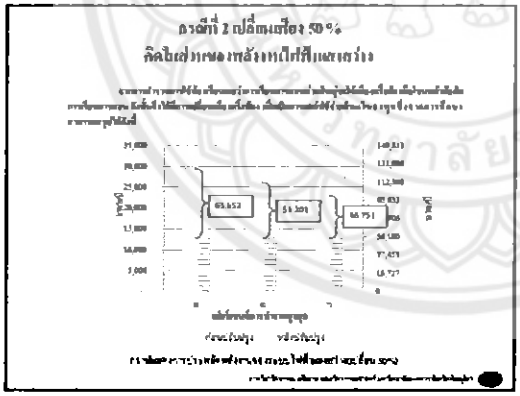


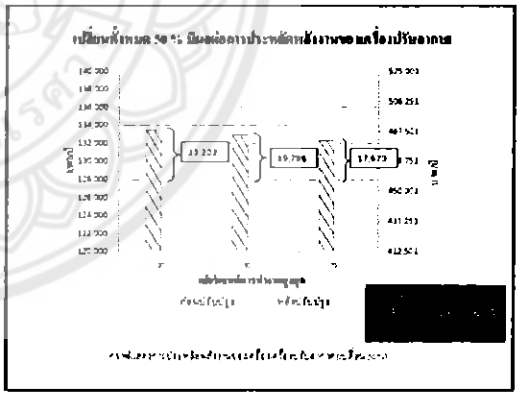

มาตรการที่ 5 มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 (36 วัตต์) เป็น T5 (28 วัตต์)
ลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนต์รหัส T5 และ T8

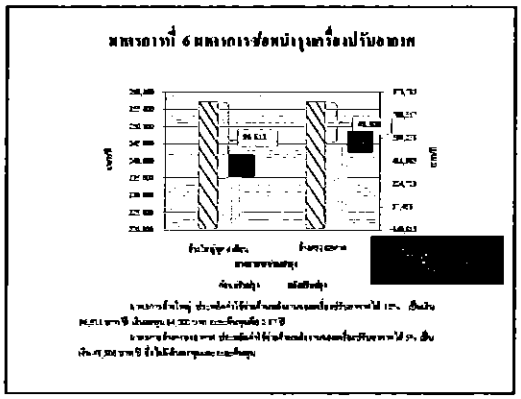

มาตรการที่ 5 มาตรการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอด T8 (36 วัตต์) เป็น T5 (28 วัตต์)
- ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างอัตโนมัติ
- ประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ


กรณีที่ 1 เปลี่ยนทั้งหมด 100 % ติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่าง


เปลี่ยนทั้งหมด 100 % ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง


กรณีที่ 2 เปลี่ยนเพียง 50 %
ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง


เปลี่ยนทั้งหมด 50 % ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง


มาตรการที่ 6 มาตรการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ

มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ตามภาระทางความเย็นที่เกิดขึ้น

มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ตามอายุการใช้งานที่เหลือ

ผลลัพธ์ที่ได้

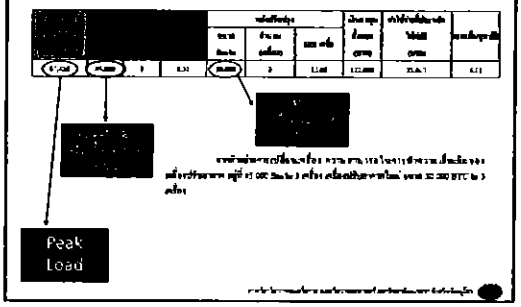
MODEL		BTUH	ราคา
CONDENSING	FANCOIL		
TTA5A09S3S5	MCW309F3S5	9000	15,900
TTA5A12S3S5	MCW312F3S5	12000	23,900
TTA5A15S3S5	MCW315F3S5	15000	26,900
TTA5A18S3S5	MCW318F3S5	18000	31,900
TTA5A24S3S5	MCW324F3S5	24000	38,900

MODEL		BTUH	ราคา
CONDENSING	FANCOIL		
TTA5A09S3S5	MCW309F3S5	9000	15,900
TTA5A12S3S5	MCW312F3S5	12000	23,900
TTA5A15S3S5	MCW315F3S5	15000	26,900
TTA5A18S3S5	MCW318F3S5	18000	31,900
TTA5A24S3S5	MCW324F3S5	24000	38,900

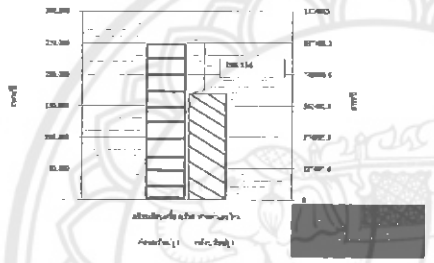
ที่มา: เจ้าหน้าที่ขาย TRANE ภูมิภาค

ราคาของเดือน 15 มีนาคม 2554

ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศห้อง EN 305



มาตรการที่ 7 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ตามอายุการใช้งานที่เหลือ



สรุปผลการวิเคราะห์

คิดเทียบกับการใช้พลังงานสูงสุดที่ 70%

ลำดับที่	รายการ	เงินลงทุน	ประหยัดพลังงาน			ระยะเวลาคืนทุน
			หน่วยที่	เงินประหยัดต่อปี	รวม	
1			8,127		8,127	
2			26,748		26,748	-
3			-	13,500	13,500	-
4			-	44,000	44,000	
5						
	กรณีที่ 1 เดือน	36,400	48,262	21,713	69,975	2.0
	กรณีที่ 2 เดือน	46,200	34,711	17,870	52,581	0.9
6						
	กรณีที่ 1 ภายในอายุ 15 เดือน		-	33,300	33,300	-
	กรณีที่ 2 ภายในอายุ 15 เดือน	33,300	-	33,300	33,300	0.9
7		2,154,000		298,154	298,154	0.64

สรุปผลการวิเคราะห์

คิดเทียบกับการใช้พลังงานสูงสุดที่ 70%

ลำดับที่	รายการ	เงินลงทุน	ประหยัดพลังงาน			ระยะเวลาคืนทุน
			หน่วยที่	เงินประหยัดต่อปี	รวม	
1		-	8,127	-	8,127	-
2		-	26,748	-	26,748	-
3		-	-	13,500	13,500	-
4		-	-	44,000	44,000	-
5						
	กรณีที่ 1 เดือน	36,400	48,262	21,713	69,975	2.0
	กรณีที่ 2 เดือน	46,200	34,711	17,870	52,581	0.9
6						
	กรณีที่ 1 ภายในอายุ 15 เดือน	-	-	33,300	33,300	-
	กรณีที่ 2 ภายในอายุ 15 เดือน	33,300	-	33,300	33,300	0.9
7		2,154,000		298,154	298,154	0.64

สรุปผลการวิเคราะห์

คิดเทียบกับการใช้พลังงานสูงสุดที่ 90%

ลำดับที่	รายการ	เงินลงทุน	ประหยัดพลังงาน			ระยะเวลาคืนทุน
			หน่วยที่	เงินประหยัดต่อปี	รวม	
1		-	12,254	-	12,254	-
2		-	33,295	-	33,295	-
3		-	-	21,951	21,951	-
4		-	-	41,548	41,548	-
5						
	กรณีที่ 1 เดือน	36,400	61,549	27,482	89,031	1.68
	กรณีที่ 2 เดือน	46,200	49,611	21,952	71,563	0.78
6						
	กรณีที่ 1 ภายในอายุ 15 เดือน	-	-	41,548	41,548	-
	กรณีที่ 2 ภายในอายุ 15 เดือน	41,548	-	41,548	41,548	0.77
7		2,154,000		298,154	298,154	0.64

สรุปผลการวิเคราะห์

คิดเทียบกับการใช้พลังงานสูงสุดที่ 80%

ลำดับที่	รายการ	เงินลงทุน	ประหยัดพลังงาน			ระยะเวลาคืนทุน
			หน่วยที่	เงินประหยัดต่อปี	รวม	
1		-	9,191	-	9,191	-
2		-	29,971	-	29,971	-
3		-	-	17,560	17,560	-
4		-	-	42,548	42,548	-
5						
	กรณีที่ 1 เดือน	36,400	55,255	24,598	79,853	1.5
	กรณีที่ 2 เดือน	46,200	41,661	19,911	61,572	0.8
6		-				-
	กรณีที่ 1 ภายในอายุ 15 เดือน	-	-	42,548	42,548	-
	กรณีที่ 2 ภายในอายุ 15 เดือน	42,548	-	42,548	42,548	0.77
7		2,154,000		298,154	298,154	0.64

สรุปผลการวิเคราะห์

คิดเทียบกับการใช้พลังงานสูงสุดที่ 80%

ลำดับที่	รายการ	เงินลงทุน	ประหยัดพลังงาน			ระยะเวลาคืนทุน
			หน่วยที่	เงินประหยัดต่อปี	รวม	
1		-	9,191	-	9,191	-
2		-	29,971	-	29,971	-
3		-	-	17,560	17,560	-
4		-	-	42,548	42,548	-
5						
	กรณีที่ 1 เดือน	36,400	55,255	24,598	79,853	1.5
	กรณีที่ 2 เดือน	46,200	41,661	19,911	61,572	0.8
6						
	กรณีที่ 1 ภายในอายุ 15 เดือน	-	-	42,548	42,548	-
	กรณีที่ 2 ภายในอายุ 15 เดือน	42,548	-	42,548	42,548	0.77
7		2,154,000		298,154	298,154	0.64

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลการประหยัดพลังงานทั้งหมดนี้จะสำเร็จได้ดีต่อเมื่อได้รับความร่วมมือของผู้เกี่ยวข้องเลยจุดใด อาทิเช่น

- มาตรการเปิดไฟที่โมเดลคอมผู้เข้าเรียนจริงจึงต้องได้รับความร่วมมือจากคณาจารย์ผู้สอนและนิสิตผู้เรียน

- มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟและเครื่องปรับอากาศต้องได้รับความร่วมมือผู้บริหาร

จบการนำเสนอ

ขอบพระคุณครับ

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ นายจรัญ คำบรรลือ

วันเดือนปีเกิด 17 มกราคม 2531

ภูมิลำเนา 121 หมู่ 9 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ
จ.กำแพงเพชร 62170

ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านทรายทอง
จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนลานกระบือวิทยา
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายวงศ์ประกริช แก้วประเสริฐ

วันเดือนปีเกิด 26 พฤศจิกายน 2531

ภูมิลำเนา 114 หมู่ 10 ต.หนองแขม อ.พรหมพิราม
จ.พิษณุโลก 65150

ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดคลองตาล
จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพรหมพิรามวิทยา
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายสุเมธ เขียวเรือง

วันเดือนปีเกิด 24 มกราคม 2531

ภูมิลำเนา 30/1 ม. 5 ต.คุยม่วง อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก 65240

ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านใหม่เจริญธรรม
จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชุมแสงสงคราม
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร