

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและวิจารณ์

#### 4.1. การเตรียมการเพื่อตรวจวัดพลังงาน

เพื่อเป็นการส่งเสริม สนับสนุนให้นักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยให้มีความรู้ความสามารถ อันจะช่วยให้เกิดกลไกการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพใน มจร. ซึ่งมีการใช้พลังงานส่วนใหญ่ในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง ผู้วิจัยร่วมกับ คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน มจร. ศูนย์การจัดการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมความปลอดภัยและอาชีวอนามัย (EESH) กลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (EnConLab) ได้จัดทำโครงการฝึกอบรมการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง ขึ้น เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาและบุคลากรรวมถึงคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน ตลอดจนผู้สนใจ เกิดการรับรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงานร่วมกันซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการอยู่แล้ว ตามกฎหมายย่อมจะส่งผลให้เกิดความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงานรวมถึงรับทราบวิธีการและเทคนิคในการตรวจวัดค่าพลังงานในระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศตามหลักวิชาการซึ่งจะนำไปสู่การปฏิบัติ อย่างเป็นรูปธรรมในด้านการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานภายในหน่วยงานได้ โดยมีกำหนดการฝึกอบรมให้บุคลากรและนักศึกษา 2 หลักสูตร คือ เพื่อให้ความรู้แก่บุคลากรและนักศึกษาก่อนดำเนินการสำรวจข้อมูล

##### 4.1.1. การฝึกอบรมให้บุคลากรเพื่อเตรียมความพร้อมในการตรวจวัดพลังงาน

การฝึกอบรมให้บุคลากรเพื่อเตรียมความพร้อมในการตรวจวัดพลังงานกลุ่มเป้าหมายประกอบด้วย

1. คณะทำงานเครือข่ายปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม มจร.
2. นักศึกษา มจร.
3. บุคลากรของ มจร. อื่นๆ ที่สนใจ

ทั้งนี้มีผู้เข้าร่วมประกอบด้วยบุคลากร มจร. ผู้สนใจภายนอก และนักศึกษารวม 51 คน

วัตถุประสงค์ในการฝึกอบรมให้บุคลากรเพื่อเตรียมความพร้อมในการตรวจวัดพลังงานดังนี้

1. เพื่อให้นักศึกษาและบุคลากรสามารถตรวจวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างได้
2. เพื่อให้นักศึกษาและบุคลากรมีความรู้ความเข้าใจเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงาน
3. เพื่อให้นักศึกษาและบุคลากรเกิดจิตสำนึกในด้านการอนุรักษ์พลังงาน

##### รูปแบบกิจกรรม

กิจกรรมแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การรับฟังบรรยาย เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน โดย คุณโชคชัย อนามธวัช วิทยากรจากกลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (EnConLab) ส่วนที่ 2 เป็นกิจกรรมศึกษาเชิงเงินเข้ากระเป่า เพื่อให้ผู้เข้าฝึกอบรมสามารถคิดมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน และคำนวณผลจากการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีการต่างๆ มาเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ โดยทีมงาน

วิทยากรทุกท่าน และวิทยากรจากศูนย์ EESH ส่วนที่ 3 เป็นการแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมโครงการฯ ทั้ง 39 คน ออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อเข้ากิจกรรมการเรียนรู้ในฐานต่างๆ ฐานละ 30 นาที ทั้งสิ้น 3 ฐานการเรียนรู้ดังนี้

ฐานที่ 1 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

โดย วิทยากรจากกลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

กิจกรรมสำหรับผู้เข้าฝึกอบรมเพื่อให้ความรู้ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวิเคราะห์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ,เทคนิคการตรวจวิเคราะห์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

ฐานที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง

โดย วิทยากรจากกลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

เรียนรู้และฝึกปฏิบัติอุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวิเคราะห์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง ,เทคนิคการตรวจวิเคราะห์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง ,การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง

ฐานที่ 3 พลังงานและพลังงานทดแทน

วิทยากรจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

กิจกรรมสำหรับผู้เข้าฝึกอบรมเรื่องพลังงานในโลกและพลังงานทดแทน/เทคนิคอย่างง่ายด้านการอนุรักษ์พลังงาน/ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ  
สรุปการจัดกิจกรรม

ผลจากการทำแบบประเมินโครงการใน 2 หัวข้อคือ

1. ด้านการจัดกิจกรรมในแต่ละฐาน ประเมินทั้งสิ้น 5 หัวข้อได้แก่

1. รูปแบบกิจกรรม/การบรรยายในฐาน
2. ท่านได้รับความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่นำเสนอในแต่ละฐานมากขึ้นจากความรู้เดิมที่มีอยู่
3. การถ่ายทอดของวิทยากร/ผู้ดำเนินกิจกรรมมีความน่าสนใจ
4. ความรู้จากการบรรยาย/ทำกิจกรรมของฐานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
5. สถานที่ และสภาพแวดล้อมของฐาน

2. ด้านโครงการในภาพรวม ประเมินทั้งสิ้น 5 หัวข้อได้แก่

1. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมภาพรวมทั้งหมด
2. ระยะเวลาในการเข้าร่วมกิจกรรมแต่ละฐาน ( 30 นาที)
3. สถานที่จัดโครงการฝึกอบรมและฐานในภาพรวม
4. การอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่
5. ความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรม

พบว่าในภาพรวมการทำกิจกรรมแต่ละฐานผู้เข้าร่วมอบรมเห็นว่ารูปแบบกิจกรรม/การบรรยายในฐานมีความเหมาะสม น่าสนใจ และได้รับความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่นำเสนอในแต่ละ

ฐานมากขึ้นจากความรู้เดิมที่มีอยู่ และสามารถนำความรู้จากการบรรยาย/ทำกิจกรรมของฐานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ สถานที่ในการจัดกิจกรรมแต่ละฐานมีความเหมาะสมดี การถ่ายทอดของวิทยากร/ผู้ดำเนินกิจกรรมมีความน่าสนใจดี

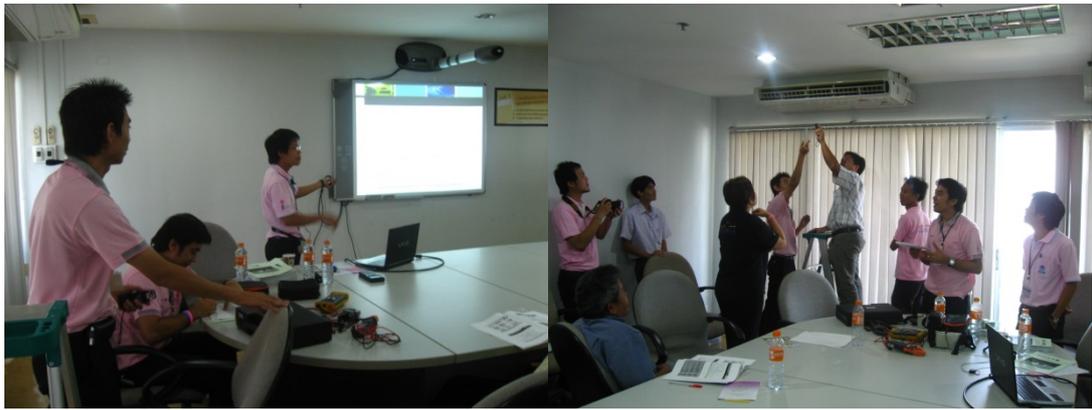
เมื่อพิจารณาการจัดโครงการในภาพรวมทั้งหมดด้านระยะเวลาดำเนินโครงการ 1 วันมีความเหมาะสมระยะเวลาในการเข้าร่วมกิจกรรมแต่ละฐาน ( 30 นาที) ค่อนข้างเหมาะสมมีบางส่วน (19%) ที่เห็นว่าระยะเวลาในแต่ละฐานน้อยเกินไป การอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ สถานที่จัดโครงการฝึกอบรมและฐานในภาพรวม (ห้องประชุมสนั่น สุมิตร ชั้น 9 อาคารสำนักงานอธิการบดี) มีความเหมาะสมมาก และในภาพรวมผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในโครงการฝึกอบรมนี้มาก



รูปที่ 4.1 รศ.ดร. โสภส สุวรรณยืน กล่าวเปิดการฝึกอบรม



รูปที่ 4.2 วิทยากรจากกลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (EnConLab) คุณโชคชัย อนามธวัช บรรยายเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน



รูปที่ 4.3 กิจกรรมฐานที่ 1 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ  
วิทยากรจากกลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (EnConLab)



รูปที่ 4.4 กิจกรรมฐานที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง  
วิทยากรจากกลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (EnConLab)



รูปที่ 4.5 กิจกรรมฐานที่ 3 พลังงาน และพลังงานทดแทน  
วิทยากรจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ( สนพ.)

#### 4.1.2. การฝึกอบรมให้นักศึกษาเพื่อการตรวจวัดและวิเคราะห์พลังงาน

โครงการตรวจวัดและวิเคราะห์พลังงาน มจร. จัดขึ้นโดยศูนย์ EESH เพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้พลังงานที่เป็นปัจจุบันของแต่ละอาคารอันเป็นการตรวจสอบสถานภาพการใช้งานและใช้พลังงานภายในอาคาร นอกจากนี้จะเป็นส่วนช่วยสนับสนุนในการเตรียมการจัดทำแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานและทราบถึงแนวทางการใช้เทคนิคด้านการอนุรักษ์พลังงานเข้ามาเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ยังเป็นการสร้างเครือข่ายร่วมมือระหว่างนักศึกษา อาจารย์และบุคลากรทุกระดับในการทำกิจกรรมร่วมกันในการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืนภายใน มจร. ได้ต่อไปในอนาคต โดยมีเป้าหมายในการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารทั้งสิ้น 15 อาคารทั้งบางมดและบางขุนเทียนเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านพลังงานที่เป็นปัจจุบัน และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมต่อไป

ผู้เข้าร่วมโครงการ

1. เจ้าหน้าที่ศูนย์ EESH จำนวน 8 คน
2. คณะกรรมการจัดการพลังงาน มจร. บางขุนเทียน จำนวน 14 คน
3. นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมไฟฟ้า/ภาคเครื่องมือวัด/ภาคคอมพิวเตอร์ จำนวน 32 คน
4. เจ้าของพื้นที่ 17 อาคารที่เข้าสำรวจ
5. ทีมวิศวกรจาก บริษัทอินโนเวชั่น
6. ทีมวิศวกรจาก En con lab

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงานภายในอาคารให้ได้ข้อมูลการใช้พลังงานที่เป็นปัจจุบันและสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวางแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน มจร. ในปี 2555
2. เพื่อพัฒนานักศึกษา บุคลากรและทีมงานของ มจร. ให้มีความรู้ความเข้าใจในด้านการตรวจวัดพลังงานและมีส่วนร่วมในการวางแผนการตรวจสอบตรวจวัดพลังงาน

#### ขอบเขตของงาน

1. เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยสำรวจการใช้พลังงานภายในอาคารหลักของ มจร. เพื่อให้ได้ข้อมูลปัจจุบันที่ตรงตามความเป็นจริงทั้งสิ้น 10 อาคาร
2. เสนอมาตรการและวิธีปฏิบัติการณ์อนุรักษ์พลังงานในอาคารที่สำรวจ
3. จัดทำฐานข้อมูลด้านพลังงานให้สอดคล้องกับการเขียนรายงานการจัดการพลังงานประจำปี 2555
4. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรายงานเสนอผู้บริหาร

#### การดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการแบ่งช่วงเวลาการดำเนินโครงการ 3 ระยะ ดังนี้

#### 1. เตรียมความพร้อม

1.1 ประกาศรับสมัครนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ที่สนใจเข้าร่วมโครงการผ่านเครือข่ายนักศึกษาที่ได้เข้าร่วมโครงการ นักศึกษาตอบรับทั้งสิ้น 36 คน

1.2 จัดฝึกอบรมการใช้เครื่องมือและแนวทางในการสำรวจพลังงาน การจัดข้อมูล โดยจัดโครงการเตรียมความพร้อมในการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประจำอาคาร ภายใน มจร. ซึ่งนักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการรับทราบ แนวทางปฏิบัติ ข้อกำหนดขอบเขตของอาคารและพื้นที่ดำเนินงาน แผนการทำงานในการเข้าตรวจสอบอุปกรณ์และตรวจวัดพลังงานในแต่ละอาคาร การใช้เครื่องมืออุปกรณ์เข้าตรวจวัดพลังงาน เอกสารเพื่อใช้ในการเข้าตรวจสอบภายในอาคาร และการบันทึกข้อมูลตรวจสอบตรวจวัดพลังงานลงในแบบฟอร์มต่างๆ

2. ขึ้นดำเนินการสำรวจ ทำการสำรวจอาคารต่างๆ ทั้งสิ้น 17 อาคาร เป็นเวลา 3 อาทิตย์ โดยมีนักศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 26 คน แบ่งการสำรวจออกเป็น 5 ทีม ใน 1 ทีม ประกอบด้วย ผู้ตรวจวัดพลังงานในระบบปรับอากาศจำนวน 3 คน และ ผู้ตรวจวัดระบบแสงสว่าง และตรวจเช็คอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคารจำนวน 2 คนการดำเนินงานมีขั้นตอนดังนี้

2.1 นักศึกษาพบผู้ควบคุมงานเวลา 08.30 น. เพื่อจัดเตรียมอุปกรณ์ในการตรวจวัด และวางแผนทางในการเข้าสำรวจแต่ละอาคาร

2.2 เข้าดำเนินการสำรวจ โดยผู้ควบคุมงาน นำนักศึกษาเข้าพื้นที่ และแนะนำตัวนักศึกษาแก่เจ้าของพื้นที่ จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการสำรวจเวลาประมาณ 9.30 น.-10.00 น.

2.3 นัดรวมหลังจากเข้าสำรวจพื้นที่แล้ว โดยประชุมกันที่จุดนัดพบเพื่อตรวจเช็คอุปกรณ์ในโครงการ และวางแผนการดำเนินงานในวันต่อไป รวมถึงสรุปปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานแต่ละวัน

#### 3.การรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำฐานข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัด

ทำการสรุปข้อมูลจากการสำรวจอาคาร โดยแบ่งเป็น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ทั่วไปที่สำรวจในอาคารต่างๆ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้สำรวจจริงคิดเป็น 80-90% ของทั้งหมด เนื่องจากบางพื้นที่ไม่สามารถเข้าไปทำการสำรวจได้เพราะเจ้าหน้าที่ไม่อยู่

#### 4. ข้อมูลที่สำรวจและจัดทำเป็นฐานข้อมูลมีดังนี้

4.1. ระบบปรับอากาศ ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศ และตำแหน่งที่ติดตั้ง ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีโดยประมาณ

4.2. ระบบแสงสว่าง ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน ชนิด และขนาดของหลอดไฟและโคมไฟ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีโดยประมาณ และแปลนแสดงตำแหน่งของโคมไฟชนิดต่างๆ ในอาคารที่สำรวจ พร้อม ภาพชนิดโคมไฟที่สำรวจ

4.3. อุปกรณ์อื่น ประกอบด้วยข้อมูลชนิด จำนวนของอุปกรณ์ทั่วไปที่พบในอาคาร



เครื่องวัดความเร็วลม ความชื้น อุณหภูมิ



เครื่องวัดกระแสและพลังงานไฟฟ้า



เครื่องวัดแสง (Lux Meter



วิทยุสื่อสาร

รูปที่ 4.6 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ



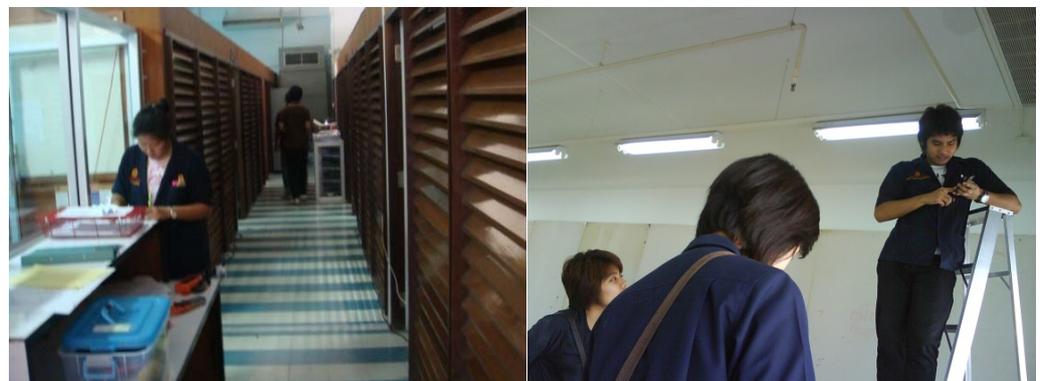
รูปที่ 4.7 การวางแผนการสำรวจและตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนเข้าพื้นที่



รูปที่ 4.8 การสรุปการทำงานในแต่ละวันหลังจากที่เข้าสำรวจพื้นที่



รูปที่ 4.9 การตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4.10 การเก็บข้อมูลระบบแสงสว่าง



รูปที่ 4.11 การตรวจวัดระบบแสงสว่าง



รูปที่ 4.12 การลงรายละเอียดชนิด/ตำแหน่งโคมไฟ

#### 4.2. ผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศ

รายงานวิจัยชิ้นนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างของ มจร. ในปี 2555 โดยเน้นที่ระบบปรับอากาศซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงมาก จากการศึกษาพบว่าระบบปรับอากาศใน มจร. มี 2 ชนิดคือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ผลการศึกษาศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ มจร. โดยสุ่มวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จำนวน 734 เครื่อง จากเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 2447 เครื่อง โดยสุ่มวัดจาก 30% ของขนาดเครื่องปรับอากาศแยกเป็นกลุ่มเครื่องปรับอากาศขนาด น้อยกว่า 12,001 BTU, 12,001 - 25,000 BTU, 25,001 - 35,000 BTU, 35,001 - 50,000 BTU, 50,001 - 60,000 BTU, และมากกว่า 60,000 BTU. พบว่าเครื่องปรับอากาศของ มจร. มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นโดยพิจารณาค่า EER คือ 9.05 หรือให้พลังงานไฟฟ้า 1.32 kW/Ton ในส่วนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกศูนย์พบว่า มีประสิทธิภาพในการทำความเย็น 1.35 kW/Ton ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดโดยการใช้พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศในปี 2555 เป็น 11,112,908 kWh/y คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 60.11 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด สามารถแยกสรุปการใช้พลังงานในแต่ละประเภทดังนี้

##### 4.2.1. ข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้จากการสำรวจของนักศึกษาโดยเลือกตรวจวัดจากกลุ่มตัวอย่างเครื่องปรับอากาศในแต่ละอาคาร การสุ่มวัดร้อยละ 30 ของเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ จากนั้นหาค่า EER เฉลี่ย โดยคำนวณจากข้อมูลที่มีค่า EER อยู่ระหว่าง 4-13 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีคำนวณจากการวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ แบบสุ่ม 30% จากนั้นคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าต่อ

ปีจากจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด ทั้งนี้คิดที่ ชั่วโมงการทำงาน 8 ชม./วัน และ 250 วันต่อปี และ ค่า%O.F = 80 ผลสรุปดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการสำรวจตรวจวัดพลังงาน  
ในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนของอาคาร มจร. บางมด จำนวน 25 อาคาร

ที่	อาคาร	จำนวน	BTU รวม	kWh/y	EER
1	อาคารเรียนรวม 1 (CB1)	103	1,762,000	446,256	8.49
2	อาคารเรียนรวม 2 (CB2)	192	6,068,000	838,399	8.89
3	อาคารเรียนรวม 3 (CB3)	291	6,260,000	1,172,089	9.84
4	อาคารเรียนรวม 4 (CB4)	370	9,703,700	2,840,482	5.83
5	อาคารเรียนรวม 5 (CB5)	249	6,230,000	1,073,802	8.85
6	อาคารอาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (INNO)	67	2,040,000	581,870	10.13
7	อาคารอำนวยการ (พีโอบ-สำนักงานอธิการบดีเดิม)	33	883,500	137,833	7.93
8	อาคารส่วนอาคารและสถานที่ (BG)	14	381,000	54,080	10.47
9	อาคารสัมมนา (SN)	39	1,172,039	61,619	13.58
10	อาคารจุลชีวะวิทยา (MI)	47	1,475,670	141,731	7.41
11	อาคารคณะวิทยาศาสตร์ (SC)	71	1,787,815	321,176	5.37
12	อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ (SI)	43	1,485,284	159,683	6.96
13	อาคารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT)	115	2,478,200	260,670	6.96
14	อาคารวิศวกรรม (ME 8 ชั้น)	131	2,669,500	373,095	9.73
15	อาคารภาควิชาเคมี (CH)	19	417,700	90,448	9.56
16	อาคารวิศวกรรมเคมี (CHE)	26	690,403	87,515	8.76
17	หอพักนักศึกษาหญิง (DFB)	15	503,526	19,196	8.98
18	หอพักนักศึกษาชาย (DMB)	14	350,000	61,618	8.46
19	อาคารภาษาและสังคมเดิม (LS)	6	216,000	32,448	8.44
20	อาคารปฏิบัติการพื้นฐานวิทยาศาสตร์ (SCL)	199	10,517,898	1,094,723	10.33
21	อาคารสำนักงานอธิการบดี	66	330,500	57,823	8.76
22	สำนักหอสมุด (LIB)	44	715,820	121,923	9.16
23	อาคารเรียนและปฏิบัติการคณะพลังงานและวัสดุ	122	1,325,464	223,421	9.56
24	อาคารโรงประลองเทคโนโลยีและวัสดุ (EN)	56	1,675,800	281,566	10.59
25	อาคารเรียนและปฏิบัติการทางศิลปศาสตร์ (LNG)	115	4,365,050	729,338	13.12
รวม		2447	65,504,869	11,262,804	9.05

#### 4.2.2. ข้อมูลระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ข้อมูลระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ของ มจธ. บางมด มี 2 อาคาร คืออาคารพระจอมเกล้าราชานุสรณ์ 190 ปี และ อาคารสำนักหอสมุด ซึ่งมีการติดตั้งมีเตอร์ไฟฟ้าแยกระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ออกจากระบบอื่น ดังนั้นการตรวจวัดจึงตรวจวัดเฉพาะในอาคารพระจอมเกล้าราชานุสรณ์ 190 ปี รายละเอียดข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นและผลการตรวจวัด ดังนี้

รายละเอียดของการทำงานของระบบทำน้ำเย็น

อาคารมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ขนาดพิกัดการทำน้ำเย็น 150 ตัน จำนวน 2 เครื่อง เปิดใช้งานครั้งละ 2 เครื่อง เพื่อจ่ายความเย็นให้กับพื้นที่ของโรงพลศึกษา

รายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็น

จำนวนของเครื่องทำน้ำเย็น	2	เครื่อง
ใช้ทำงานหลัก	2	เครื่อง
ใช้สำรอง	-	เครื่อง
อุณหภูมิน้ำเย็นออกแบบด้านจ่าย/ด้านกลับของเครื่องทำน้ำเย็น	45/55	°F
อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนออกแบบด้านเข้าเครื่อง	95	°F

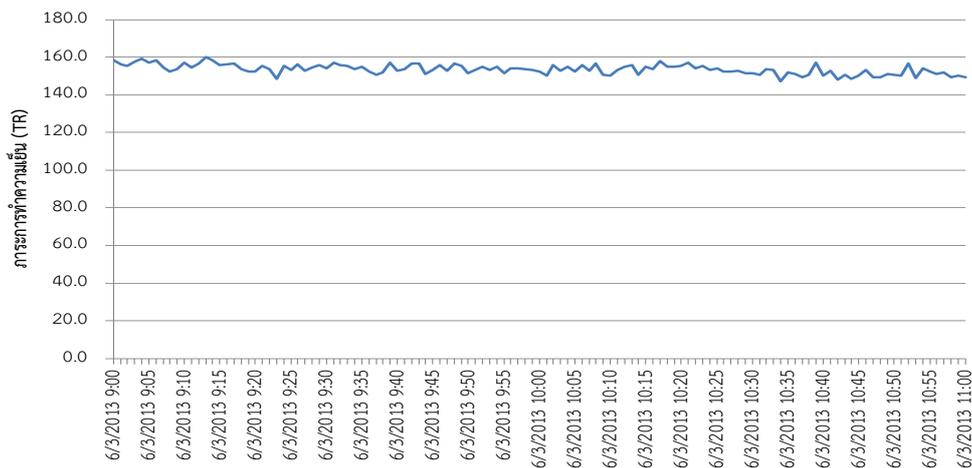
ตารางที่ 4.2. ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น

ลักษณะจำเพาะของเครื่องทำน้ำเย็น	รายละเอียด
ยี่ห้อ	Carrie
รุ่น	Ecological
รหัส	0340-410-0093
ชนิดคอมเพรสเซอร์	ลูกสูบ
ชนิดสารทำความเย็น	R134a
ชนิดการระบายความร้อน	อากาศ
แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ไฟฟ้า/เฟส	400/50/3
กระแสไฟฟ้า (RLA)	400.3
กำลังไฟฟ้า	194 kW
ความสามารถในการทำน้ำเย็น	150 TR
อัตราการไหลน้ำเย็น	360

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

พารามิเตอร์	ตัวแปร/สมการ	หน่วย	ข้อมูล		
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1. กำลังไฟฟ้า	$P_{CH} = P_{CH1} + P_{CH2}$	kW	166.04	169.71	161.69
● เครื่องทำน้ำเย็น 1	$P_{CH1}$	kW	89.62	91.68	87.50
● เครื่องทำน้ำเย็น 2	$P_{CH2}$	kW	76.42	79.02	74.08
2. อัตราการไหลน้ำเย็น	F	GPM	575.86	590.05	565.23
3. อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่าย	ECHWT	°F	45.14	46.13	44.69
4. อุณหภูมิน้ำเย็นด้านกลับ	LCHWT	°F	51.54	52.79	51.26
5. ภาระการทำความเย็น	$T = (\Delta T \times GPM)/24$	TR	153.55	159.88	147.02

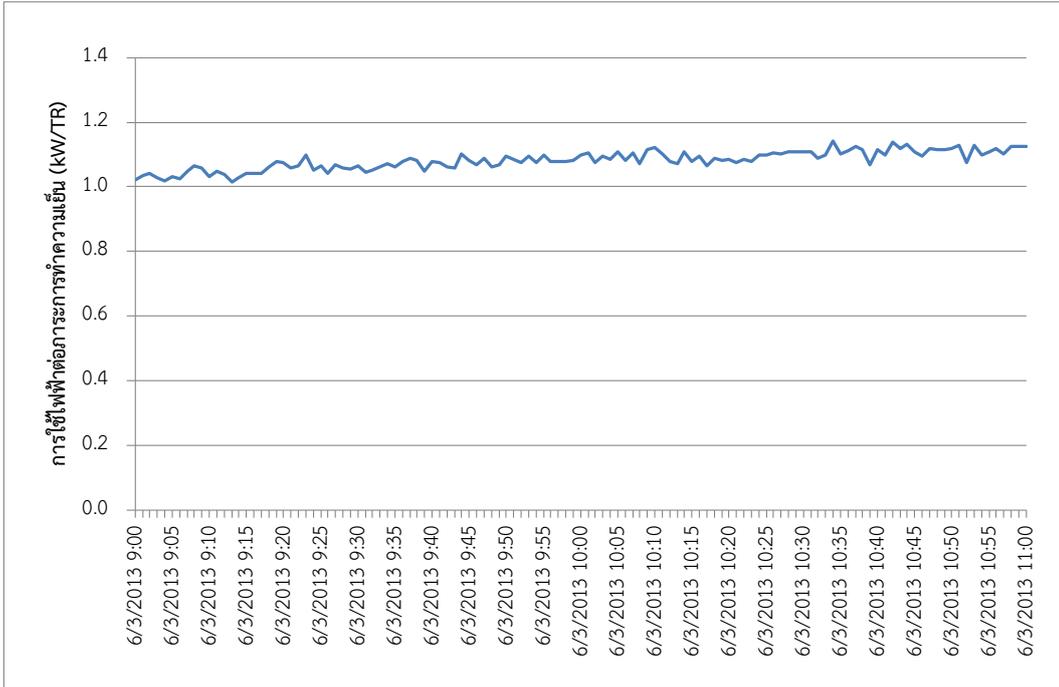
หมายเหตุ ขณะทำงานตรวจวัด compressor ชำรุด 1 ชุด (จาก compressor ทั้งหมด 4 ชุด)



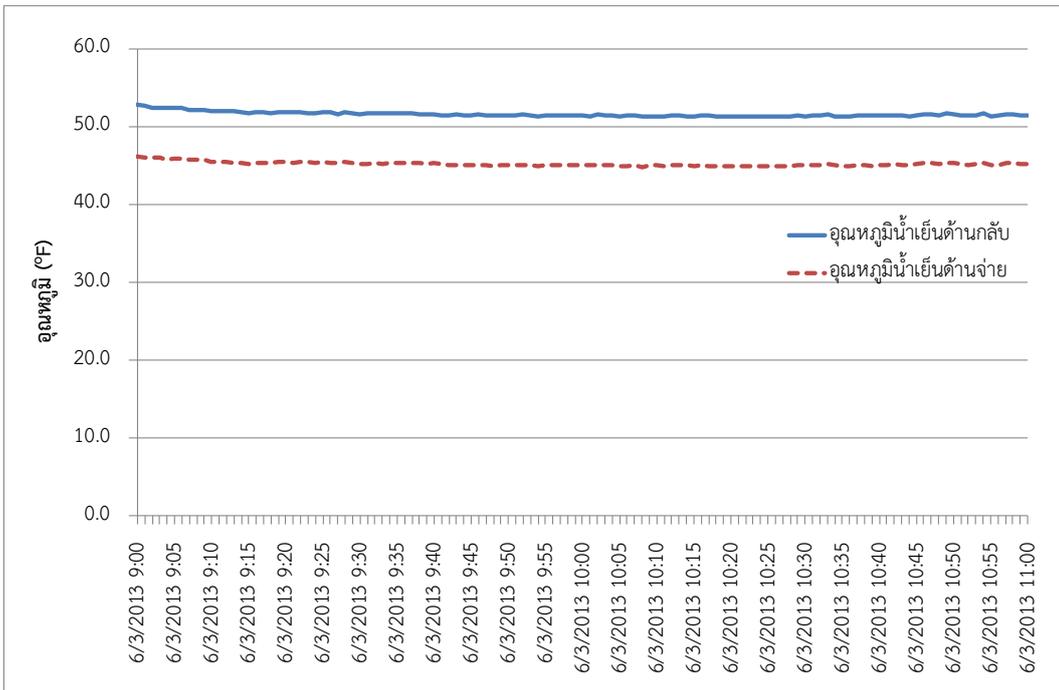
รูปที่ 4.13 ภาระการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็น



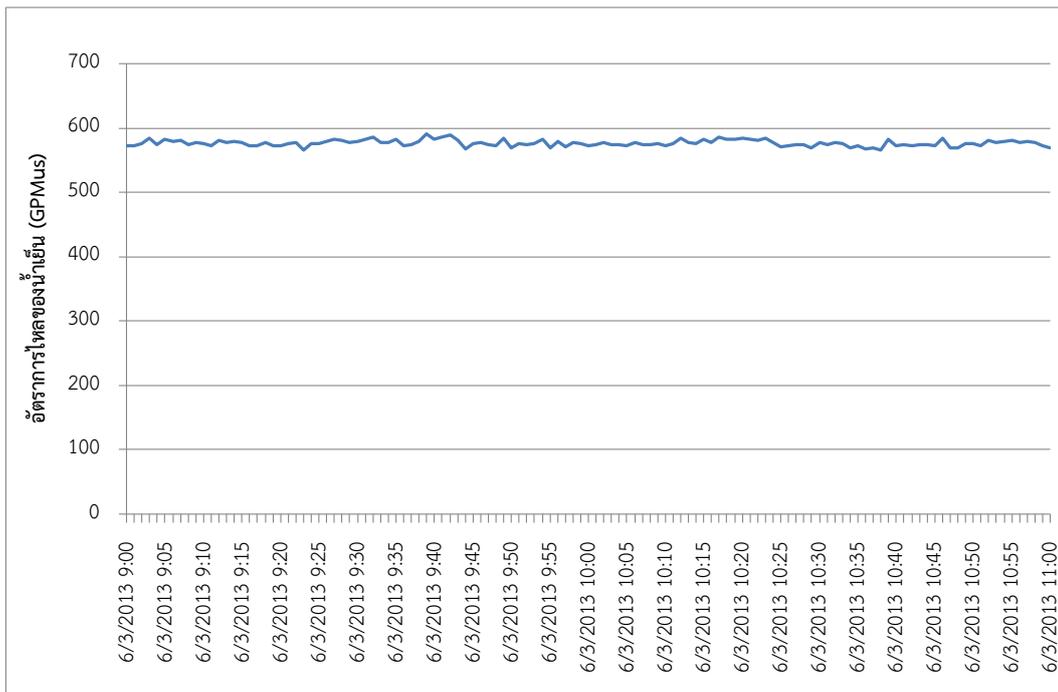
รูปที่ 4.14 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 4.15 ค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็น



รูปที่ 4.16 อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับของระบบทำน้ำเย็น



รูปที่ 4.17 อัตราการไหลของน้ำเย็นของระบบทำน้ำเย็น

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 4.3 อัตราการไหลของน้ำเย็น

พารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นจริง			
อัตราการไหลของน้ำเย็น		575.86	GPM
มาตรฐานการออกแบบ @ 2.4 G.P./MTons		720	GPM
ความแตกต่างของอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ตรวจวัดต่อการออกแบบ		20.02	%

### อุณหภูมิและปริมาณต้นความเย็น

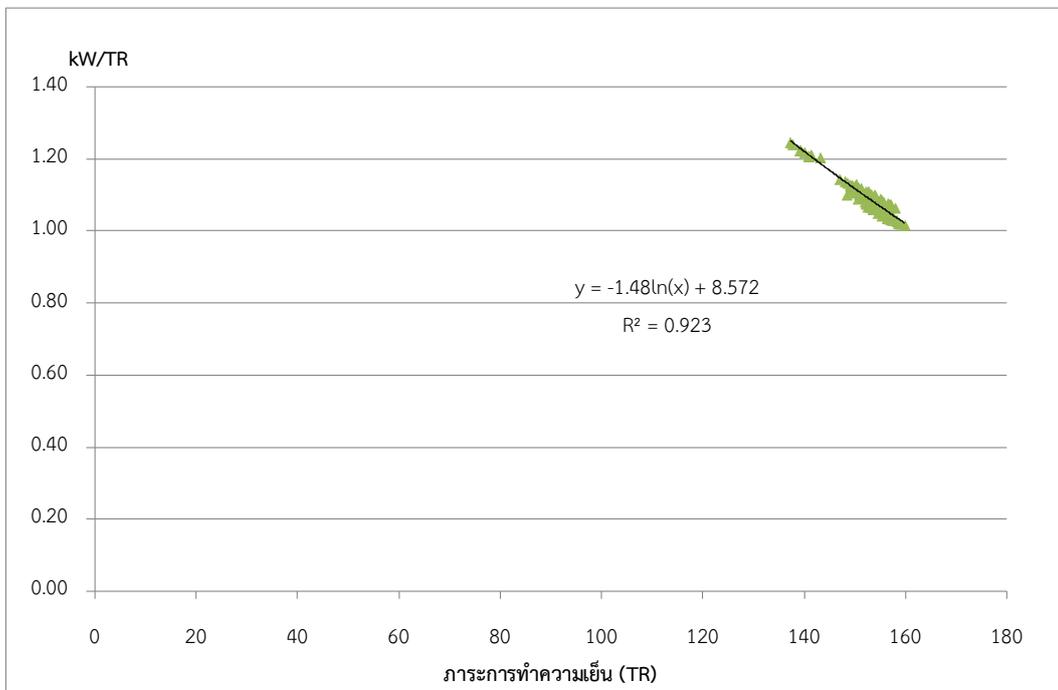
จากการตรวจวัดแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิปรับตั้งของเครื่องทำน้ำเย็น (Set-Point) ที่ 45°F และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่กลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็นโดยปกติไม่ควรเกิน 55 °F ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าไม่เกินกว่า 10 °F ที่สภาวะทำความเย็นเต็มพิกัดและอัตราการไหลของน้ำตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นจะพบว่าความสามารถทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ตรวจวัดจริงในช่วงระยะเวลาการสำรวจนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าพิกัดมาก

### ค่าที่ได้จากการตรวจวัด

อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายเครื่องทำน้ำเย็น	45.14	°F
อุณหภูมิน้ำเย็นด้านกลับเครื่องทำน้ำเย็น	51.54	°F
ผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็น	6.40	°F
ตันทำความเย็น	153.55	Tons
กำลังไฟฟ้า	166.04	kW

### การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น

จากการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้ง 2 เครื่อง เท่ากับ 166.04 กิโลวัตต์ และภาระการทำความเย็นของระบบ เท่ากับ 153.55 ตันทำความเย็น ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็น เท่ากับ 1.08 กิโลวัตต์/ตัน



รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ของค่ากิโลวัตต์ต่อตันกับภาระการทำความเย็น

ข้อมูลผลการคำนวณค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็นและภาระการทำความเย็นที่ได้จากการตรวจวัด ในช่วงวันที่ 6 มีนาคม 2556 เวลา 9:00น. - 11:00น. พบว่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นอยู่ในช่วง 147-160 ตัน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถนำมาสร้างสมการถดถอยได้ดังนี้

$$y = -1.48 \ln(x) + 8.572$$

โดยที่

y = ค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR)

x = ภาระการทำความเย็น (TR)

### สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ภาระการทำความเย็น} = \frac{\text{อัตราการไหลน้ำเย็น (GPM)} \times \text{ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับ (°F)}}{24}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็น หรือ กิโลวัตต์ต่อตัน

$$\text{KW/TR} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)}}{\text{ภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น)}}$$

$$\text{KW/ton} = 12/\text{EER}$$

$$\text{KW/ton} = 12/(\text{COP} \times 3.412)$$

$$\text{COP} = \text{EER}/3.412$$

$$\text{COP} = 12/(\text{KW/ton})/3.412$$

$$\text{EER} = 12/(\text{KW/ton})$$

$$\text{EER} = \text{COP} \times 3.412$$



รูปที่ 4.19 เครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 4.20 แสดงภาพการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 4.21 แสดงภาพการตรวจวัดอัตราการไหลของเครื่องทำน้ำเย็น

#### 4.3. ข้อมูลระบบแสงสว่าง

##### 4.3.1. ข้อมูลหลอดไฟ/โคมไฟ

ตารางที่ 4.3 สรุปพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง จาก 25 อาคาร

อาคาร	จำนวน หลอด	จำนวน โคม	กำลังไฟฟ้า ติดตั้ง (kW)	พลังงาน ไฟฟ้า kWh/ปี
อาคารเรียนรวม 1 (CB1)	88	88	49.33	83,861.00
อาคารเรียนรวม 2 (CB2)	113	95	122.63	208,464.20
อาคารเรียนรวม 3 (CB3)	262	262	230.78	392,329.40
อาคารเรียนรวม 4 (CB4)	307	307	228.92	389,169.10
อาคารเรียนรวม 5 (CB5)	228	228	150.29	255,489.60
อาคารอาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (INNO)	237	237	109.67	186,435.60
อาคารเรียนและปฏิบัติการคณะพลังงานและวัสดุ	247	247	126.13	214,421.00
อาคารคณะวิทยาศาสตร์ (SC)	169	169	34.02	57,834.00
อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ (SI)	77	77	36.52	62,087.40
อาคารจุลชีววิทยา (MI)	126	122	31.26	53,142.00
อาคารปฏิบัติการพื้นฐานวิทยาศาสตร์ (SCL)	400	401	207.17	352,189.00
อาคารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT)	145	145	47.32	80,444.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการทางศิลปศาสตร์ (LNG)	150	150	118.68	201,756.00
สำนักหอสมุด(LIB)	158	158	129.36	219,912.00
อาคารสำนักงานอธิการบดี	272	272	132.80	225,758.30

อาคาร	จำนวน หลอด	จำนวน โคม	กำลังไฟฟ้า ติดตั้ง (kW)	พลังงาน ไฟฟ้า kWh/ปี
อาคารภาษาและสังคมเดิม (LS)	25	25	16.00	27,196.60
หอพักนักศึกษาชาย (DMB)	615	615	59.68	101,456.00
หอพักนักศึกษาหญิง (DFB)	349	128	36.38	61,846.00
อาคารสัมมนา (SN)	160	159	16.42	27,914.00
อาคารส่วนอาคารและสถานที่ (BG)	37	37	10.06	17,095.20
อาคารพระจอมเกล้าราชานุสรณ์ 190 ปี	124	122	129.97	220,945.60
อาคารโรงประลองเทคโนโลยีและวัสดุ (EN)	53	53	18.42	31,307.20
อาคารภาควิชาเคมี (CH)	113	111	38.80	65,960.00
อาคารวิศวกรรมเคมี (CHE)	128	128	46.09	78,359.80
อาคารวิศวกรรม (ME 8 ชั้น)	231	231	170.06	289,108.80
อาคารอื่นๆ	125	150	34.33	58,354.20
	4,939	4,717	2,331	3,962,836

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี คำนวณจาก (ขนาดการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟ+ค่าการสูญเสียจากบัลลาสต์) × จำนวนหลอดไฟทั้งหมดที่สำรวจพบ × ชั่วโมงการทำงาน 8 ชม./วัน × 250 วันต่อปี × ค่า%O.F = 80

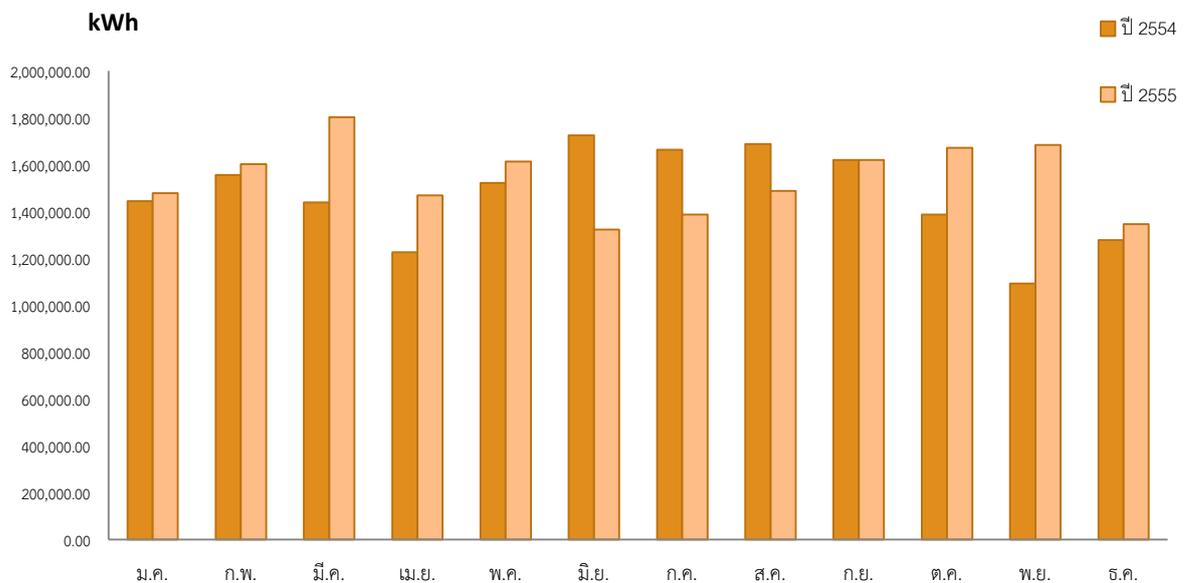
#### 4.4. ข้อมูลด้านการใช้พลังงาน

##### 4.4.1. ข้อมูลด้านการใช้พลังงาน ปี 2555

มจร. มีการใช้พลังงานในปี 2555 18,488,613kWh เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า พบว่าปริมาณการใช้พลังงานลดลง 845,771kWh คิดเป็นร้อยละ 4.57 ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีลักษณะมากน้อยตามภาคการศึกษา คือในช่วงปิดภาคเรียนการใช้พลังงานจะลดลงร้อยละ 12-14 จากค่าเฉลี่ยรายเดือน (1,540,717) ในปี 2555 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าแต่ละเดือนเป็นดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของ มจร. ในรอบปี 2555

เดือน	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้ารวม (บาท)
ม.ค.	1,479,027.00	5,219,956.71
ก.พ.	1,602,260.00	5,664,530.21
มี.ค.	1,802,278.00	6,351,401.76
เม.ย.	1,469,576.00	5,190,385.82
พ.ค.	1,613,013.00	5,678,509.97
มิ.ย.	1,322,930.00	4,926,693.12
ก.ค.	1,386,789.00	5,207,754.56
ส.ค.	1,488,720.00	5,605,420.62
ก.ย.	1,620,388.00	6,387,326.42
ต.ค.	1,672,427.00	7,373,946.39
พ.ย.	1,684,856.00	7,451,838.54
ธ.ค.	1,346,349.00	6,109,078.77
<b>รวม ปี 2555</b>	<b>18,488,613.00</b>	<b>71,166,842.89</b>



รูปที่ 4.22 ข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน ปี 2554 และปี 2555

ตารางที่ 4.5 เครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก ที่มีนัยสำคัญในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง

ระบบที่ใช้พลังงาน	ชื่อเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก	พิกัด		จำนวน	อายุการใช้งาน (ปี)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	
		ขนาด	หน่วย				ใช้งานจริง	หน่วย
ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	1. ซิลเลอร์สำนักหอสมุด	50	ตัน	3	14	4,800.00	6.4	kW/ton
	2. ซิลเลอร์อาคารพระจอมเกล้าราชานุสรณ์ 190 ปี	150	ตัน	2	14	64.58	0.45	kW/ton
	3. แฟ้คเกจยูนิต-อาคารสำนักงานอธิการบดี	300	ตัน	2	14	3,703.88	24.69	kW/ton
ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	4. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	ต่ำกว่า 12,001	BTU	9	> 20 ปี	10,014.55	8.35	kW/ton
	5. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	12,001 - 25,000	BTU	66	> 20 ปี	73,440.00	61.2	kW/ton
	6. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	25,001 - 35,000	BTU	19	> 20 ปี	21,141.82	17.62	kW/ton
	7. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	35,001 - 50,000	BTU	21	> 20 ปี	23,367.27	19.47	kW/ton
	8. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	50,001 - 60,000	BTU	5	> 20 ปี	4,909.09	4.09	kW/ton

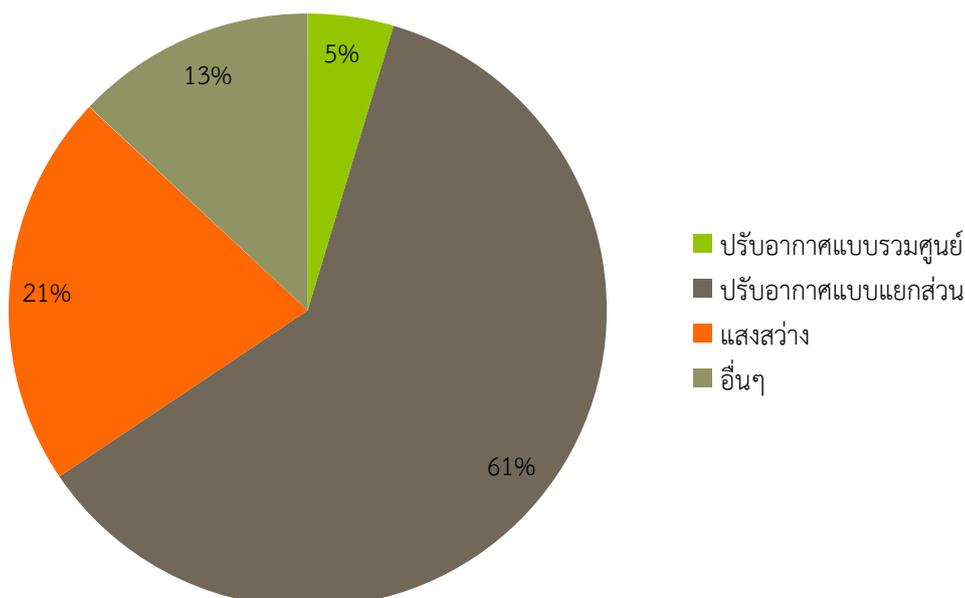
#### 4.4.2. สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลด้านอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญในการใช้พลังงานโดยเน้นระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ซึ่งรวมถึงเครื่องจักรอุปกรณ์ประกอบอาคาร ลิฟท์ ปั๊มน้ำ มอเตอร์ อุปกรณ์เครื่องมือวิจัย สำนักงาน ได้ผลสรุปดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของ มจร. ในรอบปี 2555

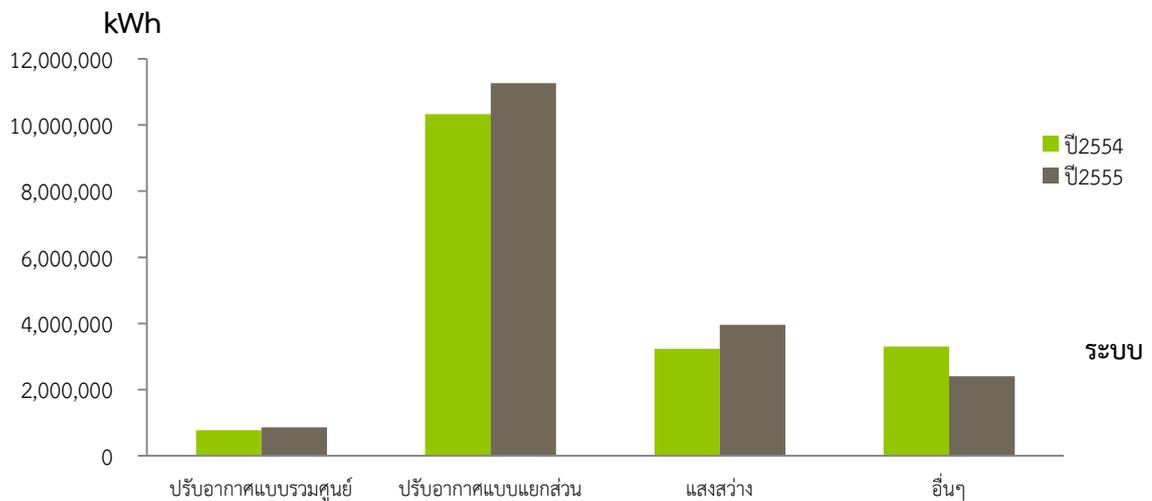
ระบบ	การใช้พลังงานไฟฟ้า		วิธีการ
	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	ร้อยละ	
ปรับอากาศแบบรวมศูนย์	858,899.66	4.65	ประเมิน
ปรับอากาศแบบแยกส่วน	11,262,804.22	60.92	ประเมิน
แสงสว่าง	3,962,836.00	21.43	ประเมิน
อื่นๆ	2,404,073.12	13.00	ประเมิน
รวม	18,488,613.00	100	

จากตารางพบว่า การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ และ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ใช้พลังงานทั้งสิ้น 12,121,703 kWh คิดเป็น 65.56% (โดยการประเมิน) ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ระบบแสงสว่างจากการสำรวจอุปกรณ์หลักในระบบ ได้แก่อำนาจหลอดไฟที่ใช้ในอาคาร และพื้นที่ส่วนกลาง ใช้พลังงานไฟฟ้า 3,962,836 kWh คิดเป็นร้อยละ 21.43 ระบบอื่นๆ ซึ่งต้องดำเนินการสำรวจโดยละเอียดต่อไปใช้พลังงาน 2,404,073 kWh หรือ 13.00%



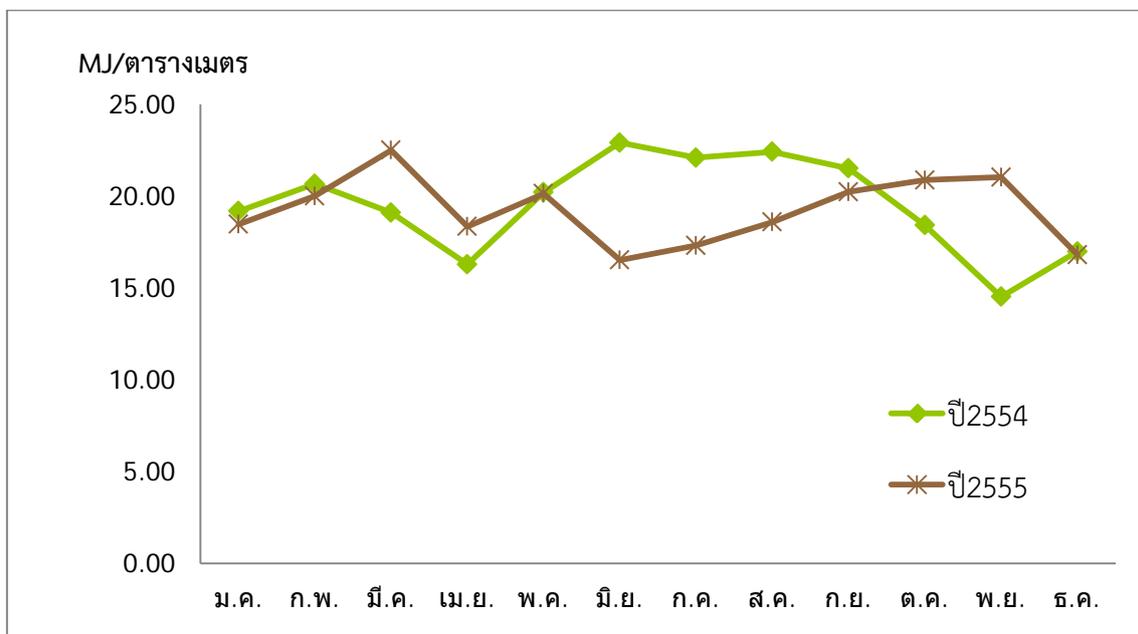
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนพลังงานกับปีก่อนหน้า ดังรูปที่ 4.3 พบว่า ในทุกระบบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า  
แยกระบบ เปรียบเทียบ ปี 2554 และปี 2555

#### 4.4.3. ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ



รูปที่ 4.25 ปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยที่ใช้งานจริงในรอบปี 2554 และปี 2555

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC หรือ Specific Energy Consumption) คือค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต ในที่นี้เทียบต่อหน่วยพื้นที่ของมหาวิทยาลัย พบว่าค่าการใช้พลังงานจำเพาะของพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย ปี 2555 เป็น 19.24 เมกะจูล/ตารางเมตร และมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปี 2554 (19.52 เมกะจูล/ตารางเมตร)

#### 4.4.4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหามาตรการ

ระบบปรับอากาศ มีการใช้พลังงาน 12,121,704 kWh/y หรือ 65.56 % ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด โดยเป็นพลังงานที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 11,262,804 kWh/y หรือ 60.92 % และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ 858,899.66 kWh/y หรือ 4.65 % จากการศึกษาพบว่า มาตรการที่เหมาะสม และสามารถนำมาใช้ใน มจร. ได้แก่การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศโดยล้างเครื่องปรับอากาศเป็นประจำทุก 3 เดือน และการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์จำนวน 3 เครื่องซึ่งคาดว่าจะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศลงได้ 8-12%

ระบบแสงสว่าง มีการใช้พลังงาน 3,962,836 kWh/y หรือ 21.43 % ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจากการศึกษามาตรการที่เหมาะสมในระบบแสงสว่างพบว่ายังไม่มีมาตรการใดน่าสนใจลงทุน เนื่องจาก มจร. มีการปรับเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูงเมื่อปี 2554