# การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศใน โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

# Preventive maintenance of air conditioner system in Naresuan University Hospital


นายเจษฎากร อุทธโยธา รหัสนิสิต 58362117

นายสุวรรณชัย แซ่โซ่ง รหัสนิสิต 58362926


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

## ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

**หัวข้อโครงงาน** : การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ผู้ดำเนินโครงงาน** : นายเจษฎากร อุทธโยธา รหัสนิสิต 58362117

: นายสุวรรณชัย แซ่โซ่ง รหัสนิสิต 58362926

**อาจารย์ปรึกษา** : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์

**ภาควิชา** : วิศวกรรมเครื่องกล

**ปีการศึกษา** : 2561

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

.....กรรมการ

(ดร. ปองพันธ์ โอทกานนท์)

**หัวข้อโครงงาน** : การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

**ผู้ดำเนินโครงงาน** : นายเจษฎากร อุทธโยธา รหัส 58362117

: นายสุวรรณชัย แซ่โซ่ง รหัส 58362926

**อาจารย์ปรึกษา** : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์

**สาขาวิชา** : วิศวกรรมเครื่องกล

**ภาควิชา** : วิศวกรรมเครื่องกล

**ปีการศึกษา** : 2561

.....

## บทคัดย่อ

โครงงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนและคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งคู่มือฉบับนี้จะเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้กับเจ้าหน้าที่ โดยการนำคู่มือไปใช้จะมีส่วนในการช่วยลดการชำรุดหรือเสียหายของอุปกรณ์ปรับอากาศและลดระยะเวลาในการแก้ไขปัญหาของเจ้าหน้าที่และลดต้นทุนในการเปลี่ยนใหม่ของอุปกรณ์

ในการดำเนินงานนั้นเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน รวมไปถึงศึกษาแบบของระบบปรับอากาศเพื่อจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ต่าง ๆจากนั้นสำรวจสถานที่ภายโรงพยาบาลและรับฟังปัญหาจากฝ่ายช่างเทคนิคซึ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์นั้นคือการวางแผนซ่อมบำรุงรักษาที่ล่าช้าและไม่ครอบคลุมอุปกรณ์ทั้งหมดต่อไปได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และวางแผนการซ่อมบำรุงจะพบว่ามีเฉพาะอุปกรณ์ขนาดใหญ่เท่านั้นที่มีแผนการซ่อมบำรุงรักษาส่งผลให้อุปกรณ์เสื่อมสภาพเร็วกว่าอายุการใช้งานดังนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ลักษณะการซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ให้ครอบคลุมอุปกรณ์ทั้งหมดและให้ความรู้เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ถูกวิธีให้แก่บุคคลกรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จากนั้นรวบรวมขั้นตอนการตรวจเช็คและซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันจากการค้นคว้าข้อมูลและสรุปออกมาเป็นขั้นตอนที่ถูกต้องเหมาะสมเพื่อนำมาจัดทำเป็นคู่มือและโปรแกรม (Excel) สำหรับใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งในโปรแกรม (Excel) นั้นจะประกอบไปด้วยตารางอุปกรณ์,ตารางตรวจเช็คอุปกรณ์,ใบตรวจเช็คอุปกรณ์,ตารางบันทึกข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษาและวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเป็นวิดีโอ เพื่อง่ายต่อความเข้าใจท้ายสุดจะนำโปรแกรมไปทดลองใช้ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไป

**Project title** : Preventive maintenance of air conditioner system

**Name** : Mr. Jessadakorn Uttayota ID. 58362117

: Mr. Suwannachai Saesong ID. 58362926

**Project advisor** : Asst. Prof. Dr. Ninnart Rachapradit

**Major** : Mechanical Engineering

**Department** : Mechanical Engineering

**Academic year** : 2018

.....

## Abstract

Preventive maintenance of air conditioning system project in Naresuan university hospital **Purpose:** Prepare preventive maintenance plan and handbook for Naresuan hospital university. This handbook will be guide for staffs in hospital to maintenance air conditioning. It will help to reduce equipment malfunction or damage devices. It will help staffs to save time to solve problem and cost down when change new equipment. **Materials and methods:** The operation start with study of theory and related research include air conditioning system to classify equipment. Survey in hospital after that and Listen the problems from the technician. The most problem is delayed maintenance planning and does not covers all equipment and only large equipment has been found that no maintenance plan as a result, the device deteriorates faster than its lifetime. Analysis and planning were about maintenance cover all equipment and provide preventive maintenance knowledge to staff in hospital. **Result:** Gather the checkup process and preventive maintenance from research and conclude the right step to make a handbook and program (Excel). The program composition with equipment schedule, checkup schedule, equipment checklist, maintenance record schedule and video maintenance method. Finally, the program will be test in Naresuan university hospital.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง “การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร” ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลกรหลายท่านซึ่งไม่อาจนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกใครขอขอบพระคุณคือท่าน ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเพื่อให้การเขียนโครงงานการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรนี้ออกมาสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบทั้งสองท่านได้แก่ รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์ และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของรูปเล่มโครงงาน

ขอขอบพระคุณหน่วยงานของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และให้ประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้เป็นอย่างดี ได้แก่

คุณทรงพล พันธุ์สุข (หัวหน้างานบริหารจัดการทรัพย์สิน)

คุณรัตนสินทร์ สงพูล (หัวหน้าหน่วยอาคารสถานที่และรักษาความปลอดภัย)

คุณวีรภัทร์ ทุ่งโพธิแดง (วิศวกร)

คุณเดชา ดีรักษา (ช่างเทคนิค)

คุณศรรักษ์ เมฆทัพ (ช่างเทคนิค)

คุณขวัญกมล ผลพิกุล (ช่างเทคนิค)

คุณชรินทร์ จาดน้อย (ช่างเทคนิค)

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา หาความรู้และการใช้สิ่งต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับโครงงานด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษา ช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้ศึกษาเสมอมาผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายเจษฎากร อุทธโยธา
นายสุวรรณชัย แซ่โซ่ง

เมษายน 2562

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| ใบรับรองโครงงาน | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูปภาพ | ฌ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตโครงงาน | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 ประเภทของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน | 3 |
| 2.2 ระบบปรับอากาศและการระบายอากาศ | 5 |
| 2.3 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ | 9 |
| 2.4 อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศและระบายอากาศแบบรวมศูนย์ | 15 |
| 2.5 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ | 30 |
| 2.6 สมการคำนวณที่เกี่ยวข้อง | 40 |
| 2.7 วรรณกรรมปริทัศน์ | 52 |

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 สถานที่ทำเดินการโครงการ 56

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 58

3.3 แผงผังงาน (Flowchart) 60

3.4 แผนการดำเนินการโครงงาน 61

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศและจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ 62

4.2 สำรวจสถานที่ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 65

4.3 วิเคราะห์และวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาร่วมกับบุคลากร 131

4.4 จัดทำคู่มือและโปรแกรมช่วยบุคลากรสำหรับใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 149

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา 150

5.2 ข้อเสนอแนะ 152

บรรณานุกรม 153

ภาคผนวก ก 155

ภาคผนวก ข 168

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ 173

# สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.1 หน้าที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั่วไป 6

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศ 11

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละส่วน 61

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 4.1 ตารางการจัดหมวดหมู่อุปกรณ์และจำนวนของอุปกรณ์ 63

ตารางที่ 4.2 กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารสิรินธร 72

ตารางที่ 4.3 กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารสิรินธร 81

ตารางที่ 4.4 ขนาดท่อลมและ Friction loss 85

ตารางที่ 4.5 กลุ่มการระบายอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารสิรินธร 87

ตารางที่ 4.6 กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 102

ตารางที่ 4.7 กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 106

ตารางที่ 4.8 กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 113

ตารางที่ 4.9 กลุ่มการระบายอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 115

ตารางที่ 4.10 กลุ่มการระบายอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 117

ตารางที่ 4.11 การซ่อมบำรุงรักษา CHILLER 132

ตารางที่ 4.12 การซ่อมบำรุงรักษา COOLING TOWER 133

ตารางที่ 4.13 การซ่อมบำรุงรักษา PUMP 134

ตารางที่ 4.14 การซ่อมบำรุงรักษา AIR HANDING UNIT 134

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.15 การซ่อมบำรุงรักษา FAN COIL UNIT 135

ตารางที่ 4.16 การซ่อมบำรุงรักษา FAN 135

ตารางที่ 4.17 ตารางโหลดความร้อนภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 136

ตารางที่ 4.18 ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLER อาคารสิรินธร 137

ตารางที่ 4.19 ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLED PUMP อาคารสิรินธร 138

ตารางที่ 4.20 ตารางการตรวจวัดค่าของ CONDENSER PUMP อาคารสิรินธร 141

ตารางที่ 4.21 ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLER อาคารเฉลิมพระเกียรติ 143

ตารางที่ 4.22 ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLED PUMP อาคารเฉลิมพระเกียรติ 144

ตารางที่ 4.23 ตารางการตรวจวัดค่าของ CONDENSER PUMP อาคารเฉลิมพระเกียรติ 147

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 2.1 แผนภาพวงจรระบบปรับอากาศภายในอาคารขนาดใหญ่ 7

รูปที่ 2.2 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ 8

รูปที่ 2.3 การระบายอากาศโดยวิธีทางกล 8

รูปที่ 2.4 A large centrifugal chiller 15

รูปที่ 2.5 Centrifugal water chiller detail Trane 17

รูปที่ 2.6 Centrifugal water chiller detail York 17

รูปที่ 2.7 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ 18

รูปที่ 2.8 Flooded evaporator cut-away 19

รูปที่ 2.9 Strainer 20

รูปที่ 2.10 OE Series 21

รูปที่ 2.11 หอผึ่งน้ำ แบบน้ำและอากาศไหลสวนทาง (Counter Flow) 22

รูปที่ 2.12 หอผึ่งน้ำ แบบน้ำและอากาศไหลแบบตั้งฉากกัน (Cross Flow) 22

รูปที่ 2.13 Fan Coil Unit 24

รูปที่ 2.14 Air Handling Unit 25

รูปที่ 2.15 Centrifugal pump 26

รูปที่ 2.16 Pre-Filters 28

รูปที่ 2.17 Medium Filters 28

รูปที่ 2.18 HEPA Filter 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

รูปที่ 3.1 อาคารสิรินธร โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 57

รูปที่ 3.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 57

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน


รูปที่ 4.1 โซนที่ไม่มีการเติม Fresh Air 64

รูปที่ 4.2 ความสะอาดบริเวณ Chiller ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 66

รูปที่ 4.3 บริเวณท่อส่งน้ำเย็นของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 66

รูปที่ 4.4 บริเวณแผงควบคุมของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 67

รูปที่ 4.5 บริเวณ Cooling Tower ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 67

รูปที่ 4.6 บริเวณ Condensate Pump ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 68

รูปที่ 4.7 บริเวณ Chill Pump ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 68

รูปที่ 4.8 คราบสนิมบริเวณ Chill Pump ของอาคารสิรินธร 69

รูปที่ 4.9 บริเวณ Condensate Pump ของอาคารสิรินธร 69

รูปที่ 4.10 บริเวณรอบๆ Chiller ของอาคารสิรินธร 70

รูปที่ 4.11 สนิมที่เกาะติดบริเวณท่อส่งน้ำเย็นของอาคารสิรินธร 70

รูปที่ 4.12 Cooling Tower ของอาคารสิรินธร 70

รูปที่ 4.13 ก่อนเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น ในแบบแปลน 80

รูปที่ 4.14 หลังเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น ในแบบแปลน 80

รูปที่ 4.15 ก่อนเพิ่มท่อลมและพัดลมลงในแบบแปลน 84

รูปที่ 4.16 หลังเพิ่มท่อลมและพัดลมลงในแบบแปลน 84

รูปที่ 4.17 กราฟแรงเสียดทานสำหรับท่อกลม 85

รูปที่ 4.18 กราฟขนาดท่อเหลี่ยม 86

รูปที่ 4.19 ก่อนเพิ่มพัดลมระบายอากาศออกจากอาคารลงในแบบแปลน 101

รูปที่ 4.20 หลังเพิ่มพัดลมระบายอากาศออกจากอาคารลงในแบบแปลน 101

รูปที่ 4.21 ร่วมแสดงความคิดเห็นปัญหาในห้องคลีนรูม 131

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.22 ประชุมวางแผนการจัดทำคู่มือการซ่อมบำรุงรักษา 131

รูปที่ 4.23 กราฟปั๊มของ CHILLED PUMP 139

รูปที่ 4.24 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นตามข้อกาหนดกฎกระทรวง 140

รูปที่ 4.25 กราฟปั๊มของ CONDENSER PUMP 142

รูปที่ 4.26 กราฟปั๊มของ CHILLED PUMP 145

รูปที่ 4.27 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นตามข้อกาหนดกฎกระทรวง 146

รูปที่ 4.28 กราฟปั๊มของ CONDENSER PUMP 148

รูปที่ 4.29 แผนผังการทำงานของคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 149

ภาคผนวก ก

รูปที่ ก.1 โฟลเดอร์ของโปรแกรม Preventive maintenance 156

รูปที่ ก.2 เอกสารประกอบ และ ตัว โปรแกรม Preventive maintenance 156

รูปที่ ก.3 หน้าปกโปรแกรม Preventive maintenance 157

รูปที่ ก.4 แผนผังอุปกรณ์อาคารสิรินธร 157

รูปที่ ก.5 แผนผังอุปกรณ์อาคารเฉลิมพระเกียรติ 158

รูปที่ ก.6 รายละเอียดของอาคารสิรินธร 158

รูปที่ ก.7 รายละเอียดของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 159

รูปที่ ก.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 159

รูปที่ ก.9 รายละเอียดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 160

รูปที่ ก.10 รายละเอียดของหลักการซ่อมบำรุง 160

รูปที่ ก.11 สมการคำนวณที่เกี่ยวข้อง 161

รูปที่ ก.12 รายละเอียดการ PM PLANE อาคารสิรินธร 161

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.13 รายละเอียดการ PM PLANE อาคารเฉลิมพระเกียรติ 162

รูปที่ ก.14 ตารางตรวจเช็คประจำวัน 162

รูปที่ ก.15 รายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปีของอาคารสิรินธร 163

รูปที่ ก.16 รายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปีของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 163

รูปที่ ก.17 รายละเอียดของการตรวจสอบประจำปี 164

รูปที่ ก.18 ลักษณะของวิดีโอที่เกี่ยวข้อง 164

รูปที่ ก.19 ตารางบันทึกการบำรุงรักษา 165

รูปที่ ก.20 รายละเอียดของอุปกรณ์ 165

รูปที่ ก.21 ตารางข้อมูลอุปกรณ์อาคารสิรินธร 166

รูปที่ ก.22 ตารางข้อมูลอุปกรณ์อาคารเฉลิมพระเกียรติ 166

รูปที่ ก.23 ประวัติการซ่อมของอาคารสิรินธร 167

รูปที่ ก.24 ประวัติการซ่อมของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 167

ภาคผนวก ข

รูปที่ ข.1 การตรวจเช็คค่าจาก Chiller 169

รูปที่ ข.2 ลักษณะห้องผู้ป่วยนอก OPD 169

รูปที่ ข.3 ผู้ป่วยนอก OPD จุด1 (หน้าห้องตรวจ 4-6) 170

รูปที่ ข.4 ผู้ป่วยนอก OPD จุด2 (หน้าห้องตรวจ 9-12) 170

รูปที่ ข.5 ตรวจวัดค่า CO2 ด่านฟ้าโรงพยาบาล 171

รูปที่ ข.6 ตรวจวัดค่า CO2 ผู้ป่วยนอก (OPD) จุด2 และชั้น4เหนือห้อง OPD 171

รูปที่ ข.7 ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ฝ่ายงานอาคารสถานที่ 172

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนั้นจะปฏิเสธไม่ได้เลยว่าเครื่องปรับอากาศเป็นสิ่งจำเป็น อันเนื่องมาจากสภาพอากาศที่ร้อนชื้นเพื่อให้มนุษย์สามารถอยู่ในสภาพอากาศนั้น ๆได้อย่างสบาย โรงพยาบาลก็เป็นอีกสถานที่หนึ่งที่จำเป็นต้องมีระบบปรับอากาศที่ดี เพราะในโรงพยาบาลนั้นจะคำนึงถึงความสะอาดและสบายเป็นอันดับแรก ดังนั้นควรให้ความสำคัญในทุก ๆด้านโดยเฉพาะวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพราะในระบบปรับอากาศนั้นมีอุปกรณ์หลากหลายมากมาย ในปัจจุบันนั้นในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรยังขาดบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยตรง บุคคลากรส่วนใหญ่ไม่มีความรู้มากพอ มักจะแก้ปัญหาที่ปลายเหตุก่อน ดังนั้นกว่าจะรู้ถึงปัญหาที่แท้จริงนั้นเวลาก็ผ่านไปนานแล้ว ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นก็ยิ่งทวีคูณ ส่งผลให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มีปัญหามากมายตามมา เช่น อายุการใช้งานที่สั้นลง ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาสูง และที่สำคัญหากระบบปรับอากาศไม่สมบูรณ์ก็อาจส่งผลทำให้ผู้ป่วยติดเชื้อได้ ซึ่งผู้จัดทำได้เล็งเห็นปัญหานี้จึงวางแผนจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งจะประกอบด้วยการตรวจเช็คและกำหนดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆให้โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

Preventive Maintenance เป็นการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและหลีกเลี่ยงการเกิดเหตุขัดข้องที่คาดไม่ถึงอีกทั้งยังลดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการวางแผนตามอายุการงานของอุปกรณ์แต่ละตัว เพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

โครงงานนี้ผู้จัดทำได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศมาจัดทำเป็นแผนและคู่มือเพื่อนำไปทดลองใช้ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งผู้จัดทำคาดหวังว่าจะสามารถปรับปรุงอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และจะช่วยลดปัญหาต่าง ๆให้น้อยลงได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำแผนและคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศโดยจะทำออกมาในรูปของโปรแกรม Excel ให้กับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

- ระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

- จัดทำคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศรวมถึงการทำความเย็นแต่ละชนิดรวมไปถึงอุปกรณ์ต่าง ๆในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์อีกด้วย

- ทราบปัญหาต่าง ๆที่เกิดขึ้นในระบบปรับอากาศ และสามารถแก้ปัญหาได้

- สามารถทำการซ่อมบำรุงได้อย่างมีมาตรฐาน ถูกต้อง แม่นยำและช่วยลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงของเจ้าหน้าที่ในการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร

- เป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่ประกอบอาชีพเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ

- เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำระบบป้องกันบำรุงรักษาของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากเกิดปัญหาของระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเกี่ยวข้องกับทั้งบุคคลภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ทำให้คณะผู้จัดทำเห็นถึงปัญหาที่จะส่งผลระยะยาวสู่คนหมู่มาก ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีความตั้งใจที่จะรวบรวมข้อมูลและแนวทางการแก้ไขปัญหาการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศชนิดต่าง ๆที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยนเรศวรในทางทฤษฎี โดยคณะผู้จัดทำจะต้องทราบตั้งแต่การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันคืออะไรและเกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศของแต่ละชนิดว่ามีลักษณะการทำงานอย่างไร อีกทั้งยังเกี่ยวเนื่องกับข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันของระบบปรับอากาศของแต่ละชนิด โดยส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงประเภทของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทฤษฎีการปรับอากาศ ระบบและชนิดการปรับอากาศ ตารางเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศและระบายอากาศแบบรวมศูนย์ดังนี้

## 2.1 ประเภทของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน [1]

การซ่อมบำรุงมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้าหากเครื่องจักรหรือวัสดุชิ้นสำคัญชำรุดหรือเสียหายเพียงหนึ่งเครื่องหรือเพียงชิ้นเดียวก็อาจสามารถส่งผลกระทบต่อองค์กรและผลกำไรของธุรกิจเป็นอย่างมาก ซึ่งการซ่อมบำรุงนั้นมีอยู่หลากหลายประเภททั้งทำเพื่อให้เครื่องจักรหรือวัสดุชิ้นสำคัญชิ้นนั้นสามารถกลับมาใช้งานได้ปกติหรือต่ออายุให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการชำรุดหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โดยจากการศึกษาข้อมูลของผู้จัดทำพบว่า การซ่อมบำรุงมีหลากหลายประเภทโดยแบ่งออกตามลักษณะได้ทั้งหมด 3 ลักษณะได้แก่

### 2.1.1 การซ่อมบำรุงรักษาตามระยะเวลาหรือการซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำ (Periodic or Routine Maintenance)

เป็นการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือน หรือประจำปี โดยการซ่อมบำรุงลักษณะนี้จะดำเนินการอยู่เป็นระยะ ๆ ผ่านการตรวจสอบ ทำความสะอาดอุปกรณ์และเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อป้องกันความเสียหายอย่างฉับพลัน หรือเกิดปัญหาต่อกระบวนการผลิต โดยพนักงานปฏิบัติการกับเครื่องจักรหรือพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงจะเป็นผู้ดำเนินการเอง

ซึ่งเป็นงานที่ทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากหรือสลับซับซ้อนมากเกินไป เช่น การหล่อลื่นเครื่องจักร การสังเกต การทำความสะอาดเครื่องจักร การตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติ การปรับแต่งหรือแก้ไขเพียงเล็กน้อย เป็นต้น

**2.1.2 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)**

เป็นการวางแผนโดยกำหนดระยะเวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ [9] เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น เป็นการวางแผนการป้องกันไว้ล่วงหน้าทำให้ไม่ต้องหยุดการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์แบบฉุกเฉิน ปกติแล้วระยะเวลาในการทำงานสามารถหาข้อมูลอ้างอิงได้จากคู่มือของผู้ผลิตหรือทั้งจากแผนการบำรุงรักษาใช้งานอยู่และทั้งวางแผนขึ้นมาใหม่ ซึ่งข้อดีของการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันก็คือ สามารถทำการวางแผนการบำรุงรักษาและแผนการใช้เครื่องจักรได้ง่ายมากกว่าเดิม โดยทั่วไปมักจะปฏิบัติตามคู่มือผู้ผลิต ทำให้สามารถใช้งานเครื่องจักรได้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลของแผนการบำรุงรักษาตามคู่มือผู้ผลิตหรือที่วางแผนไว้

**2.1.3 การซ่อมบำรุงในส่วนที่ได้รับความเสียหาย (Breakdown Maintenance)**

เป็นการซ่อมบำรุงที่จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นเกิดความเสียหายขึ้น โดยหากเครื่องจักรยังไม่เกิดความเสียหายก็ยังจะไม่ซ่อม ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนมอเตอร์ 1 ตัวในเครื่องจักร 1 เครื่องซึ่งมันมีข้อดีคือเราได้ใช้มอเตอร์จนมันหมดสภาพการทำงาน แต่ความเสียหายหรือการชำรุดแบบนี้เราไม่สามารถรู้ได้เลยว่ามันจะเกิดขึ้นเมื่อใด เพราะในบางช่วงเวลามันอาจส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อธุรกิจหรือองค์กรอย่างมากก็ได้ การซ่อมบำรุงแบบนี้จึงทำให้ผู้ประกอบการไม่อยากให้เกิดขึ้นมากที่สุด

ซึ่งคณะผู้จัดทำจะทำการซ่อมบำรุงเชิงรักษา (Preventive Maintenance) ซึ่งเป็นการซ่อมบำรุงเครื่องจักรโดยมีการวางแผนไว้ก่อนโดยจะทำการซ่อมบำรุงตามรอบเวลา เช่น การซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศชนิด Spilt type ที่ต้องล้างทุก 6 เดือน ซึ่งการซ่อมบำรุงแบบนี้จะทำให้เครื่องจักรที่ใช้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งานอยู่เสมอ โดยประโยชน์หรือข้อดีของการซ่อมบำรุงเชิงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) มีดังนี้

ก.เพื่อทำให้อุปกรณ์คงอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา คือการบำรุงรักษาที่กระทำก่อนที่อุปกรณ์จะเกิดการชำรุดเสียหาย

ข.เพื่อแก้ไขซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดให้กลับมาอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้

ค.เพื่อความไว้วางใจหรือความเชื่อถือในการใช้อุปกรณ์,เครื่องปรับอากาศ

ง.ลดค่าใช้จ่ายจากการซ่อมบำรุง เมื่องานซ่อมบำรุงมีระบบ มีการวางแผน ที่ดีจัดทำ Task ได้เหมาะสม การจัดสรรกำลังคน วัสดุ อะไหล่ รวมทั้งระยะเวลาการซ่อมก็เป็นไปอย่างรัดกุม และมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถควบคุมค่าใช้จ่าย ลดความสิ้นเปลืองที่ไม่จำเป็นได้

จ.ลดจำนวนหรือความถี่ของอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศที่เกิดความขัดข้องเสียหาย โดยมีการวางแผนงานล่วงหน้าตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ก่อนที่จะมีเหตุทำให้เกิดการชำรุดเกิดความเสียหายหรือขัดข้องขึ้น

ฉ.ลดจำนวนงานที่ค้าง การวางแผนงานที่ดีที่เหมาะสม จะทำให้งานสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย จำนวนงานที่ค้างไว้ก็จะน้อยลงหรือไม่มีเลย

ในส่วนของข้อด้อยหรือข้อเสียของการซ่อมบำรุงเชิงรักษา (Preventive Maintenance) ในบางครั้งเราอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมหรือเปลี่ยนอะไหล่ตามระยะเวลาซึ่ง อะไหล่ชิ้นนั้นอาจยังไม่เสียหรือยังสามารถใช้ได้หรือยังไม่เสื่อมสภาพทั้งหมด

## 2.2 ระบบปรับอากาศและการระบายอากาศ

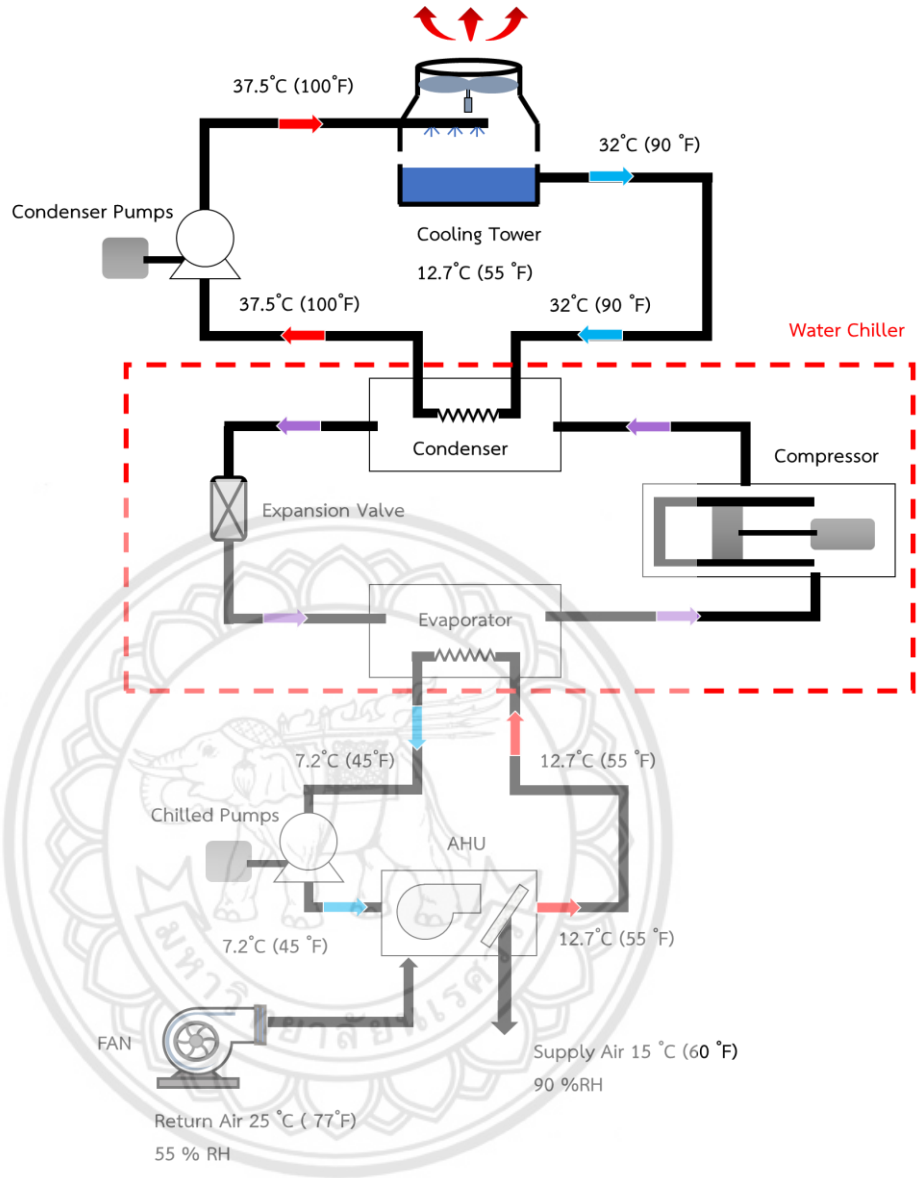
### 2.2.1 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศส่วนใหญ่มีการใช้สารเคมีทำความเย็นจำพวก R22 หรือ R134a ในระบบปิด โดยทำหน้าที่ [8] เป็นสารดูดและคายความร้อนจากอากาศ เมื่อสารทำความเย็นได้รับความร้อนภายในห้อง จากการส่งผ่านความร้อนในห้องเข้าสู่สารทำความเย็นในท่อแล้ว สารทำความเย็นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายนอกอาคาร (คอนเดนเซอร์และคอมเพรสเซอร์) และเมื่อสารทำความเย็นมีการเย็นตัวลง สารดังกล่าวจะถูกลำเลียงไปยังภายในอาคารอีกครั้ง เพื่อใช้พัดลมในการส่งผ่านความเย็นจากสารทำความเย็นนั้นสู่ภายในห้องต่อไป ทั้งนี้สารทำความเย็นทั้งหมดจะอยู่ในท่อทองแดงปิด และใช้การแลกเปลี่ยนความร้อนในการนำพาความร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร

**ตารางที่ 2.1** หน้าที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั่วไป [2]

| ชนิดอุปกรณ์ | หน้าที่ | ลักษณะการทำงาน |
|---|---|---|
| อีวาโปเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (Evaporator) | ดึงความร้อนจากอากาศ | ดึงความร้อนโดยการใช้สารทำความเย็นที่อยู่ในคอยล์เย็นทำให้อากาศร้อนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอากาศที่เย็น |
| แอ็คเพนชั่นวาล์ว (Expansion valve) | ควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็น | ควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลไปยังอีวาโปเรเตอร์ตามต้องการซึ่งจะควบคุมโดยการรับสัญญาณอุณหภูมิที่ท่อทางออก |
| คอมเพรสเซอร์ (Compressor) | ทำหน้าที่เพิ่มความดันและอุณหภูมิ | อัดไอสารทำความเย็นซึ่งมีความดันและอุณหภูมิ |
| คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser) | ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น | โดยเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นจากไอที่ความดันสูง อุณหภูมิสูงให้เป็นของเหลวความดันสูง อุณหภูมิสูง |
| วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) | ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็น | โดยเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นจากของเหลวที่ความดันสูง อุณหภูมิสูงให้เป็นของเหลวผสมความดันต่ำอุณหภูมิต่ำ |

อย่างไรก็ตามการทำความเย็นของอาคารขนาดใหญ่ [9] อาจมีความแตกต่างกันไปและเพื่อลดค่าใช้จ่าย อาคารขนาดใหญ่จึงเลือกใช้น้ำสำหรับการหล่อเย็น เพื่อทดแทนสารทำความเย็นที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและใช้หอทำความเย็น (Cooling Tower) ในการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำแทนคอนเดนเซอร์และคอมเพรสเซอร์น้ำเย็นดังกล่าวจะถูกลำเลียงเข้าสู่อาคารและส่งไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ที่มีการจ่ายความเย็นเข้าสู่ภายในอาคารและถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ส่งผลให้น้ำมีความร้อนสูงขึ้นแล้วไหลกลับไปยังระบบหอทำความเย็นต่อไป เช่นเดียวกับระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.1




**รูปที่ 2.1** แผนภาพวงจรระบบปรับอากาศภายในอาคารขนาดใหญ่

2.2.2 การระบายอากาศ [2,3]

การระบายอากาศ เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคาร เพื่อทำให้สภาพอากาศภายในอาคารไม่มีความเข้มข้นของมลพิษในปริมาณที่มากเกินไป อีกทั้งยังเป็นการระบายหรือเจือจางสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆจากภายในตัวอาคารออกสู่ภายนอก โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

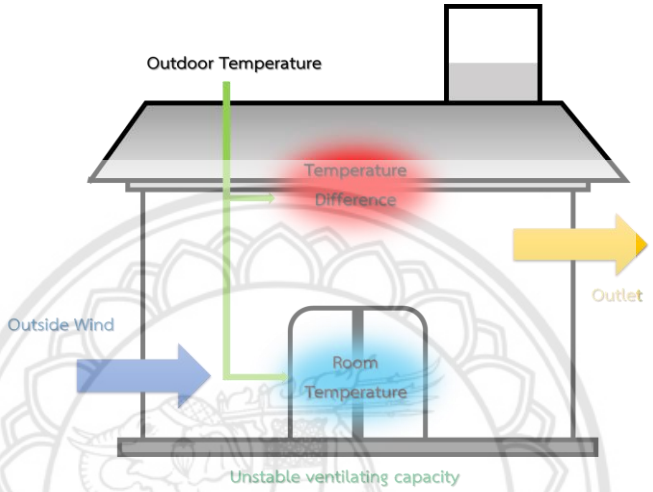
ก. เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัย

ข. ลดความเข้มของกลิ่นหรือขจัดให้หมดไป

ค. ทำให้ความชื้นที่พื้นผิวระเหยง่ายขึ้น

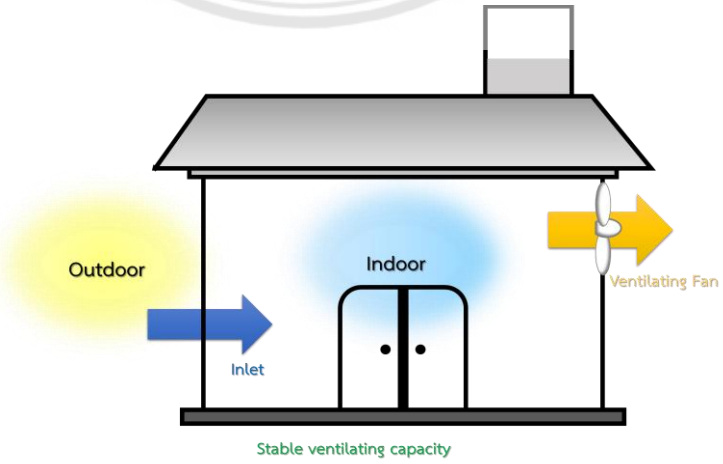
โดยการระบายอากาศนั้นสามารถจำแนกและแบ่งตามลักษณะทางกายภาพเป็น 2 รูปแบบ คือ การระบายอากาศโดยธรรมชาติ และการระบายอากาศเชิงกล

ก. การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) อาศัยธรรมชาติทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันใน 2 พื้นที่อากาศจึงเคลื่อนที่จากที่มีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่มีความดันบรรยากาศต่ำ ดังรูปที่ 2.2




รูปที่ 2.2 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ

ข. การระบายอากาศโดยวิธีทางกล (Mechanism Ventilation) การระบายอากาศโดยวิธีกล เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกลในการดึงอากาศ เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหวหมุนเวียน ดังรูปที่ 2.3




**รูปที่ 2.3** การระบายอากาศโดยวิธีทางกล

## 2.3 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ [3]

### 2.3.1 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type Air Conditioning)

เป็นเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างจากชนิดอื่นโดยที่มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอยล์ร้อนหรือชุดควบแน่น (Condenser) วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) และคอยล์เย็น (Evaporator) ครบถ้วนและรวมเอาอุปกรณ์ทุกอย่างไว้ในชุดเดียวกัน โดยเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างจะติดตั้งยึดไว้กับขอบหน้าต่างแล้วหันด้านท้ายซึ่งเป็นด้านลมร้อนและด้านระบายน้ำทิ้งออกนอกอาคาร ในปัจจุบันได้ลดความนิยมใช้ลงไปมาก เพราะข้อด้อยในหลายๆด้าน ซึ่งหลักๆที่ไม่นิยมก็เพราะว่ามันมีเสียงดังขณะทำงาน

### 2.3.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioning)

เป็นเครื่องปรับอากาศประกอบสำเร็จจากโรงงานผู้ผลิต โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- หน่วยเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) หรือหน่วยแฟนคอยล์ (Fan Coil Unit, FCU) จะติดตั้งไว้ภายในห้อง เป็นส่วนที่ทำความเย็นให้แก่ห้อง ประกอบด้วยคอยล์เย็นและพัดลมส่งลมเย็น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยภายในห้อง (Indoor Unit)

- หน่วยคอยล์ร้อน (Condenser Unit, CDU) จะติดตั้งไว้บริเวณนอกห้องหรือนอกอาคาร เป็นส่วนที่ใช้ระบายความร้อนที่รับมาจากภายในห้องออกทิ้งสู่บรรยากาศ ประกอบด้วยคอยล์ร้อน พัดลมระบายความร้อน และคอมเพรสเซอร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยภายนอกห้อง (Outdoor Unit)

โดย CDU จำนวน 1 ชุด อาจใช้ร่วมกับ AHU หรือ FCU มากกว่า 1 ชุดก็ได้ ในส่วนของวาล์วลดความดันนั้นอาจติดตั้งอยู่ที่ CDU หรือ FCU ก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ

### 2.3.3 เครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Air Conditioning)

มีลักษณะคล้ายคลึงกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย Indoor Unit และ Outdoor Unit แต่ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุดนี้จะมีค่ามากกว่าแบบแยกส่วนและการระบายความร้อนจะมี 2 ประเภท คือ เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package, ACP) และเครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package, WCP)

### 2.3.4 ระบบปรับอากาศชนิด VRV (Variable refrigerant volume) หรือ VRF

ลักษณะของระบบ เป็นระบบปรับอากาศที่คล้ายแบบแยกส่วนคือ แยกส่วนของคอยล์เย็นและคอยล์ร้อน โดยแบบ VRV นี้จะเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่คือ คอยล์ร้อนและคอนเดนเซอร์ตัวเดียวแต่สามารถเดินไปหาคอยล์เย็นได้หลายจุดโดยจะใช้การเดินท่อทองแดงไปส่งสารทำความเย็นตามจุดต่าง ๆ โดยสามารถปรับปริมาณสารทำความเย็นตามโหลดความร้อนจริง

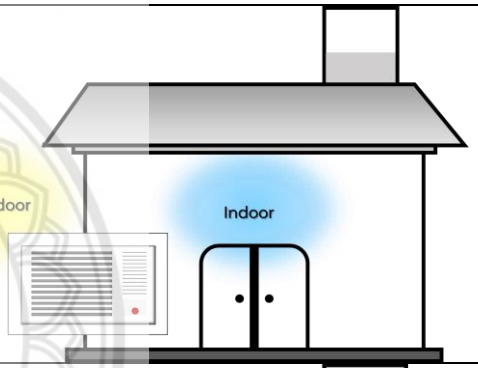
### 2.3.5 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ (Central Air Conditioning)[2]

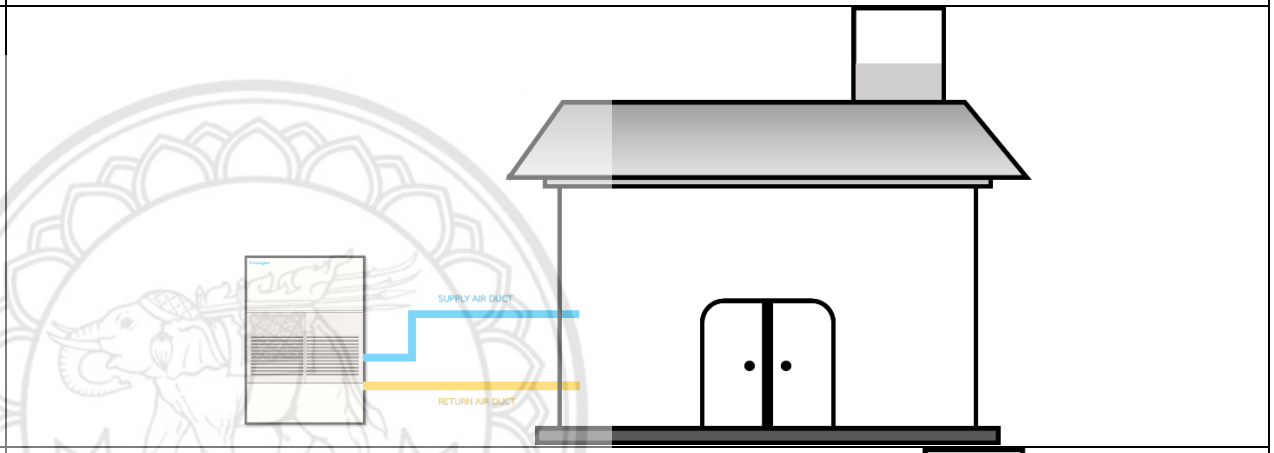
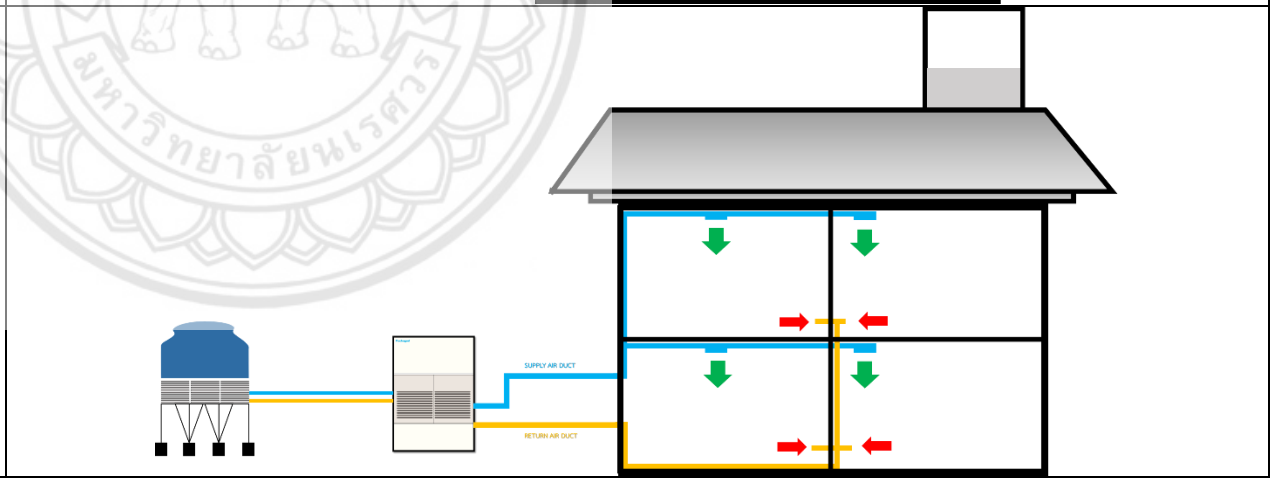
เป็นระบบปรับอากาศที่ทำความเย็นให้แก่อาคารโดยอ้อม กล่าวคือ แทนที่จะใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในอาคารโดยตรงเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศทั้งสี่แบบข้างต้น แต่กลับใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้แก่น้ำที่คอยล์เย็น (Evaporator) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเย็น (Chilled Water) อุณหภูมิต่ำก่อนที่จะลำเลียงไปตามระบบท่อ (Piping System) โดยอาศัยแรงดันจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องที่ AHU หรือ FCU ทำให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น และน้ำเย็นอุณหภูมิสูงนี้ก็จะถูกส่งกลับไปแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่คอยล์เย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้กลายเป็นน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำและนำกลับมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่ AHU หรือ FCU อีกครั้ง

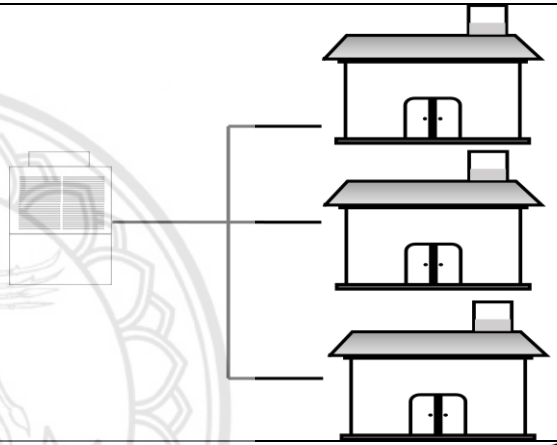
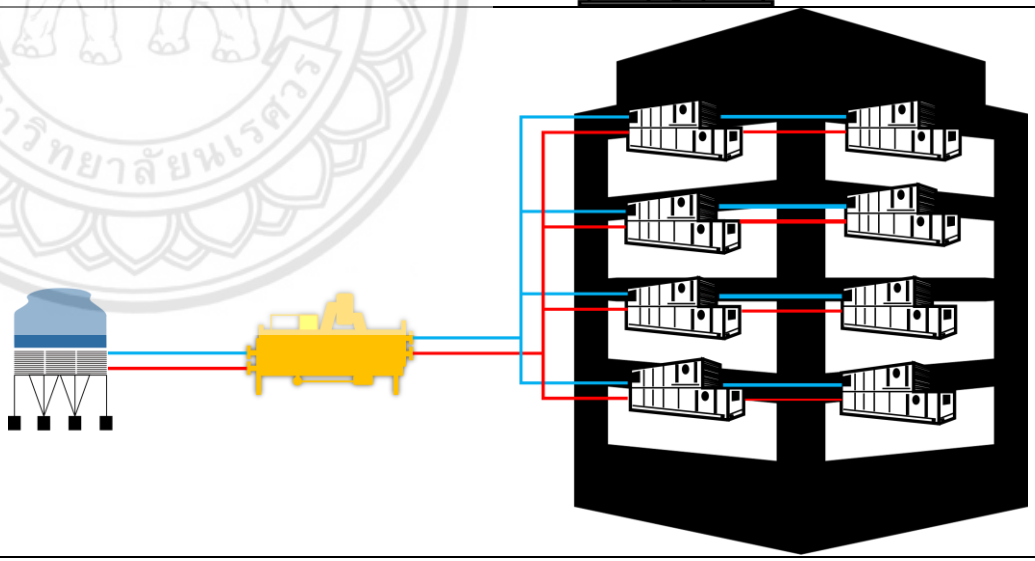
ในส่วนของสารทำความเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากน้ำก็จะถูกคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของเครื่องทำน้ำเย็นอัดทำให้สารทำความเย็นมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นและส่งไประบายความร้อนที่คอยล์ร้อน (Condenser) ของเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลง ก่อนจะที่ส่งผ่านวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) แล้วถึงจะไหลกลับเข้าสู่คอยล์เย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นอุณหภูมิสูงต่อไป

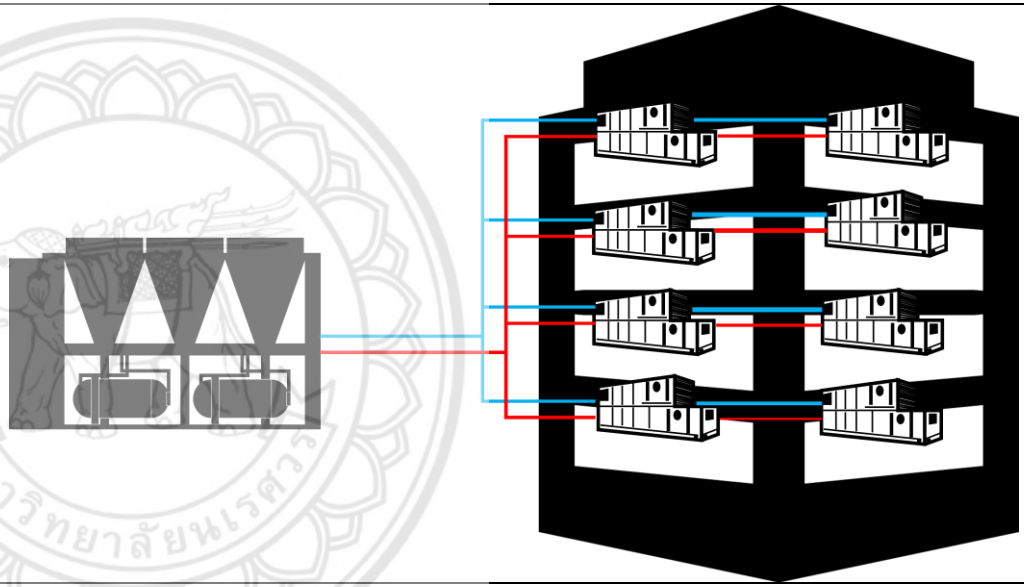
การระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นจะมี 2 ชนิดคือ เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller, ACWC) และเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller, WCWC)

**ตารางที่ 2.2** เปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศ

| Type | | รูปลักษณะของระบบ |
|---|---|---|
| Window type | |  |
| Spilt type | On-off | |
| | Invertor | |

| Type | | รูปลักษณะของระบบ |
|---|---|---|
| Package | Air cooled |   |
| | Water cooled |   |

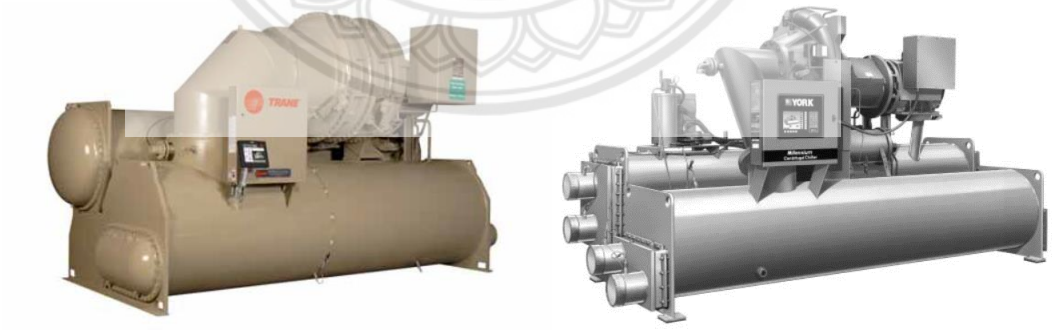
| Type | | รูปลักษณะของระบบ |
|---|---|---|
| Variable refrigerant volume (VRV) | |  |
| Chiller | ระบายความร้อนด้วยน้ำ |  |

| Type | | รูปลักษณะของระบบ |
|---|---|---|
| Chiller | ระบายความร้อนด้วยอากาศ |  |

## 2.4 อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศและระบายอากาศแบบรวมศูนย์

### 2.4.1 เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) [3]

หลักการทำงานของชิลเลอร์ (Chiller) คือจะนำสารทำความเย็นที่ถูกส่งมาจากคอมเพลสเซอร์ (compressor) ที่มีแรงดันสูงและผ่านการระบายความร้อนมาจากคอนเดนเซอร์ (condenser) จนมีสถานะเป็นของเหลวและแรงดันสูง มาลดแรงดันโดยผ่านอุปกรณ์ลดแรงดัน โดยส่วนมากนิยมใช้คือ เอ็กแปนชั่นวาล์ว (expansion valve) และยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ออริฟิดวาล์ว (orifice valve) โดยในระหว่างการลดแรงดันของสารทำความเย็นที่ถูกส่งมาจากคอมเพลสเซอร์และผ่านการระบายความร้อนด้วยคอนเดนเซอร์แล้วนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นและเกิดความเย็นจากการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็น เราจึงนำความเย็นที่ได้จากการเปลี่ยนสถานะไปใช้งาน โดยการเปลี่ยนสถานะการทำความเย็นนี้เกิดขึ้นหลังลดแรงดัน และอุปกรณ์ทำความเย็นและถ่ายเทความเย็นของสารทำความเย็นที่เปลี่ยนสถานะแล้วเราเรียกว่า อีวาโปรเรเตอร์ (evaporator) โดยใช้ปั๊มส่งน้ำให้ไหลผ่านชุด อีวาโปรเรเตอร์ (evaporator) เพื่อถ่ายเทความเย็นจากชุดอีวาโปรเรเตอร์ (evaporator) และนำความเย็นที่ถูกถ่ายเทมากับน้ำซึ่งเป็นน้ำเย็นแล้วไปใช้งาน ส่วนในระของสารทำความเย็นนั้น เมื่อถูกลดแรงดันและถ่ายเทความเย็นออกแล้วจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวแรงดันต่ำเป็นไปแรงดันต่ำ เนื่องจากสารทำความเย็นได้สูญเสียความเย็นในตัวเองให้กับชุดถ่ายเทความเย็น อีวาโปรเรเตอร์ (evaporator) ที่ถูกน้ำมาถ่ายเทความเย็นออกไป ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นเราเรียกว่า การเกิด superheat หรือ ความร้อนยิ่งยวด จนทำให้สารทำความทำความเย็นกลายเป็นไอ (vapor) และถูกส่งกลับไปยังคอมเพลสเซอร์ (compressor) เพื่อเพิ่มแรงดันกลับมาเป็นวัฏจักรอีกครั้งหนึ่ง




**รูปที่ 2.4** A large centrifugal chiller [5]

### 2.4.1.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) หรือเครื่องอัดไอ

เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญอย่างมากในระบบปรับอากาศ เพราะตัวคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ในการอัดสารทำความเย็นในสถานะไอให้มีความดันสูงขึ้นและอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อไปแลกเปลี่ยนกับสิ่งแวดล้อม โดยมีหลักการคือคอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาแอร์ในสถานะที่เป็นแก๊สร้อนความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ (หรือแผงคอยล์เย็น) ผ่านเข้ามาทางท่อซัคชั่น (Suction) เข้าไปยังทางดูดของคอมเพรสเซอร์ แล้วอัดแก๊สนี้ให้มีความดันสูงขึ้นและอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ส่งเข้าไปยังคอนเดนเซอร์ (แผงคอยล์ร้อน) โดยผ่านทางท่อดิสชาร์จ เพื่อไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยาอีกครั้ง ซึ่งคอมเพรสเซอร์สามารถจำแนกได้ตามวิธีการอัดดังนี้

ก) คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressor) อัดไอโดยใช้ลูกสูบนิยมใช้กันมากที่สุด พบในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ เนื่องจากใช้กระบอกสูบทำให้อัตราการอัดสารทำความเย็นค่อนข้างสม่ำเสมอ

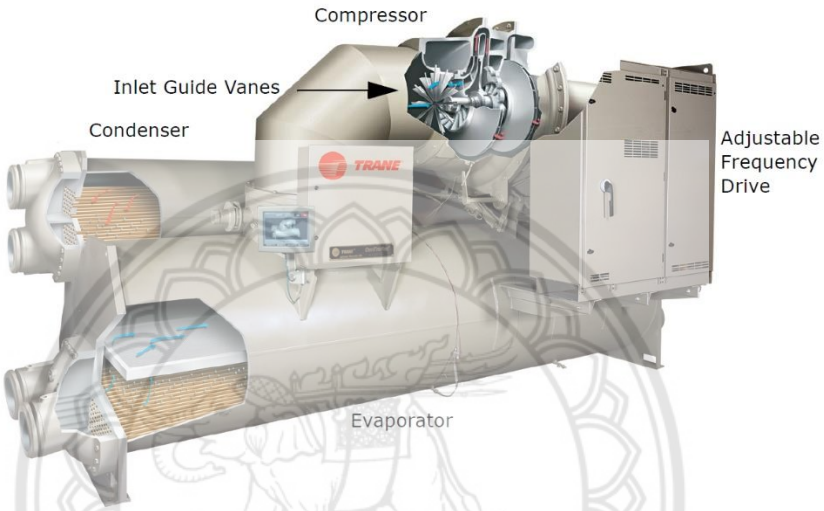
ข) คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ (Rotary compressor) คอมเพรสเซอร์นี้จะมีขีดจำกัดในการใช้งาน ใช้งานได้ดีที่ระบบที่มีกำลังม้าน้อย ๆ พบในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเพราะเสียงเงียบและสั่นสะเทือนน้อย

ค) คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal compressor) เป็นคอมเพรสเซอร์ที่จะพบได้ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ มีโครงสร้างเป็นใบพัดและมีการดูดอัดสารทำความเย็นด้วยแรงเหวี่ยงในปริมาณมาก ๆ

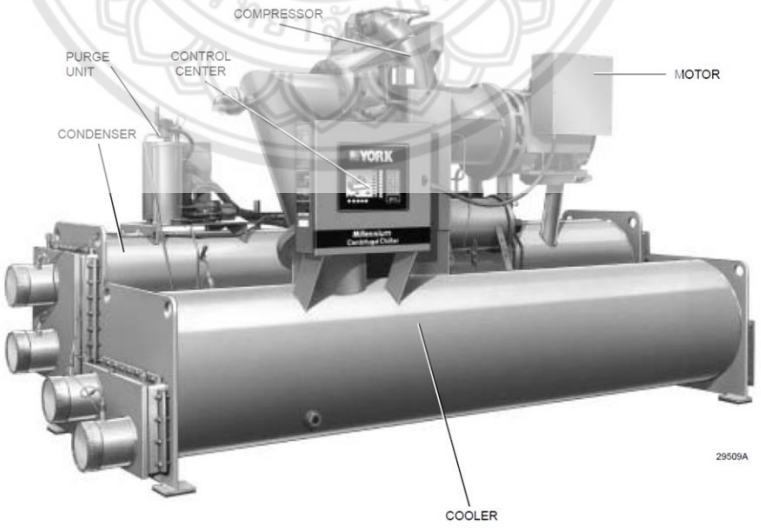
ง) คอมเพรสเซอร์แอร์แบบสกรู (screw compressors) ขณะที่เฟืองเริ่มหมุนสารทำความเย็นที่เป็นไอจะเข้าไปยังช่องว่างระหว่างเกลียว (Interlube Space) เมื่อสกรูหมุนต่อไปช่องทางจะถูกปิดโดยตัวเกลียว ทำให้สารทำความเย็นถูกอัดอยู่ภายในจนกระทั่งสารทำความเย็นนั้นไหลไปจนสุดร่องเกลียวแล้วจะถูกปล่อยออกไปทางช่องจ่ายสารทำความเย็นต่อไป

จ) คอมเพรสเซอร์แบบสโครล์ (Scroll compressors) เป็นคอมเพรสเซอร์ที่นำเอาข้อดีของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบและโรตารี่มารวมกันทำให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้นและใช้ใบพัดรูปก้นหอย โดยให้ประสิทธิภาพสูงและเสียงเงียบ

โดยคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นคอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งหรือแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal compressor) ประกอบด้วยใบพัดหรือเครื่องเป่าลมที่สามารถจัดการกับปริมาณของไอของสารทำความเย็น ที่มีความดันไอค่อนข้างต่ำขนาดตั้งแต่ 70 ถึง 2,500 ตัน สารที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบนี้ คือ สารทำความเย็น เช่น R-11, R-113 โดยที่สาร HCFC-123 จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนเหลือเพียง 0.49 กิโลวัตต์ต่อตัน (kW/RT) เท่านั้น เป็นคอมเพรสเซอร์ที่จะพบได้ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่




**รูปที่ 2.5** Centrifugal water chiller detail Trane [5]




**รูปที่ 2.6** Centrifugal water chiller detail York [5]

**2.4.1.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser)**

คอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือที่เรียกกันว่าคอยล์ร้อนนี้พบได้ในระบบทำความเย็นทั่วไป ตั้งแต่ระบบปรับอากาศทั้งในอาคาร รถยนต์ไปจนถึงห้องแช่แข็ง เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการระบายความร้อนของสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอ มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง หน้าที่ของคอนเดนเซอร์ คือการควบแน่นของอากาศที่เอาความร้อนออกแต่ยังคงสถานะความดันอยู่เช่นเดิม โดยที่สารทำความเย็นที่เข้ามาในคอนเดนเซอร์จะมีสถานะเป็นไอและมีความร้อนสูงเพราะได้รับความร้อนและความดันสูงจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านผนังของคอนเดนเซอร์จากสถานะเป็นไอก็จะกลายเป็นของเหลว โดยมีตัวกลางระบายความร้อนได้แก่ อากาศ น้ำ กับทั้งน้ำและอากาศ เพื่อดึงเอาความร้อนออกไปโดยที่ยังคงมีความดันอยู่เท่าเดิม ซึ่งคอนเดนเซอร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

ก) ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled condenser)

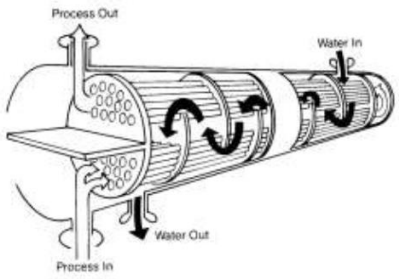
ข) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled condenser ต้องใช้ร่วมกับหอผึ่งน้ำ Cooling tower)

- ชนิดเปลือกและท่อ (Shell and tube) แบ่งได้เป็นแบบตั้ง (Vertical) และแบบนอน (Horizontal)

- ชนิดท่อเล็กสวมอยู่ในท่อใหญ่ (Co-axial หรือ Tube in tube type)

ค) ชนิดไอระเหย (Evaporative condenser)

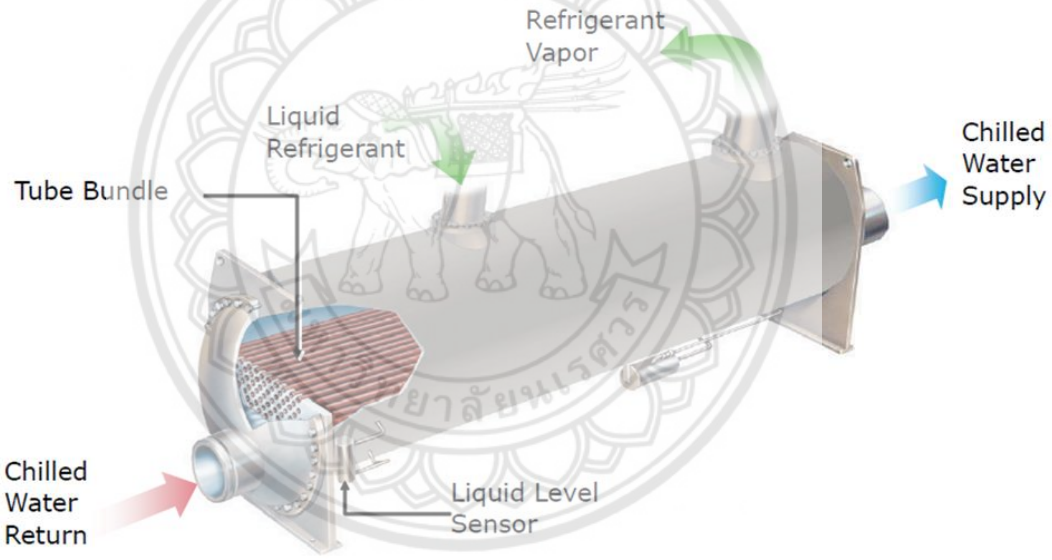
โดยคอนเดนเซอร์ที่ใช้งานภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร คือ คอนเดนเซอร์ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condensers) ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นด้วยน้ำโดยจะพบในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ โดยระบบนี้จะทำงานรวมกับ Cooling Tower โดยน้ำที่รับความร้อนจากสารทำความเย็นจะนำความเย็นไปทิ้งที่ Cooling Tower และนำน้ำวนกลับมารับความร้อนที่คอนเดนเซอร์อีกครั้งโดยการระบายความร้อนด้วยน้ำนั้นมีประสิทธิภาพสูง แต่ในการระบายความร้อนออกจากน้ำจำทำให้สูญเสียน้ำเป็นจำนวนมาก




**รูปที่ 2.7** คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ [3]

### 2.4.1.3 คอยล์เย็นหรืออีวาโปรเรเตอร์ (evaporator)

อีวาโปรเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนแบบหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการที่ของเหลวระเหยการเป็นไอ เพื่อเป็นจุดประสงค์ในการดึงเอาความร้อนออกไปจากผลิตภัณฑ์หรือช่องว่างเป็นเหตุที่ว่าเครื่องทำความเย็นแบบทางกล (mechanical refrigeration) ถูกนำไปใช้ในงานในรูปแบบต่าง ๆ การสร้างอีวาโปรเรเตอร์นั้นโดยทั่วไปใช้โลหะ เช่น ทองแดง, หรือ อลูมิเนียม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ใช้ สถานที่ที่ติดตั้ง และสิ่งของที่จะนำมาเป็นโหลด เป็นต้น โดยที่การแบ่งชนิดของอีวาโปรเรเตอร์ แบ่งแบบตามโครงสร้าง (types of contraction) โดยอีวาโปรเรเตอร์ที่ใช้ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร คือเครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ (Shell and Tube Evaporator) มีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกับที่ใช้เป็นคอนเดนเซอร์ นิยมใช้กับระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น โดยเรียกเครื่องระเหยชนิดนี้ว่าเป็นชิลเลอร์ (Chillers) มีทั้งที่เป็นแบบแห้งและแบบเปียก

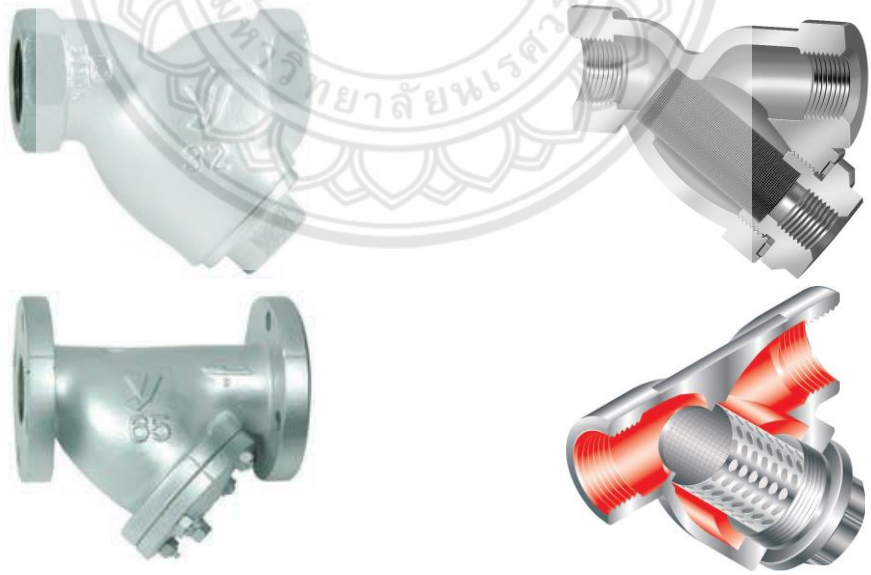



**รูปที่ 2.8** Flooded evaporator cut-away [3]

### 2.4.1.4 ตัวกรอง (strainer)

ตัวกรอง (Strainer) จะถูกรวมเข้ากับระบบทำความร้อนและทำความเย็น เพื่อกรองสิ่งปนเปื้อนจากตัวกลางที่ไหลอยู่ระบบ สิ่งปนเปื้อนจะประกอบด้วยเศษตะกอนต่าง ๆ เศษและวัสดุที่เข้าไปอยู่ในท่อระหว่างการติดตั้ง การสะสมของเศษ/สนิม หรือสสารจากตัวกลางที่สามารถถูกขับออกและดังนั้นไหลเวียนอยู่ในระบบ สำหรับระบบทำความร้อนแบบรวมศูนย์ การสะสมของเศษตะกอน/สสารสามารถเกิดขึ้นได้โดยมาจากของไหล

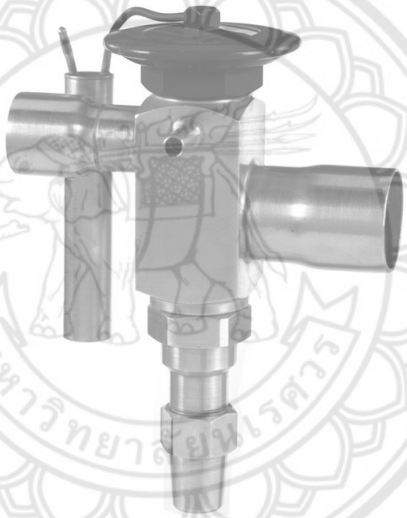
ตัวกรองนั้นจะถูกติดตั้งในตำแหน่งก่อนตำแหน่งที่มีการติดตั้งมิเตอร์น้ำและวาล์วควบคุม เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สิ่งปนเปื้อนทำให้มิเตอร์และวาล์วดังกล่าวเสียหายหรืออุดตัน ในการทำความสะอาดเครื่องกรอง มาตรวัดแรงดันจะสามารถถูกติดตั้งบนด้านข้างแต่ละข้างของเครื่องกรองได้เพื่อตรวจสอบดูถึงการลดลงของแรงดัน อย่างไรก็ตาม ในระบบทำความร้อนแบบรวมศูนย์ บ่อยครั้งที่ผู้ผลิตความร้อนจะติดตั้งเครื่องกรองในตำแหน่งก่อนถึงตำแหน่งของมิเตอร์น้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษตะกอน/สสารจากระบบประปาเข้าสู่ตัวเครื่อง แต่จะห้ามไม่ให้ติดตั้งมาตรวัดแรงดันใกล้กับตำแหน่งของมิเตอร์ นอกจากนี้ ควรที่จะติดตั้งวาล์วแยกในตำแหน่งที่ใกล้กันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้บนด้านแต่ละด้านของเครื่องกรองเพื่อลดปริมาณของน้ำที่จะต้องถูกระบายระหว่างที่มีการทำความสะอาด



**รูปที่ 2.9** Strainer [3]

### 2.4.1.5 อุปกรณ์ลดแรงดัน (Expansion Valve) [5]

เครื่องควบคุมความดันโดยรับสารทำความเย็นมาจากคอนเดนเซอร์ โดยที่สารทำความเย็นจะมีสถานะเป็นของเหลวและมีความดันสูงอุณหภูมิต่ำ เมื่อมาผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะทำให้ความดันลดลงและอุณหภูมิต่ำ และส่งสารทำความเย็นเข้าสู้เครื่องระเหย อุปกรณ์ลดความดันมีด้วยกันหลายชนิด โดยโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะใช้วาล์วขยายตัวแบบอัตโนมัติเทอร์โมสแตติค (Thermostatic expansion valve) เป็นวาล์วที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่นิยม โดยมีหลักการทำงานคือจะทำงานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องอัดไอ ทำให้รักษาอุณหภูมิของเครื่องระเหยได้อย่างสมบูรณ์ ลักษณะการทำงานเกิดจากเกิดปฏิกิริยาของแรงที่เป็นอิสระ 3 แรง คือ ความดันในอีวาโปเรเตอร์ ความดันสปริง และความดันจากไอสารทำความเย็นในกระเปาะวัดอุณหภูมิ



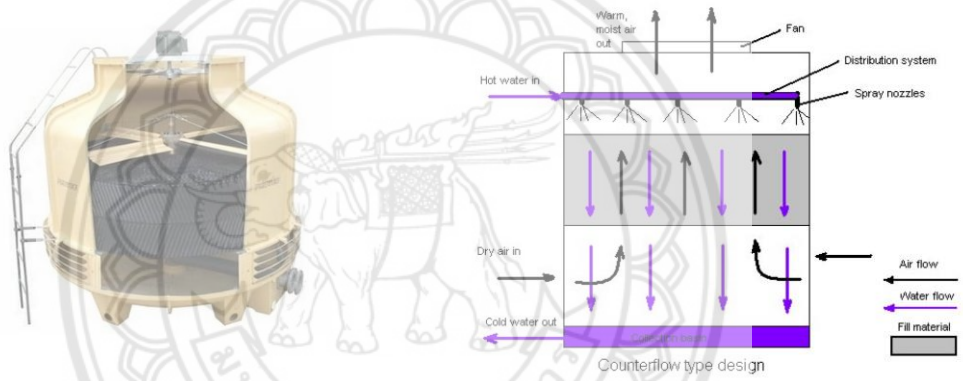
**รูปที่ 2.10** OE Series [3]

### 2.4.2 หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) [5]

หอผึ่งน้ำ เป็นส่วนหนึ่งของระบบทำความเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับน้ำที่ใช้หล่อเย็นคอนเดนเซอร์ หอผึ่งน้ำหล่อเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้อุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นต่ำลง มีผลต่อการประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น และความสามารถในการทำความเย็นสูงขึ้น นับได้ว่า หอผึ่งน้ำหล่อเย็นเป็น อุปกรณ์ที่สำคัญในการทำงานของระบบทำความเย็น โดยสามารถแยกได้เป็นประเภท 2 ประเภท ได้ดังนี้

#### 2.4.2.1 น้ำและอากาศไหลสวนกัน (Counter Flow)

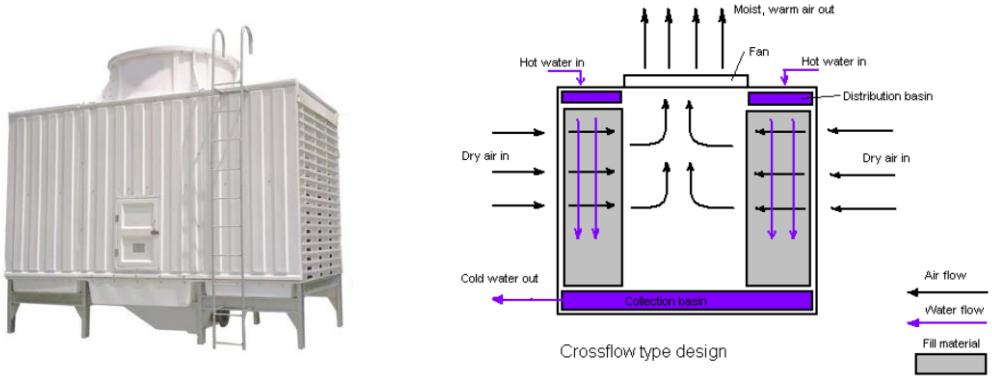
หอผึ่งน้ำชนิดนี้จะปล่อยน้ำที่อุณหภูมิสูงไหลลงมาจากด้านบน และดูดอากาศเข้าทางด้านล่าง ทำให้น้ำและอากาศไหลสวนทางกัน ดังรูป




**รูปที่ 2.11** หอผึ่งน้ำ แบบน้ำและอากาศไหลสวนทาง (Counter Flow)

#### 2.4.2.2 น้ำและอากาศไหลแบบตั้งฉากกัน (Cross Flow)

หอผึ่งน้ำชนิดนี้จะปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงไหลลงมาจากด้านบน และดูดอากาศเข้าจากด้านข้างทำให้น้ำและอากาศไหลตั้งฉากกัน ดังรูป




**รูปที่ 2.12** หอผึ่งน้ำ แบบน้ำและอากาศไหลแบบตั้งฉากกัน (Cross Flow)

องค์ประกอบของหอผึ่งน้ำ ประกอบด้วย

a. ตัวถัง (Casing) ทำหน้าที่ เป็นโครงสร้างของ หอผึ่งน้ำ

b. แผงรังผึ้ง (Filling) ทำหน้าที่ กระจายน้ำร้อนให้ละเอียด เพื่อประโยชน์ในการถ่ายเทความร้อน

c. ถาดน้ำร้อนบน (Hot Water Basin) ทำหน้าที่ รับน้ำร้อนจากระบบเพื่อกระจายลงบนแผงรังผึ้ง

d. พัดลม (Fan) ทำหน้าที่ ดูดอากาศรอบ ๆหอผึ่งน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่าง อากาศกับน้ำร้อน

e. ถาดน้ำเย็นล่าง (Cold Water Basin) ทำหน้าที่รับน้ำที่ผ่านการระบายความร้อนจากแผงรังผึ้ง

f. ช่องอากาศเข้า (Air in let) ทำหน้าที่ เป็นช่องทางเข้าของอากาศเข้าสู่ แผงรังผึ้งเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ

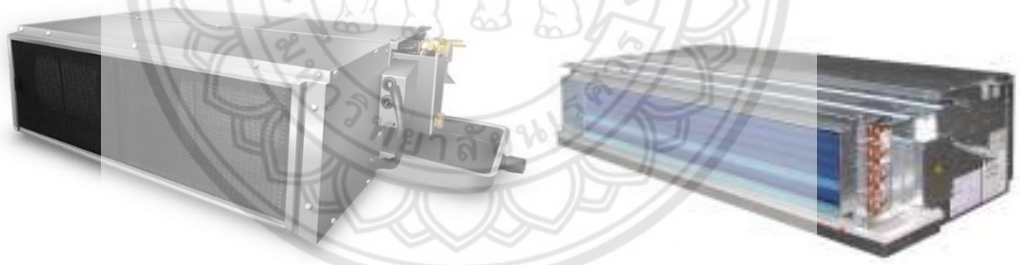
g. ช่องอากาศออก (Air out let) ทำหน้าที่ เป็นช่องทางระบายอากาศ ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว

### 2.4.3 เครื่องสงลมเย็นและแฟนคอยล์ยูนิต (Air Handling Unit & Fan Coil Unit)

เครื่องส่งลมเย็นเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำเย็น ซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็นที่มาจากเครื่องทำน้ำเย็นกับอากาศ ส่งผลให้อากาศที่ผ่านออกไปมีอุณหภูมิต่ำลงและนำไปใช้เพื่อปรับอากาศต่อไป เครื่องส่งลมเย็นเป็นเครื่องชุดคอยล์ทำลมเย็นที่ประกอบด้วย พัดลม คอยล์ทำความเย็น แดมเปอร์และแผงกรองอากาศรวมอยู่ในตัวเครื่องเดียวกัน เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่มักจะนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า AHU (Air Handling Unit) สำหรับเครื่องขนาดเล็กจะเรียกว่า FCU (Fan Coil Unit) โดยถ้าเป็นเครื่องขนาดเล็ก มักจะติดตั้งโดยการแขวนใต้ฝ้าเพดาน ยึดติดกับผนัง ตั้งพื้น หรือซ่อนในฝ้าเพดาน สำหรับเครื่องขนาดใหญ่มักจะจัดให้มีห้องเครื่องและนำเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่มาตั้งภายในห้องนี้ โดยสามารถแยกความแตกต่างระหว่างชุดคอยล์เย็นหรือแฟนคอยล์ยูนิต (FCU) กับเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ดังนี้

1) ชุดคอยล์เย็นหรือแฟนคอยล์ยูนิต

หน่วย FCU เป็นอุปกรณ์ที่เรียบง่ายที่ทำงานได้ด้วยตัวเองแทนที่จะเป็นส่วนประกอบในระบบHVAC มันมีแค่เพียงแผงท่อหรือคอยล์และใบพัดที่จะทำการกระจายอากาศภายในของพื้นที่ที่เล็กกว่าเพราะว่ามันไม่ได้ใช้ท่อเพื่อส่งอากาศต่อ หน้าที่คือพัดระบายอากาศผ่านขดลวดเพื่อปรับอุณหภูมิให้อุ่นหรือเย็นขึ้นก่อนที่จะผลักดันออกไปในห้อง



**รูปที่ 2.13** Fan Coil Unit [3]

2) หน่วยเครื่องส่งลมเย็น

หน่วย AHU เป็นส่วนประกอบที่ซับซ้อนของระบบ HVAC ที่มีหลายส่วนที่แตกต่างกันที่จะถูกนำไปใช้ให้การทำงานของมันอย่างสมบูรณ์ได้ เหล่านี้รวมถึงแผงคอยล์ทำความเย็น แผงคอยล์ทำความร้อน พัดลมส่งความเย็น เครื่องเพิ่มความชื้นแผ่นกรองอากาศและบานปรับเพื่อนำส่งอุณหภูมิที่ควบคุมผ่านไปในตึกที่ใหญ่ๆ ทำงานได้หลายอย่างรวมถึงการขนส่งอากาศภายนอก เนื่องจากมักจะถูกเชื่อมต่อโดยตรงกับท่อผ่านพื้นที่ภายในอาคารอากาศที่หมุนเวียนแล้วจะถูกระบายออกเพื่อรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศที่ต้องการอากาศภายนอกอาจจะถูกทำให้ร้อนโดยหน่วยนำความร้อนกลับมาโดยใช้คอยล์ทำความร้อนหรือถูกทำให้เย็นโดยคอยล์ทำความเย็น ภายในอาคารซึ่งมีข้อกำหนดทางอนามัยสำหรับคุณภาพอากาศต่ำกว่า อากาศบางส่วนจากภายในห้องต่าง ๆ สามารถถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยห้องผสมซึ่งจะส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก ห้องผสมมีบานปรับสำหรับควบคุมอัตราส่วนระหว่างอากาศที่หมุนเวียนกลับมาใช้ อากาศใหม่จากภายนอก และอากาศที่ระบายทิ้ง เครื่องแลกเปลี่ยนความเย็น / ความร้อนมักจะถูกติดตั้งให้เข้ากับ AHU เพื่อการประหยัดพลังงานและเพิ่มกำลังการผลิต หน่วย AHU ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการใช้งานภายนอกซึ่งโดยทั่วไปคือบนหลังคา ถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Rooftop unit (RTU)

**รูปที่ 2.14** Air Handling Unit [7]

**2.4.4 เครื่องสูบน้ำ (Water Pump)**

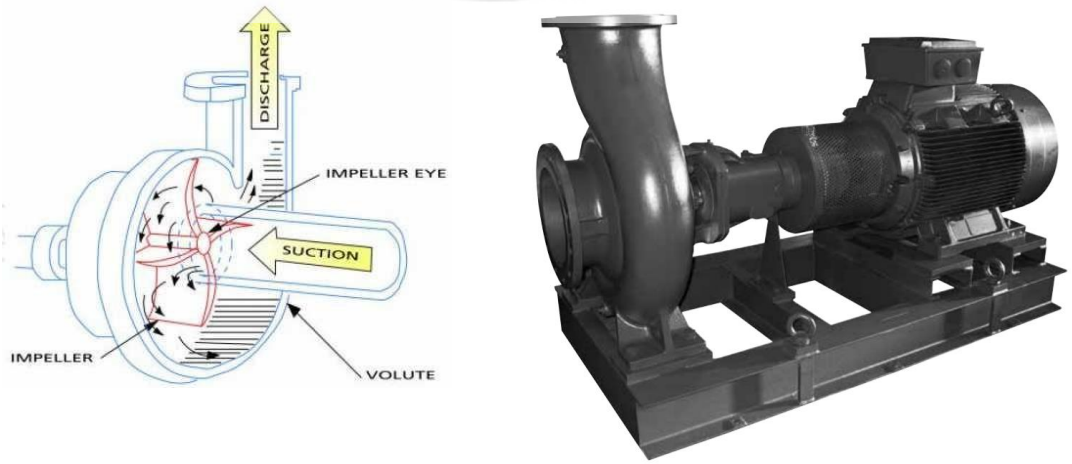
เครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ หรือมอเตอร์ โดยพลังงานที่เครื่องสูบน้ำต้องการจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการสูญเสียความดันในระหว่างทาง ที่ของเหลวเคลื่อนที่ไป และอัตราการไหลของเหลว โดยสามารถแยกได้เป็นประเภท ได้ดังนี้

2.4.4.1 Displacement Pumps ซึ่งมีทั้ง Reciprocating Pumps และ Rotary Pumps

ทำงานโดยอาศัยหลักการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบเข้าไปอัดของเหลวให้ไหลไปสู่ทางจ่าย ปริมาตรของของเหลวที่สูบได้ในแต่ละครั้งจะเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบกับช่วงชักของกระบอกสูบนั้น

2.4.4.2 Dynamic Pumps ซึ่งมีทั้ง Centrifugal Pumps และ Special Effect Pumps

ทำงานโดยอาศัยหลักการหมุนของใบพัดหรืออิมเพลเลอร์ (Impeller) ที่ได้รับการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังหรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัด ต่อของเหลวที่อยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าวก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมของแนวทั้งสอง โดยเครื่องสูบน้ำที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรใช้งานอยู่เป็นแบบ Centrifugal Pumps




**รูปที่ 2.15** Centrifugal pump [5]

**2.4.5 การกรองอากาศ (Air Filter)** [4]

ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร หากมีห้องหรือหน่วยงานที่ต้องการควบคุมคุณภาพอากาศเพื่อป้องกันเชื้อโรคเข้ามาภายในห้อง โดยแผ่นกรองอากาศจะใช้อยู่ 3 ชนิด ถ้าหากมีอากาศที่จ่ายเข้ามาภายในต้องมีแผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre Filter) ที่มีระสิทธิภาพในการกรองไม่น้อยกว่า 25 ถึง 30% ต้องผ่าน แผ่นกรองอากาศขั้นกลาง (Medium Filter) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองไม่น้อยกว่า 90 ถึง 95% ตามมาตรฐาน ASHRAE ตามมาตรฐาน EN และควรเป็นประเภทใช้แล้วทิ้งเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อสามารถกำจัดได้โดยการเผาทำลาย สำหรับห้องที่ต้องป้องกันผู้ป่วยซึ่งง่ายต่อการติดเชื้อจากภายนอก อากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้องพักผู้ป่วยควรมีระบบป้องกันเชื้อจุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนในอากาศ โดยให้อากาศผ่านการกรองด้วยแผ่นกรองอากาศ ประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ซึ่งสามารถกรองฝุ่นขนาด 0.3 ไมครอนได้ไม่น้อยกว่า 99.999% และมีแนวทางการการติดตั้งดังนี้

ก. ควรติดตั้งแผงกรองอากาศแบบ HEPA ที่ทดสอบด้วยวิธี DOP มีประสิทธิภาพ 99.97% ทางด้านลมจ่ายของห้องรักษาผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง

ข. ควรติดตั้งแผงกรองอากาศแบบ HEPA กรองอากาศทิ้งที่ดูดมาจาก Fume Hood หรือ Safety Cabinet ที่มีการใช้งานที่มีเชื้อโรคหรือสารกัมมันตรังสี

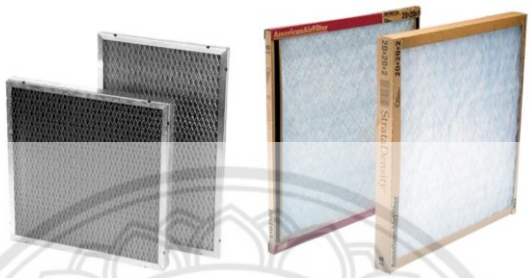
ค. ระบบกรองอากาศควรติดตั้งอย่างปลอดภัยและสะดวกเข้าตรวจสอบบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนแผงกรองอากาศใหม่

ง. การติดตั้งแผงกรองอากาศจะต้องไม่ให้มีรอยรั่วให้อากาศผ่านระหว่างชิ้นของแผงกรองอากาศได้ถ้าหากปล่อยให้มีอากาศที่ยังไม่ได้กรองรั่วเข้าสู่ระบบ แผงกรองอากาศที่ติดตั้งนี้จะไม่มีประโยชน์เลย

จ. ควรติดตั้งมาโนมิเตอร์วัดความดันคร่อมแผงกรองอากาศ เพื่อตรวจสภาพแผงกรองอากาศว่าถึงเวลาเปลี่ยนแล้วหรือยัง

1) แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filters)

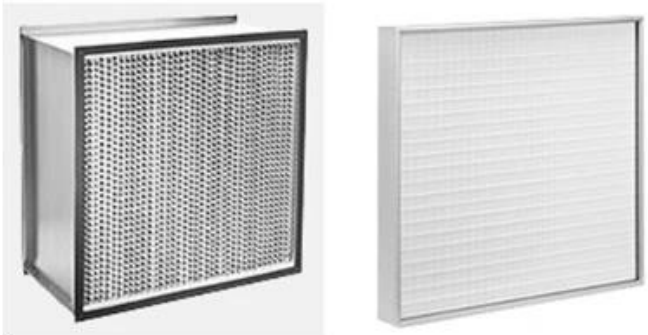
กรองอากาศขั้นต้น (Pre-filter) เป็นด่านแรกสำหรับกรองอากาศ มีความสำคัญต่อระบบอากาศทั้งระบบ เพื่อป้องกันจากฝุ่นละอองอนุภาคขนาดใหญ่ เพื่อคุณภาพของอากาศและยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองอากาศขั้นที่สอง (Medium-filter) หรือช่วยลดปริมาณฝุ่นป้องกันไม่ให้คอยล์ตัน



**รูปที่ 2.16** Pre-Filters [4]

2) แผ่นกรองอากาศขั้นที่สอง (Medium Filters)

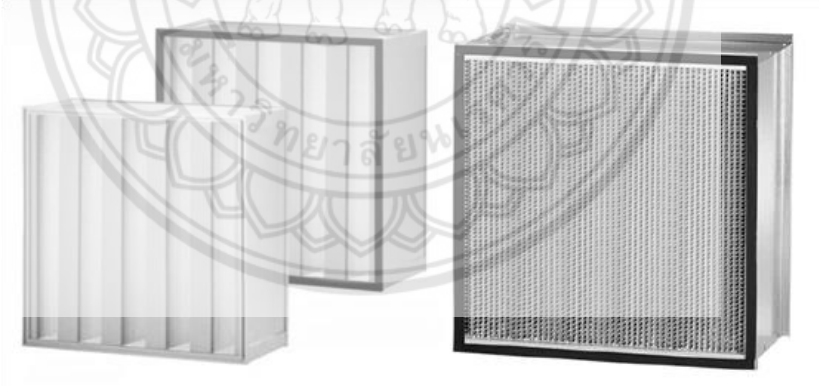
กรองอากาศขั้นที่สอง Medium Filter เป็นแผ่นกรองอากาศที่สามารถช่วยกักเก็บฝุ่นที่ปนเปื้อนในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้อากาศไม่สะอาด Medium Filter สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ โดยตัวโครงทำมาจาก Galvanized ซึ่งมีความคงทนต่อการใช้งานตัว Mediaจะทำมาจากใยแก้วด้านหน้ามีเส้นใยหยาบรับฝุ่นขนาดใหญ่ด้านหลังเป็นเส้นใยละเอียดเพื่อรับฝุ่นขนาดเล็ก เพื่อสามารถใช้เนื้อ Media ได้อย่างทั่วถึง เนื้อแผ่นกรองแบบ mini-pleat ทำมาจากใยแก้วที่มีความละเอียดสูงลักษณะเนื้อแผ่นกรองเป็นแบบ Dual Density ซึ่งมีทั้งด้านหยาบและละเอียดในแผ่นเดียวกันโครงสร้าง ทำมาจากกัลวาไนซ์, อลูมิเนียม ที่มีความแข็งแรง มี Header (หน้าแปลน) สำหรับใช้ในการติดตั้งอยู่หนึ่งด้านมีประสิทธิภาพให้เลือกใช้งานตั้งแต่ 60-95% Efficiency



**รูปที่ 2.17** Medium Filters [4]

3) แผ่นกรองอากาศขั้นสุดท้าย (Final Filter or HEPA Filter)

ถ้าหากต้องการอากาศที่มีประสิทธิภาพทำให้คุณรู้สึกปลอดภัยและมั่นใจในประสิทธิภาพในการกรองอากาศที่ดี เป็นแผ่นกรองขั้นสุดท้ายที่ถูกใช้ในห้องสะอาด และในสภาวะที่ต้องการความสะอาดมากเป็นพิเศษได้แก่ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เซมิคอนดักส์เตอร์ ผลิตยา อาหาร โรงพยาบาลหรือแม้แต่ห้องแล็ปต่าง ๆ ยังสามารถป้องกันเชื้อไวรัสได้อีกด้วย ซึ่งคุณจะรู้สึกได้ว่าอากาศภายในห้องบริสุทธิ์ และมีความปลอดภัย ประสิทธิภาพในการกรองตั้งแต่ 99.99 % On 0.3 Micron ถึง 99.999999% On 0.12 Micronโดยที่จะระบุใช้ที่ตัว Name Plate โครงสร้างทำมาจากอลูมิเนียม (Aluminum) มีตะแกรงเพื่อป้องกันการเสียหายของเนื้อกรองทั้ง 2 ด้าน เนื้อกรองทำมาจากใยแก้วพับจีบ (Pleat)โดยมีเทอร์โมพลาสติกเป็นตัวคั่น ใช้โพลียูรีเทน ป้องกันการรั่วระหว่างเนื้อกรองและโครงสร้างมีแกสเก็ต (Gasket) ทั้งแบบด้านเดียวและสองด้านเป็นแบบกล่อง ความหนา 11-1/2” ประสิทธิภาพในการกรองตั้งแต่ 99.99 % - 99.999% On 0.3 Micron ลักษณะตัว V สำหรับที่ที่ต้องการปริมาณลมสะอาดมากในพื้นที่จำกัด เช่น ภายในเครื่อง AHU ด้านลมเข้าและลมออกมีลักษณะเป็นตัว V โครงสร้างทำมาจากเหล็กกาวาไนท์ เนื้อกรองทำมาจากใยแก้วพับจีบ (Pleat) โดยมีเทอร์โมพลาสติกเป็นตัวคั่น มีแกสเก็ต (Gasket) ทั้งแบบด้านเดียวและสองด้าน แผ่นกรองอากาศแบบชนิดติดตั้งบนหัวจ่ายสำเร็จรูป โดนตัวหัวจ่ายและ Filter อยู่ในตัวเดียวกัน เพื่อป้องกันการรั่วระหว่าง Filter และ Frame ใช้สำหรับห้องสะอาด โรงพยาบาล



**รูปที่ 2.18** HEPA Filter [4]

## 2.5 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์

### 2.5.1 วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา

Preventive Maintenance เป็นการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและหลีกเลี่ยงการเกิดเหตุขัดข้องที่คาดไม่ถึงอีกทั้งยังลดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการวางแผนตามอายุการงานของอุปกรณ์แต่ละตัว เพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยมีวัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา ดังต่อไปนี้

- เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบทำความเย็นที่ต่อเนื่อง สม่ำเสมอ
- เพื่อป้องกันค่าใช้จ่ายที่อาจสูงเกินปกติของระบบส่งกำลังต่าง ๆ
- เพื่อความปลอดภัยของระบบเซฟตี้ต่าง ๆ
- เพื่อป้องกันการหยุดเดินของเครื่อง เนื่องจากอุบัติเหตุ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหันของระบบ
- เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้ยาวนาน ต่อเนื่อง
- เพื่อกำหนดระยะเวลาที่ต้องทำการตรวจสอบเชิงป้องกัน (Preventive inspection, PI) และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance, PM) ให้เหมาะสมและเตรียมการเรื่องบุคลากรและอะไหล่ โดยไม่ติดขัด

### 2.5.2 พื้นฐานการดูแลและตรวจเช็คการเดินเครื่อง

อย่างน้อยที่สุดในแต่ละวัน ควรจะตรวจดูรายการต่อไปนี้ โดยทำการตรวจดูได้จากเกจแรงดัน,เทอร์โมมิเตอร์, ระดับสารทำความเย็น/น้ำมัน, ตาแมว อีกทั้งใช้ความรู้หรือประสบการณ์ในการช่วยตรวจเช็คเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและแม่นยำ

- แรงดัน และอุณหภูมิของสารทำความเย็น

- แรงดัน และอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น

- อุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ของระบบ เช่น อุณหภูมิห้องแคร้งน้ำมันและอุณหภูมิฝาน้ำหล่อเย็น (Jacket cover) ของคอมเพรสเซอร์, อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ (อุณหภูมิน้ำเข้า-ออก), อุณหภูมิที่ถังพักน้ำยา (Liquid receiver), อุณหภูมิที่มอเตอร์ต่าง ๆ เช่น ที่ตัวมอเตอร์และฝาครอบแบริ่ง

- เสียงและการสั่นสะเทือนเนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

- แรงดัน และกระแสไฟฟ้า

การดำเนินการตรวจเช็คสภาพการเดินเครื่องเหล่านี้จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพของเครื่องจักรและระบบว่าอยู่ในสภาพปกติ หรือผิดปกติอย่างไร และในกรณีผิดปกติก็สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องด้วย

**2.5.3 เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller Machine)**

1) ตรวจสอบการทำงานของ Compressor Motor (วัดกระแสไฟฟ้าขณะ Start และเดินเครื่องปกติที่ Full Load และ Unload วัด Voltage ความต้านทานขดลวดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน) อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2) ตรวจสอบระบบป้องกันของ Chiller (Safety Devices) ทุกรายการพร้อมปรับแต่งแก้ไขให้เป็นตามมาตรฐาน เช่น

- Inherent thermal overload
- Low pressure cutout
- High pressure cutout
- Oil pressure cutout
-Flow switch
-Low temperature liquid cutout
-Master Timer
-Hot Gas By-pass Value

อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

3) ตรวจสอบระดับน้ำมันเครื่องและเติมน้ำมันตามความจำเป็น อย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี

4) ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง วิเคราะห์สภาพน้ำมันและเปลี่ยนหากจำเป็น อย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี

5) ตรวจสอบการทำงานของเครื่องคุมอุณหภูมิของน้ำมันและตั้งให้ถูกต้องตามความเหมาะสม อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

6) ตรวจสอบการรั่วซึมต่าง ๆ และแก้ไขให้เรียบร้อย อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจระบบไล่อากาศ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

8) ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นเข้า-ออก Cooler และ Condenser โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานพร้อมหาสาเหตุและทำการแก้ไขหากไม่เป็นตามกำหนด อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

9) ตรวจปริมาณน้ำยาและเติมให้ได้ปริมาณตามที่เหมาะสมอย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

10) ตรวจแรงดันน้ำมัน และการทำงานของ Oil pump อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

11) ตรวจสอบการทำงานของ Temperature Controller และแก้ไขให้ถูกต้อง อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

12) ตรวจสอบการทำงานของ Discharge Value และ Suction Value อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

13) ตรวจสอบความดัน และอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นของ Condenser เข้าและออก อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

14) ล้างทำความสะอาด Condenser อย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี

15) ตรวจสอบอื่นๆตามความจำเป็นในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อให้เครื่องทำงานปกติ พร้อมทำการปรับแต่งแก้ไข อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

16) ทำความสะอาดหน้า Contact ต่าง ๆ ด้วยน้ำยา Contact cleaner solution อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

17) ตรวจสอบหัวต่อสายไฟต่าง ๆ ไขน็อต สกรู ให้แน่นเรียบร้อย อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

18) ตรวจการทำงานอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ในส่วน Electric Power อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

**2.5.4 หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)**

1) ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์และ Bearing (เช่น วัดกระแสไฟฟ้า การสั่นสะเทือน) อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2) ตรวจสอบเติมสารหล่อลื่นของ Shaft Bearing และ Gear Reducer ให้อยู่ในระดับที่ถูกต้อง หรือเปลี่ยนตามความจำเป็น อย่างน้อย 4 เดือน/ครั้ง

3) ตรวจเช็คคุณภาพน้ำในถัง Cooling Tower และเติมสารเคมีปรับคุณภาพน้ำตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันตะกรันและตะไคร่ ทั้งนี้จะต้องนำตัวอย่างน้ำในถึง Cooling Tower ไปทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ อย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี โดยมีระยะห่างในการตรวจไม่น้อยกว่า 4 เดือน และหากพบว่าผลการตรวจคุณภาพของน้ำไม่เป็นไปตามมาตรฐานของ Cooling Tower ต้องดำเนินการปรับให้ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งค่าใช้จ่ายในการตรวจผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ

4) ตรวจปรับระดับน้ำในถังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมพร้อมปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

5) ล้างทำความสะอาด Cooling Tower โดยการตักตะกอน ตระไคร่น้ำ ล้างทำความสะอาด strainer ฯลฯ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน และล้างทำความสะอาดทั้งระบบ โดยการถ่ายน้ำในอ่างทิ้ง และไล่ตะกอนสิ่งสกปรกที่ติดกับอ่างออก อย่างน้อย 2 ครั้ง/ปี โดยมีระยะห่างในการล้างไม่น้อยกว่า 4 เดือน

6) ตรวจเช็คเครื่องปรับสภาพน้ำมิใช้ป้อน Cooling Tower อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจวัดอุณหภูมิและแรงดันน้ำเข้า-ออก เพื่อดูประสิทธิภาพการระบายความร้อนของ Cooling Tower เปรียบเทียบกับ Specification ของผู้ผลิต พร้อมค้นหาสาเหตุหากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดต้องทำการแก้ไข อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

**2.5.5 เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (Air Handling Unit)**

1) ล้างทำความสะอาดแผง Filter และ Fin Coil ด้วยน้ำและสารเคมีตามความเหมาะสมโดยใช้อุปกรณ์สร้างแรงดันน้ำในการล้าง อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

2) ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ (เช่น วัดกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทและทำงานปกติเทียบกับ Nameplate) อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

3) ตรวจสอบ Bearing และเติมสารหล่อลื่นตามความจำเป็น อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

4) ตรวจสอบสายพานพร้อมปรับแต่งให้เหมาะสมหรือเปลี่ยนเมื่อจำเป็น อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

5) ตรวจสอบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิห้อง อุปกรณ์ควบคุมน้ำเย็น และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแผงไฟฟ้าควบคุมพร้อมทั้งทำความสะอาด ปรับแต่ง หรือแก้ไขให้ถูกต้องตามความจำเป็น เพื่อควบคุมอุณหภูมิห้องให้เหมาะสม อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

6) ล้างทำความสะอาดถาดน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง และดูแลให้การระบายน้ำไม่มีขังในถาดน้ำทิ้ง อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

7) ตรวจสอบการทำงานของ Air Vent Value อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

8) ตรวจเช็คอุณหภูมิและแรงดันน้ำเย็นทั้งก่อนเข้าและออกจาก AHU เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐาน พร้อมตรวจหาสาเหตุและแก้ไขหากไม่ได้ตามกำหนด อย่างน้อย 2 ครั้ง/เดือน

9) ถอดฝาทำความสะอาดใบพัดลม (Blower) ภายในห้องใบพัดและล้าง Fin Coil ด้านในด้วยน้ำยาแรงดันสูง อย่างน้อย 2 ครั้ง/ปี

10) ตรวจสอบการทำงานของชุดควบคุมการเปิด-ปิดมอเตอร์ไฟฟ้า ทำความสะอาดหน้า Contact ด้วยน้ำยา และขันน็อตสกรูให้แน่น อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

11) ตรวจสอบหัวจ่ายลม พร้อมทั้งเช็ดทำความสะอาด อย่างน้อย 6 เดือน/ครั้ง

12) ตรวจวัดอุณหภูมิห้องในแต่ละชั้นของอาคารสำนักงานในช่วงเวลา 14.00-16.00 น. ของวันที่เปิดทำงานของสำนักงาน และปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ เช่น Thermostat หัวจ่ายลม เป็นต้น เพื่อให้ห้องแต่ละห้องมีอุณหภูมิในระดับที่เหมาะสมตามนโยบายสำนักงาน ทั้งนี้จะต้องจัดทำรายงานการจรวจวัดอุณหภูมิก่อนปรับแต่ง และหลังปรับแต่ง พร้อมระบุรายละเอียดว่าได้ปรับแต่งอะไรบ้าง โดนให้ดำเนินการวัด อย่างน้อย 2 ครั้ง/ปี หรือตามที่สำนักงานเห็นชอบ

**2.5.6 เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Fan Coil Unit)**

1) ล้างทำความสะอาดแผง Filter อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

2) ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ (เช่น วัดกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทและทำงานปกติเทียบกับ Nameplate) อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

3) ตรวจสอบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิห้อง อุปกรณ์ควบคุมน้ำเย็น และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแผงไฟฟ้าควบคุมพร้อมทั้งทำความสะอาด ปรับแต่ง หรือแก้ไขให้ถูกต้องตามความจำเป็น เพื่อควบคุมอุณหภูมิห้องให้เหมาะสม อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

4) ตรวจสอบการทำงานของ Air Vent Value อย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง

5) ทำความสะอาด Fin Coil ต้องล้างด้วยน้ำและสารเคมีตามความเหมาะสมโดยใช้อุปกรณ์สร้างแดงดันน้ำ และถาดน้ำทิ้งพร้อมเป่าให้แห้ง อย่างน้อย 6 เดือน/ครั้ง

6) ทำความสะอาดใบพัดลม (Blower) อย่างน้อย 6 เดือน/ครั้ง

7) ตรวจสอบหัวจ่ายลม พร้อมทั้งเช็ดทำความสะอาด อย่างน้อย 6 เดือน/ครั้ง

2.5.7 ปั๊มน้ำเย็น (Chiller Water Pump)

1) ตรวจแรงดันของน้ำด้าน Suction และ Discharge พร้อมค้นหาสาเหตุและแก้ไขให้อยู่ในระดับมาตรฐาน อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2) ล้างทำความสะอาด Strainer ของ Chiller Water และ Condensing Water อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

3) ตรวจสอบสภาพและให้การหล่อลื่น Pump Shaft Bearing อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

4) ตรวจสอบอุปกรณ์ไล่ลมออกจากระบบ เพื่อปรับแต่งให้ทำงานปกติ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

5) ตรวจสอบการทำงานของ Pump พร้อมปรับแต่งให้ทำงานในสภาพปกติ (หากตรวจพบว่าผิดปกติ ให้เร่งปรับแก้ไขให้อยู่ในสภาพปกติ) อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

6) ตรวจการทำงานของ Motor และหากไม่ปกติให้อยู่แก้ไขในสภาพปกติ เช่น วัดกระแสไฟฟ้าขณะ Start และเวลาเดินเครื่องปกติ, ตรวจสอบสภาพ Bearing ค่าความต้านทานของขดลวด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน เป็นต้น อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจสอบการทำงานของ Coupling อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

**2.5.8 ระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller System)**

1) เปิด-ปิดระบบเครื่องทำน้ำเย็นตามเวลาที่สำนักงานกำหนด ทุกวันทำการ

2) บันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการบำรุงรักษา ทุกวันทำการ

3) ควบคุมให้มีการบำรุงรักษาเครื่องตามกำหนดเวลา ทุกวันทำการ

2.5.9 บำรุงรักษาระบบ Starter Switch Board และกล่องควบคุมต่าง ๆ ทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

1) ทำความสะอาด Starter และ Switch Board อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2) ทำความสะอาด Contact ต่าง ๆ ด้วยน้ำยา Contact Cleaner Solution อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

3) ตรวจสอบสภาพหัวต่อสายไฟต่าง ๆ ขันน็อต สกรู ให้แน่นเรียบร้อยดี อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

4) ตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุม (Star Delta-Timer) ปรับและตั้งให้ถูกต้อง อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

5) ตรวจสอบระบบป้องกัน Motor Overload Devices อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

6) ตรวจสอบสภาพการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแผงสวิทซ์และแก้ไขให้ถูกต้องตามความจำเป็น อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจสภาพการทำงาน Starter Switch Board และกล่องควบคุมต่าง ๆ ทั้งหมดของระบบปรับอากาศด้วยกล้องอินฟาเรด และส่งภาพถ่ายรายงานให้กับสำนักงานทราบ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

**2.5.10 การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ (compressor)**

1) ตรวจเช็คอุณหภูมิขาเข้าและความดัน ทุกวันทำการ

2) ตรวจเช็คอุณหภูมิขาออกและความดัน ทุกวันทำการ

3) ตรวจเช็คระดับน้ำมันและความดัน ทุกวันทำการ

4) ตรวจเช็คระดับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟ (ต้องปลอดภัยจึงสามารถทำได้) อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

5) ตรวจสอบการรั่วไหลภายในระบบ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

6) ตรวจสอบเสียงและการสั่นสะเทือนแปลก ๆ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจสอบน็อตและขันน็อตทั้งหมดให้แน่น อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

8) ตรวจสอบรอยต่อและรอยรั่วทั้งหมด อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

9) ตรวจเช็คเข็ม safety เพื่อความปลอดภัย อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2.5.11 คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser)

1) ตรวจสอบปริมาณอากาศและอุณหภูมิของท่อทางเข้า อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2) ตรวจสอบการประสิทธิภาพการทำความเย็นและอุณหภูมิทั้งทางเข้าและทางออก อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

3) ตรวจสอบมอเตอร์พัดลม เสียงและการสั่นสะเทือน อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

4) ตรวจสอบสภาพคอยล์คอนเดนเซอร์ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

5) ตรวจสอบการรั่วไหลภายในระบบ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

6) ตรวจสอบน็อตและขันน็อตทั้งหมดให้แน่น อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจสอบรอยต่อและรอยรั่วทั้งหมด อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

**2.5.12 คอยล์เย็นหรืออีวาโปรเรเตอร์ (evaporator)**

1) ตรวจเช็คอุณหภูมิและความดันของของไหลหรืออากาศขาเข้า ทุกวันทำการ

2) ตรวจเช็คอุณหภูมิและความดันของของไหลหรืออากาศขาออก ทุกวันทำการ

3) ตรวจสอบการประสิทธิภาพการทำความเย็นและอุณหภูมิทั้งทางเข้าและทางออก อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

4) ตรวจสอบสภาพความเป็นฉนวนของเครื่อง อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

5) ตรวจสอบการรั่วไหลภายในระบบ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

6) ตรวจสอบน็อตและขันน็อตทั้งหมดให้แน่น อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

7) ตรวจสอบรอยต่อและรอยรั่วทั้งหมด อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2.5.13 อุปกรณ์ลดแรงดัน (Expansion Valve)

1) ตรวจเช็คอุณหภูมิและความดันขาเข้า-ออก ทุกวันทำการ

2) ตรวจสอบประสิทธิภาพการลดความดัน อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

3) ตรวจสอบเข็ม safety ว่ายังอยู่หรือไม่ อย่างน้อย 2 ครั้ง/ปี

4) ตรวจสอบรอยร้าวหรือรอยแตกของอุปกรณ์ อย่างน้อย 6 ครั้ง/ปี

2.5.14 ตัวกรอง (strainer)

1) ตรวจสอบประสิทธิภาพการกรอง อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

2) ตรวจสอบรอยร้าวและรอยแตกของอุปกรณ์ อย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน

3) ตรวจเช็คอัตราการไหลในระยะแรกและระยะหลัง อย่างน้อย 2 ครั้ง/ปี

4) ตรวจสอบสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนที่เข้ามาติดภายในระบบอย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี

## 2.6 สมการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

### 2.6.1 สมการคำนวณของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น(CHP)[10] สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$CHP = \frac{kW}{Ton} \tag{2.1}$$

เมื่อ Kw คือ กำลังไฟฟ้า (kW)

Ton คือ ความสามารถในการทำความเย็นสุทธิรวมของเครื่องทำความเย็น (TR)

สัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ COP[1] สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$COP = \frac{Q_e}{W} \tag{2.2}$$

เมื่อ COP คือ ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ

$Q_e$ คือ ความสามารถในการทำความเย็นสุทธิรวมของเครื่องทำความเย็น (Btu / h, W)

W คือ กำลังไฟฟ้าเข้า (Btu / h, W)

คำนวณหาการทำความเย็นสุทธิ (Ton) [10] สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$Q_e(Ton) = 1.19xFx(T_{in} - T_{out}) \quad (2.3)$$

เมื่อ F คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น (L/s)

$T_{in}$ คือ อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาเข้าเครื่องทำความเย็น ($^{o}$C)

$T_{out}$ คือ อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาออกเครื่องทำความเย็น ($^{o}$C)

หรือสมการ

$$Q_e(Ton) = \frac{Fx(T_{in} - T_{out})}{24} \quad (2.4)$$

เมื่อ F คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น (GPM)

$T_{in}$ คือ อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาเข้าเครื่องทำความเย็น ($^{o}$F)

$T_{out}$ คือ อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาออกเครื่องทำความเย็น ($^{o}$F)

**2.6.2 สมการคำนวณของหอระบายความร้อน**

การหาประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของ Cooling tower[10] สามาถคำนวณได้

จากสมการที่ 2.5

$$\eta_{CT} = \frac{Tw_{in} - Tw_{out}}{Tw_{in} - T_{wb}} x100 \quad (2.5)$$

เมื่อ $\eta$ คือ ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน (%)

$Tw_{in}$ คือ อุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้า (° C, ° F)

$Tw_{out}$ คือ อุณหภูมิทางออกของน้ำ (° C, ° F)

$T_{wb}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก (° C, ° F)

อัตราการระเหยน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็น[2]สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6

$$M_{evap} = \rho_{air} Q_{air} (\omega_{air,our} - \omega_{air,in}) \quad (2.6)$$

เมื่อ $M_{evap}$ คือ อัตราการระเหยน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็นkg/s

$\omega_{air,our}$ คือ อัตรส่วนความชื้น(Humidity Ratio) ของอากาศที่ออกจากหอทำความเย็น( $kg_{watervapor} / kg_{dryair}$ )

$\omega_{air,in}$ คือ อัตรส่วนความชื้น(Humidity Ratio) ของอากาศที่เข้าสู่หอทำความเย็น ( $kg_{watervapor} / kg_{dryair}$ )

$\rho_{air}$ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m$^3$)

ปริมาณภาระความเย็นที่น้ำเย็นได้รับจากเครื่องจ่ายลมเย็น[11]สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$Q_H = \rho_{cdw} Q_{cdw} C_{cdw} (T_{cds} - T_{cdr}) \quad (2.7)$$

เมื่อ $Q_H$ คือ ปริมาณภาระความเย็นที่น้ำเย็นได้รับจากเครื่องจ่ายลมเย็น (kW)

$\rho_{cdw}$ คือ ความหนาแน่นของน้ำระบายความร้อน (kg/$m^3$)

$Q_{cdw}$ คือ อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน ($m^3$/s)

$C_{cdw}$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำระบายความร้อน (kJ/kg-k)

$T_{cds}$ คือ อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่กลับสู่เคอนเดนเซอร์ ($^oC$, k)

$T_{cdr}$ คือ อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ออกจากคอนเดนเซอร์ ($^oC$, k)

**2.6.3 สมการคำนวณของเครื่องส่งลมเย็น**

การคำนวณหาภาระความเย็นที่เกิดขึ้นที่คอยล์เย็น[11]สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$Q = 1.2xLx\Delta h \tag{2.8}$$

เมื่อ Q คือ การคำนวณหาภาระความเย็นที่เกิดขึ้นที่คอยล์เย็น (kW)

L คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m3/s)

$\Delta$ h คือ ผลต่างของเอนทัลปีของอากาศที่ผ่านคอยล์ (kJ/kg)

การคำนวณหาขนาดทำความเย็นของเครื่องส่งลมเย็น[11]สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$TR = 4.5xQx(h_r - h_s) \tag{2.9}$$

เมื่อ TR คือ ความสามารถในการทำความเย็น (TR)

Q คือ ปริมาณลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็น ($m^3$/min)

$h_r$ คือ เอนทัลปีของลมกลับ (kJ/kg)

$h_s$ คือ เอนทัลปีของลมจ่าย (kJ/kg)

การคำนวณหาปริมาณน้ำเย็นผ่านเครื่องส่งลมเย็น[13]สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.10

$$GPM = \frac{TRx24}{\Delta T} \tag{2.10}$$

เมื่อ TR คือ ความสามารถในการทำความเย็น (TR)

GPM คือ ปริมาณน้ำหลผ่านคอยล์ทำความเย็น(gallon/min)

$\Delta$T คือ ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็น ($^{\circ}$F)

การคำนวณหาโหลดความร้อนรวม[12]สามาถคำนวณได้จากสมการ

$$RSH = 1.08xcfm_{sa}x(t_{rm} - t_{sa}) \tag{2.11}$$

$$RLH = 0.68xcfm_{sa}x(W_{rm} - W_{sa}) \tag{2.12}$$

$$RTH = RSH + RLH \tag{2.13}$$

เมื่อ RSH คือ โหลดความร้อนสัมผัส (BTU)

RLH คือ โหลดความร้อนแฝง (BTU)

RTH คือ โหลดความร้อนรวม (BTU)

$cfm_{sa}$ คือ ความเร็วลมที่จ่ายออก ($ft^3$/min)

$t_{rm}$ คือ อุณหภูมิภายในห้อง ($^{\circ}$F)

$t_{sa}$ คือ อุณหภูมิที่บริเวณทางออกคอยล์เย็น (oF)

$W_{rm}$ คือ อัตราส่วนความชื้น ($lb_m/lb_{da}$)

$W_{sa}$ คือ อัตราส่วนความชื้น ($lb_m/lb_{da}$)

การคำนวณหาความเร็วลม[12]สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.13

$$cfm_{sa} = \frac{RSH}{1.08x(t_{rm} - t_{sa})} \quad (2.13)$$

เมื่อ RSH คือ โหลดความร้อนสัมผัส (BTU)

$cfm_{sa}$ คือ ความเร็วลมที่จ่ายออก ($ft^3$/min)

$t_{rm}$ คือ อุณหภูมิภายในห้อง (° F)

$t_{sa}$ คือ อุณหภูมิที่บริเวณทางออกคอยล์เย็น (° F)

### 2.6.4 สมการคำนวณของปั๊ม

การหาประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ(Specific Energy Consumption of Pump)[10] สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.14

$$SEC_p = \frac{P_{in}}{Q} \tag{2.14}$$

เมื่อ $SEC_p$ คือ ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ

$P_{in}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับปั๊ม (kW)

Q คือ อัตราการไหลของปั๊ม (GPM)

การหา Head ของปั๊ม[11]ได้ดังนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.15

$$h = (p_2 - p_1) / (\rho * g) + v_2^2 / (2 * g) \tag{2.15}$$

เมื่อ h คือ การพัฒนาหัวทั้งหมด (m)

$p_2$ คือ แรงดันที่ทางออก (N / $m^2$)

$p_1$ คือ แรงดันที่ทางเข้า (N / $m^2$)

ρ คือ ความหนาแน่น (kg / $m^3$)

g คือ การเร่งความเร็วของแรงโน้มถ่วง (9.81 m / $s^2$)

$v_2$ คือ ความเร็วที่เต้าเสียบ (m / s)

การหา Specific of pumpของปั๊ม[14] สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.16

$$N_s = \frac{S * \sqrt{Q}}{h^{3/4}} \tag{2.16}$$

เมื่อ $N_s$ คือ Specific of pump

S คือ ความเร็วของปั๊ม (rpm)

Q คือ อัตราการไหล (gal/min)

H คือ เฮด (in ft)

ปริมาณภาระความเย็นที่น้ำเย็นได้รับจากเครื่องจ่ายลมเย็น[11]สามาถคำนวณได้จากสมการที่ 2.17

$$Q_L = \rho_{chw} Q_{chw} C_{chw} (T_{chr} - T_{chs}) \tag{2.17}$$

เมื่อ $Q_L$ คือ ปริมาณภาระความเย็นที่น้ำเย็นได้รับจากเครื่องจ่ายลมเย็น (kW)

$\rho_{chw}$ คือ ความหนาแน่นของน้ำเย็น (kg/$m^3$)

$Q_{chw}$ คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น($m^3$/s)

$C_{chw}$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเย็น (kJ/kg-k)

$T_{chr}$ คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นที่กลับสู่เครื่องระเหย ($^o$C, k)

$T_{chs}$ คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องระเหย ($^o$C, k)

กฎของเครื่องสูบน้ำ (Pump Laws)[11]สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \tag{2.18}$$

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \tag{2.19}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \tag{2.20}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \tag{2.21}$$

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \tag{2.22}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \tag{2.23}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล ($m^3/h$)

N คือ ความเร็วรอบ (rpm)

P คือ ความดันของปั๊ม (Bar)

W คือ กำลังขับเพลา (W)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (m)

**2.6.5 สมการคำนวณของพัดลม**

กฎของพัดลม(Fan Laws)[13]สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \tag{2.24}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \tag{2.25}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \tag{2.26}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \tag{2.27}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \tag{2.28}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5 \tag{2.29}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล (CFM)

N คือ ความเร็วรอบ (rpm)

P คือ ความดันของปั๊ม (psi)

W คือ กำลังขับเพลา (W)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (mm)

สูตรคำนวณอัตราการไหลของอากาศ[11]สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.30

$$Q = AxV \tag{2.30}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร ($m^3$/min)

A คือ ขนาดพื้นที่ของช่องหัวลมกลับ ($m^2$)

V คือ ความเร็วลมกลับ (m/min)

อัตราการระบายอากาศ[11]สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.31

$$\text{Air change ต่อชั่วโมง} = \frac{CFMx60}{Volume} \tag{2.31}$$

เมื่อ CFM คือ ปริมาณลม ($ft^3$/min)

Volumeคือ ปริมาตรบริเวณที่ต้องการการระบายอากาศ ($ft^3$)

ประสิทธิภาพของพัดลม[11]สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.32

$$Efficiency = \frac{CFMxTSP}{6350xBHP} \tag{2.32}$$

เมื่อ CFM คือ ปริมาณลม ($ft^3$/min)

TSP คือ Total Static Pressure ($Inch_{water}$)

BHP คือ กำลังไฟฟ้า (HP)

โดย 1 HP = 0.746 kW

## 2.7 วรรณกรรมปริทัศน์

เนื่องจากในโครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้คณะผู้จัดทำได้ค้นคว้าและศึกษาจากโครงงานที่ทำเกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ

นายณัชรพงษ์ นะวาระ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย มหาวิทยาลัยสยาม (2556) ได้ทำการวิจัย“การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของชุดส่งลมเย็นในระบบชิลเลอร์” ของโรงเรียนอัสสัมชัญ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้ 1.ศึกษาจากหลักการทำงานของชิลเลอร์ที่จะเข้าไปทำแผนการการซ่อมบำรุง พร้อมตรวจเช็คสภาพ 2.ตรวจสอบบันทึกการแจ้งซ่อมสามเดือนที่ผ่านมาว่ามีการแจ้งซ่อมที่ จุดใดมากที่สุดและมีการแก้ปัญหาในลักษณะอย่างไร 3.ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง 4.วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ทำการซ่อมให้สามารถใช้งานได้ ประเมินว่าปัญหาที่แท้จริงเกิดจากอะไร 5.วิธีป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาหรือเกิดน้อยที่สุด ตรวจเช็คอุปกรณ์ในระบบว่ามีความผิดปกติหรือไม่ 6.ประเมินผลสามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ ประเมินผลการวางแผนซ่อมเชิงป้องกันจากขั้นตอนการทำงาน การทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาของ โครงงานนี้จะเข้าไปศึกษาเครื่องทำความเย็น ค้นหาปัญหาที่มีการแจ้งซ่อมศึกษาปัญหาว่าเกิดจากอะไรมีแนวทางการแก้ไขอย่างไรและมีการป้องกันอย่างไร เมื่อเข้าใจปัญหาและที่มาก็จัดทำแผนการซ่อมบำรุงโดย จัดให้มีการตรวจเช็คทุกเดือนและจัดให้มีการล้างใหญ่ประจำปี และเมื่อทำตามแผนการซ่อมบำรุงแล้วเก็บข้อมูลหาก ยังเกิดปัญหาเดิมซ้ำอีกก็จะมีแผนเปลี่ยนอุปกรณ์นั้น ๆต่อไป

นายวีรยุทธ ทองสลัด นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และและอุตสาหกรรมวิจัย มหาวิทยาลัยสยาม(2556) ได้จัดทำโครงงาน“การบำรุงรักษามอเตอร์เชิงป้องกัน(PREVENTIVE MOTOR MAINTENANCE)” เพื่อลดความถี่ในการขัดข้องของมอเตอร์และทำให้มอเตอร์อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ ขั้นตอนในการทำ 1.เข้าไปตรวจเช็คสภาพมอเตอร์เครื่องทอ โดยใช้หูฟังในการฟังเสียงการสั่นสะเทือนของลูกปืนมอเตอร์เพื่อป้องกันปัญหามอเตอร์ลูกปืนแตกได้ถ้าพบมอเตอร์เริ่มมีเสียงดังก็เริ่มดำเนินการแก้ไขต่อไป 2.ทำการบำรุงรักษามอเตอร์ มอเตอร์ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน 3.จัดทำตารางการตรวจเช็ค เมื่อเสร็จสิ้นจากการทำโครงงานนี้ทำให้ลดการแจ้งซ่อมเนื่องจากการเข้าไปบำรุงรักษาก่อนที่มอเตอร์จะเกิดความเสียหายและมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบของมอเตอร์และอุปกรณ์ในการตรวจเช็คมากขึ้น

นายสุทธิศักดิ์ พรรัตนสมบูรณ์นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และและอุตสาหกรรมวิจัย มหาวิทยาลัยสยาม (2556) ได้ทำโครงงาน “การพัฒนาคู่มือการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (A development of preventive maintenance for air cooling condenser type water chiller)” ในโครงงานนี้เป็นการเข้าไปทำคู่มือการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความ ร้อนด้วยอากาศเพื่อใช้คู่มือในการอบรมหรือเป็นแนวทางให้ผู้ที่ปฏิบัติงาน ขั้นตอนในการทำโครงงาน 1.เข้าไปศึกษาคู่มือที่มีอยู่เดิม 2.เข้าไปตรวจสภาพเครื่องทำ

น้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ 3.จัดทำคู่มือการซ่อมบำรุงเชิงรักษา 4.เปรียบเทียบผลระหว่างก่อนปรับปรุงคู่มือและหนังปรับปรุงคู่มือว่ามีผลอย่างไรกับผู้ปฏิบัติงาน สรุปผลจากการทำโครงงานนี้ คือเข้าไปศึกษาและทำให้คู่มือการซ่อมบำรุง ง่ายต่อการศึกษาและปฏิบัติตามทำให้ปฏิบัติงานได้รวดเร็วและถูกต้อง และทำให้เครื่องทำน้ำเย็นอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

เกษม รุ่งเรือง นักศึกษาจากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ทำการศึกษางานวิจัยนี้ทราบว่าเป็นโรงงานตัวอย่างยังไม่มีระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยจะทำการซ่อมบำรุงรักษาก็ต่อเมื่อมีเครื่องจักรหยุดทำงานในหน้างานเท่านั้น จึงมีการเสนอการทำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อใช้ซ่อมบำรุงให้กับเครื่องจักรและได้ทำข้อมูลก่อนการดำเนินงาน และหลังการดำเนินงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์เพื่อลดการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร ยืดระยะเวลาการใช้งาน และลดการสูญเสียกำลังการผลิต ในการปฏิบัติได้นำแผนการการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักรขัดข้องสูงสุด 6 เครื่อง โดยมีรายชื่อเครื่องจักรดังนี้ 1. Air blow cleaning 2. Armature B/K & Yoke Caulking (1) 3. Iron Core Caulking (1) 4. Iron Core Caulking (2) 5. Resister/Diode Insertion 6. Armature B/K & Yoke Caulking (2) ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวมีการการขัดข้องชำรุดค่าความพร้อมใช้งานต่ำจึงทำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันจัดทำ PM STANDARD เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจากการทำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้ลดปัญหาต่าง ๆที่เกิดกับเครื่องจักรทั้ง 6 เครื่อง สามารถลดค่าต่าง ๆได้ดังนี้ ค่าความพร้อมใช้งานเครื่องAir blow cleaning จากเดิม 40.27% เพิ่มขึ้นเป็น 87.15% เครื่องArmature B/K & Yoke Caulking (1) จากเดิม 64.28% เพิ่มขึ้นเป็น 79.37% เครื่องArmature B/K & Yoke Caulking (2) จากเดิม 91.90% เพิ่มขึ้นเป็น 97.35% เครื่อง Iron Core Caulking (1) จากเดิม 89.57% เพิ่มขึ้นเป็น 99.35% เครื่อง Iron Core Caulking (2) จากเดิม 82.02% เพิ่มขึ้นเป็น 89.57% และเครื่อง Resister/Diode Insertion จากเดิม 68.71% เพิ่มขึ้นเป็น 97.10%

นางสาวปองชนก สุวรรณาภา และ นางสาวพรรณอร พรรัตนพิทักษ์ วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง ของห้างหุ้นส่วนจำกัด ลำพูน ดี เอส ฟู้ด ในปัจจุบันนั้นทางโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเป็นระบบแต่เน้นไปที่การซ่อมบำรุงตามอาการหลังเกิดเหตุขัดข้องเป็นหลัก โดยศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเครื่องจักรที่ใช้ และสอบถามข้อมูลของอาการขัดข้องจากพนักงาน จากนั้นระบุอาการขัดข้อง, ผลกระทบ และสาเหตุของแต่ละอาการขัดข้องที่มีโอกาสเกิดขึ้นให้คะแนนความรุนแรง, โอกาสในการเกิด และความสามารถในการตรวจจับ คำนวณและเรียงลำดับค่า RPN หลังจากนั้นได้ใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญ โดยเลือกโอกาสการเกิดอาการขัดข้องที่มีค่า RPN สูงเพียง 20% (vital few) ที่สร้างความเสียหายส่วนใหญ่ และเครื่องจักรที่มีค่า Severity (S) ในช่วง 4 - 5 คะแนนมาวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากการวิเคราะห์อาการขัดข้องและ

ผลกระทบของชิ้นส่วนเครื่องจักรทั้งระบบพบอาการขัดข้องของเครื่องจักรทั้งหมด 72 อาการ กลุ่มอาการ Vital few 38 อาการ และกลุ่ม Severity (S) ในช่วง 4 -5 คะแนน 30 อาการ โดยจะนำกลุ่มอาการ Vital few และกลุ่ม Severity (S) ในช่วง 5 - 4 คะแนน มาทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยจัดทำคู่มือการบำรุงรักษา (PM Manual), รายละเอียดการบำรุงรักษา (PM Card), ใบตรวจสอบรายการประจำวัน (Check Sheet,) ใบบันทึกอะไหล่ และใบบันทึกประวัติการซ่อมบำรุง ส่วนกลุ่มที่เหลือ 80% จะใช้การบำรุงรักษาแบบหลังเกิดเหตุขัดข้อง หลังจากได้มีการทดลองนำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไปใช้แล้ว พบว่าเครื่องจักรที่อยู่ในกลุ่มอาการ vital few 6 อาการมีค่าระดับความเสี่ยงของสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการขัดข้อง (RPN) ลด ลงจาก 957 คะแนน เหลือ 655 คะแนน คิดเป็น 31.56% และทำให้ค่าระดับความเสี่ยงของสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการขัดข้อง (RPN) ของทุกเครื่องจักรรวมทั้งหมด 72 อาการ ลดลงจาก 1262 คะแนน เป็น 920 คะแนน ซึ่งลดลง 27.10

นายสุมนฤทธิ์ ธีรประเสริฐ และนายเรวัต เสงี่ยมสมานันท์ นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2549 ได้จัดทำโครงงาน การจัดทำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องอัดอากาศ เพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษา : โรงอบใบชา จ.แพร่ จัดทำขึ้นเพื่อ จัดทำระบบการซ่อมบำรุงเชิงรักษาให้แก่ระบบอากาศอัดของโรงงาน และหาแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดโดยตรวจสอบหาสาเหตุของการสูญเสียพลังงานลม ขั้นตอนในการดำเนินการ 1.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2. เก็บข้อมูลเครื่องอัดอากาศที่ใช้จริง 3.วิเคราะห์ข้อมูล 4.จัดทำแผนการซ่อมบำรุงและจัดทำแผนการซ่อมบำรุง 5.นำไปใช้จริงแล้ววัดผลหลังปรับปรุง หลังจากทำโครงการสรุปผลที่ได้คือโรงงานสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 27% และมีการตรวจสอบเครื่องมือตามที่ได้วางแผนไว้ทำให้ลดปัญหาการแจ้งซ่อมลง

นาย อิทธิพล พูลเขตร์กิจ นักวิชาการคอมพิวเอตร์ชำนาญการ เนื่องจากคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงเกิดการชำรุดเสียหายบ่อยและมีอายุการใช้งานสั้น โดยมีการทำทะเบียนประวัติคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์บันทึกประวัติการตรวจเช็คเพื่อป้องกันความเสียหายตามระยะเวลา ทำความสะอาดคอมพิวเตอร์ เมาส์ คีย์บอร์ด และอุปกรณ์ต่อพ่วงทั้งหมด ทำการอัพเดทโปรแกรมป้องกันไวรัสและสแกนไวรัสด้วย รวมฮาร์ดดิสก์ที่แยกกันอยู่แล้วจัดเรียงข้อมูลในฮาร์ดดิสก์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูล ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์บันทึกประวัติการตรวจเช็คเพื่อป้องกันความเสียหายตามระยะเวลา ตรวจสอบโปรแกรมที่ติดตั้งภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ และสรุปเอกสารการทำงาน เมื่อมีการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทำให้คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานตลอดเวลา มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น และองค์กรซื้อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงเพื่อนำมาเปลี่ยนของเดิมที่เสียน้อยลง ส่งผลให้องค์กรลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไร

ประโยชน์ ยลวิลาส และ ศุภรัชชัย วรรัตน์ นักศึกษาสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการหยุดการทำงานของเครื่องทดสอบของบริษัทในโรงผลิตกล้องถ่ายรูปดิจิตอล โดยศึกษาระบบงานและปัญหาทั่วไปในโรงงาน จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหา แนวทางการแก้ไข แล้วกำหนดระยะเวลาการแก้ไข จัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร ลงมือปฏิบัติการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร สรุปผลการปฏิบัติ และจัดทำรายงานเสนอ เมื่อนำข้อมูลก่อนและหลังทำการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาเปรียบเทียบกันพบว่า ก่อนที่จะมีซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเกิดการหยุดทำงานของเครื่องทดสอบเนื่องจากการขัดข้องของอุปกรณ์เชื่อมต่อกล้องดิจิตอล ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีการสูญเสียเวลาในการหยุดซ่อมเฉลี่ย 2,788 นาที คิดเป็น 46.47 ชั่วโมง แต่หลังจากทำการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระยะเวลา 3 เดือนเท่ากัน พบว่ามีการสูญเสียเวลาในการซ่อมเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 547 นาที คิดเป็น 9.12 ชั่วโมง ทำให้บริษัทผลิตกล้องถ่ายรูปดิจิตอลได้มากขึ้น กำไรมากก็มากขึ้น และลดต้นทดค่าซ่อมด้วย

นางสาววรภรณ์ เกิดผลและ รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องทอผ้าของโรงงาน โดยปัญหาของเครื่องทอผ้าคือ การหล่อลื่น การตรวจเช็คที่ขาดความถูกต้อง และการทำความสะอาดเครื่องจักร จึงมีการทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร (PM Standard) กำหนดการบำรุงรักษาเครื่องจักร (PM Schedule) และใบแจ้งงานซ่อม ผลจากการทำระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้จำนวนครั้งที่ชำรุดลดน้อยลงจากก่อนทำ 79 ครั้ง ลดลงเป็น 52 ครั้ง ดรรชนีวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (MTBF) จากเดิม MTBF = 252.72 ชม. เพิ่มขึ้นเป็น 396.91 ชม. จึงสรุปได้ว่าการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันช่วยทำให้อัตราการชำรุดของเครื่องทอผ้าลดลงและมีดรรชนีวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น

สมศักดิ์ สัมฤทธิ์ ,อรรถกร เก่งพล และสมภพ ตลับแก้ว นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยการวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการลดเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือ เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากความเสียหายของเครื่องจักร์อย่างกะทันหันในระหว่างทำการผลิตอันเนื่องมาจากแผนการบำรุงรักษาที่ไม่เหมาะสม โดยวิธีการดำเนินงานเป็นการประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือมาคำนวณรอบการเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์และกำหนดเป็นแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร จากผลการดำเนินการวิจัยพบว่า แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือสามารถลดเวลาสูญเสียลงจากเดิม 865.33 นาที/เดือน เหลือเพียง 301.67 นาที/เดือน และสามารถเพิ่มความพร้อมในการใช้งานให้กับเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากเดิม 88.48 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มเป็น 95.82 เปอร์เซ็นต์

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินโครงงาน

การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ของระบบปรับอากาศเป็นการทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆของระบบปรับอากาศให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานเสมอและหลีกเลี่ยงเหตุขัดข้องต่าง ๆที่คาดไม่ถึง รวมถึงลดการเสื่อมสภาพและชำรุดที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์ต่าง ๆของระบบปรับอากาศเกิดความเสียหายและหยุดชะงัก ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานจำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนการวางแผนการดำเนินงาน เพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

## 3.1 สถานที่ทำเดินการโครงการ

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นส่วนหนึ่งของมหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งอยู่ที่ เลขที่ 99 หมู่ 9 ตำบล ท่าโพธิ์ อำเภอ เมืองพิษณุโลก จังหวัด พิษณุโลก 65000 แบ่งออกเป็น 2 อาคาร คือ อาคารสิรินธร มีพื้นที่ 36,500 ตารางเมตร และอาคารเฉลิมพระเกียรติมีพื้นที่ 21,000 ตารางเมตร ซึ่งแต่ละอาคารล้วนมี 9 ชั้นแต่ละชั้นมีความสูงอยู่ที่ 3 เมตร ซึ่งส่วนใหญ่แล้วชั้น 1 ถึง 3 นั้นจะเป็นส่วนของห้องรักษา และชั้น 4-9 นั้นจะเป็นส่วนของที่พักฟื้นคนไข้ดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่าโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจัดอยู่ในโรงพยาบาลขนาดใหญ่มีแผนกต่าง ๆดังนี้

- ศูนย์โรคหัวใจ
- ศูนย์วิจัยโลหิตวิทยา
- ศูนย์มะเร็ง
- ศูนย์ปลูกถ่ายกระจกตาและผ่าตัดแกไขสายตา
- ศูนย์โรคไต
- ศูนย์รักษาผู้มีบุตรยาก

**รูปที่ 3.1** อาคารสิรินธร โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

**รูปที่ 3.2** อาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

## 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

**3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับ Preventive Maintenance และระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร**

ในระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นระบบแบบรวมศูนย์ ซึ่งจะมีอุปกรณ์หลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีวิธีการซ่อมบำรุงที่แตกต่างกันจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เราต้องศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆเหล่านี้รวมไปถึงศึกษาเกี่ยวกับPreventive Maintenance เพื่อนำข้อมูลมาวางแผนขั้นตอนบำรุงรักษาต่าง ๆ และเป็นแหล่งอ้างอิงให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและถูกต้องที่สุดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

**3.2.2 ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศและจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร**

จากการศึกษาแบบของระบบปรับอากาศของอาคารสรินธรและอาคารเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของจำนวนอุปกรณ์และลักษณะของอุปกรณ์ที่อยู่ภายในอาคารทั้งสองข้างต้น เพื่อรวบรวมข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการทำแผนและคู่มือการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อไป

**3.2.3 สำรวจสถานที่ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร**

จากการลงสำรวจพื้นที่ พบว่าระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีการวางแผนซ่อมบำรุงรักษาที่ล่าช้าและไม่ครอบคลุมอุปกรณ์ทั้งหมด จึงทำให้อุปกรณ์เสื่อมสภาพเร็วกว่าอายุการใช้งานและเนื่องจากเป็นโรงพยาบาลต้องคำนึงถึงความสะอาด ซึ่งถ้าไม่มีการวางแผนซ่อมบำรุงรักษาที่ดีอาจจะส่งผลให้เกิดเชื้อโรคขึ้นได้และในบางพื้นที่ของโรงพยาบาลจะพบว่าเกิดอาการหายใจติดขัดอันเนื่องมาจากการระบายอากาศที่ไม่สามารถดึงอากาศจากภายนอกเข้ามาได้มากพอ นอกจากนี้ยังพบว่าบางพื้นที่ในโรงพยาบาลระบบปรับอากาศทำความเย็นได้ไม่ทั่วถึง

**3.2.4 วิเคราะห์และวางแผนการซ่อมบำรุงร่วมกับบุคลากรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร**

จากการศึกษาประวัติการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในมหาวิทยาลัยนเรศวรร่วมกับฝ่ายช่างเทคนิคของทางโรงพยาบาลเพื่อตรวจสอบข้อมูลให้เกิดความถูกต้อง แม่นยำซึ่งจากการสำรวจนั้นจะพบว่ามีเฉพาะอุปกรณ์ขนาดใหญ่เท่านั้นที่มีแผนการซ่อมบำรุงรักษาเช่น Chiller , Cooling Tower และ Air Handing Unit จึงยังไม่ตอบโจทย์ในการแก้ปัญหาและตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ไม่ตรงกับแบบของระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ลักษณะการซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ให้ครอบคลุม

ทั้งหมด เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการให้ความรู้เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ถูกวิธีให้แก่บุคคลกรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

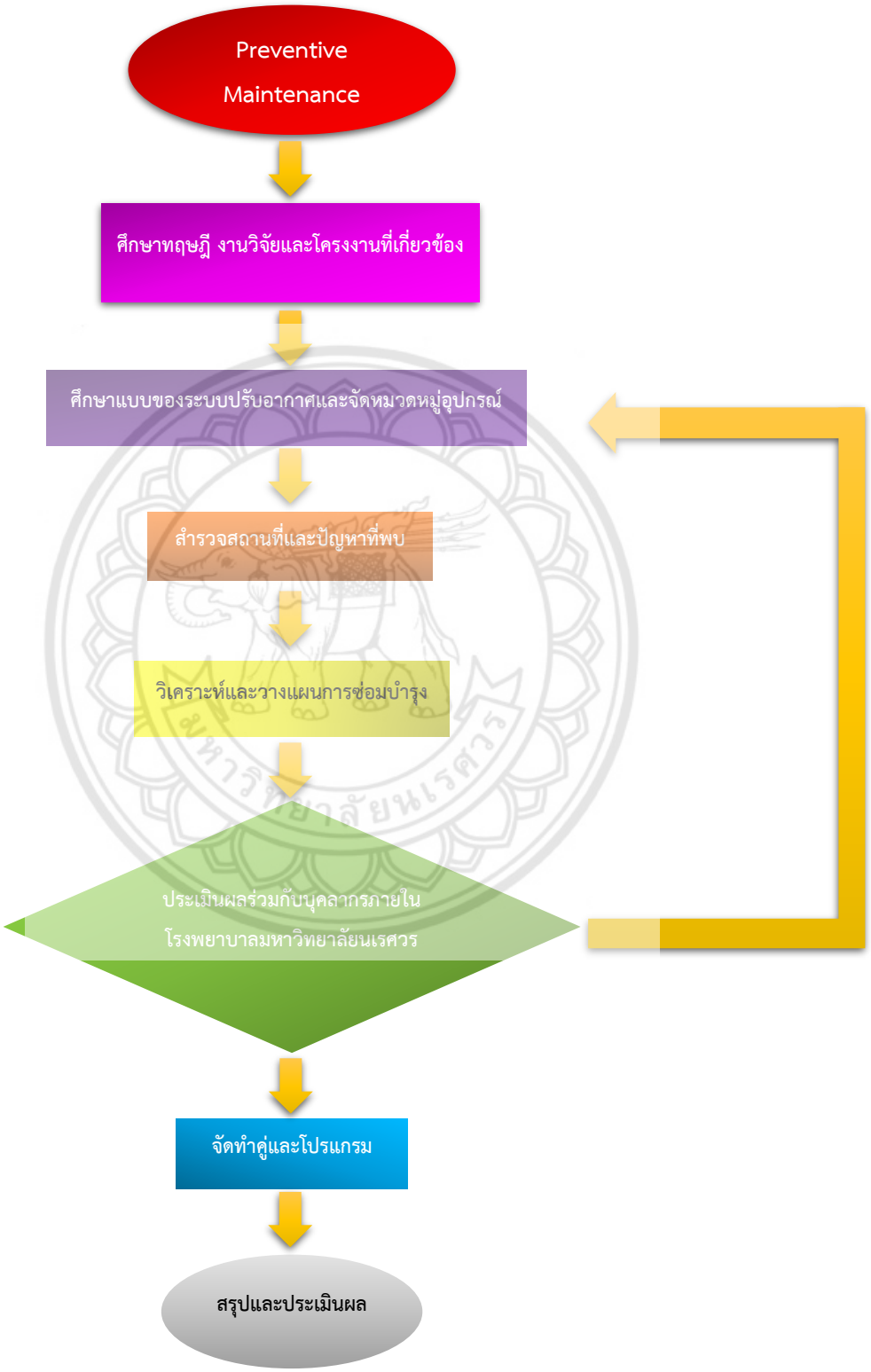
**3.2.5 จัดทำคู่มือและโปรแกรมสำหรับใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน**

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้ศึกษามาผู้จัดทำได้รวบรวมขั้นตอนการตรวจเช็คและซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันจากการค้นคว้าข้อมูลและสรุปออกมาเป็นขั้นตอนที่ถูกต้องเหมาะสมกับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พร้อมทั้งวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะงานในการซ่อมบำรุงรักษาภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

**3.2.6 สรุปและประเมิน**

จากการวิเคราะห์ปัญหาข้างต้นทำให้ทราบถึงข้อมูลของการซ่อมบำรุงรักษาและนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประกอบแบบฟอร์มการซ่อมบำรุงรักษา โดยได้ทำเป็นแผนและคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อให้เป็นมาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งคู่มือฉบับนี้จะเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรให้กับเจ้าหน้าที่ ซึ่งหลังจากการนำคู่มือไปใช้จะช่วยลดการชำรุดหรือเสียหายของอุปกรณ์ปรับอากาศ ลดระยะเวลาในการแก้ไขปัญหาของเจ้าหน้าที่ และลดต้นทุนในการเปลี่ยนใหม่ของอุปกรณ์

## 3.3 แผนผังงาน (Flowchart)



## 3.4 แผนการดำเนินการโครงงาน

**ตารางที่ 3.1** ข้อมูลระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละส่วน

| หัวข้องานที่ปฏิบัติ/เดือน | 2560 | | | | | 2561 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย |
| 1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศและอุปกรณ์ | | | | | | | | | |
| 3. สำรวจสถานที่และปัญหาที่พบภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร | | | | | | | | | |
| 4. วิเคราะห์และวางแผนการซ่อมบำรุง | | | | | | | | | |
| 5. จัดทำคู่และโปรแกรม | | | | | | | | | |
| 6. สรุปและประเมินผลวิธีการดำเนินงาน | | | | | | | | | |

# บทที่ 4

# ผลการดำเนินโครงงาน

ในปัจจุบันโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีปัญหาที่เกิดจากระบบปรับอากาศโดยมีสาเหตุมาจากอุปกรณ์ของตัวเครื่องและระบบปรับอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อบุคลากร เจ้าหน้าที่ ผู้ดูแลและผู้เข้ารับบริการจึงจำเป็นต้องหาผู้เชี่ยวชาญและผู้มีความรู้เฉพาะทางเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากเหตุผลดังกล่าวนิสิตจึงได้รับโอกาสในการเข้ามาเป็นผู้ช่วยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีความรู้เฉพาะทางในปัญหาดังกล่าวจากการที่ได้ศึกษาทฤษฎีจากบทที่ 2 แล้วนั้นจึงได้นำข้อมูลมาทำขั้นตอนดังต่อไปนี้

## 4.1 ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศและจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

แบบของระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลจะแบ่งออกเป็น 2 อาคารคืออาคารสิรินธรและอาคารเฉลิมพระเกียรติแต่ละอาคารจะแบ่งไปอีก 9 ชั้นซึ่งในแบบนั้นจะมี ข้อมูลที่ตั้งของอุปกรณ์การกั้นห้อง เป็นต้น จากนั้นได้นำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ตารางการจัดหมวดหมู่อุปกรณ์และจำนวนของอุปกรณ์

| **อาคารสิรินธร** | | **อาคารเฉลิมพระเกียรติ** | |
|---|---|---|---|
| **ชนิดของอุปกรณ์** | จำนวน | **ชนิดของอุปกรณ์** | จำนวน |
| เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 600 ตัน ความเย็น (Water Chiller) | 3 | เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัว ความเย็น (Water Chiller)<br>เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ขนาด 250 ตันความเย็น | 3<br>1 |
| เครื่องสูบน้ำ (Condensate Pump) | 3 | เครื่องสูบน้ำ (Condensate Pump) | 4 |
| เครื่องสูบน้ำ (Chiller Pump) | 3 | เครื่องสูบน้ำ (Chiller Pump) | 4 |
| หอทำความเย็น (Cooling Tower) | 3 | หอทำความเย็น (Cooling Tower) | 4 |
| เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (Air Handling Unit) | 127 | เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (Air Handling Unit) | 97 |
| เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Fan Coil Unit) | 455 | เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Fan Coil Unit) | 350 |
| พัดลมขนาดเล็ก (Fan) | 814 | พัดลมขนาดเล็ก (Fan) | 588 |
| พัดลมขนาดใหญ่(Fan) | 46 | พัดลมขนาดใหญ่(Fan) | 24 |
| เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) | | เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) | |

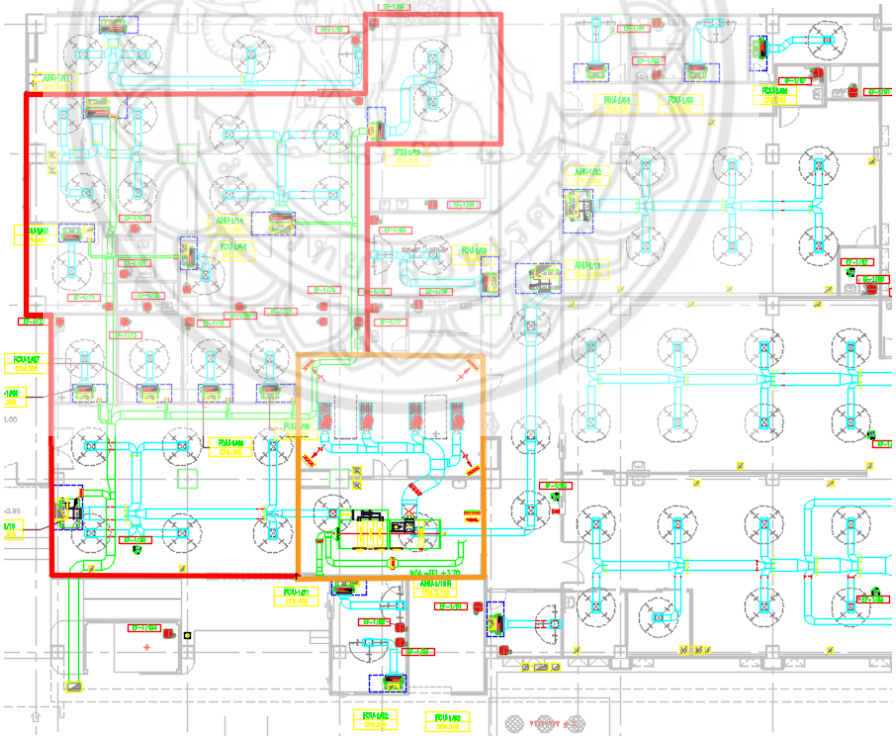
เมื่อทราบถึงอุปกรณ์หลักทั้งหมดแล้วเราจะทำการวางแผนการซ่อมบำรุง โดยมีหลักการตามอุปกรณ์ชนิดนั้น ๆ และเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ การใช้งาน การบำรุงรักษาจะถูกวางแผนการซ่อมบำรุงโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีความรู้เฉพาะทางในระบบปรับอากาศ ทั้งนี้การซ่อมบำรุงจะคำนึงถึงประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ความปลอดภัย รวมถึงผลกระทบต่อบุคลากร เจ้าหน้าที่ ผู้ดูแล และผู้เข้ารับบริการเป็นอันดับแรกจากนั้นได้แบ่งปัญหาของแบบปรับอากาศออกดังต่อไปนี้

### 4.1.1 อายุการใช้งานของอุปกรณ์

เนื่องโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้นได้สร้างมานานกว่า 25 ปี ซึ่งอุปกรณ์ปรับอากาศภายในอาคารก็ได้ติดตั้งเริ่มแรกมากับโรงพยาบาล ดังนั้นอุปกรณ์จะต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลาและการใช้งาน จึงต้องมีการวางแผนในการซ่อมบำรุงอย่างถูกวิธีเพื่อลดปัญหาต่างๆที่จะตามมา เช่น ถ้าหากเกิดอุปกรณ์บางตัวใน Chiller เสียหายจะทำให้ระบบไม่สามารถดำเนินการต่อได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบเป็นวงกว้างในโรงพยาบาล ซึ่งปัญหานี้จะแก้ได้โดยการทำแผนการซ่อมบำรุงรักษา โดยในแผนนี้จะดูในส่วนของอายุการใช้งานของอุปกรณ์ด้วยจะทำให้ทราบถึงอายุการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละตัวทำให้สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ทันป้องกันการเกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิดขึ้นได้

### 4.1.2 การระบายอากาศ

จากการศึกษาแบบของระบบปรับอากาศทำให้ทราบว่าพื้นที่ชั้น 1 ของอาคารเฉลิมพระเกียรติโซน CG11 ถึง CG14 ไม่มีการเติมอากาศจากภายนอกเข้ามาซึ่งจะส่งผลกระทบกับอากาศที่เข้าไปยังพื้นที่นั้นๆจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เยอะกว่ากำหนดทำให้ประชาชนที่อยู่บริเวณนั้นเกิดการหายใจติดขัดขึ้นได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1



**รูปที่ 4.1** โซนที่ไม่มีการเติม Fresh Air

## 4.2 สำรวจสถานที่ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการที่ได้ไปสำรวจสถานที่จริงซึ่งห้องควบคุมระบบปรับอากาศของอาคารสิรินธรอยู่ที่อาคารบริการ A ชั้น 1 ส่วนของอาคารเฉลิมพระเกียรติอยู่ที่อาคารบริการ B ชั้น 4 เนื่องจากอุปกรณ์ระบบปรับอากาศของทั้งสองอาคารจะมีอุปกรณ์ไว้เผื่อกรณีฉุกเฉินจะเปิดทำงานเพียงแค่อาคารละ 1 ชุดจากทั้งหมด 4 ชุดของอาคารเฉลิมพระเกียรติและ 3 ชุดของอาคารสิรินธร ซึ่งได้ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอุปกรณ์มาเพียงแค่อาคารละ 1 ชุดเพราะโหลดความร้อนในอาคารจะไม่ค่อยแตกต่างกันมากเมื่อเปลี่ยนการทำงานของชุดอุปกรณ์ค่าจะใกล้เคียงกัน ซึ่งในห้องควบคุมนั้นจะมีอุปกรณ์หลักๆดังนี้

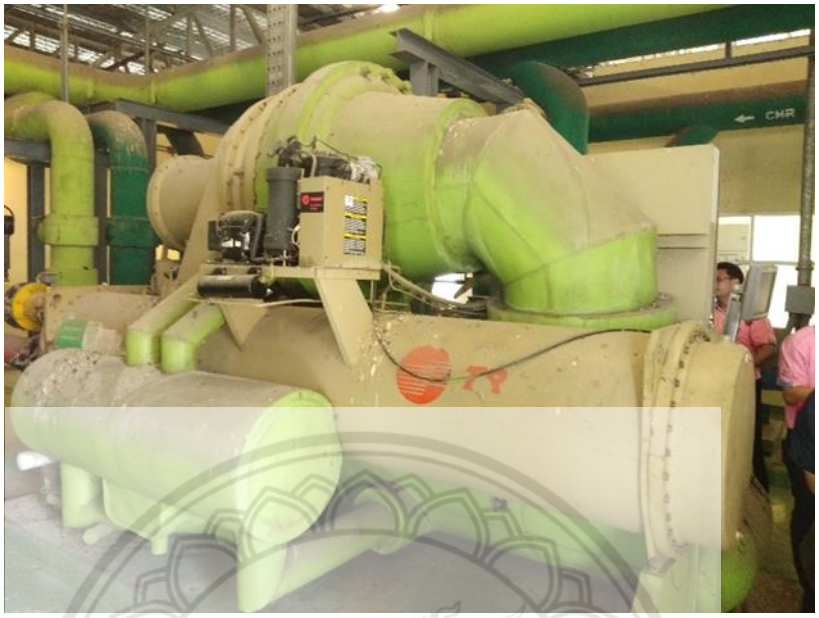
- Chiller
- Condenser Water Pump
- Chilled Water Pump
- Cooling Tower

ส่วนอุปกรณ์ย่อยอื่นๆจะแทรกอยู่ภายในอาคารจากนั้นได้เดินสำรวจภายในอาคารทั้งสองทำให้ได้รับทราบปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งจำแนกได้ดังนี้

### 4.2.1 ความสะอาดของอุปกรณ์

จากการที่ได้ไปสำรวจห้องควบคุมระบบปรับอากาศของทั้งสองอาคารนั้นพบว่าที่บริเวณดังกล่าวไม่สะอาดเท่าที่ควร เนื่องจากมีคราบและอุจจาระของนกติดอยู่บริเวณรอบๆเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และปั๊ม (Pump) ซึ่งได้วางแผนการแก้ปัญหาเหล่านี้กับทางฝ่ายอาคารสถานที่และบุคคลากรที่เกี่ยวข้องแล้ว ซึ่งจะแก้ไขปัญหาโดยการทำที่กั้นนกและทำความสะอาดพื้นที่ ขณะนี้กำลังอยู่ในช่วงของบประมาณและได้ทาสีกับขัดพื้นใหม่แล้ว

บริเวณอาคารบริการ B ชั้น 4 ห้องควบคุมระบบปรับอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ



**รูปที่ 4.2** ความสะอาดบริเวณ Chiller

**รูปที่ 4.3** บริเวณท่อส่งน้ำเย็น

**รูปที่ 4.4** บริเวณแผงควบคุม

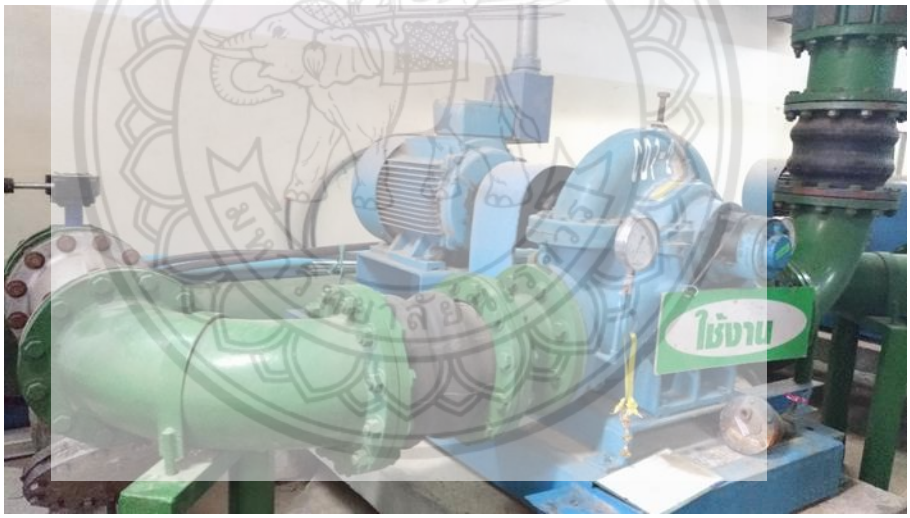
**รูปที่ 4.5** สถานที่ตั้ง Cooling Tower

**รูปที่ 4.6** บริเวณ Condensate Pump

**รูปที่ 4.7** บริเวณ Chill Pump

บริเวณอาคารบริการ A ชั้น 1 ห้องควบคุมระบบปรับอากาศของอาคารสิรินธร

**รูปที่ 4.8** คราบสนิมบริเวณ Chill Pump




**รูปที่ 4.9** บริเวณ Condensate Pump

**รูปที่ 4.10** บริเวณรอบๆ Chiller

**รูปที่ 4.11** สนิมที่เกาะติดบริเวณท่อส่งน้ำเย็น

**รูปที่ 4.12** Cooling Tower

**4.2.2 ห้อง NICU ไม่มีอากาศหมุนเวียน**

จากการที่ได้ไปสำรวจจะเห็นว่าบริเวณหัวฉีดไม่มีลมออกเนื่องจากเป็นห้องพิเศษควบคุมความสะอาดจึงได้ใช้การกรองอากาศแบบพิเศษ คือ Hepa Filter ซึ่งสามาถกรองฝุ่นละอองได้ถึง 99.999 % ดังนั้นเมื่อมีการใช้ไปสักระยะนึงก็จะมีการอุดตันของฝุ่นขึ้นได้และอีกสาเหตุหนึ่งคือแรงดันของพัดลมต่ำทำให้ไม่สามารถส่งลมจากภายนอกเข้ามาได้ อีกปัญหาที่พบคือ บริเวณเพดานของห้อง NICU พบคราบเชื้อราอันเนื่องมาจากลมกลับอุดตันอยู่บนฝ้าพัดลมไม่สามารถดึงลมส่วนนี้เข้าไปหมุนเวียนได้ ยิ่งนานเข้าความชื้นจากลมส่วนนี้ก็จะสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดเป็นเชื้อรา

**4.2.3 ห้องศูนย์หัวใจใช้ Split type**

เนื่องจากพื้นที่ของห้องศูนย์หัวใจได้ใช้ระบบปรับอากาศแบบ Split type ซึ่งเครื่องปรับอากาศแบบนี้จะทำความเย็นกับลดความชื้นเท่านั้น ซึ่งปริมาณลมที่ใช้จ่ายเข้าไปในห้องจะใช้แค่ลมภายในห้องหมุนเวียนไปมาเท่านั้น ซึ่งจะส่งผลกระทบในด้านระบบหายใจของประชาชนที่มาใช้บริการได้ และระบบปรับอากาศแบบ Split type ยังมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูงอีกด้วย

**4.2.4 จากการสำรวจหน้างานและแบบสถาปัตย์ที่ปรับปรุงใหม่ได้มีการกั้นห้องโดยไม่คำนึงถึงระบบปรับอากาศ**

ในด้านการออกแบบสถาปัตย์นั้นจะคำนึงถึงความสวยงามโดยขัดแย้งกับการออกแบบทางวิศวกร จนลืมไปว่าการออกแบบนั้นต้องให้ความสำคัญกับระบบปรับอากาศด้วยปัญหาหลักๆที่พบเลยคืออากาศภายในฝ้าเพดานไม่มีการระบายออกทำให้อุดตันอยู่บนฝ้าซึ่งจะส่งผลให้เกิดเชื้อราขึ้นได้เนื่องจากความชื้นของอากาศที่มากเกินไป

**4.2.5 ปัญหาการหมุนเวียนอากาศและการระบายอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร**

**4.2.5.1 อาคารสิรินธร**

1) ปัญหาที่พบด้านการหมุนเวียนอากาศ (Fresh air :FA)

เนื่องจากการสำรวจภายในโรงพยายาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าการหมุนเวียนอากาศภายในโรงพยาบาลนั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้พื้นที่บางส่วนของโรงพยาบาลมีอากาศที่เบาบางลง ณ ช่วงเวลาหนึ่งมีอากาศที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มีประชาชนมาเข้ารับการรักษาจำนวนมาก ๆ และในพื้นที่ดังกล่าวจะมีอากาศที่เบาบางลง ส่งผลให้ประชาชนที่เข้ารับการบริการหายใจไม่สะดวกและเกิดการวิงเวียนศีรษะ โดยปัญหาแบ่งห้องหรือพื้นที่ที่เกิดปัญหาตามโซนได้ 2 รูปแบบดังนี้

1) มี FAD แต่ไม่มี FAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ (FAD) เข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) แต่ไม่มีพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.2** กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารสิรินธร

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้นที่ 1 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | F-G/38 | ห้องปฏิบัติการ | 54 | 64 | 234 |
| | | 2 | A-G/14 | คลินิกวิจัยโรคและเวชศาสตร์ช่องปาก | 144 | 170 | |
| 2 | A | 4 | A-G/30 | ทางเดิน | 144 | 170 | 170 |
| 3 | A | 6 | A-G/20 | คลินิกทันตกรรมวิทยา | 144 | 170 | 170 |
| 4 | B | 2 | A-G/15 | คลินิกทันตกรรมวิทยา4 | 144 | 170 | 340 |
| | C | 2 | A-G/16 | คลินิกวิจัยโรคและเวชศาสตร์ช่องปาก2 | 144 | 170 | |
| 5 | D | 2 | A-G/17 | คลินิกวิจัยโรคและเวชศาสตร์ช่องปาก1 | 144 | 170 | 283 |
| | E | 2 | A-G/18 | ห้องเอ็กซเรย์ | 96 | 113 | |
| 6 | D | 4 | A-G/28 | ทางเดิน | 144 | 170 | 170 |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | B | 6 | A-G/21 | คลินิกทันตกรรมวิทยา5 | 144 | 170 | 170 |
| 8 | F | 1 | A-G/23 | ธุรการแผนกทันตกรรมและหัวหน้าทันตกรรม | 90 | 106 | 106 |
| 9 | F | 2 | A-G/19 | คลินิกทันตกรรมบริการ3 | 171 | 201 | 201 |
| 10 | E | 5 | A-G/22 | ห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน, ห้องการเงิน | 192 | 226 | 367 |
| | F | 4 | A-G/29 | ทางเดิน | 120 | 141 | |
| 11 | B | 12 | F-G/4 | CT SCAN | 36 | 42 | 209 |
| | | 12 | F-G/3 | ห้องควบคุม | 16.2 | 19 | |
| | | 13 | F-G/2 | ห้องควบคุม MRI | 11.88 | 14 | |
| | C | 12 | F-G/5 | ห้อง X-RAY พิเศษ | 36 | 42 | |
| | | 13 | A-G/2 | ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า, เก็บเอกสาร, หัวหน้าหน่วยรังสี | 78 | 92 | |
| 12 | B | 13 | F-G/1 | MRI | 48 | 57 | 308 |
| | | 13 | A-G/1 | ทางเดิน, พักรอ | 154 | 181 | |
| | | 14 | A-G/3 | ทางเดินเล็ก | 36 | 42 | |
| | | 14 | F-G/8 | ห้องพักเจ้าหน้าที่ | 24 | 28 | |
| 13 | C | 14 | F-G/9 | พักแพทย์/พยาบาล | 16 | 19 | 591 |
| | D | 12 | F-G/7 | ห้อง X-RAY 1 | 36 | 42 | |
| | | 12 | F-G/6 | ห้องมืด | 36 | 42 | |
| | | 13 | F-G/10 | ห้อง X-RAY 2 | 36 | 42 | |
| | | 12 | F-G/14 | หัวตรวจวัดมวลกระดูก | 20 | 24 | |
| | | 13 | F-G/13 | ห้อง X-RAY เต้านม | 20 | 24 | |
| 13 | D | 13 | F-G/12 | ห้องเจาะชิ้นเนื้อเต้านม | 20 | 24 | |
| | | 14 | A-G/5 | ทางเดิน | 150 | 177 | |
| | | 14 | F-G/16 | อ่านฟิล์ม | 54 | 64 | |
| 14 | E | 12 | F-G/23 | ห้องพักบุคลากร | 48 | 57 | 163 |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | H | 3 | A-G/27 | คลินิกกระดูกและข้อ, พักรอ | 144 | 170 | 170 |
| 16 | K | 2 | A-G/26 | ห้องกายภาพบำบัด1 | 126 | 148 | 445 |
| | M | 2 | A-G/25 | ห้องกายภาพบำบัด2 | 108 | 127 | |
| | | 4 | A-G/24 | ห้องพัก, ห้องตรวจ1-4 | 144 | 170 | |
| 17 | H | 8 | A-G/32 | ปฏิบัติการคนไข้นอก | 32 | 38 | 225 |
| | | 9 | F-G/35 | นอนเวร, ห้องพัก, ห้องเก็บของ | 30 | 35 | |
| | | 10 | F-G/36 | พักรอ | 48 | 57 | |
| | K | 8 | A-G/13 | ห้องรับคนไข้ใน | 81 | 95 | |
| 18 | M | 8 | A-G/11 | ห้องจ่ายยาผู้ป่วยนอก | 90 | 106 | 212 |
| | | 10 | A-G/12 | ห้องจ่ายยาผู้ป่วยนอก | 90 | 106 | |
| 19 | H | 14 | A-G/9 | ทางเดิน | 63 | 74 | 112 |
| | | 14 | F-G/21 | ทำงานแพทย์ | 16 | 19 | |
| | J | 14 | F-G/19 | พักพยาบาล | 16 | 19 | |
| 20 | J | 13 | A-G/7 | ห้องผ่าตัด2 | 36 | 42 | 84 |
| | L | 13 | A-G/8 | ห้องผ่าตัด1 | 36 | 42 | |
| 21 | M | 13 | A-G/3 | พักรอ | 84 | 99 | 99 |
| 22 | | | F-G/25 | ตรวจภายใน | 25.2 | 30 | 70 |
| | | | F-G/24 | หน้าห้องตรวจ6-11 | 34 | 40 | |
| 23 | P | 13 | F-G/17 | พักรอ | 84 | 99 | 137 |
| | R | 13 | A-G/6 | หน้าห้องตรวจ1-5 | 32 | 38 | |
| ชั้น 2 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | A-2/10 | ห้องผ่าตัด1 | 36 | 170 | 736 |
| | | 2 | A-2/12 | ห้องผ่าตัด2 | 36 | 170 | |
| | | 3 | A-2/13 | ห้องผ่าตัด3 | 48 | 226 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | B | 2 | A-2/11 | ห้องผ่าตัด5 | 36 | 170 | 736 |
| 2 | B | 1 | A-2/18 | ห้องผ่าตัด4 | 36 | 170 | 849 |
| | | 3 | A-2/16 | ห้องผ่าตัด6 | 72 | 339 | |
| | C | 1 | A-2/15 | ห้องผ่าตัด9 | 36 | 170 | |
| | | 3 | A-2/19 | ห้องผ่าตัด7 | 36 | 170 | |
| 3 | C | 2 | A-2/20 | ห้องผ่าตัด8 | 36 | 170 | 632 |
| | D | 1 | A-2/4 | ห้องผ่าตัด10 | 42 | 198 | |
| | | 2 | A-2/21 | ห้องผ่าตัด11 | 56 | 264 | |
| 4 | E | 1 | A-2/5 | ห้องผ่าตัด14 | 36 | 170 | 467 |
| | | 2 | A-2/6 | ห้องผ่าตัด13 | 48 | 226 | |
| | F | 1 | A-2/3 | ทางเดิน | 60 | 71 | |
| 5 | G | 1 | A-2/7 | ห้องผ่าตัด15 | 81 | 381 | 381 |
| 6 | A | 4 | F-2/5 | ห้องพักทานอาหาร | 48 | 283 | 438 |
| | | | A-2/9 | ทางเดิน | 90 | 106 | |
| | B | 5 | F-2/6 | ห้องพักพยาบาล | 42 | 49 | |
| 7 | B | 5 | F-2/7 | ห้องพักแพทย์ | 25 | 29 | 135 |
| | C | 1 | A-2/14 | ทางเดิน | 90 | 106 | |
| 8 | E | 3 | A-2/22 | ห้องผ่าตัด12 | 64 | 301 | 325 |
| | | 4 | F-2/8 | ห้องหัวหน้าพยาบาล | 20 | 24 | |
| 9 | F | 3 | F-2/1 | ห้องสำนักงานแพทย์ | 50 | 59 | 106 |
| | | 4 | F-2/2 | ห้องสำนักงานแพทย์ยาดม | 40 | 47 | |
| 10 | E | 6 | A-2/24 | ห้องพยาบาล | 96 | 113 | 254 |
| | | 6 | F-2/38 | ทางเดิน | 120 | 141 | |
| 11 | F | 5 | A-2/23, A-2/26 | ห้องพักฟื้นหลังผ่าตัด | 192 | 226 | 226 |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | C | 12 | F-2/17 | พักทานอาหาร | 36 | 42 | 158 |
| | | | A-2/40 | ทางเดิน | 72 | 85 | |
| | D | 11 | F-2/18 | พักแพทย์/พยาบาล | 26 | 31 | |
| 13 | E | 11 | F-2/19 | ทำงานแพทย์ | 20 | 24 | 167 |
| | F | 11 | A-2/41 | ทางเดิน | 81 | 143 | |
| 14 | F | 11 | F-2/20 | พักฟื้นหลังคลอด | 36 | 42 | 42 |
| 15 | F | 12 | F-2/12 | เด็กอ่อน 1 | 24 | 28 | 28 |
| 16 | B | 12 | A-2/33 | เปลี่ยนเสื้อคนงานหญิง | 10 | 12 | 23 |
| | | 13 | A-2/32 | เปลี่ยนเสื้อคนงานชาย | 9 | 11 | |
| 17 | B | 14 | A-2/31 | ล้างเครื่องมือ | 24 | 28 | 28 |
| 18 | C | 12 | A-2/36 | ผ่าตัด 16 | 40 | 188 | 828 |
| | | 13 | A-2/37 | ผ่าตัด 17 | 40 | 188 | |
| | D | 12 | A-2/39 | ห้องคลอด 5 | 24 | 113 | |
| | | 13 | A-2/38 | ห้องคลอด 6 | 24 | 113 | |
| | | 13 | A-2/35 | ห้องคลอด 7 | 24 | 113 | |
| | | 14 | A-2/34 | ห้องคลอด 8 | 24 | 113 | |
| 19 | E | 12 | A-2/30 | ห้องคลอด 1 | 30 | 141 | 650 |
| | | 13 | A-2/29 | ห้องคลอด 2 | 24 | 113 | |
| | | 13 | A-2/28 | ห้องคลอด 3 | 24 | 113 | |
| | | 14 | A-2/27 | ห้องคลอด 4 | 24 | 113 | |
| | F | 13 | A-2/43 | ห้องติดเชื้อ, เด็กอ่อน2, อื่นๆ | 144 | 170 | |
| 20 | M | 1 | A-2/45 | เก็บเครื่องมือ | 20 | 24 | 24 |
| 21 | K | 3 | A-2/46 | ห้องผู้ป่วย ICU 1 | 288 | 848 | 848 |
| 22 | M | 3 | A-2/47 | ห้องผู้ป่วย ICU 2 | 234 | 689 | 901 |
| | | 5 | A-2/48 | ห้องให้คำปรึกษา,อื่นๆ | 180 | 212 | |
| 23 | R | 5 | A-2/49 | ล้างกะโถนเก็บผ้ากันเปื้อน | 60 | 71 | 71 |

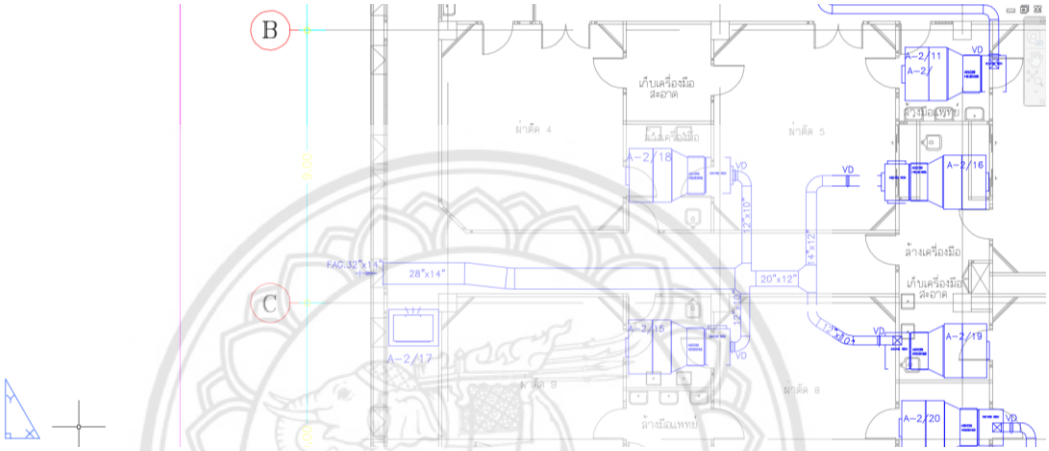
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | K | 7 | A-2/25 | ห้องตรวจสแกนสมอง | 198 | 233 | 233 |
| 25 | R | 7 | A-2/50 | ล้างกะโถนเก็บผ้ากันเปื้อน | 54 | 64 | 64 |
| 26 | O | 11 | F-2/37 | เปลี่ยนเสื้อ, ห้องพักพยาบาล | 54 | 64 | 64 |
| 27 | Q | 11 | A-2/42 | ห้องล้างไต | 117 | 344 | 344 |
| ชั้น 3 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | A-3/4 | ภาควิชาศัลยศาสตร์ | 54 | 64 | 192 |
| | | 2 | A-3/5 | ห้องพักแพทย์ภาควิชาศัลยศาสตร์ | 48 | 57 | |
| | B | 1 | A-3/3 | ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู | 60 | 71 | |
| 2 | A | 3 | A-3/6 | ห้องภาควิชากุมานเวชศาสตร์ 4. | 51 | 60 | 105 |
| | B | 3 | F-3/5 | ห้องภาคจิตเวชศาสตร์ | 38 | 45 | |
| 3 | A | 4 | A-3/7 | ห้องภาควิชาสูติศาสตร์นารีเวชศาสตร์ 3. | 51 | 60 | 462 |
| | | 5 | A-3/8 | ห้องภาควิชากุมารเวชศาสตร์ 1 | 51 | 60 | |
| | B | 4 | F-3/6 | ห้องภาควิชาสูติศาสตร์นารีเวชศาสตร์ 2 | 38 | 45 | |
| | | 5 | F-3/7 | ห้องประชุมวิจัยใหญ่ | 84 | 297 | |
| 4 | A | 6 | A-3/9 | ห้องภาควิชากุมารเวชศาสตร์ | 63 | 74 | 173 |
| | | 7 | F-3/8 | ห้องประชุมวิจัยเล็ก | 28 | 99 | |
| 5 | C | 1 | A-3/2 | ห้องประชุมภาคศัลยศาสตร์ | 60 | 212 | 386 |
| | | 2 | F-3/3 | ห้องพักผ่อนนักวิจัย | 54 | 64 | |
| | D | 1 | A-3/1 | ภาควิชาสุติศาสตร์ นิติวิทยา | 60 | 71 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | E | 2 | F-3/2 | ห้องพักผ่อนนักวิจัย | 33 | 39 | 181 |
| | | 3 | F-3/6R | P1 | 22 | 26 | |
| | | 3 | - | ห้อง FREEZER | 15 | 18 | |
| | | 3 | F-3/5R | P2 | 10 | 12 | |
| | | 4 | F-3/8R | P3 | 9 | 11 | |
| | | 4 | F-3/7R | P4 | 32 | 38 | |
| | | 5 | A-3/18 | ห้องปฏิบัติการธนาคารเลือด | 64.5 | 76 | |
| 7 | G | 1 | F-3/3R | ห้องเก็บของ | 10.5 | 12 | 318 |
| | | 1 | F-3/14 | ศูนย์วิจัยโลหิตรักษา | 32 | 38 | |
| | | 2 | A-3/1 | ห้องทำน้ำกลั่น | 12 | 14 | |
| | | 2 | F-3/13 | ห้องHIGH PREFORMANCE LIQUID | 18 | 21 | |
| | | 2 | F-3/2R | ห้องเก็บของงานธนาคารเลือด | 21 | 25 | |
| | | 3 | A-3/22 | ห้องปฏิบัติการเลือด | 84 | 99 | |
| | H | 1 | F-3/1R | หน่วยปลูกถ่ายไขกระดูก | 26 | 31 | |
| | | 2 | A-3/11 | ห้องปฏิบัติการอิมมูโนวิทยา | 66 | 78 | |
| 8 | E | 6 | A-3/20 | ห้องธุรการหน่วยรับบริจาคเลือด | 64.5 | 76 | 376 |
| | G | 5 | A-3/12 | ทางเดิน | 147 | 173 | |
| | | 5 | A-3/15 | บริจาคเลือด | 72 | 85 | |
| | | 6 | F-3/12 | ห้องหัวหน้าแผนก | 36 | 42 | |
| 9 | C | 11 | A-3/44, A-3/45, A-3/48 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 9 | 390 | 1377 | 1377 |

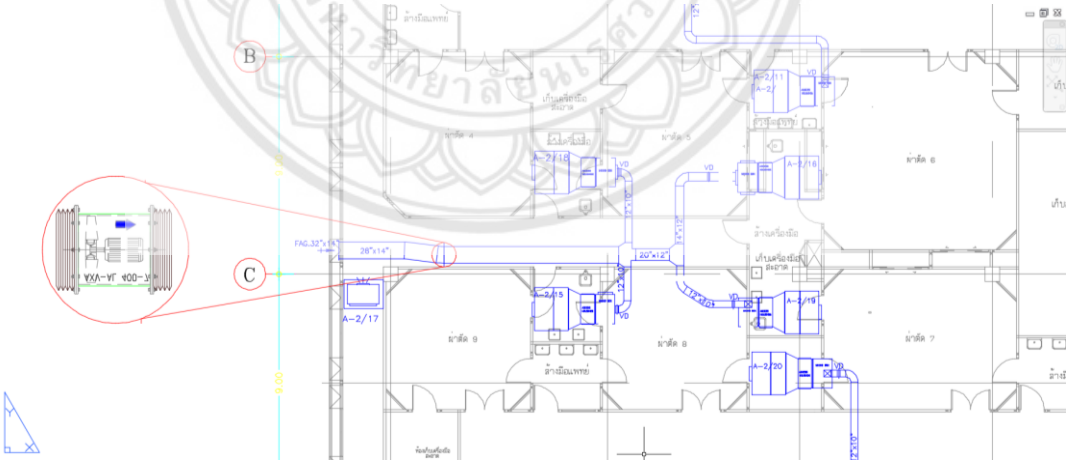
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | C | 14 | A-3/46 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 9 | 130 | 459 | 1031 |
| | D | 14 | A-3/47 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 8 | 81 | 286 | |
| | E | 14 | A-3/49 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 7 | 81 | 286 | |
| 11 | H | 1 | F-3/10 | ห้องเก็บของ | 44 | 52 | 118 |
| | K | 1 | A-3/14 | ห้องปฏิบัติการทางไมโคร | 22 | 26 | |
| | | 2 | A-3/13 | ห้องปฏิบัติการทางเคมี | 34 | 40 | |
| 12 | M | 3 | A-3/23, A-3/25 | ห้องประชุม | 288 | 1017 | 1112 |
| | | 4 | A-3/24 | ห้องบุคคล | 80.75 | 95 | |
| 13 | M | 5 | A-3/26, A-3/28 | สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์ | 372 | 438 | 629 |
| | Q | 4 | A-3/27 | งานเลขาณุการโรงพยาบาล | 60 | 71 | |
| | | 6 | A-3/30 | ฝ่ายบัญชี การเงิน | 78 | 92 | |
| | | 7 | A-3/29 | ศูนย์โรคมะเร็ง | 24 | 28 | |
| 14 | M | 7 | A-3/35 | ทางเดิน | 144 | 170 | 170 |
| 15 | M | 8 | A-3/34, A-3/33 | ฝ่ายการพยาบาล | 189 | 222 | 452 |
| | Q | 8 | A-3/32, A-3/31 | ฝ่ายบัญชี การเงิน | 195 | 230 | |
| 16 | Q | 11 | A-3/36, A-3/37 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 1 | 208 | 735 | 735 |
| 17 | H | 14 | A-3/43 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 6 | 72 | 254 | 254 |
| 18 | K | 14 | A-3/42 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 5 | 72 | 254 | 508 |
| | M | 14 | A-3/41 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 4 | 72 | 254 | |
| 19 | O | 14 | A-3/40 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 3 | 72 | 254 | 989 |
| | Q | 13 | A-3/38, A-3/39 | ห้องประชุมเอกาทศรถ 2 | 208 | 735 | |

จากตารางที่ 4.2สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้โดยการติดตั้งพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศบริสุทธิ์ให้แก่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ซึ่งมีทำหน้าที่ปรับและหมุนเวียนอากาศภายในบริเวณนั้น ๆ และช่วยให้อากาศเพียงพอต่อความต้องการ โดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็นดังรูปต่อไปนี้

**ตัวอย่างที่ 4.1** การแก้ไขโดยเพิ่มพัดลม (FAF) อาคารสิรินธร ชั้น 2 ส่วนที่ 1




**รูปที่** 4.13 ก่อนเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น ในแบบแปลน




**รูปที่ 4.14** หลังเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น ในแบบแปลน

2) ไม่มี FAD และ FAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่มีทั้งท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ (FAD) และพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.3** กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารสิรินธร

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) | ขนาดของท่อกลม | ขนาดของท่อเหลี่ยม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น 1 | | | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | F-G/52 | พักเจ้าหน้าที่ | 22.5 | 26 | 47 | 5.5" | 5"x5" |
| | | 1 | F-G/53 | สำนักงาน | 18 | 21 | | | |
| 2 | K | 10 | F-G/37 | ห้องตรวจอุจจาระ | 7.5 | 9 | 18 | 3" | 3"x3" |
| | | 10 | F-G/63 | ห้องเครื่องมือ | 7.5 | 9 | | | |
| 3 | M | 13 | A-G/31 | พักรอ | 72 | 85 | 120 | 6.5" | 6"x6" |
| | | 14 | F-G/18 | ห้องเผือก | 30 | 35 | | | |
| 4 | R | 10 | F-G/34 | พักเจ้าหน้าที่ | 18 | 21 | 149 | 7.5" | 7"x7" |
| | | 10 | F-G/33 | ห้องตรวจ13 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 10 | F-G/32 | ห้องตรวจ12 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 11 | F-G/31 | ห้องตรวจ11 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 11 | F-G/30 | ห้องตรวจ10 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 11 | F-G/29 | ห้องตรวจ9 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 12 | F-G/28 | ห้องตรวจ8 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 12 | F-G/27 | ห้องตรวจ7 | 13.5 | 16 | | | |
| | | 12 | F-G/26 | ห้องตรวจ6 | 13.5 | 16 | | | |
| ชั้น 2 | | | | | | | | | |
| 1 | A | 6 | A-2/8 | ทางเดิน | 82 | 97 | 97 | 6.5" | 6"x6" |
| 2 | C | 1 | A-2/17 | ทางเดิน | 70 | 82 | 82 | 6.5" | 6"x6" |
| 3 | E | 1 | A-2/1 | ทางเดิน | 70 | 82 | 82 | 6.5" | 6"x6" |
| 4 | G | 1 | A-2/2 | ทางเดิน | 70 | 82 | 82 | 6.5" | 6"x6" |
| 5 | B | 15 | F-2/14 | ทางเดิน | 48 | 57 | 57 | 5.5" | 5"x5" |
| 6 | B | 11 | F-2/16 | ทางเดิน | 18 | 21 | 21 | 4.5" | 4"x4" |

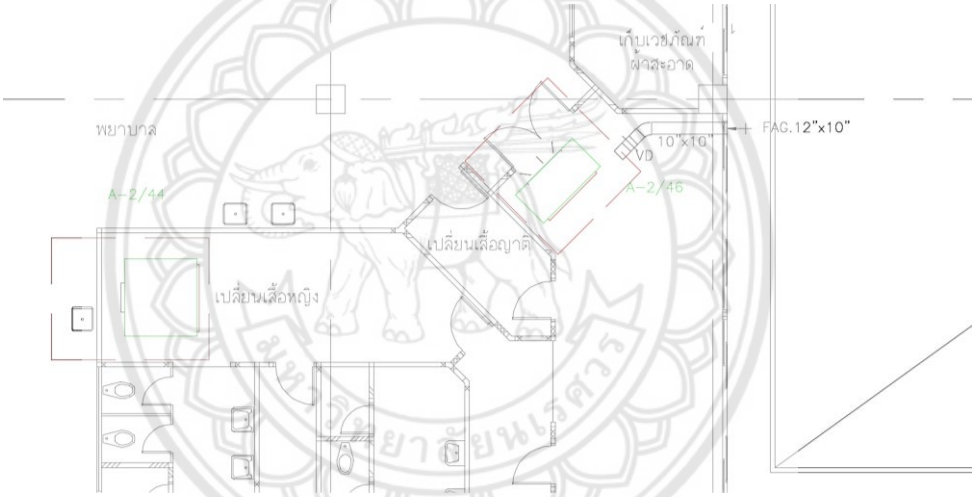
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) | ขนาดของท่อกลม | ขนาดของท่อเหลี่ยม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | D | 12 | F-2/39 | ทำงานหัวหน้าแผนก | 10.5 | 12 | 69 | 5.5" | 5"x5" |
| | | 14 | F-2/13 | ทางเดิน | 48 | 57 | | | |
| 8 | F | 13 | F-2/10 | ห้องติดเชื้อ | 7 | 8 | 27 | 4.5" | 4"x4" |
| | | 14 | F-2/9 | พักพยาบาล | 15.8 | 19 | | | |
| 9 | H | 3 | F-2/3 | พักพยาบาล | 12 | 14 | 14 | 3" | 3"x3" |
| 10 | H | 1 | A-2/44 | พยาบาล | 162 | 191 | 191 | 8.75" | 8"x8" |
| 11 | M | 3 | F-2/11 | พักพยาบาล | 12 | 14 | 14 | 3" | 3"x3" |
| 12 | O | 6 | F-2/4 | พักแพทย์/พยาบาล | 28 | 33 | 33 | 4.5" | 4"x4" |
| 13 | H | 13 | F-2/24 | พักเจ้าหน้าที่ | 18 | 21 | 105 | 6.5" | 6"x6" |
| | | 13 | F-2/25 | ห้องพักสันทนาการ | 36 | 42 | | | |
| | K | 13 | F-2/26 | ห้องพัก1เตียง 1 | 18 | 21 | | | |
| | | 13 | F-2/27 | ห้องพัก1เตียง 2 | 18 | 21 | | | |
| 14 | K | 13 | F-2/28 | ห้องพัก1เตียง 3 | 18 | 21 | 84 | 6.5" | 6"x6" |
| | M | 13 | F-2/29 | ห้องพัก1เตียง 4 | 18 | 21 | | | |
| | | 13 | F-2/30 | ห้องพัก1เตียง 5 | 18 | 21 | | | |
| | | 13 | F-2/31 | ห้องพัก1เตียง 6 | 18 | 21 | | | |
| 15 | O | 13 | F-2/32 | ห้องพัก1เตียง 7 | 18 | 21 | 113 | 6.5" | 6"x6" |
| | | 13 | F-2/33 | ห้องพัก1เตียง (1) | 13.5 | 16 | | | |
| | | 14 | F-2/34 | ห้องพัก1เตียง (2) | 16 | 19 | | | |
| | | 14 | F-2/35 | ห้องพักสันทนาการ | 32 | 38 | | | |
| | | 14 | F-2/23 | ห้องพัก1เตียง (3) | 16 | 19 | | | |
| 16 | R | 14 | F-2/22 | ห้องพัก1เตียง (4) | 16 | 19 | 38 | 4.5" | 4"x4" |
| | | 14 | F-2/21 | ห้องพัก1เตียง (5) | 16 | 19 | | | |
| 17 | O | 11 | F-2/36 | พักพยาบาล | 26 | 31 | 31 | 4.5" | 4"x4" |

| ชั้น 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | 2 | F-3/4 | ทางเดิน | 48 | 57 | 57 | 5.5" | 5"x5" |
| 2 | B | 6 | F-3/9 | ทางเดิน | 32 | 38 | 38 | 4.5" | 4"x4" |
| 3 | D | 2 | F-3/1 | ทางเดิน | 40 | 47 | 157 | 7.5" | 7"x7" |
| | E | 1 | F-3/4R | เก็บเครื่องแก้ว | 29.3 | 34 | | | |
| | | | A-3/10 | ทางเดิน | 55.3 | 65 | | | |
| | | 2 | F-3/11 | เก็บเครื่องชั่ง | 9 | 11 | | | |
| 4 | D | 13 | F-3/31 | ห้องควบคุมแสง-เสียง | 14 | 16 | 46 | 5.5" | 5"x5" |
| | | | F-3/32 | เตรียมการสอน | 12.3 | 14 | | | |
| | E | 13 | F-3/33 | เตรียมการสอน | 13.5 | 16 | | | |
| 5 | K | 1 | F-3/9R | ห้องเตรียม MEDIA | 17.5 | 21 | 21 | 4.5" | 4"x4" |
| 6 | O | 4 | F-3/18 | ห้องประชุม | 42.5 | 150 | 279 | 10" | 9"x9" |
| | Q | 3 | F-3/15 | ผู้อำนวยการ | 28 | 33 | | | |
| | R | 4 | F-3/16 | รองผู้อำนวยการ1 | 20 | 24 | | | |
| | | | F-3/17 | รองผู้อำนวยการ2 | 20 | 24 | | | |
| | | 5 | F-3/19 | รองผู้อำนวยการ3 | 20 | 24 | | | |
| | | | F-3/20 | รองผู้อำนวยการ4 | 20 | 24 | | | |
| 7 | H | 8 | F-3/26 | ควบคุมระบบและเครือข่าย | 25 | 29 | 208 | 8.75" | 8"x8" |
| | | 10 | F-3/23 | ประชาสัมพันธ์ | 33 | 39 | | | |
| | | | F-3/22 | ทางเดิน | 30 | 35 | | | |
| | J | 8 | F-3/27 | เก็บเทปเครื่องฉาย | 30 | 35 | | | |
| | | | F-3/25 | เวชนิทัศน์2 | 30 | 35 | | | |
| | | 10 | F-3/24 | หน่วยผลิตสื่อ | 30 | 35 | | | |
| 8 | L | 7 | A-3/35 | ทางเดิน | 121 | 143 | 185 | 8.75" | 8"x8" |
| | | 10 | F-3/21 | พักผ่อนรวม | 35.8 | 42 | | | |
| 9 | J | 13 | F-3/30 | เตรียมการสอน | 24 | 28 | 56 | 5.5" | 5"x5" |
| | M | 13 | F-3/29 | เตรียมการสอน | 24 | 28 | | | |

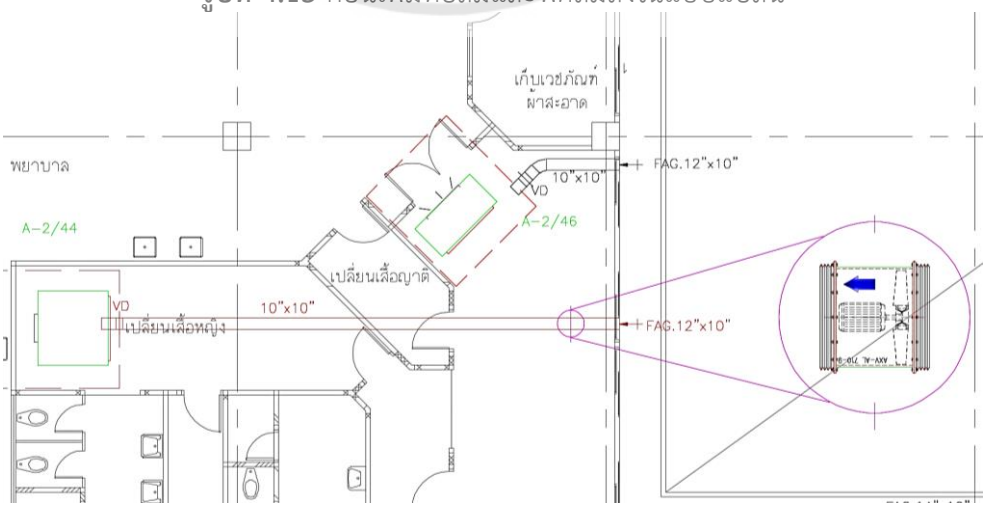
จากตารางที่ 4.3 สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้โดยการติดตั้งพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศบริสุทธิ์ให้แก่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ซึ่งมีทำหน้าที่ปรับและหมุนเวียนอากาศภายในบริเวณนั้น ๆ โดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็นดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14

ขั้นตอนการคำนวณท่อลม ซึ่งในการหาขนาดท่อลมจะวิเคราะห์จาก CFM ทั้งหมดในแต่ละโซนแล้วจึงเปิดกราฟเพื่อประมาณขนาดของท่อลม โดยกำหนดค่า Friction loss เท่ากับ 0.06 นิ้วน้ำต่อ 100ฟุต จะได้จุดตัดของทั้งสองเส้น ซึ่งจุดตัดนี้จะสามารถบอกได้ว่าขนาดของท่อกลมนั้นมีขนาดเท่าไร หลังจากได้ขนาดท่อกลมมาแล้วจะนำค่านั้นมาเปิดกราฟท่อเหลี่ยมเพื่อหาขนาดของท่อเหลี่ยมที่เราต้องการใช้ต่อไป

**ตัวอย่าง 4.2** การแก้ไขโดยเพิ่มท่อลม (FAD) และพัดลม (FAF) อาคารสิรินธร ชั้น 2 ส่วนที่ 1




**รูปที่ 4.15** ก่อนเพิ่มท่อลมและพัดลมลงในแบบแปลน




**รูปที่ 4.16** หลังเพิ่มท่อลมและพัดลมลงในแบบแปลน

**ตารางที่ 4.4** ขนาดท่อลมและ Friction loss

| โซน | ตำแหน่งของห้อง | | AHU & FCU | รวม CFM แต่ละโซน | ขนาดของท่อกลม | ขนาดของท่อเหลี่ยม | Friction loss (นิ้วน้ำ ต่อ 100 ฟุต) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | 6 | A-2/8 | 96.5255 | 6.5" | 6"x6" | 0.06 |

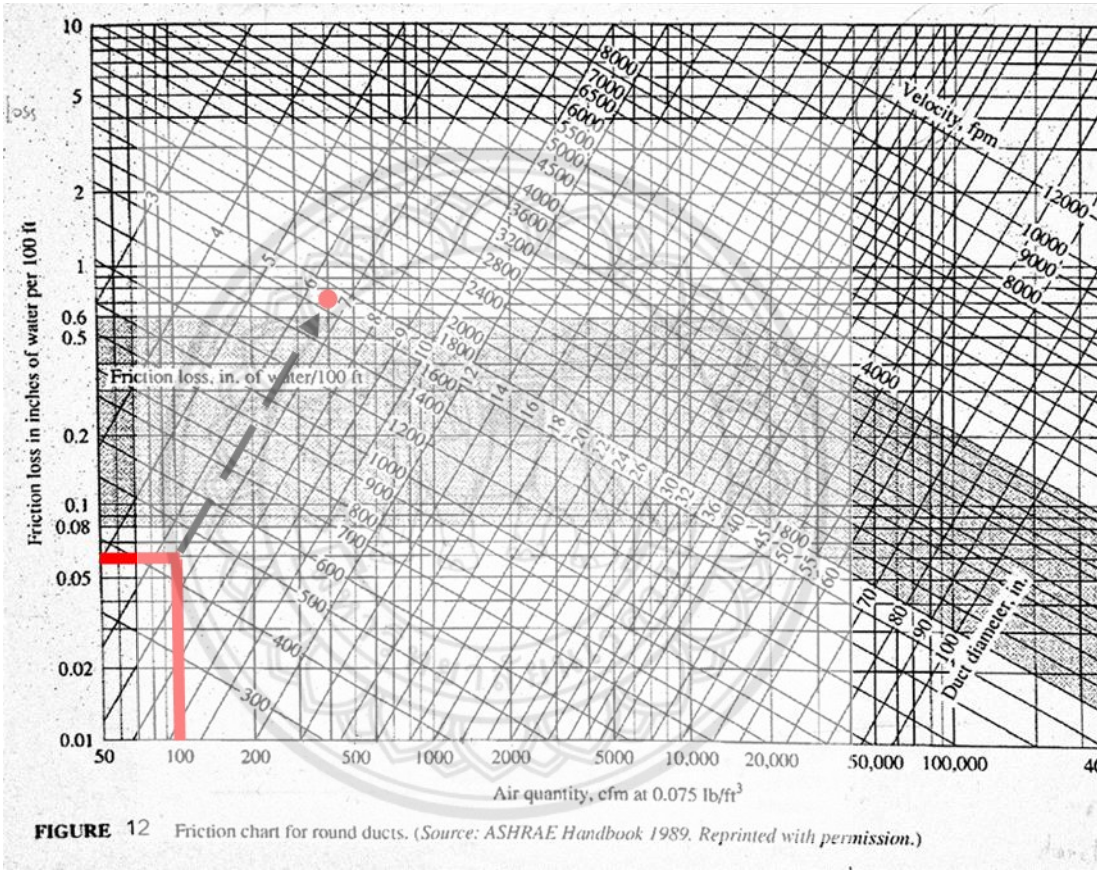
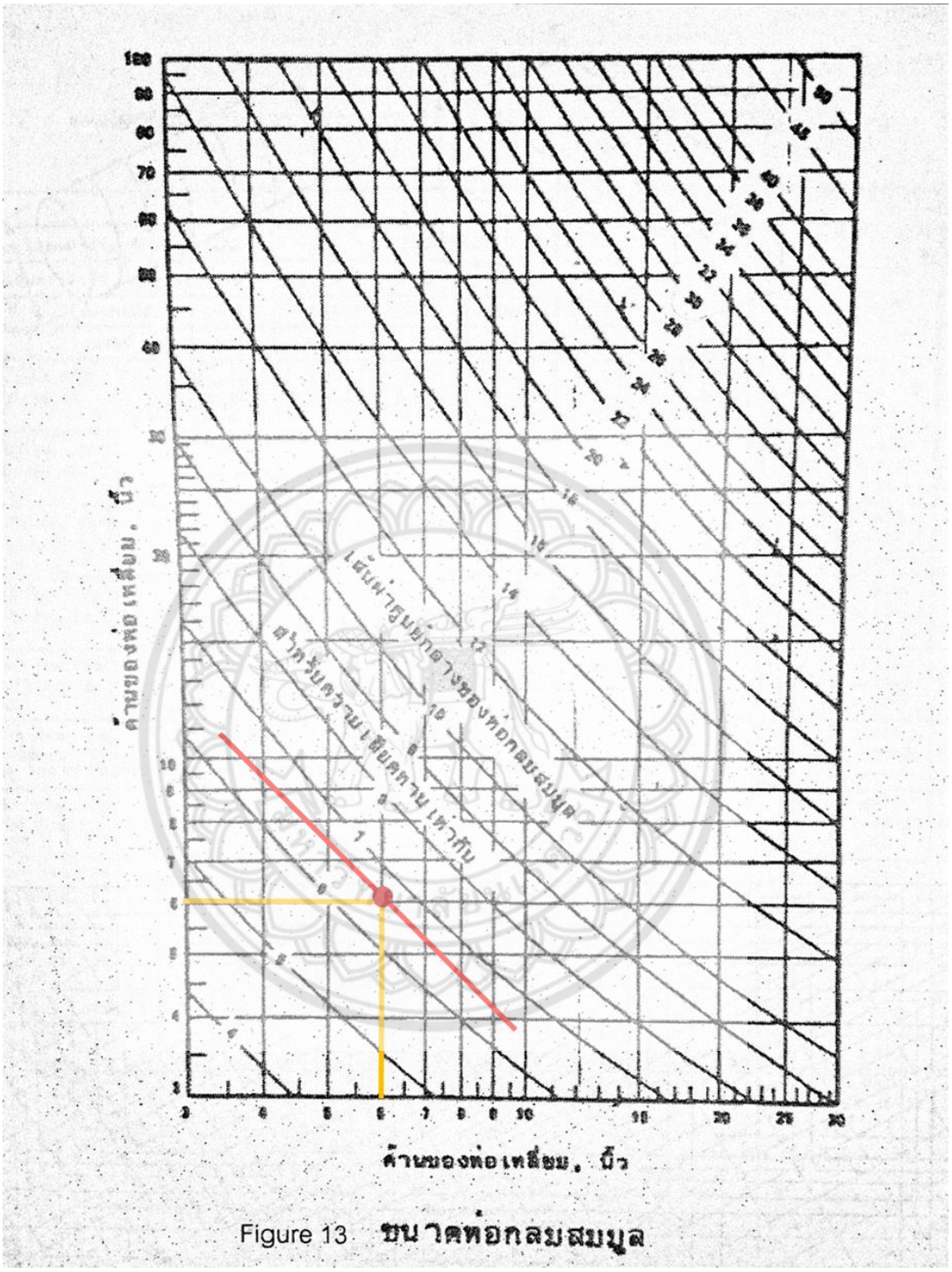



**FIGURE** 12 Friction chart for round ducts. (*Source: ASHRAE Handbook 1989. Reprinted with permission.*)

**รูปที่ 4.17** กราฟแรงเสียดทานสำหรับท่อกลม




**รูปที่ 4.18** กราฟขนาดท่อเหลี่ยม

2) ปัญหาที่พบด้านการระบายอากาศ (Exhaust air: EA)

จากการสำรวจพบว่าการระบายอากาศออกของห้องน้ำภายในโรงพยาบาลเกิดปัญหาขึ้น โดยในปัจจุบันการระบายอากาศออกจากห้องน้ำของโรงพยาบาลจะนำอากาศเสียออกจากห้องน้ำโดยมีพัดลม (EAF) ติดอยู่บริเวณห้องน้ำและดูดอากาศเสียออกจากห้องน้ำผ่านท่อลมสู่ภายนอกโรงพยาบาล ซึ่งระบบแบบนี้จะมีปัญหาในการระบายอากาศ เนื่องจากพัดลมที่ดูดอากาศเสียออกนอกโรงพยาบาลนั้นมีกำลังไม่เพียงพอและในบางส่วนของท่อลมอาจจะเกิดรอยรั่ว (leak) ทำให้อากาศเสียรั่วอยู่ภายในฝ้าเพดาน ส่งผลให้เกิดความชื้น เชื้อราและเชื้อโรคต่าง ๆตามมา โดยปัญหาแบ่งห้องหรือพื้นที่ที่เกิดปัญหาตามโซนได้ดังนี้

1) มี EAD และ EAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีท่อระบายอากาศจากห้องน้ำหรือแหล่งอื่น ๆ ออกจากตัวอาคารและมีพัดลมระบายอากาศ (Propeller fan) ที่ทำหน้าที่ในการดูดอากาศเสียจากตัวอาคารสู่ภายนอก แต่กำลังส่งของพัดลมไม่เพียงพอที่จะดึงอากาศเสียทั้งหมดออกจากตัวอาคาร โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.5** กลุ่มการระบายอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารสิรินธร

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น 1 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | EF-G/111 | ห้องพลาสเตอร์ | 13.5 | 16 | 436 |
| | | 1 | EF-G/119 | ห้องทำงานแพทย์ | 13.5 | 16 | |
| | B | 1 | EF-G/107 | ห้องล้างเครื่องมือ | 27 | 32 | |
| | | 1 | EF-G/106 | ห้องเก็บของ/เวชภัณฑ์ | 27 | 32 | |
| | | 2 | EF-G/109 | คลินิกวิจัยโรคและเวชศาสตร์ช่องปาก | 144 | 170 | |
| | | 2 | EF-G/108 | คลินิกทันตกรรมวิทยา4 | 144 | 170 | |
| 2 | A | 6 | EF-G/117 | คลินิกทันตกรรมวิทยา | 144 | 170 | 696 |
| | | 6 | EF-G/72 | ห้องน้ำ | 21 | 124 | |
| | | 6 | EF-G/118 | ห้องน้ำ | 7 | 41 | |
| | B | 5 | EF-G/116 | คลินิกทันตกรรมวิทยา5 | 144 | 170 | |
| | | 6 | EF-G/71 | เก็บเวชภัณฑ์ | 9 | 11 | |
| | | 6 | EF-G/115 | พักแพทย์ | 18 | 21 | |
| | | 6 | EF-G/114 | ห้องน้ำ | 27 | 159 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | C | 1 | EF-G/105 | ห้องน้ำ | 13.5 | 79 | 579 |
| | | 1 | EF-G/104 | ห้องน้ำ | 13.5 | 79 | |
| | | 1 | EF-G/103 | ห้องเก็บของ | 24 | 28 | |
| | | 2 | EF-G/102 | เก็บเวชภัณฑ์ย่อย | 18 | 21 | |
| | D | 1 | EF-G/99 | ห้องพักแพทย์ | 27 | 32 | |
| | | 2 | EF-G/100 | คลินิกทันตกรรมวิทยา4 | 144 | 170 | |
| | | 2 | EF-G/101 | คลินิกวิจัยโรคและเวชศาสตร์ช่องปาก2 | 144 | 170 | |
| 4 | D | 1 | EF-G/98 | ห้องพักผู้ป่วย | 27 | 32 | 244 |
| | F | 2 | EF-G/96 | เก็บเวชภัณฑ์ย่อย | 9 | 11 | |
| | | 2 | EF-G/95 | คลินิกทันตกรรมบริการ3 | 171 | 201 | |
| 5 | F | 1 | EF-G/74 | ที่ทำงานธุรการแผนกทันตกรรม | 180 | 212 | 212 |
| 6 | F | 4 | EF-G/73 | ทางลาด | 120 | 141 | 141 |
| 7 | E | 5 | EF-G/97 | ห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน | 72 | 85 | 85 |
| 8 | A | 11 | EF-G/1 | CT SCAN | 36 | 42 | 84 |
| | B | 11 | EF-G/2 | ห้อง X-RAY พิเศษ | 36 | 42 | |
| 9 | A | 12 | EF-G/6 | ห้องควบคุม | 16.2 | 19 | 81 |
| | | 13 | EF-G/5 | ห้องควบคุม MRI | 11.9 | 14 | |
| | B | 12 | EF-G/3 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 12 | EF-G/4 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 10 | A | 14 | EF-G/15 | ห้องพักเจ้าหน้าที่ | 24 | 28 | 179 |
| | | 14 | EF-G/14 | MRI | 48 | 57 | |
| | | 14 | EF-G/13 | ห้องน้ำ | 8 | 47 | |
| | | 14 | EF-G/12 | ห้องน้ำ | 8 | 47 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | A | 13 | EF-G/7 | ทางเดิน, พักรอ | 154 | 181 | 242 |
| | B | 13 | EF-G/8 | ห้องหัวหน้าหน่วยรังสี | 25 | 29 | |
| | | 14 | EF-G/11 | ล้างเครื่องมือ | 12 | 14 | |
| | | 14 | EF-G/10 | พักแพทย์/พยาบาล | 15 | 18 | |
| 12 | E | 8 | EF-G/32 | PABX | 20 | 24 | 24 |
| 13 | E | 10 | EF-G/31 | เก็บอุปกรณ์ทำความสะอาด | 6 | 7 | |
| | | 10 | EF-G/30 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 14 | D | 12 | EF-G/20 | ห้อง X-RAY1 | 36 | 42 | 183 |
| | | 13 | EF-G/19 | ห้องมืด | 30 | 35 | |
| | | 13 | EF-G/17 | ห้อง X-RAY1 | 36 | 42 | |
| | | 14 | EF-G/16 | ห้องทำงานแพทย์ | 54 | 64 | |
| 15 | E | 12 | EF-G/26 | ห้องอัลตราซาวด์ | 20 | 24 | 266 |
| | | 12 | EF-G/25 | ห้องตรวจวัดมวลกระดูก | 20 | 24 | |
| | | 13 | EF-G/24 | ห้อง X-RAY เต้านม | 20 | 24 | |
| | | 13 | EF-G/23 | ห้องเจาะชิ้นเนื้อเต้านม | 20 | 24 | |
| | | 14 | EF-G/22 | อ่านฟิล์ม | 54 | 64 | |
| | F | 13 | EF-G/27 | ห้องน้ำ | 18 | 106 | |
| ชั้น 2 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | EF-2/1 | ห้องผ่าตัด1 | 36 | 170 | 192 |
| | | | EF-2/2 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/3 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| 2 | B | 1 | EF-2/7 | ห้องผ่าตัด4 | 36 | 170 | 373 |
| | | | EF-2/6 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/5 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/8 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | 2 | EF-2/4 | ห้องผ่าตัด5 | 36 | 170 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | A | 2 | EF-2/13 | ห้องผ่าตัด2 | 36 | 170 | 563 |
| | | | EF-2/12 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/13 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | B | 2 | EF-2/10 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/9 | ล้างเครื่องมือ | 18 | 21 | |
| | | | EF-2/18 | ห้องผ่าตัด6 | 72 | 339 | |
| 4 | A | 3 | EF-2/14 | ห้องผ่าตัด3 | 48 | 226 | 365 |
| | | 4 | EF-2/15 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/17 | ก่อนเข้าห้องพักทานอาหาร | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/59 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/58 | เก็บอุปกรณ์ | 18 | 21 | |
| | | | EF-2/16 | ทางเดิน | 72 | 85 | |
| 5 | A | 5 | EF-2/67 | ห้องพักทานอาหาร | 48 | 57 | 250 |
| | | | EF-2/71 | เปลี่ยนเสื้อคนงานหญิง | 16 | 19 | |
| | | 6 | EF-2/66 | เก็บอุปกรณ์ | 12 | 14 | |
| | | | EF-2/69 | เปลี่ยนเสื้อคนงานชาย | 16 | 19 | |
| | | | EF-2/70 | เก็บผ้าสกปรก | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/68 | ห้องน้ำ (เปลี่ยนเสื้อคนงานชาย) | 4 | 24 | |
| | B | 5 | EF-2/64 | ห้องน้ำ | 18 | 106 | |
| 6 | B | 5 | EF-2/60 | พักพยาบาล | 40 | 47 | 395 |
| | | | EF-2/61 | พักแพทย์ | 40 | 47 | |
| | C | 3 | EF-2/19 | ห้องผ่าตัด7 | 48 | 226 | |
| | | 4 | EF-2/57 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/57 | ทางเดิน | 54 | 64 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | B | 6 | EF-2/65 | เปลี่ยนเสื้อผ้าแพทย์, พยาบาลหญิง | 64 | 75 | 160 |
| | | | EF-2/63 | เปลี่ยนเสื้อผ้าชาย | 12 | 14 | |
| | | | EF-2/62 | ห้องน้ำ | 12 | 71 | |
| 8 | D | 3 | EF-2/54 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | 446 |
| | | | EF-2/55 | เก็บอุปกรณ์ | 84 | 99 | |
| | | 4 | EF-2/52 | หัวหน้าพยาบาล | 20 | 24 | |
| | E | 3 | EF-2/53 | ห้องผ่าตัด12 | 64 | 301 | |
| | | 4 | EF-2/51 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| 9 | E | 5 | EF-2/44 | พักรอก่อนผ่าตัด | 96 | 113 | 141 |
| | F | 6 | EF-2/45 | TRANSFER | 24 | 28 | |
| 10 | C | 1 | EF-2/28 | ห้องผ่าตัด9 | 36 | 170 | 868 |
| | | | EF-2/22 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/23 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/27 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | 2 | EF-2/21 | ห้องผ่าตัด8 | 36 | 170 | |
| | | | EF-2/20 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | D | 1 | EF-2/29 | ห้องผ่าตัด10 | 42 | 198 | |
| | | | EF-2/26 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/25 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | 2 | EF-2/24 | ห้องผ่าตัด11 | 56 | 264 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | E | 1 | EF-2/39 | ห้องผ่าตัด14 | 36 | 170 | 884 |
| | | | EF-2/30 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/31 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | 2 | EF-2/32 | ห้องผ่าตัด13 | 36 | 170 | |
| | | 1 | EF-2/37 | เก็บเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/36 | ทางออกหน้าห้องผ่าตัด 15 | 120 | 141 | |
| | | | EF-2/38 | ห้องผ่าตัด15 | 64 | 301 | |
| | | 2 | EF-2/35 | ล้างมือแพทย์ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/34 | ล้างเครื่องมือ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/33 | เก็บอุปกรณ์ | 40 | 47 | |
| 12 | G | 3 | EF-2/148 | ล้างเครื่องมือ, เก็บเครื่องมือ | 36 | 42 | 42 |
| 13 | F | 4 | EF-2/41 | สำนักงานแพทย์ | 30 | 35 | 191 |
| | | | EF-2/42 | สำนักงานแพทย์ดมยา | 44 | 52 | |
| | G | 5 | EF-2/43 | พักฟื้นหลังผ่าตัด | 88 | 104 | |
| 14 | E | 8 | EF-2/50 | เก็บของ | 18.8 | 22 | 46 |
| | | 9 | EF-2/49 | พักคนงาน | 20 | 24 | |
| 15 | E | 10 | EF-2/48 | เก็บอุปกรณ์ | 9 | 11 | 35 |
| | | | EF-2/47 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 16 | B | 12 | EF-2/72 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 95 |
| | | | EF-2/73 | เปลี่ยนเสื้อคนงานหญิง | 6 | 7 | |
| | C | 11 | EF-2/72 | เปลี่ยนเสื้อคนงานชาย | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/75 | ห้องน้ำ | 9 | 53 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | B | 13 | EF-2/104 | เปลี่ยนเสื้อคนงานชาย | 8 | 9 | 165 |
| | | | EF-2/103 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 14 | EF-2/102 | ห่อเครื่องมือ | 48 | 57 | |
| | | | EF-2/101 | ล้างเครื่องมือ | 64 | 75 | |
| 18 | C | 12 | EF-2/96 | ห้องผ่าตัด16 | 36 | 170 | 394 |
| | | 14 | EF-2/97 | ห้องผ่าตัด17 | 36 | 170 | |
| | | | EF-2/99 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/100 | เปลี่ยนเสื้อ | 16 | 19 | |
| | | | EF-2/98 | เก็บผ้าเปื้อน | 9 | 11 | |
| 19 | D | 11 | EF-2/76 | เก็บของ | 22.5 | 26 | 52 |
| | E | 11 | EF-2/77 | ทำงานแพทย์ | 22.5 | 26 | |
| 20 | F | 11 | EF-2/78 | เด็กอ่อน | 30 | 35 | 63 |
| | | 12 | EF-2/79 | พักฟื้นหลังคลอด | 24 | 28 | |
| 21 | D | 12 | EF-2/95 | ห้องคลอด5 | 24 | 113 | 592 |
| | | 13 | EF-2/94 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/93 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/92 | ห้องคลอด6 | 24 | 113 | |
| | | 14 | EF-2/91 | ห้องคลอด7 | 24 | 113 | |
| | | | EF-2/89 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/88 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/90 | ห้องคลอด8 | 24 | 113 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | E | 12 | EF-2/80 | ห้องคลอด1 | 24 | 113 | 674 |
| | | 13 | EF-2/81 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/82 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/83 | ห้องคลอด2 | 24 | 113 | |
| | | 14 | EF-2/84 | ห้องคลอด3 | 24 | 113 | |
| | | | EF-2/85 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/86 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/87 | ห้องคลอด4 | 24 | 113 | |
| | F | 13 | EF-2/105 | ห้องติดเชื้อ | 6 | 7 | |
| | | 14 | EF-2/106 | เก็บผ้าเปื้อน | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/107 | ห้องน้ำ | 9 | 53 | |
| | | | EF-2/109 | เปลี่ยนผ้า | 9 | 11 | |
| 23 | F | 14 | EF-2/106 | พักพยาบาล | 12 | 14 | 14 |
| 24 | H | 1 | EF-2/149 | เก็บผ้าเปื้อน | 9 | 11 | 35 |
| | | | EF-2/150 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 25 | H | 3 | EF-2/151 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 38 |
| | | | EF-2/152 | พักพยาบาล | 12 | 14 | |
| 26 | M | 1 | EF-2/154 | ห้องผู้ป่วย ICU1 | 81 | 238 | 336 |
| | | | EF-2/55 | เก็บเครื่องมือ | 16 | 19 | |
| | | 2 | EF-2/153 | ทางเชื่อมผู้ป่วย ICU1&ICU2 | 27 | 79 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | K | 2 | EF-2/156 | ห้องน้ำ | 9 | 53 | 1053 |
| | | 3 | EF-2/163 | ห้องผู้ป่วย ICU1 | 306 | 901 | |
| | | | EF-2/157 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/159 | เปลี่ยนเสื้อหญิง | 24 | 28 | |
| | | | EF-2/158 | เปลี่ยนเสื้อชาย | 12 | 14 | |
| | | | EF-2/162 | เปลี่ยนเสื้อญาติ | 6 | 7 | |
| | M | 3 | EF-2/160 | พักพยาบาล | 16 | 19 | |
| | | | EF-2/161 | เปลี่ยนเสื้อญาติ | 6 | 7 | |
| 28 | M | 4 | EF-2/165 | ห้อง ICU2 | 144 | 424 | 624 |
| | | 5 | EF-2/164 | ห้องให้คำปรึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง | 170 | 200 | |
| 29 | M | 6 | EF-2/174 | เปลี่ยนเสื้อญาติ | 6 | 7 | 446 |
| | | | EF-2/175 | เปลี่ยนเสื้อหญิง | 10 | 12 | |
| | | | EF-2/176 | เปลี่ยนเสื้อชาย | 10 | 12 | |
| | | | EF-2/178 | เปลี่ยนรองเท้า | 4 | 5 | |
| | | 7 | EF-2/177 | เปลี่ยนเสื้อญาติ | 6 | 7 | |
| | | | EF-2/173 | ห้องน้ำ | 12 | 71 | |
| | | | EF-2/179 | ห้องตรวจสแกนสมอง | 180 | 212 | |
| | O | 6 | EF-2/172 | ห้องน้ำ | 12 | 71 | |
| | | | EF-2/170 | พักแพทย์/พยาบาล | 21 | 25 | |
| | | | EF-2/171 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 30 | Q | 3 | EF-2/184 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 59 |
| | | 4 | EF-2/185 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | R | 4 | EF-2/186 | เก็บผ้าเปื้อน | 9 | 11 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | R | 4 | EF-2/166 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 210 |
| | | | EF-2/167 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 5 | EF-2/165 | เก็บผ้าเปื้อน | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/169 | พื้นที่ใกล้ที่สแกนสมอง | 128 | 151 | |
| 32 | Q | 7 | EF-2/181 | ห้องสแกนสมอง | 182 | 214 | 223 |
| | R | 7 | EF-2/180 | เก็บผ้าเปื้อน | 8 | 9 | |
| 33 | P | 10 | EF-2/116 | เปลี่ยนเสื้อชาย | 9 | 11 | 197 |
| | | | EF-2/113 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/115 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 11 | EF-2/117 | พยาบาล | 54 | 64 | |
| | | | EF-2/143 | เปลี่ยนเสื้อ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/146 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/147 | พักพยาบาล | 24 | 28 | |
| | Q | 10 | EF-2/114 | เปลี่ยนเสื้อหญิง | 9 | 11 | |
| 34 | P | 12 | EF-2/119 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 48 |
| | | | EF-2/118 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 35 | H | 13 | EF-2/139 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 118 |
| | | 14 | EF-2/141 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/142 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | J | 13 | EF-2/140 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 36 | L | 13 | EF-2/136 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 118 |
| | | | EF-2/135 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 14 | EF-2/137 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/138 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | M | 13 | EF-2/131 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 166 |
| | | | EF-2/132 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | O | 13 | EF-2/130 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/129 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 14 | EF-2/133 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/134 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| 38 | P | 14 | EF-2/128 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 72 |
| | | | EF-2/127 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/128 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 39 | R | 9 | EF-2/182 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 67 |
| | | 10 | EF-2/112 | ล้างเครื่องมือ | 27 | 32 | |
| | | | EF-2/111 | ล้างกระโถนผ้าเปื้อน | 9 | 11 | |
| 40 | R | 12 | EF-2/120 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | 70 |
| | | | EF-2/121 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| 41 | R | 13 | EF-2/122 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | 70 |
| | | | EF-2/123 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| 42 | R | 14 | EF-2/124 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 48 |
| | | | EF-2/125 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| ชั้น 3 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | EF-3/1 | ภาควิชาศัลยศาสตร์ | 54 | 64 | 121 |
| | | 2 | EF-3/2 | ห้องพักแพทย์ภาควิชาศัลยศาสตร์ | 48 | 57 | |
| 2 | A | 3 | EF-3/3 | ห้องภาควิชากุมานเวชศาสตร์ 4. | 51 | 60 | 120 |
| | | 4 | EF-3/4 | ห้องภาควิชาสูติศาสตร์นารีเวชศาสตร์ 3. | 51 | 60 | |

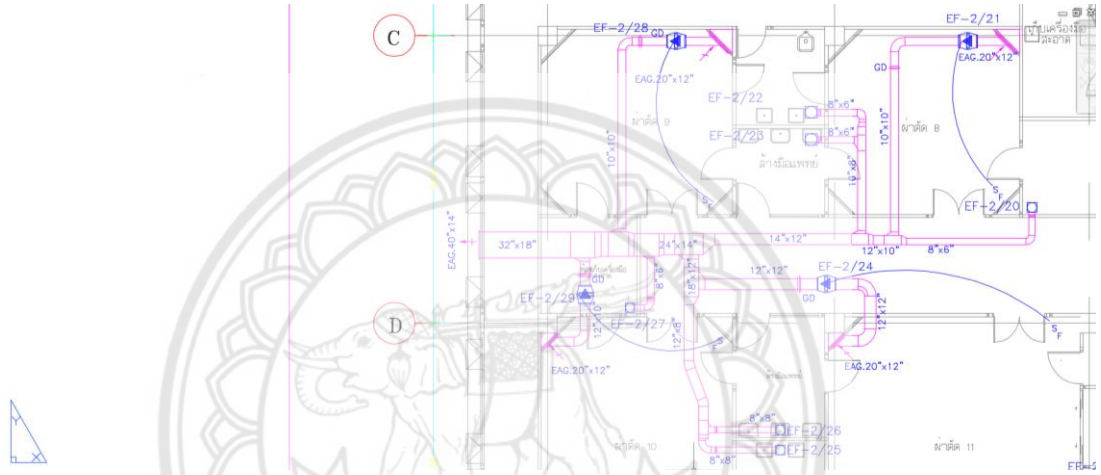
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | A | 5 | EF-3/5 | ห้องภาควิชากุมารเวชศาสตร์ 1 | 51 | 60 | 134 |
| | | 6 | EF-3/6 | ห้องภาควิชากุมารเวชศาสตร์ | 63 | 74 | |
| 4 | B | 1 | EF-3/15 | ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู | 60 | 71 | 283 |
| | C | 1 | EF-3/16 | ห้องประชุมภาคศัลยศาสตร์ | 60 | 212 | |
| 5 | B | 2 | EF-3/12-14 | ห้องน้ำ | 18 | 106 | 170 |
| | C | 2 | EF-3/11 | ห้องพักผ่อนนักวิจัย | 54 | 64 | |
| 6 | B | 3 | EF-3/10 | ห้องภาคจิตเวชศาสตร์ | 56 | 66 | 132 |
| | | 4 | EF-3/9 | ห้องภาควิชาสูติศาสตร์นารีเวชศาสตร์ 2 | 56 | 66 | |
| 7 | B | 5 | EF-3/8 | ห้องประชุมวิจัยใหญ่ | 84 | 297 | 396 |
| | | 6 | EF-3/7 | ห้องประชุมวิจัยเล็ก | 28 | 99 | |
| 8 | D | 1 | EF-3/18 | ภาควิชาสุติศาสตร์ นิติวิทยา | 60 | 71 | 161 |
| | E | 1 | EF-3/20 | ห้องล้างแก้ว | 36 | 42 | |
| | | 1 | EF-3/5R | ห้องเบิกอุปกรณ์ | 27 | 32 | |
| | | | EF-3/88 | ห้องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม | 13.5 | 16 | |
| 9 | E | 2 | EF-3/21 | ห้องเก็บตัวอย่าง | 36 | 42 | 105 |
| | F | 2 | EF-3/6R, EF-3/7R | ห้องเย็น | 36 | 42 | |
| | | 3 | EF-3/8R | ห้อง High performance liquid | 18 | 21 | |
| 10 | E | 3 | EF-3/11R | P1 | 22 | 26 | 87 |
| | | 3 | EF-3/12R | P2 | 10 | 12 | |
| | | 4 | EF-3/10R | P4 | 32 | 38 | |
| | F | 3 | EF-3/8R | P3 | 9 | 11 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | E | 4 | EF-3/22 | ห้องประชุมฝ่ายพยาธิวิทยา | 54 | 191 | 360 |
| | | 5 | EF-3/23 | ห้องปฏิบัติการธนาคารเลือด | 64 | 75 | |
| | | 3 | EF-3/24 | ห้องหน่วยรับบริจาคเลือด | 64 | 75 | |
| | F | 6 | EF-3/13R | ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า | 16 | 19 | |
| 12 | F | 1 | EF-3/3R | ห้องเก็บสารเคมี | 9 | 11 | 22 |
| | | 3 | EF-3/4R | ห้องเตรียมน้ำกลั่น | 9 | 11 | |
| 13 | G | 1 | EF-3/86-87 | ห้องน้ำ | 24 | 141 | 141 |
| 14 | F | 3 | EF-3/14R | FECE | 6.25 | 7 | 78 |
| | | 4 | EF-3/15R | URINE | 6.25 | 7 | |
| | | 4 | EF-3/16R | COAC. | 6.25 | 7 | |
| | G | 5 | EF-3/84 | ธนาคารเลือด | 48 | 57 | |
| 15 | E | 13 | EF-3/40 | ห้องเก็บของ | 32 | 38 | 415 |
| | F | 13 | EF-3/41 | ห้องเตรียมอาหาร | 10 | 12 | |
| | | 13 | EF-3/42 | ห้องน้ำชาย | 30 | 177 | |
| | | 14 | EF-3/43 | ห้องน้ำหญิง | 32 | 188 | |
| 16 | G | 2 | EF-3/2R | ห้องเก็บของงานธนาคารเลือด | 24 | 28 | 461 |
| | H | 2 | EF-3/1R | ห้องหน่วยปลูกถ่ายไขกระดูก | 27 | 32 | |
| | | | EF-3/19 | ห้องเก็บของ | 49.5 | 58 | |
| | | 3 | EF-3/66 | ห้องปฏิบัติการอิมมูโนวิทยา | 66 | 78 | |
| | K | 1 | EF-3/82 | ห้องปฏิบัติการจุลชีวะคลินิก | 117 | 138 | |
| | | 3 | EF-3/81 | ห้องปฏิบัติการทางเคมี | 108 | 127 | |

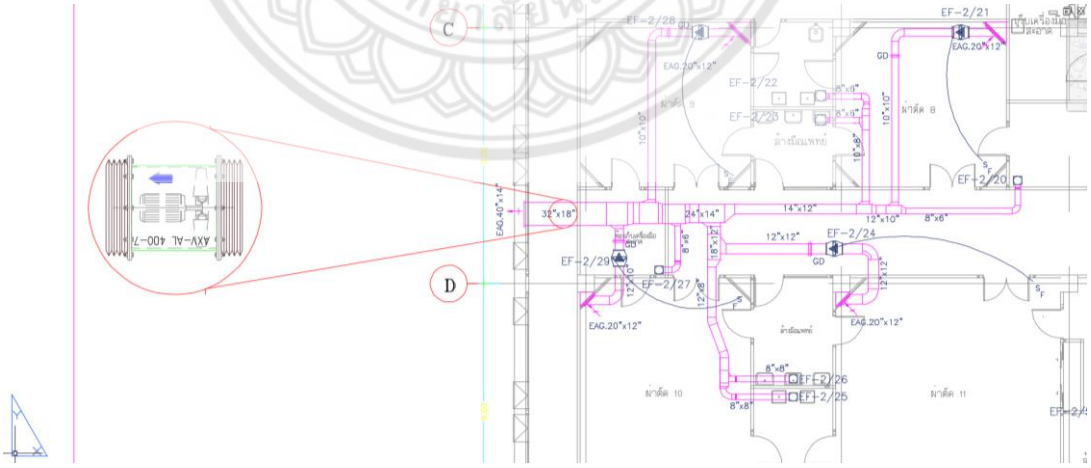
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | M | 3 | EF-3/80 | ห้องประชุม | 153 | 540 | 840 |
| | | 4 | EF-3/79 | ห้องบุคคล | 72 | 85 | |
| | O | 3 | EF-3/78 | ทางเข้าหน้าห้องประชุม | 90 | 106 | |
| | | 4 | EF-3/77 | ห้องประชุม | 40 | 47 | |
| | Q | 3 | EF-3/76 | ห้องผู้อำนวยการ | 32 | 38 | |
| | | 4 | EF-3/75 | ห้องรองผู้อำนวยการ | 20 | 24 | |
| 18 | O | 5 | EF-3/67, EF-3/68 | สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์ | 144 | 170 | 449 |
| | Q | 5 | EF-3/71 | งานเลขานุการโรงพยาบาล | 48 | 57 | |
| | | 6 | EF-3/69 | ห้องระหว่างเลขานุการกับศูนย์โรคมะเร็ง | 104 | 122 | |
| | | 7 | EF-3/70 | ศูนย์โรคมะเร็ง | 24 | 28 | |
| | R | 4 | EF-3/72 | ห้องรองผู้อำนวยการ2 | 20 | 24 | |
| | | 5 | EF-3/73 | ห้องรองผู้อำนวยการ3 | 20 | 24 | |
| | | 5 | EF-3/74 | ห้องรองผู้อำนวยการ4 | 20 | 24 | |
| 19 | H | 10 | EF-3/65 | ห้องหน่วยประชาสัมพันธ์ | 30 | 35 | 35 |
| 20 | J | 9 | EF-3/63 | ห้องหน่วยเวชนิทัศน์2 | 30 | 35 | 77 |
| | | 10 | EF-3/64 | ห้องหน่วยผลิตสื่อ | 36 | 42 | |
| 21 | L | 8 | EF-3/61 | ห้องน้ำชาย | 24 | 141 | 318 |
| | | 9 | EF-3/62 | ห้องน้ำหญิง | 30 | 177 | |
| 22 | L | 9 | EF-3/57 | JANITOR | 15 | 18 | 495 |
| | | 10 | EF-3/60 | ห้องครัว | 36 | 212 | |
| | M | 8 | EF-3/58-59 | ห้องฝ่ายการพยาบาล | 225 | 265 | |
| 23 | Q | 8 | EF-3/53-54 | ห้องฝ่ายบัญชี | 195 | 230 | 620 |
| | | 11 | EF-3/55 | ห้องประชุมเอกาทศรถ1 | 111 | 390 | |

สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นโดยการเปลี่ยนพัดลม (EAF) ที่ดูดอากาศจากห้องหรือห้องน้ำเป็นบานเกล็ดและเพิ่มพัดลมหอยโข่งตัวใหญ่ (Centrifugal fan) ที่ทางออกของท่อ เพื่อให้ภายในท่อลมเกิดแรงดันและสามารถดูดอากาศเสียออกสู่ภายนอกโรงพยาบาลได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งระบบเหล่านี้จะช่วยลดปัญหาการรั่ว (Leak) ภายในท่อลมที่ออกสู่ฝ้าเพดานลงและสามารถดูดอากาศเสียออกจากห้องน้ำได้ดีกว่าระบบแบบเดิม โดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดูดอากาศออกจากตัวอาคารได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

**ตัวอย่าง 3** การแก้ไขโดยเพิ่มพัดลมระบายอากาศ (EAF) อาคารสิรินธร ชั้น 2 ส่วนที่ 1




**รูปที่ 4.19** ก่อนเพิ่มพัดลมระบายอากาศออกจากอาคารลงในแบบแปลน




**รูปที่ 4.20** หลังเพิ่มพัดลมระบายอากาศออกจากอาคารลงในแบบแปลน

**4.2.1.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติ**

3) ปัญหาที่พบด้านการหมุนเวียนอากาศ (Fresh air :FA)

เนื่องจากการสำรวจภายในโรงพยายาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าการหมุนเวียนอากาศภายในโรงพยาบาลนั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้พื้นที่บางส่วนของโรงพยาบาลมีอากาศที่เบาบางลง ณ ช่วงเวลาหนึ่งมีอากาศที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มีประชาชนมาเข้ารับการรักษาจำนวนมาก ๆ และในพื้นที่ดังกล่าวจะมีอากาศที่เบาบางลง ส่งผลให้ประชาชนที่เข้ารับการบริการหายใจไม่สะดวกและเกิดการวิงเวียนศีรษะ โดยปัญหาแบ่งห้องหรือพื้นที่ที่เกิดปัญหาตามโซนได้ 3 รูปแบบดังนี้

1) มีทั้ง FAD และ FAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีทั้งท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ (FAD) และมีพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) โดยเป็นระบบที่สมบูรณ์ มีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.6** กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น 1 | | | | | | | |
| 1 | 13 | 4 | A-1/1 | โถง | 128 | 151 | 365 |
| | | | A-1/2 | โถง | 128 | 151 | |
| | | | F-1/7 | ห้องนศพ.ตรวจ1 | 22.5 | 26 | |
| | | | F-1/6 | ห้องสังเกตอาการ | 31.5 | 37 | |
| ชั้น2 | | | | | | | |
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
| 2 | A | 3 | FCU-2/7 | ล้างเครื่องมือ | 10.00 | 12 | 522 |
| | | | FCU-2/8 | ที่นอนแพทย์เวร | 12.00 | 14 | |
| | B | 3 | FCU-2/10 | พักพยาบาล | 17.5 | 21 | |
| | | | FCU-2/11 | ชงนม | 12.25 | 14 | |
| | | | FCU-2/13 | ล้างขวดนม | 7 | 8 | |
| | | 4 | AHU-2/3' | NICU | 150 | 441 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | B | 4 | FCU-2/12 | หัวหน้าพยาบาล | 10.5 | 12 | 522 |
| 4 | B | 2 | FCU-2/2 | ให้คำปรึกษา | 10.5 | 12 | 574 |
| | | | AHU-2/2' | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 108 | 127 | |
| | C | 1 | AHU-2/1 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 108 | 127 | |
| | | 2 | FCU-2/1 | ห้องแยก | 17.5 | 21 | |
| | | | FCU-2/17 | นอนเวร | 9 | 11 | |
| | D | 3 | FCU-2/16 | หัวหน้าพยาบาล | 9 | 11 | |
| | | | FCU-2/14 | CONSULT | 9 | 11 | |
| | | | AHU-2/4' | ศัลยกรรม | 200 | 235 | |
| | | | FCU-2/19 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| 9 | C | 11 | FCU-2/55 | ทำงานแพทย์/นศพ. | 30 | 35 | 1285 |
| | D | 11 | FCU-2/54 | นอนแพทย์เวร | 17.5 | 21 | |
| | | | FCU-2/53 | นอนเวร1 | 17.5 | 21 | |
| | | 13 | AHU-2/14 | ผ่าตัด4 | 36 | 170 | |
| | | | AHU-2/15 | รอคลอด | 72 | 85 | |
| | E | 11 | FCU-2/52 | นอนเวร2 | 17.5 | 21 | |
| | | | FCU-2/52 | โถงติดเชื้อ | 30 | 35 | |
| | | 12 | FCU-2/56 | ทำงานพยาบาล | 23.75 | 28 | |
| | | | FCU-2/57 | พักเจ้าหน้าที่ | 17.5 | 21 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | F | 13 | AHU-2/16' | คลอดสามัญ | 90 | 424 | 1285 |
| | | | AHU-2/17' | คลอดสามัญ | 90 | 424 | |
| ชั้น3 | | | | | | | |
| 1 | A | 2 | FCU-3/1 | ล้างเครื่องมือ | 15 | 18 | 533 |
| | | | FCU-3/2 | พักแพทย์ | 20 | 24 | |
| | | | FCU-3/3 | ทำงานแพทย์ | 17.5 | 21 | |
| | | 3 | FCU-3/4 | ตรวจพิเศษ | 15 | 18 | |
| | | | FCU-3/5 | ทดสอบการได้ยิน | 15 | 18 | |
| | | 4 | FCU-3/6 | ฝึกพูด | 15 | 18 | |
| | | | FCU-3/7 | ห้องตรวจ1 | 12 | 14 | |
| | | 5 | FCU-3/8 | ห้องตรวจ2 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/9 | ห้องตรวจ3 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/10 | ห้องตรวจ4 | 12 | 14 | |
| | B | 2 | AHU-3/1 | ผ่าตัดเล็ก | 27 | 127 | |
| | | 3 | FCU-3/11 | ฉัดยา/ทำแผล | 27 | 32 | |
| | | | FCU-3/12 | พักเจ้าหน้าที่ | 15.75 | 19 | |
| | | 6 | AHU-3/2 | คลินิกหู คอ จมูก | 135 | 159 | |
| | C | 2 | FCU-3/13 | โถงพักรอ | 19.25 | 23 | |
| 5 | C | 9 | FCU-3/41 | ตรวจนักศึกษาแพทย์1 | 28 | 33 | 546 |
| | | | FCU-3/42 | ตรวจนักศึกษาแพทย์2 | 28 | 33 | |
| | | 10 | FCU-3/43 | ECHO | 15.75 | 19 | |
| | | | FCU-3/44 | LUNGFUNCTION | 15.75 | 19 | |
| | | 11 | FCU-3/45 | พักเจ้าหน้าที่ | 22.5 | 26 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | D | 11 | FCU-3/46 | ห้องตรวจ1 | 12 | 14 | 546 |
| | | | FCU-3/47 | ห้องตรวจ2 | 12 | 14 | |
| | | 12 | FCU-3/64 | ห้องตรวจ1(1) | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/65 | ห้องตรวจ2(1) | 12 | 14 | |
| | E | 11 | FCU-3/48 | ห้องตรวจ3 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/49 | ห้องตรวจ4 | 12 | 14 | |
| | | 12 | FCU-3/50 | ห้องตรวจ5 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/63 | ห้องสอนแสดง | 20 | 24 | |
| | | | FCU-3/62 | ห้องบำบัดกลุ่ม | 20 | 24 | |
| | F | 10 | FCU-3/51 | ห้องตรวจ6 | 16 | 19 | |
| | | | FCU-3/52 | ห้องตรวจ7 | 14 | 16 | |
| | | 9 | FCU-3/53 | ห้องตรวจ8 | 14 | 16 | |
| | | | FCU-3/54 | ห้องตรวจ9 | 14 | 16 | |
| | | 8 | FCU-3/55 | สอนสุขศึกษา | 24 | 28 | |
| | | | FCU-3/56 | ฉัดยา/ทำแผล | 52 | 61 | |
| | | 9 | FCU-3/57 | ทำงานแพทย์ | 13.5 | 16 | |
| | | 10 | FCU-3/58 | พักแพทย์ | 19.5 | 23 | |
| | | 11 | FCU-3/59 | ทำงานแพทย์ | 19.5 | 23 | |
| | | 12 | FCU-3/60 | ทำงานแพทย์ | 26 | 31 | |
| | | 13 | FCU-3/61 | พักแพทย์ | 18 | 21 | |

จากตารางที่ 4.6 เป็นรูปแบบที่มีระบบการหมุนเวียนอากาศที่สมบูรณ์ เนื่องจากมีพัดลมหมุนเวียนอากาศ (FAF) หรือท่อที่ต่อจากภายนอกอาคาร (FAD) เข้าสู่ตัวเครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ซึ่งทำให้ระบบหมุนเวียนอากาศนี้มีประสิทธิภาพที่ดีและไม่จำเป็นต้องแก้ไขปัญหารูปแบบข้างต้น

2) มี FAD แต่ไม่มี FAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ (FAD) เข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) แต่ไม่มีพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.7** กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น 1 | | | | | | | |
| 2 | 13 | 1 | F-1/1 | ห้องตรวจ9 | 9 | 11 | 55 |
| | | | F-1/2 | ห้องตรวจ10 | 9 | 11 | |
| | | | F-1/3 | ห้องตรวจ11 | 9 | 11 | |
| | 14 | 1 | F-1/4 | ห้องตรวจ12 | 9 | 11 | |
| | | | F-1/5 | ห้องตรวจ13 | 9 | 11 | |
| 3 | A | 1 | A-1/3 | ตรวจติดเชื้อ | 12 | 14 | 14 |
| 4 | B | 1 | F-1/18 | พื้นที่คัดกรอง | 32 | 38 | 38 |
| 5 | A | 4 | A-1/5 | พื้นที่โล่ง | 272 | 320 | 613 |
| | B | 3 | A-1/4 | โถงทางเข้า | 108 | 127 | |
| | C | 1 | F-1/19 | พนักงานเปล | 24 | 28 | |
| | | 2 | F-1/20 | หัวหน้า/ที่ประชุม | 15 | 53 | |
| | | 3 | F-1/21 | รับคนไข้ใน | 48 | 57 | |
| | D | 3 | F-1/22 | พักเจ้าหน้าที่ | 24 | 28 | |
| 6 | E | 3 | A-1/6 | เก็บเวชระเบียน | 230 | 271 | 776 |
| | | 4 | A-1/7 | หลักประกันสุขภาพ | 140 | 165 | |
| | | | F-1/24 | ให้คำปรึกษา1 | 9 | 11 | |
| | | | F-1/25 | ให้คำปรึกษา2 | 9 | 11 | |
| | | 5 | F-1/26 | สังคมสงเคราะห์ | 20 | 24 | |
| | | 6 | A-1/8 | PCU | 120 | 141 | |
| | F | 3 | F-1/23 | นอนเวร | 10 | 12 | |
| | | 6 | F-1/27 | ห้องประชุม | 40 | 141 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | C | 8 | A-1/11 | งาน CHEMISTRY | 24 | 28 | 312 |
| | | 10 | F-1/43 | งาน MICRO | 25 | 29 | |
| | D | 8 | F-1/45 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| | | 9 | F-1/44 | นอนเวร | 6 | 7 | |
| | | | A-1/14 | งาน HEMATOLOGY | 48 | 57 | |
| | E | 8 | F-1/46 | ตรวจ1 | 12 | 14 | |
| | | | F-1/47 | จ่ายยา | 12 | 14 | |
| | | 9 | F-1/48 | การเงิน | 10 | 12 | |
| | | | F-1/49 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| | F | 8 | A-1/15 | อุบัติเหตุ | 96 | 113 | |
| 8 | F | 10 | A-1/18R | ห้อง RESUSCITATE | 31.5 | 37 | 37 |
| 9 | A | 10 | F-1/28 | ห้องทำงานแพทย์1 | 28 | 33 | 314 |
| | | | F-1/29 | ห้องทำงานแพทย์2 | 15 | 18 | |
| | | | F-1/30 | ห้องทำงานแพทย์3 | 15 | 18 | |
| | | 11 | F-1/36 | ห้องทำงานแพทย์7 | 15 | 18 | |
| | | 12 | F-1/38 | สำนักงาน1 | 20.25 | 24 | |
| | | | F-1/39 | สำนักงาน2 | 20.25 | 24 | |
| | | | F-1/37 | ห้องสอนแสดง1 | 20 | 24 | |
| | | 13 | F-1/40 | ห้องสอนแสดง2 | 20 | 24 | |
| | | | F-1/41 | ห้องสอนแสดง3 | 20 | 24 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | B | 10 | F-1/31 | ห้องทำงานแพทย์4 | 15 | 18 | 314 |
| | | | F-1/32 | ห้องควบคุม | 15 | 18 | |
| | | 11 | F-1/33 | ห้องทำงานแพทย์5 | 15 | 18 | |
| | | 12 | F-1/34 | ห้องทำงานแพทย์6 | 15 | 18 | |
| | | | F-1/35 | สำนักงานแพทย์ | 30 | 35 | |
| ชั้น2 | | | | | | | |
| 1 | A | 2 | FCU-2/3 | พักเจ้าหน้าที่ | 12.00 | 14 | 44 |
| | | | FCU-2/4 | หัวหน้าพยาบาล | 7.50 | 9 | |
| | | | FCU-2/5 | ห้องนอนแพทย์เวร | 8.00 | 9 | |
| | | | FCU-2/6 | ล้างเครื่องมือ | 10.00 | 12 | |
| 3 | A | 4 | FCU-2/9' | ห้องแยก | 26 | 31 | 31 |
| 5 | F | 2 | FCU-2/20 | ห้องแยก1 | 27 | 32 | 64 |
| | | | FCU-2/21 | ห้องแยก2 | 27 | 32 | |
| 6 | E | 5 | AHU-2/5 | คลินิกศัลยกรรม | 144 | 170 | 355 |
| | F | 3 | FCU-2/22 | ห้องตรวจนศพ. 2 | 22 | 26 | |
| | | 4 | FCU-2/24 | ห้องตรวจนศพ. 1 | 24 | 28 | |
| | | | FCU-2/25 | ฉีดยา-ทำแผล | 24 | 28 | |
| | | | FCU-2/26 | ห้องตรวจนศพ. 3 | 24 | 28 | |
| | | | FCU-2/27 | ห้องตรวจ1 | 12 | 14 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | F | 5 | FCU-2/28 | ห้องตรวจ2 | 12 | 14 | 355 |
| | | | FCU-2/29 | ห้องตรวจ3 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-2/30 | ห้องตรวจ4 | 12 | 14 | |
| | | 6 | FCU-2/31 | พักเจ้าหน้าที่ | 16.5 | 19 | |
| 7 | C | 8 | FCU-2/40 | สอนแสดง | 16 | 19 | 366 |
| | | | FCU-2/39 | ฉีดยา-ทำแผล | 16 | 19 | |
| | | 9 | FCU-2/38 | ตรวจ1 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-2/37 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| | D | 9 | FCU-2/41 | ตรวจ2 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-2/42 | ตรวจ3 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-2/43 | SCORE | 16 | 19 | |
| | E | 9 | FCU-2/44 | ตรวจ4 | 12 | 14 | |
| | | | FCU-2/45 | ตรวจ5 | 12 | 14 | |
| | F | 8 | AHU-2/6 | คลินิกสูตินรีเวช | 175 | 206 | |
| | | 9 | FCU-2/46 | ตรวจ6 | 12 | 14 | |
| 8 | F | 9 | AHU-2/7 | ตรวจครรภ์ | 107.25 | 126 | 502 |
| | | 10 | FCU-2/47 | คลอดติดเชื้อ1 | 20 | 94 | |
| | | 11 | FCU-2/48 | คลอดติดเชื้อ2 | 20 | 94 | |
| | | 12 | FCU-2/49 | คลอดพิเศษ1 | 20 | 94 | |
| | | | FCU-2/50 | คลอดพิเศษ2 | 20 | 94 | |
| 10 | B | 13 | AHU-2/13 | ผ่าตัด3 | 36 | 170 | 170 |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | A | 10 | FCU-2/32 | ห้องอาหาร | 25 | 147 | 664 |
| | | | FCU-2/33 | พักแพทย์ | 25 | 29 | |
| | B | 9 | FCU-2/36 | พักฟื้นหลังคลอด | 42 | 49 | |
| | | | AHU-2/8 | แผนกสูติกรรม | 144 | 170 | |
| | | | AHU-2/9 | แผนกสูติกรรม | 144 | 170 | |
| | | 10 | FCU-2/35 | รับผู้ป่วย | 36 | 42 | |
| 11 | B | 11 | FCU-2/34 | ห้องปฏิบัติการผู้มีบุตรยาก | 48 | 57 | 664 |
| 12 | A | 12 | AHU-2/11 | ผ่าตัด2 | 36 | 170 | 170 |
| 13 | A | 13 | AHU-2/10 | ผ่าตัด1 | 36 | 170 | 170 |
| ชั้น3 | | | | | | | |
| 2 | C | 3 | AHU-3/3 | คลินิกเลซิค | 57 | 67 | 432 |
| | D | 2 | AHU-3/4 | เลซิค | 33 | 155 | |
| | E | 2 | AHU-3/5 | ผ่าตัดเล็ก | 33 | 155 | |
| | | | FCU-3/14 | ทำงานแพทย์ | 15 | 18 | |
| | | 3 | FCU-3/15 | พักแพทย์ | 15 | 18 | |
| | | | FCU-3/16 | พักเจ้าหน้าที่ | 15.75 | 19 | |
| 3 | E | 3 | FCU-3/17 | สังเกตอาการ | 12 | 14 | 334 |
| | | | FCU-3/18 | ห้องตรวจ6 | 10.5 | 12 | |
| | | | FCU-3/19 | ห้องตรวจ5 | 10.5 | 12 | |
| | | 4 | FCU-3/20 | ห้องตรวจ4 | 10.5 | 12 | |
| | | | FCU-3/21 | ห้องตรวจ3 | 10.5 | 12 | |
| | | | FCU-3/22 | ห้องตรวจ2 | 10.5 | 12 | |
| | | 5 | FCU-3/23 | ห้องตรวจ1 | 10.5 | 12 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | F | 2 | FCU-3/24 | ห้องทำเลเซอร์ | 30.25 | 142 | 334 |
| | | | FCU-3/25 | สอนแสดง | 22.5 | 26 | |
| | | 3 | FCU-3/26 | วัดสายตา | 25 | 29 | |
| | | | FCU-3/27 | วัดลานสายตา | 12.5 | 15 | |
| | | 4 | FCU-3/28 | ห้องตรวจ9 | 10.5 | 12 | |
| | | | FCU-3/29 | ห้องตรวจ8 | 10.5 | 12 | |
| | | 5 | FCU-3/30 | ห้องตรวจ7 | 10.5 | 12 | |
| 4 | D | 8 | AHU-3/10 | คลินิกกุมารเวชกรรม | 183.75 | 216 | 638 |
| | | | AHU-3/11 | คลินิกกุมารเวชกรรม | 183.75 | 216 | |
| | E | 5 | AHU-3/6 | คลินิกตา | 87.75 | 103 | |
| | | | AHU-3/7 | คลินิกตา | 87.75 | 103 | |
| 6 | C | 12 | AHU-3/12 | คลินิกจิตเวช | 100 | 118 | 216 |
| | | 13 | FCU-3/66 | พักเจ้าหน้าที่ | 12 | 14 | |
| | D | 13 | FCU-3/67 | ห้องตรวจ3(1) | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/68 | ห้องตรวจ4(1) | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/69 | ห้องตรวจ5(1) | 12 | 14 | |
| | E | 13 | FCU-3/70 | ห้องตรวจ6(1) | 12 | 14 | |
| | | | FCU-3/71 | ห้องตรวจ7(1) | 12 | 14 | |
| | F | 13 | FCU-3/72 | ห้องตรวจ8(1) | 12 | 14 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | A | 9 | FCU-3/31 | หัวหน้าการเงิน | 12 | 14 | 451 |
| | | | FCU-3/34 | การเงิน | 35 | 41 | |
| | | | FCU-3/32 | เก็บยาอันตราย | 12 | 14 | |
| | | 10 | FCU-3/33 | พักเจ้าหน้าที่ | 30 | 35 | |
| | | | AHU-3/8 | ห้องยานอก | 42 | 49 | |
| | | 11 | AHU-3/9 | คลังยาใน | 42 | 49 | |
| | | 12 | FCU-3/35 | คลังยาใน | 32.5 | 38 | |
| | | | FCU-3/36 | คลังยาใน | 32.5 | 38 | |
| | | 13 | FCU-3/38 | ห้อง SERVER | 40.375 | 48 | |
| | | | FCU-3/39 | ห้อง SERVER | 40.375 | 48 | |
| | B | 12 | FCU-3/37 | เก็บน้ำเกลือ | 32.5 | 38 | |
| | | 13 | FCU-3/40 | จำหน่ายเวชภัณฑ์ | 33 | 39 | |

สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้โดยการติดตั้งพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศบริสุทธิ์ให้แก่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ซึ่งมีทำหน้าที่ปรับและหมุนเวียนอากาศภายในบริเวณนั้น ๆ และช่วยให้อากาศเพียงพอต่อความต้องการ โดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็นดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14

3) เป็นรูปแบบที่ไม่มีทั้งท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ (FAD) และพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.8** กลุ่มการหมุนเวียนอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ

| ชั้น1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) | ขนาดของท่อกลม | ขนาดของท่อเหลี่ยม |
| 1 | A | 3 | FCU-1/11R | พื้นที่โล่ง | 90 | 106 | 458 | 12" | 11"x11" |
| | | 4 | FCU-1/57R | พื้นที่โล่ง | 74.75 | 88 | | | |
| | | 5 | FCU-1/58R | พื้นที่โล่ง | 74.75 | 88 | | | |
| | | 5 | FCU-1/59R | พื้นที่โล่ง | 74.75 | 88 | | | |
| | | 5 | FCU-1/60R | พื้นที่โล่ง | 74.75 | 88 | | | |
| 2 | E | 9 | FCU-1/49 | พักเจ้าหน้าที่ | 12 | 14 | 55 | 5.5" | 5"x5" |
| | | 10 | FCU-1/51 | ศูนย์วิทยุ | 10.5 | 12 | | | |
| | | 10 | FCU-1/52 | พนักงานเปล | 7 | 8 | | | |
| | | 11 | FCU-1/53 | เก็บเปล | 17.5 | 21 | | | |
| 3 | E | 13 | AHU-1/16 | NON-TRAUMA | 120 | 141 | 282 | 10" | 9"x9" |
| | F | 13 | AHU-1/17 | TRAUMA | 120 | 141 | | | |
| 4 | D | 10 | FCU-1/50 | พักแพทย์ประชุม | 24 | 28 | 242 | 9" | 8"x8" |
| | | 11 | AHU-1/12 | ห้องสังเกตอาการ | 116 | 137 | | | |
| | | 11 | AHU-1/13 | ทางเดิน | 65 | 77 | | | |
| 5 | C | 8 | FCU-1/42 | เจาะเลือด | 42 | 49 | 82 | 5.5" | 5"x5" |
| | | 11 | FCU-1/54 | นอนเวร1 | 9 | 11 | | | |
| | | 12 | FCU-1/55 | นอนเวร2 | 9 | 11 | | | |
| | | 13 | FCU-1/56 | นอนเวร3 | 9 | 11 | | | |

| ชั้น2 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) | ขนาดของท่อกลม | ขนาดของท่อเหลี่ยม |
| ไม่พบ | | | | | | | | |
| ชั้น3 | | | | | | | | |
| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | AHU & FCU | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) | ขนาดของท่อกลม | ขนาดของท่อเหลี่ยม |
| 1 | F 3 | FCU-3/17 | ห้องสังเกตอาการ | 12 | 14 | 14 | 3" | 3"x3" |

สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้โดยการติดตั้งพัดลม (FAF) ที่ทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศบริสุทธิ์ให้แก่เครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ซึ่งมีทำหน้าที่ปรับและหมุนเวียนอากาศภายในบริเวณนั้น ๆ และช่วยให้อากาศเพียงพอต่อความต้องการโดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่เครื่องจ่ายลมเย็นดังรูปที่ 4.13 - 4.16

ขั้นตอนการคำนวณท่อลม ซึ่งในการหาขนาดท่อลมจะวิเคราะห์จาก CFM ทั้งหมดในแต่ละโซนแล้วจึงเปิดกราฟเพื่อประมาณขนาดของท่อลม โดยกำหนดค่า Friction loss เท่ากับ 0.06 นิ้วน้ำต่อ 100ฟุต จะได้จุดตัดของทั้งสองเส้น ซึ่งจุดตัดนี้จะสามารถบอกได้ว่าขนาดของท่อกลมนั้นมีขนาดเท่าไร หลังจากได้ขนาดท่อกลมมาแล้วจะนำค่านั้นมาเปิดกราฟท่อเหลี่ยมเพื่อหาขนาดของท่อเหลี่ยมที่เราต้องการใช้ดังรูปที่ 4.17 – 4.18 และตารางที่ 4.4

4) ปัญหาที่พบด้านการระบายอากาศ (Exhaust air: EA)

จากการสำรวจพบว่าการระบายอากาศออกของห้องน้ำภายในโรงพยาบาลเกิดปัญหาขึ้น โดยในปัจจุบันการระบายอากาศออกจากห้องน้ำของโรงพยาบาลจะนำอากาศเสียออกจากห้องน้ำโดยมีพัดลม (EAF) ติดอยู่บริเวณห้องน้ำและดูดอากาศเสียออกจากห้องน้ำผ่านท่อลมสู่ภายนอกโรงพยาบาล ซึ่งระบบแบบนี้จะมีปัญหาในการระบายอากาศ เนื่องจากพัดลมที่ดูดอากาศเสียออกนอกโรงพยาบาลนั้นมีกำลังไม่เพียงพอและในบางส่วนของท่อลมอาจจะเกิดรอยรั่ว (leak) ทำให้อากาศเสียรั่วอยู่ภายในฝ้าเพดาน ส่งผลให้เกิดความชื้น เชื้อราและเชื้อโรคต่าง ๆตามมา โดยปัญหาแบ่งห้องหรือพื้นที่ที่เกิดปัญหาตามโซนได้ดังนี้

1) มี EAD และ EAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีท่อระบายอากาศจากห้องน้ำหรือแหล่งอื่น ๆ ออกจากตัวอาคารและมีพัดลมระบายอากาศ (Propeller fan) ที่ทำหน้าที่ในการดูดอากาศเสียจากตัวอาคารสู่ภายนอก และมีพัดลม (Centrifugal fan) ปลายทาง ซึ่งเพียงพอที่จะดึงอากาศเสียทั้งหมดออกจากตัวอาคาร โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.9** กลุ่มการระบายอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น1 | | | | | | | |
| 1 | 15 | 1 | EF-1/5 | พักรองคนไข้ติดเชื้อ, พื้นที่คัดกรอง, ตรวจติดเชื้อ1,2 | 82.7 | 97 | 97 |
| 2 | A | 6 | EF-1/24 | ห้องน้ำหญิง | 40 | 235 | 508 |
| | | | EF-1/25 | ห้องน้ำชาย | 40 | 235 | |
| | | 6 | EF-1/27 | ห้องน้ำคนพิการ | 4 | 24 | |
| | | | EF-1/26 | เก็บของแม่บ้าน | 12 | 14 | |
| ชั้น2 | | | | | | | |
| 1 | A | 6 | EF-2/19 | ห้องน้ำหญิง | 40 | 235 | 520 |
| | | | EF-2/20 | ห้องน้ำชาย | 40 | 235 | |
| | B | | EF-2/21 | แม่บ้าน | 17.5 | 21 | |
| | | | EF-2/22 | ห้องน้ำคนพิการ | 5 | 29 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น3 | | | | | | | |
| 2 | B | 2 | EF-3/21 | ห้องผ่าตัดเล็ก | 30 | 141 | 141 |
| 3 | A | 6 | EF-3/15 | ห้องน้ำหญิง | 40 | 235 | 520 |
| | | | EF-3/16 | ห้องน้ำชาย | 40 | 235 | |
| | B | 6 | EF-3/17 | แม่บ้าน | 17.5 | 21 | |
| | | | EF-3/18 | ห้องน้ำคนพิการ | 5 | 29 | |
| 4 | C | 2 | EF-3/116 | เลซิค | 33 | 155 | 264 |
| 6 | E | 2 | EF-3/44 | ห้องผ่าตัดเล็ก | 33 | 155 | 264 |
| 11 | B | 8 | EF-3/71 | EE | 30 | 35 | 543 |
| | | 10 | EF-3/70 | โถงพักรอ | 136 | 160 | |
| | | 12 | EF-3/65 | เก็บน้ำเกลือ | 32.5 | 38 | |
| | C | 8 | EF-3/72 | ห้องน้ำชาย | 5.25 | 31 | |
| | | | EF-3/73 | ห้องน้ำหญิง | 5.25 | 31 | |
| | | 9 | EF-3/74 | ตรวจนักศึกษาแพทย์1 | 28 | 33 | |
| | | | EF-3/75 | ตรวจนักศึกษาแพทย์2 | 28 | 33 | |
| | | 10 | EF-3/76 | ECHO | 15.75 | 19 | |
| | | | EF-3/77 | LUNGFUNCTION | 15.75 | 19 | |
| | | 11 | EF-3/78 | พักเจ้าหน้าที่ | 22.5 | 26 | |
| | | 12 | EF-3/103 | คลินิกจิตเวช | 100 | 118 | |

รูปแบบนี้เป็นระบบการระบายอากาศที่ค่อนข้างสมบูรณ์ เนื่องจากมีพัดลมระบายอากาศ (EAF) หรือท่อที่ต่อจากภายในอาคาร (EAD) ออกสู่ภายนอก แต่เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนพัดลม (EAF) เป็นบานเกล็ดและเพิ่มพัดลมหอยโข่งตัวใหญ่ (Centrifugal fan) ที่ทางออกของท่อลม เพื่อให้ภายในท่อลมเกิดแรงดันและสามารถดูดอากาศเสียออกสู่ภายนอกโรงพยาบาลได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งระบบเหล่านี้จะช่วยลดปัญหาการรั่ว (Leak) ภายในท่อลมที่ออกสู่ฝ้าเพดานลงและสามารถดูดอากาศเสียออกจากห้องน้ำได้ดีกว่าระบบแบบเดิม โดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดูดอากาศออกจากตัวอาคารได้ดังรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20

2) ) มี EAD และ EAF ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีท่อระบายอากาศจากห้องน้ำหรือแหล่งอื่นๆ ออกจากตัวอาคารและมีพัดลมระบายอากาศ (Propeller fan) ที่ทำหน้าที่ในการดูดอากาศเสียจากตัวอาคารสู่ภายนอก แต่กำลังส่งของพัดลมไม่เพียงพอที่จะดึงอากาศเสียทั้งหมดออกจากตัวอาคาร โดยมีห้องหรือพื้นที่ตามโซนดังนี้

**ตารางที่ 4.10** กลุ่มการระบายอากาศที่ต้องเพิ่มเติมในอาคารเฉลิมพระเกียรติ

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น1 | | | | | | | |
| 1 | 13 | 1 | EF-1/1 | ห้องตรวจ9 | 15 | 18 | 476 |
| | | | EF-1/2 | ห้องตรวจ10 | 15 | 18 | |
| | | 3 | EF-1/8 | โถง | 128 | 151 | |
| | 14 | 1 | EF-1/3 | ห้องตรวจ11 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/4 | ห้องตรวจ12 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/6 | ห้องตรวจ13 | 15 | 18 | |
| | | 2 | EF-1/11 | คลินิกอายุรกรรม | 128 | 151 | |
| | | 3 | EF-1/10 | ห้องนศพ.ตรวจ1 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/9 | ห้องสังเกตอาการ | 15 | 18 | |
| | 15 | 1 | EF-1/102 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-1/7 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| 4 | C | 1 | EF-1/35 | พนังงานเปล | 24 | 28 | 114 |
| | | | EF-1/34 | หัวหน้า/ประชุม | 15 | 53 | |
| | | 2 | EF-1/33 | เคาน์เตอร์ | 28 | 33 | |
| 5 | C | 3 | EF-1/32 | รับคนไข้ใน | 48 | 57 | 356 |
| | D | 3 | EF-1/39 | เก็บเวชระเบียน | 230 | 271 | |
| | | | EF-1/36 | พักเจ้าหน้าที่ | 24 | 28 | |
| 6 | E | 3 | EF-1/37 | ห้องน้ำหญิง | 16 | 94 | 200 |
| | F | 3 | EF-1/38 | ห้องน้ำชาย | 16 | 94 | |
| | | | EF-1/40 | นอนเวร | 10 | 12 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | E | 4 | EF-1/41 | ให้คำปรึกษา1 | 9 | 11 | 187 |
| | | | EF-1/42 | ให้คำปรึกษา2 | 9 | 11 | |
| | F | 4 | EF-1/98 | หลักประกันสุขภาพ | 140 | 165 | |
| 8 | E | 5 | EF-1/43 | สังคมสงเคราะห์ | 20 | 24 | 306 |
| | | 6 | EF-1/44 | PCU | 120 | 141 | |
| | F | 6 | EF-1/45 | ห้องประชุม | 40 | 141 | |
| 9 | F | 8 | EF-1/104 | ล้างตัว | 12 | 14 | 14 |
| 10 | F | 10 | EF-1/82 | ศูนย์วิทยุ | 10.5 | 12 | 49 |
| | | | EF-1/83 | พนักงานเปล | 6 | 7 | |
| | | | EF-1/81 | เก็บเปล | 16.5 | 19 | |
| | | 11 | EF-1/84 | หัวหน้าพยาบาล | 9 | 11 | |
| 11 | B | 8 | EF-1/63 | EE | 6.4 | 8 | 580 |
| | C | 10 | EF-1/64 | งาน MICRO | 36 | 42 | |
| | | | EF-1/65 | เจาะเลือด | 45 | 53 | |
| | | | EF-1/66 | งาน HEMATOLOGY | 48 | 57 | |
| | D | 8 | EF-1/67 | งาน CHEMISTRY | 48 | 57 | |
| | | | EF-1/68 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-1/70 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-1/71 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| | | 10 | EF-1/93 | พักแพทย์ประชุม | 24 | 28 | |
| | | | EF-1/94 | ล้างอุปกรณ์ | 18 | 21 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | E | 8 | EF-1/72 | ตรวจ1 | 12 | 14 | 580 |
| | | | EF-1/73 | จ่ายยา | 12 | 14 | |
| | | 9 | EF-1/74 | การเงิน | 8 | 9 | |
| | | | EF-1/69 | เก็บเอกสาร | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-1/75 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| | | | EF-1/76 | เก็บ STOCK | 12.25 | 14 | |
| | | 10 | EF-1/77 | ห้องน้ำเจ้าหน้าที่ | 2.25 | 13 | |
| | | | EF-1/78 | ห้องน้ำหญิง | 4 | 24 | |
| | | | EF-1/79 | ห้องน้ำชาย | 4 | 24 | |
| | F | 8 | EF-1/80 | อุบัติเหตุ โถงพักรอ | 88 | 104 | |
| 12 | E | 10 | EF-1/92 | RESUSCITATE | 51 | 60 | 60 |
| 13 | D | 12 | EF-1/62 | ห้องสังเกตอาการ | 127.5 | 150 | 583 |
| | | | EF-1/90 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | E | 13 | EF-1/96 | NON-TRAUMA | 128 | 151 | |
| | | | EF-1/89 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-1/88 | ห้องน้ำ | 10 | 59 | |
| | F | 13 | EF-1/85 | TRAUMA | 127.5 | 150 | |
| | | | EF-1/86 | เก็บเวชภัณฑ์ | 12.25 | 14 | |
| 14 | A | 9 | EF-1/46 | ทำงานแพทย์1 | 28 | 33 | 621 |
| | | | EF-1/47 | โถงลิฟต์/ดับเพลิง/บริการ | 56.25 | 66 | |
| | | | EF-1/48 | ทำงานแพทย์2 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/49 | ทำงานแพทย์3 | 15 | 18 | |
| | | 10 | EF-1/53 | สำนักงานธุรการ | 55 | 65 | |
| | | | EF-1/55 | ทำงานแพทย์7 | 15 | 18 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | A | 11 | EF-1/56 | สอนแสดง1 | 20 | 24 | 621 |
| | | | EF-1/57 | สอนแสดง2 | 20 | 24 | |
| | | | EF-1/103 | สำนักงาน1 | 20.25 | 24 | |
| | | | EF-1/58 | สอนแสดง3 | 20 | 24 | |
| | B | 9 | EF-1/50 | ทำงานแพทย์4 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/51 | ห้องควบคุม | 15 | 18 | |
| | | 10 | EF-1/52 | ทำงานแพทย์5 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/54 | ทำงานแพทย์6 | 15 | 18 | |
| | | | EF-1/60 | สำนักงาน2 | 20.25 | 24 | |
| | | 11 | EF-1/61 | ทางเดิน | 11 | 13 | |
| | | | EF-1/59 | ห้องน้ำ | 20 | 118 | |
| | C | 11 | EF-1/91 | ห้องน้ำ | 3.75 | 22 | |
| | | 12 | EF-1/95 | ห้องน้ำ | 3.75 | 22 | |
| | | | EF-1/87 | ห้องน้ำ | 3 | 18 | |
| | | 13 | EF-1/97 | ห้องน้ำ | 3 | 18 | |
| ชั้น2 | | | | | | | |
| 1 | A | 1 | EF-2/2 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 36 | 42 | 457 |
| | | | EF-2/3 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 36 | 42 | |
| | | | EF-2/4 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 36 | 42 | |
| | | 2 | EF-2/5 | หัวหน้าพยาบาล | 7.5 | 9 | |
| | | | EF-2/6 | ห้องน้ำ | 4.5 | 26 | |
| | | | EF-2/7 | นอนเวรแพทย์ | 8 | 9 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | 2 | EF-2/8 | ห้องน้ำ | 3.75 | 22 | 457 |
| | | | EF-2/9 | ล้างเครื่องมือ | 10 | 12 | |
| | | | EF-2/10 | ล้างกระโถน | 11 | 13 | |
| | | | EF-2/32 | เปลี่ยนเสื้อ | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/36 | เก็บอุปกรณ์ | 9 | 11 | |
| | | 3 | EF-2/11 | ล้างกระโถน | 7.5 | 9 | |
| | | | EF-2/12 | ล้างเครื่องมือ | 10 | 12 | |
| | | | EF-2/13 | ห้องน้ำ | 3 | 18 | |
| | | | EF-2/14 | ห้องน้ำ | 3 | 18 | |
| | | | EF-2/29 | พักพยาบาล | 20 | 24 | |
| | B | 1 | EF-2/1 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 36 | 42 | |
| | | 2 | EF-2/31 | เปลี่ยนเสื้อญาติ | 8 | 9 | |
| | | | EF-2/33 | ให้คำปรึกษา | 12 | 14 | |
| | | | EF-2/34 | พักเจ้าหน้าที่ | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/35 | จัดยา | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-2/37 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 36 | 42 | |
| 2 | B | 3 | EF-2/28 | ล้างขวด | 8.75 | 10 | 54 |
| | | | EF-2/30 | เปลี่ยนเสื้อเจ้าหน้าที่ | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-2/26 | ชงนม | 10.5 | 12 | |
| | | 4 | EF-2/24 | เก็บของ | 8.75 | 10 | |
| | | | EF-2/25 | หัวหน้าพยาบาล | 8.75 | 10 | |
| 3 | B | 4 | EF-2/27 | NICU, ห้องแยก | 180 | 530 | 530 |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | B | 1 | EF-2/38 | หออภิบาลผู้ป่วยหนักกุมาร | 36 | 42 | 99 |
| | C | 1 | EF-2/39 | ห้องแยก | 20 | 24 | |
| | | | EF-2/40 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 2 | EF-2/41 | เก็บของ | 8 | 9 | |
| 5 | D | 2 | EF-2/50 | ศัลยกรรม | 36 | 42 | 262 |
| | E | 2 | EF-2/51 | ศัลยกรรม | 36 | 42 | |
| | | 3 | EF-2/73 | ล้างเครื่องมือ | 10 | 12 | |
| | | | EF-2/57 | ห้องน้ำ | 8 | 47 | |
| | F | 2 | EF-2/52 | ศัลยกรรม | 36 | 42 | |
| | | 3 | EF-2/55 | ศัลยกรรม | 36 | 42 | |
| | | | EF-2/56 | ห้องแยก2 | 30 | 35 | |
| 6 | F | 2 | EF-2/53 | ห้องแยก1 | 30 | 35 | 35 |
| 7 | C | 2 | EF-2/42 | ห้องน้ำ | 4.5 | 26 | 488 |
| | | | EF-2/43 | หัวหน้าพยาบาล | 10.5 | 12 | |
| | | 3 | EF-2/44 | ทางหน้าห้องเปลี่ยนเสื้อ | 8 | 9 | |
| | | | EF-2/45 | ห้องน้ำ | 1.5 | 9 | |
| | | | EF-2/46 | ห้องน้ำ | 1.5 | 9 | |
| | | | EF-2/47 | ห้องน้ำ | 1.5 | 9 | |
| | | | EF-2/48 | LINEN SUPPLY | 9 | 11 | |
| | | | EF-2/49 | CONSULT | 10.5 | 12 | |
| | D | 3 | EF-2/61 | พักเจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |
| | | | EF-2/59 | ห้องน้ำ | 5 | 29 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | E | 3 | EF-2/60 | ห้องตรวจนศพ.1 | 24 | 28 | 488 |
| | | | EF-2/58 | เก็บผ้าเปื้อน | 10 | 12 | |
| | | 4 | EF-2/62 | ฉีดยา-ทำแผล | 24 | 28 | |
| | | 5 | EF-2/63 | TREATMENT | 20 | 24 | |
| | F | 3 | EF-2/65 | ห้องตรวจนศพ.2 | 32 | 38 | |
| | | | EF-2/66 | หน้าห้องตรวจนศพ. | 24 | 28 | |
| | | 4 | EF-2/67 | หน้าห้องตรวจ | 30 | 35 | |
| | | | EF-2/68 | ห้องตรวจนศพ.3 | 24 | 28 | |
| | | | EF-2/69 | ห้องตรวจ.1 | 12 | 14 | |
| | | 5 | EF-2/70 | ห้องตรวจ.2 | 12 | 14 | |
| | | | EF-2/71 | ห้องตรวจ.3 | 12 | 14 | |
| | | 6 | EF-2/72 | ห้องตรวจ.4 | 12 | 14 | |
| | | | EF-2/74 | เก็บของ | 6.25 | 7 | |
| | | | EF-2/75 | ห้องน้ำ | 3.75 | 22 | |
| | | | EF-2/54 | ห้องน้ำ | 3 | 18 | |
| | | | EF-2/76 | พักเจ้าหน้าที่ | 16.5 | 19 | |
| 8 | E | 6 | EF-2/64 | คลินิกศัลยกรรม | 108 | 127 | 127 |
| 9 | A | 9 | EF-2/77 | เชื่อมต่ออาคาร | 25 | 29 | 1124 |
| | | | EF-2/137 | หน้าลิฟต์ | 50 | 59 | |
| | | 10 | EF-2/78 | เตรียมอาหาร | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/79 | ห้องน้ำ | 24 | 141 | |
| | | | EF-2/80 | ห้องน้ำ | 24 | 141 | |
| | | 11 | EF-2/81 | ห้องอาหาร | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/82 | พักแพทย์ | 25 | 29 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | B | 8 | EF-2/138 | EE | 6 | 7 | 1124 |
| | | 10 | EF-2/85 | พักฟื้นหลังคลอด | 39 | 46 | |
| | | 11 | EF-2/83 | ห้องน้ำหญิง | 3 | 18 | |
| | | | EF-2/84 | ห้องน้ำชาย | 3 | 18 | |
| | C | 8 | EF-2/86 | สอนแสดง | 16 | 19 | |
| | | | EF-2/87 | ฉีดยา-ทำแผล | 16 | 19 | |
| | | 9 | EF-2/88 | ตรวจ1 | 12 | 14 | |
| | D | 9 | EF-2/92 | ตรวจ2 | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/93 | ตรวจ3 | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/94 | SCOPE | 17.5 | 21 | |
| | E | 8 | EF-2/95 | คลินิกสูตินรีเวช | 150 | 177 | |
| | | | EF-2/96 | ตรวจ4 | 15 | 18 | |
| | | 9 | EF-2/97 | ตรวจ5 | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/98 | ตรวจ6 | 15 | 18 | |
| | | | EF-2/99 | ห้องน้ำ | 22.75 | 134 | |
| | F | 9 | EF-2/100 | ตรวจครรภ์ | 53.625 | 63 | |
| | | | EF-2/101 | ตรวจครรภ์ | 53.625 | 63 | |
| 10 | C | 10 | EF-2/89 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | 649 |
| | | | EF-2/90 | พักเจ้าหน้าที่ | 14 | 16 | |
| | | | EF-2/91 | ด้านหลังห้องตรวจ | 22.5 | 26 | |
| | E | 10 | EF-2/114 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 11 | EF-2/115 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | 12 | EF-2/113 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/112 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/111 | เจ้าหน้าที่ | 16 | 19 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | F | 10 | EF-2/108 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | 649 |
| | | | EF-2/109 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/102 | คลอดติดเชื้อ1 | 20 | 94 | |
| | | 11 | EF-2/116 | โถงติดเชื้อ | 20 | 24 | |
| | | | EF-2/110 | ห้องน้ำ | 4 | 24 | |
| | | | EF-2/105 | ทางเดินระหว่างคลอดติดเชื้อพิเศษ | 7.5 | 9 | |
| | | | EF-2/103 | คลอดติดเชื้อ2 | 20 | 94 | |
| | | 12 | EF-2/104 | คลอดพิเศษ1 | 20 | 94 | |
| | | | EF-2/107 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| | | | EF-2/106 | ห้องน้ำ | 6 | 35 | |
| 11 | D | 13 | EF-2/127 | คลอดสามัญ | 30 | 141 | 982 |
| | | | EF-2/128 | คลอดสามัญ | 30 | 141 | |
| | | | EF-2/129 | ทางเดินหลังคลอดสามัญ | 12 | 14 | |
| | E | 13 | EF-2/130 | คลอดสามัญ | 30 | 141 | |
| | | | EF-2/132 | คลอดสามัญ | 30 | 141 | |
| | | | EF-2/131 | ทางเดินหลังคลอดสามัญ | 12 | 14 | |
| | F | 12 | EF-2/136 | คลอดพิเศษ2 | 20 | 94 | |
| | | 13 | EF-2/133 | คลอดสามัญ | 30 | 141 | |
| | | | EF-2/134 | คลอดสามัญ | 30 | 141 | |
| | | | EF-2/135 | ทางเดินหลังคลอดสามัญ | 12 | 14 | |
| 12 | B | 12 | EF-2/118 | ห้องปฏิบัติการผู้มีบุตรยาก | 48 | 57 | 176 |
| | | | EF-2/117 | ทำงานแพทย์/นศพ. | 30 | 35 | |
| | D | 12 | EF-2/126 | รอคลอด | 71.25 | 84 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | B | 13 | EF-2/124 | ผ่าตัด3 | 36 | 170 | 340 |
| | C | 13 | EF-2/125 | ผ่าตัด4 | 36 | 170 | |
| 14 | A | 12 | EF-2/120 | ผ่าตัด1 | 36 | 170 | 340 |
| | | 13 | EF-2/121 | ผ่าตัด2 | 36 | 170 | |
| ชั้น3 | | | | | | | |
| 1 | A | 2 | EF-3/1 | ทำงานแพทย์ | 17.5 | 21 | 834.5 |
| | | | EF-3/2 | พักแพทย์ | 15 | 18 | |
| | | | EF-3/3 | ล้างเครื่องมือ | 15 | 18 | |
| | | | EF-3/4 | ห้องน้ำหญิง | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/5 | ห้องน้ำชาย | 5 | 29 | |
| | | 3 | EF-3/6 | ตรวจพิเศษ | 13.5 | 16 | |
| | | | EF-3/7 | ทดสอบการได้ยิน | 13.5 | 16 | |
| | | 4 | EF-3/8 | ฝึกพูด | 15.75 | 19 | |
| | | | EF-3/9 | ห้องตรวจ1 | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/10 | ห้องตรวจ2 | 12 | 14 | |
| | | 5 | EF-3/11 | ห้องตรวจ3 | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/13 | ห้องตรวจ4 | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/12 | ทางเดิน | 40 | 47 | |
| | B | 3 | EF-3/20 | ฉีดยา/ทำแผล | 27 | 32 | |
| | | | EF-3/19 | พักเจ้าหน้าที่,เก็บอุปกรณ์/เวชภัณฑ์ | 27 | 32 | |
| | | 4 | EF-3/14 | คลินิก หู-คอ-จมูก | 135 | 159 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | C | 2 | EF-3/26 | เปลี่ยนเสื้อแพทย์ | 6 | 7 | 497.5 |
| | | | EF-3/25 | โถงพักรอ | 19.25 | 23 | |
| | | | EF-3/24 | เปลี่ยนเสื้อ1 | 5 | 6 | |
| | | | EF-3/23 | เปลี่ยนเสื้อ2 | 5 | 6 | |
| | | 3 | EF-3/22 | คลินิกเลซิค | 57 | 67 | |
| | D | 2 | EF-3/27 | ล้างอุปกรณ์ | 15 | 18 | |
| | | 3 | EF-3/28 | ห้องพักรอ | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/29 | ห้องน้ำชาย | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/30 | ห้องน้ำหญิง | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/61 | ทำงานพยาบาล | 12.5 | 15 | |
| | | | EF-3/31 | เก็บผ้าเปื้อน | 7 | 8 | |
| | | | EF-3/32 | ห้องเล็ก | 3.75 | 4 | |
| | | | EF-3/36 | พักเจ้าหน้าที่ | 15.75 | 19 | |
| | E | 2 | EF-3/35 | ล้างเครื่องมือ | 13.5 | 16 | |
| | | | EF-3/34 | ทำงานแพทย์ | 13.5 | 16 | |
| | | 3 | EF-3/33 | พักแพทย์ | 13.5 | 16 | |
| 7 | F | 2 | EF-3/45 | เปลี่ยนเสื้อคนไข้1 | 5 | 6 | 262 |
| | | | EF-3/46 | เปลี่ยนเสื้อคนไข้2 | 5 | 6 | |
| | | | EF-3/47 | ห้องทำเลเซอร์ | 30.25 | 142 | |
| 8 | E | 3 | EF-3/37 | สังเกตอาการ | 12 | 14 | 699 |
| | | | EF-3/35 | ห้องตรวจ6 | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-3/38 | ห้องตรวจ5 | 10.5 | 12 | |
| | | 4 | EF-3/39 | ห้องตรวจ4 | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-3/40 | ห้องตรวจ3 | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-3/41 | ห้องตรวจ2 | 10.5 | 12 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | E | 5 | EF-3/42 | ห้องตรวจ1 | 10.5 | 12 | 699 |
| | | | EF-3/43 | ล้างมือ | 7.5 | 9 | |
| | F | 3 | EF-3/48 | สอนแสดง | 22.5 | 26 | |
| | | | EF-3/49 | วัดสายตา | 25 | 29 | |
| | | | EF-3/50 | วัดลานสายตา | 12.5 | 15 | |
| | | 4 | EF-3/51 | ห้องตรวจ9 | 10.5 | 12 | |
| | | | EF-3/52 | ห้องตรวจ8 | 10.5 | 12 | |
| | | 5 | EF-3/53 | ห้องตรวจ7 | 10.5 | 12 | |
| | | 6 | EF-3/54 | คลินิกตา | 175.5 | 207 | |
| 9 | D | 8 | EF-3/92 | คลินิกกุมารเวชกรรม | 336 | 396 | 1348 |
| | | 11 | EF-3/79 | ห้องตรวจ1 | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/80 | ห้องตรวจ2 | 12 | 14 | |
| | E | 11 | EF-3/81 | ห้องตรวจ3 | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/82 | ห้องตรวจ4 | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/83 | ห้องตรวจ5 | 12 | 14 | |
| | F | 8 | EF-3/93 | ฉีดยา/ทำแผล | 52 | 61 | |
| | | | EF-3/91 | สอนสุขศึกษา | 24 | 28 | |
| | | 9 | EF-3/90 | ห้องตรวจ9 | 14 | 16 | |
| | | | EF-3/89 | ห้องตรวจ8 | 14 | 16 | |
| | | | EF-3/94 | ทำงานแพทย์ | 15 | 18 | |
| | | 10 | EF-3/88 | ห้องตรวจ7 | 14 | 16 | |
| | | | EF-3/87 | ห้องตรวจ6 | 16 | 19 | |
| | | | EF-3/95 | พักแพทย์ | 19.5 | 23 | |
| | | 11 | EF-3/86 | ห้องน้ำหญิง | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/85 | ห้องน้ำชาย | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/84 | ทางเดิน | 40 | 47 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | F | 11 | EF-3/96 | ทำงานแพทย์ | 19.5 | 23 | 1348 |
| 10 | C | 13 | EF-3/104 | เก็บอุปกรณ์ | 12 | 14 | 576 |
| | | | EF-3/105 | พักเจ้าหน้าที่ | 12 | 14 | |
| | D | 12 | EF-3/102 | ห้องตรวจ1(1) | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/101 | ห้องตรวจ2(1) | 12 | 14 | |
| | | 13 | EF-3/106 | ห้องตรวจ3(1) | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/107 | ห้องตรวจ4(1) | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/108 | ห้องตรวจ5(1) | 12 | 14 | |
| | E | 12 | EF-3/100 | สอนแสดง | 20 | 24 | |
| | | 13 | EF-3/109 | ห้องตรวจ6(1) | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/110 | ห้องตรวจ7(1) | 12 | 14 | |
| | F | 12 | EF-3/98 | ทางเดิน | 22 | 26 | |
| | | | EF-3/99 | ห้องบำบัดกลุ่ม | 20 | 24 | |
| | | | EF-3/97 | ทำงานแพทย์ | 26 | 31 | |
| | | 13 | EF-3/111 | ห้องตรวจ8(1) | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/114 | พักแพทย์ | 18 | 21 | |
| | | | EF-3/112 | ห้องน้ำชาย | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/113 | ห้องน้ำหญิง | 5 | 29 | |
| | | | EF-3/115 | ทางเดิน | 12 | 14 | |
| 12 | A | 9 | EF-3/69 | โถงลิฟต์ดับเพลิง/บริการ | 35 | 41 | 494 |
| | | | EF-3/55 | หัวหน้าการเงิน | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/56 | ห้องน้ำ | 3 | 18 | |
| | | | EF-3/57 | เก็บยาอันตราย | 12 | 14 | |
| | | | EF-3/68 | การเงิน | 35 | 41 | |
| | | 10 | EF-3/67 | ห้องยานอก | 42 | 49 | |

| กลุ่มที่ | ตำแหน่ง | | Exhaust FAN | ชื่อห้อง | พื้นที่ ($m^2$) | อัตราการระบายอากาศ (CFM) | รวมอัตราการระบายอากาศ (CFM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | A | 11 | EF-3/58 | พักเจ้าหน้าที่ | 30 | 35 | 494 |
| | | | EF-3/59 | ห้องน้ำ | 3.75 | 22 | |
| | | | EF-3/66 | คลังยาใน | 42 | 49 | |
| | | 12 | EF-3/60 | คลังยาใน | 65 | 77 | |
| | | 13 | EF-3/63 | ห้อง SERVER | 80.75 | 95 | |
| | | | EF-3/64 | จำหน่ายเวชภัณฑ์ | 33 | 39 | |

สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นโดยการเปลี่ยนพัดลม (EAF) ที่ดูดอากาศจากห้องหรือห้องน้ำเป็นบานเกล็ดและเพิ่มพัดลมหอยโข่งตัวใหญ่ (centrifugal fan) ที่ทางออกของท่อ เพื่อให้ภายในท่อลมเกิดแรงดันและสามารถดูดอากาศเสียออกสู่ภายนอกโรงพยาบาลได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งระบบเหล่านี้จะช่วยลดปัญหาการรั่ว (leak) ภายในท่อลมที่ออกสู่ฝ้าเพดานลงและสามารถดูดอากาศเสียออกจากห้องน้ำได้ดีกว่าระบบแบบเดิม โดยมีการเพิ่มพัดลมช่วยดูดอากาศออกจากตัวอาคารได้ดังรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20

## 4.3 วิเคราะห์และวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาร่วมกับบุคลากรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

### 4.3.1 ประชุมหาแนวทางแก้ไขปัญหา

ร่วมประชุมร่วมกับบุคลากรทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อรับทราบปัญหาที่กล่าวเบื้องต้นเพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาต่อไป

**รูปที่ 4.21** ร่วมแสดงความคิดเห็นปัญหาในห้องคลีนรูม

**รูปที่ 4.22** ประชุมวางแผนการจัดทำคู่มือการซ่อมบำรุงรักษา

### 4.3.2 รวบรวมข้อมูลจากบุคลากรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

เนื่องจากปัจจุบันนั้นข้อมูลในด้านการซ่อมบำรุงรักษามีเยอะมากและยังไม่มีแหล่งเก็บข้อมูลที่เหมาะสมสะดวก นิสิตเลยได้รวบรวมข้อมูลดังกล่าวเพื่อใช้ในการหาข้อมูลอ้างอิงไว้ใช้ในการทำโปรแกรมและเพื่อให้บุคลากรสามารถใช้งานได้อย่างสะดวก เอกสารที่ได้รวบรวมมีดังนี้

- Check list ประจำวัน
- Check list ประจำปี
- คู่มือการซ่อมบำรุงของ Chiller
- คู่มือการซ่อมบำรุงของ Cooling Tower

### 4.3.3 วิเคราห์และวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

จากการศึกษาประวัติการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบปรับอากาศในมหาวิทยาลัยนเรศวรและได้ประชุมวางแผนร่วมกับฝ่ายช่างเทคนิคของทางโรงพยาบาลเพื่อตรวจสอบข้อมูลให้เกิดความถูกต้องจึงได้จัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาขึ้นมาซึ่งจะทำเฉพาะอุปกรณ์ขนาดใหญ่ในระบบปรับอากาศเท่านั้นคือ Chiller , Cooling Tower, Air Handing Unit ,Fan Coil Unit และ Fan ซึ่งจะออกมาในรูปของตารางดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.11** การซ่อมบำรุงรักษา CHILLER[17]

| รายละเอียด | ระยะเวลาการบำรุงรักษา | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ทุกเดือน | 3 เดือน | 6 เดือน | 1ปี |
| ทำความสะอาด ตู้แผงควบคุมการทำงานที่ตัวเครื่อง | ✓ | | | |
| ตรวจสอบการถ่ายเทความร้อน ของระบบด้าน CONDENSER และ EVAPORATOR | | ✓ | | |
| ตรวจสอบการทำงานของระบบหล่อลื่น ค่าอุณหภูมิและความดันน้ำมัน | | ✓ | | |
| ตรวจสอบการทำงานของ MOTOR และ STARTER | | ✓ | | |
| ตรวจสอบและวัดค่าแรงดันของสารทำความเย็นขณะเดินเครื่อง ทางด้านสูง-ต่ำ | | ✓ | | |
| ตรวจสอบ ทำความสะอาด ขันขั้วสายไฟที่ MOTOR และ MAGNETIC STARTER ในตู้ควบคุม และทำความสะอาด ELECTRONIC CONTROL BOARD | | ✓ | | |
| ตรวจสอบเสียงผิดปกติความสั่นสะเทือน | | ✓ | | |

| รายละเอียด | ระยะเวลาการบำรุงรักษา | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ทุกเดือน | 3 เดือน | 6 เดือน | 1ปี |
| ล้างทำความสะอาดเครื่องทำน้ำเย็นด้วยเครื่องแยง Tubes และใช้น้ำยาเคมีสำหรับทำความสะอาด condenser tubes | | | | ✓ |
| เติมน้ำมัน Compressor | | | | ✓ |
| เปลี่ยนที่กรองน้ำมัน Compressor | | | | ✓ |
| เปลี่ยนที่กรองน้ำยา Compressor | | | | ✓ |
| เปลี่ยน Water Temperature | | | | ✓ |
| เปลี่ยน Board Purge | | | | ✓ |
| เปลี่ยน Flow switch | | | | ✓ |
| เปลี่อนที่กรองชุด Purge | | | | ✓ |

**ตารางที่ 4.12** การซ่อมบำรุงรักษา COOLING TOWER[18]

| รายละเอียด | ประจำเดือน | ทุก 3 เดือน | ทุก 6 เดือน | ประจำปี |
|---|---|---|---|---|
| ตรวจเช็คปรับตั้งสายไฟ | ✓ | | | |
| อัดจารบีลูกปืนสปีดมอเตอร์ | ✓ | | | |
| ปรับตั้งระดับน้ำที่วาล์ว ลูกลอย | ✓ | | | |
| ตรวจสอบสภาพ Filling | ✓ | | | |
| ตรวจระดับน้ำมันเกียร์และเติมน้ำมันเกียร์ | ✓ | | | |
| ตรวจสภาพและระดับของชุดสปริงเกอร์เฮด,สปริงเกอร์ไปท์,เทนชั่นดีไวส์ | ✓ | | | |
| ตรวจความหนาแน่นของ Bolt&Nuts ที่ยึดอุปกรณ์ | ✓ | | | |
| ตรวจการรั่วซึมของ Basin และ Sump | ✓ | | | |
| ตรวจความเรียบร้อยของตะแกรงกันฝุ่นและกันน้ำกระเซ็น | ✓ | | | |
| ตรวจค่าการกินกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ | ✓ | | | |
| ใช้ High Pressure Pump ฉีดล้างทำความสะอาด Filling,Casing,Basin | | ✓ | | |
| ตรวจวัดค่าประสิทธิภาพในการทำงานของ Cooling Tower | | ✓ | | |

**ตารางที่ 4.13** การซ่อมบำรุงรักษา PUMP[16]

| รายละเอียด | ประจำเดือน | ทุก 3 เดือน | ทุก 6 เดือน | ประจำปี |
|---|---|---|---|---|
| ตรวจเช็คเสียงลูกปืนมอเตอร์เสียงลูกปืนเพลาขับ | ✓ | | | |
| ตรวจเช็คซีลเพลาของปั๊มตรงรอยรั่ว | ✓ | | | |
| ตรวจเช็คน๊อตยึดฐาน | | ✓ | | |
| ตรวจเช็คมู่เล่และสายพาน | ✓ | | | |
| ตรวจเช็คจารบีลูกปืน | | ✓ | | |

**ตารางที่ 4.14** การซ่อมบำรุงรักษา AIR HANDING UNIT[5]

| รายละเอียด | ประจำเดือน | ทุก 3 เดือน | ทุก 6 เดือน | ประจำปี |
|---|---|---|---|---|
| ตรวจสอบการสั่นสะเทือน | ✓ | | | |
| ตรวจสอบสภาพการตึงของสายพาน | ✓ | | | |
| ตรวจสอบสภาพเพลาและพัดลม | ✓ | | | |
| อัดจารบีเพื่อหล่อลื่นลูกปืนเพลา | ✓ | | | |
| ตรวจสอบท่อน้ำเข้า-ออกเพื่อหารอยรั่ว | ✓ | | | |
| ทดสอบการทำงานของชุดควบคุมวาล์ว | ✓ | | | |
| ทำความสะอาดแผงกรองอากาศ | ✓ | | | |
| ตรวจสอบและทำความสะอาดท่อน้ำทิ้ง | ✓ | | | |
| ตรวจสอบความเป็นฉนวนของสายไฟและขดลวดมอเตอร์ | | ✓ | | |
| ตรวจสอบและทำความสะอาดชุดควบคุม | | ✓ | | |
| ตรวจสอบสภาพของสายไฟชุดควบคุมและมอเตอร์ | | ✓ | | |
| ตรวจสอบและตั้งแนวเพลาของมู่เล่พัดลม | | ✓ | | |
| ล้างทำความสะอาดแผงทำความเย็น | | ✓ | | |

**ตารางที่ 4.15** การซ่อมบำรุงรักษา FAN COIL UNIT[15]

| รายละเอียด | ประจำเดือน | ทุก 3 เดือน | ทุก 6 เดือน | ประจำปี |
|---|---|---|---|---|
| ตรวจสอบการสั่นสะเทือน | ✓ | | | |
| ตรวจสอบสภาพการตึงของสายพาน | ✓ | | | |
| ตรวจสอบสภาพเพลาและพัดลม | ✓ | | | |
| อัดจารบีเพื่อหล่อลื่นลูกปืนเพลา | ✓ | | | |
| ตรวจสอบท่อน้ำเข้า-ออกเพื่อหารอยรั่ว | ✓ | | | |
| ทดสอบการทำงานของชุดควบคุมวาล์ว | ✓ | | | |
| ทำความสะอาดแผงกรองอากาศ | ✓ | | | |
| ตรวจสอบและทำความสะอาดท่อน้ำทิ้ง | ✓ | | | |
| ตรวจสอบความเป็นฉนวนของสายไฟและขดลวดมอเตอร์ | | ✓ | | |
| ตรวจสอบและทำความสะอาดชุดควบคุม | | ✓ | | |
| ตรวจสอบสภาพของสายไฟชุดควบคุมและมอเตอร์ | | ✓ | | |
| ตรวจสอบและตั้งแนวเพลาของมู่เล่พัดลม | | ✓ | | |
| ล้างทำความสะอาดแผงทำความเย็น | | ✓ | | |

**ตารางที่ 4.16** การซ่อมบำรุงรักษา FAN [15]

| รายละเอียด | ประจำเดือน | ทุก 3 เดือน | ทุก 6 เดือน | ประจำปี |
|---|---|---|---|---|
| ทำความสะอาดตัวเครื่อง หน้ากาก ตะแกง ใบพัดลมและมอเตอร์ | | ✓ | | |
| ทำความสะอาดอุปกรณ์ไฟฟ้า | | ✓ | | |
| ตรวจสอบ Bush ลูกปืน และใส่น้ำมันหล่อลื่น | | ✓ | | |
| ตรวจสอบขั้นสายไฟ การจับยึด น๊อต สกรู ของเครื่องให้แน่นทุกจุด | | ✓ | | |
| ทดสอบการทำงานของเครื่องวัดค่า Voltage Supply กระแสไฟฟ้าขณะทำงานฟังเสียงและดูการสั่นสะเทือน | | ✓ | | |

**4.3.4 วิเคราห์โหลดความเย็นความพื้นที่ภายในอาคารเทียบกับการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)**

โหลดความร้อนนั้นจะมาจาก 6 แหล่งสำคัญดังนี้ ความร้อนจากอากาศภายนอก ความร้อนจากคน การนำความร้อนผ่านผนังภายนอก การนำความร้อนผ่านผนังภายใน ความร้อนจากแสงสว่าง ความร้อนจากอุปกรณ์อื่นๆซึ่งได้คำนวณโดยใช้โหลดประมาณ 600 BTU ต่อตารางเมตร จะได้ว่าโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีโหลดทั้งหมดดังตารางที่ 4.17

**ตารางที่ 4.17** ตารางโหลดความร้อนภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

| อาคารสิรินธร | | อาคารเฉลิมพระเกียรติ | |
|---|---|---|---|
| ชั้น | โหลด(TR) | ชั้น | โหลด(TR) |
| 1 | 220 | 1 | 200 |
| 2 | 340 | 2 | 140 |
| 3 | 320 | 3 | 142 |
| 4 | 77 | 4 | 220 |
| 5 | 77 | 5 | 66 |
| 6 | 77 | 6 | 66 |
| 7 | 77 | 7 | 66 |
| 8 | 77 | 8 | 66 |
| 9 | 77 | 9 | 66 |
| รวม | 1265 | รวม | 1,030 |

เมื่อเทียบกับโหลดความเย็นจริงๆที่อาคารสรินธร Chiller มีขนาด 700 ตัว ความเย็นและที่อาคารเฉลิมพระเกียรติ Chiller มีขนาด 600 ตัวความเย็นเท่านั้นจะเห็นได้ว่าโหลดที่คำนวณได้มีค่ามากเกินไปเมื่อเทียบกับโหลดทำความเย็นจริงๆเพราะว่าในการคำนวณนั้นจะต้องมีค่า Safety Factor เอาไว้เผือกรณีเกิดโหลดความร้อนสูงสุด และเนื่องจากอาจจะเป็นภาระโหลดที่มากเกินไปสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ก็เป็นได้ จึงได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบ Spilt Type เข้ามาเพื่อให้พื้นที่บางจุดมีความมีอุณหภูมิที่ต้องการ

**4.3.5 วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอุปกรณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์เทียบกับสมการ**

จากการที่ได้ไปสำรวจอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรแล้วนั้นนิสิตได้จดค่าพารามิเตอร์ต่างโดยได้แบ่งแยกย่อยเป็น 2 อาคารดังตารางต่อไปนี้

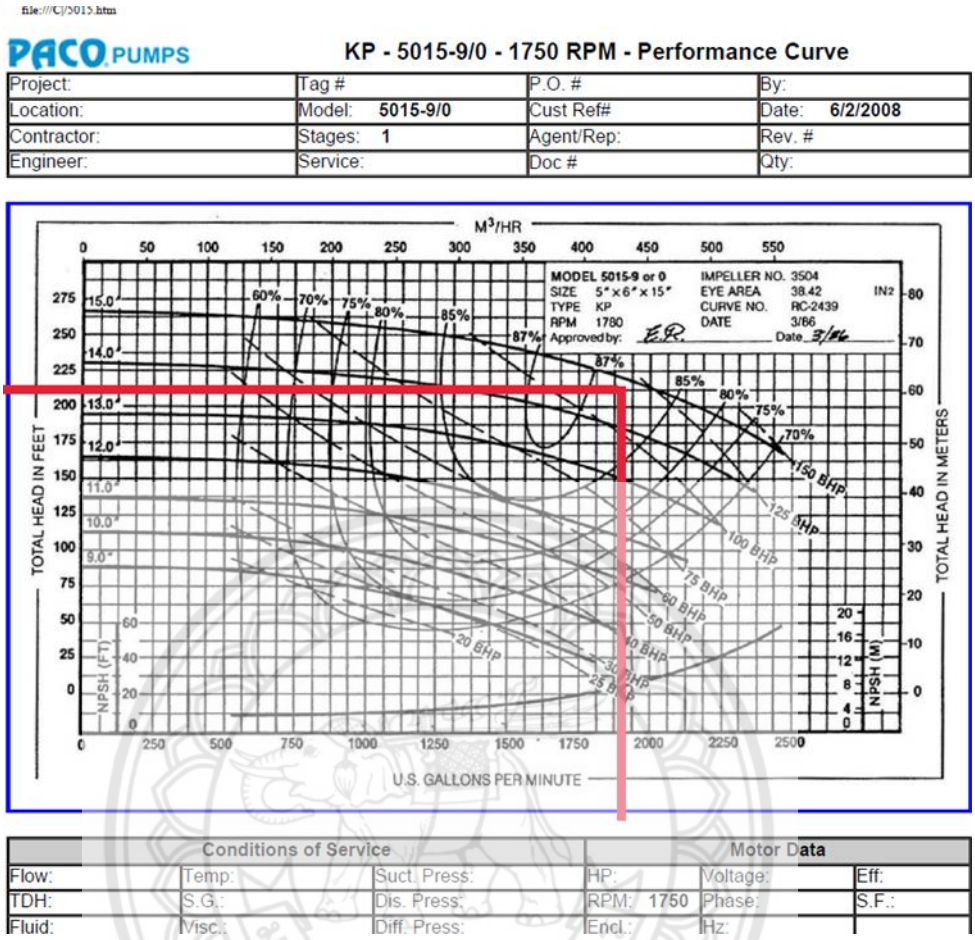
**ตารางที่ 4.18** ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLER อาคารสิรินธร

| อาคารสิรินธร | | | |
|---|---|---|---|
| **รายการ** | | ค่า | หน่วย |
| เครื่องCHILLER CH-1 | | - | - |
| ยี่ห้อ York | | - | - |
| รุ่น YT(style J) | | - | - |
| ค่าจาก Nameplate | | | |
| Cooling Capacity | | 600 | Ton |
| Power Consumption | | - | kW |
| ชนิดสารทำความเย็น | | R-123 | |
| อัตราการไหลของน้ำเย็น | | - | GPM |
| อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น | | - | GPM |
| Setting Point | Leaving Water Temperature | 46 | $^{o}$F |
| | ผลการตรวจวัด | | |
| สารทำความเย็น | Suction Pressure | 39 | Psig |
| | Suction Temperature | 43 | $^{o}$F |
| | Evaporator Approach Temp. | - | $^{o}$F |
| | Discharge Temperature | - | $^{o}$F |
| | Condenser Approach Temp. | - | $^{o}$F |
| น้ำมัน | แรงดัน | 34.8 | Psid |
| | อุณหภูมิ | 122 | $^{o}$F |
| น้ำเย็น | อุณหภูมิเข้า | 49.5 | $^{o}$F |
| | อุณหภูมิออก | 46 | $^{o}$F |
| | อัตราการไหล | - | GPM |
| | Pressure Drop. | 39 | Psig |
| น้ำหล่อเย็น | อุณหภูมิเข้า | 80 | $^{o}$F |
| | อุณหภูมิออก | 61 | $^{o}$F |
| | อัตราการไหล | - | GPM |
| | Pressure Drop. | 90 | Psig |
| ไฟฟ้า | Volt | 380 | V |
| | Amp. | 470 | A |
| | kW | 132 | kW |
| | P.F. | 0.80 | P.F. |
| | %Load Amp. | 47 | % |
| ค่าสมรรถนะ | | 0.5 | kW/Ton |

**ตารางที่ 4.19** ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLED PUMP อาคารสิรินธร

| อาคารสิรินธร | | | |
|---|---|---|---|
| **รายการ** | | ค่า | หน่วย |
| เครื่อง PUMP CHP-2 | | - | - |
| ยี่ห้อ PACO | | - | - |
| รุ่น KPV | | - | - |
| ค่าจาก Nameplate | | | |
| TDH | | 150 | ft |
| กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ | | - | kW |
| อัตราการไหล | | 1440 | GPM |
| IMD.DA | | 14.63 | Inch |
| สมรรถนะ | | | |
| ผลการตรวจวัด | Suction Pressure | 0 | Psig |
| | Discharge Pressure | 92 | Psig |
| | อัตราการไหล | | |
| ไฟฟ้า | Volt | 380 | V |
| | Amp. | 105 | A |
| | kW | 55.3 | kW |
| | P.F. | 0.8 | P.F. |
| ค่าสมรรถนะ | | 0.031 | kW/GPM |

จากการที่ได้ไปสำรวจสถานที่นั้นไม่มีค่าอัตราการไหลและในขณะที่ไปวัดนั้นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลยังอยู่ขณะซ่อมบำรุงดังนั้นจึงได้ทำการประมาณจากกราฟปั๊มของ CHILLED PUMP ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 4.23




รูปที่ 4.23 กราฟปั๊มของ CHILLED PUMP

จากการอ่านค่ากราฟปั๊มที่เฮดเท่ากับ 212 ฟุต และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอิมเพอเรอร์ 14.62 นิ้ว ซึ่งจะได้อัตราการไหลโดยประมาณที่ 1800 GPM ซึ่งจากการที่รู้ค่าอัตราการไหลแล้วนั้นจะสามารถนำไปประมาณตัวจากเย็นได้จากสมการ

$$\text{Ton} = \frac{\text{GPM} \times \Delta T}{24}$$

$$\text{Ton} = \frac{1800 \times 3.5}{24} = 265$$

เทียบหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ได้ดังนี้

$$COP = \frac{Q_e}{W}$$

$$COP = \frac{928}{132} = 7.03$$

ซึ่งเมื่อแปลงเป็น kW/ton จะได้เท่ากับ 0.50 จากการที่คำนวณ kW/ton แล้วจะเห็นว่ามีค่าน้อยกว่าข้อกำหนดของกระทรวงพลังงานอาคารเก่าแสดงว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ที่กำลังใช้งานอยู่ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นไปกฎกระทรวง ดังรูปที่ 4.24

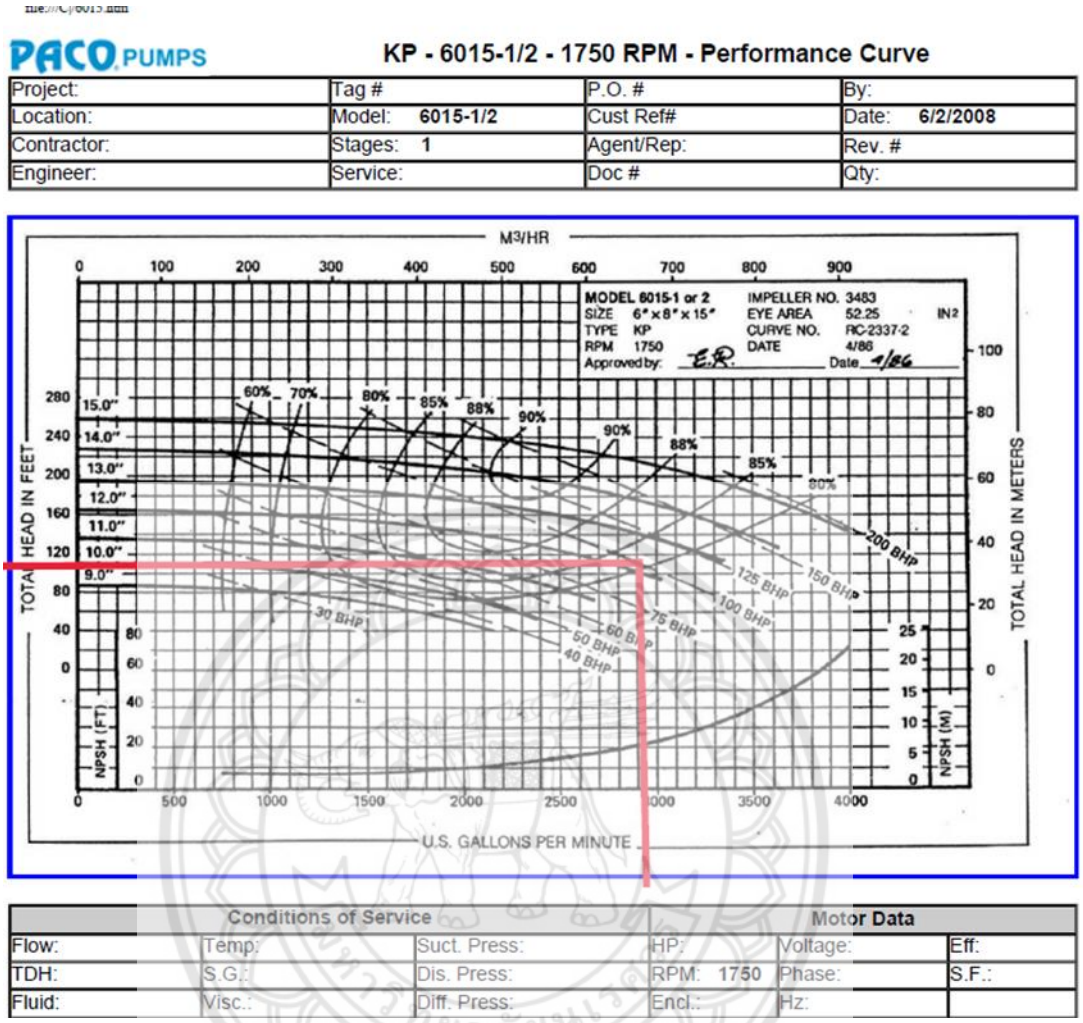
| ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น | อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น) | อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น) |
|---|---|---|
| ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน ๒๕๐ ตันความเย็น | ๐.๗๕ | ๐.๘๐ |
| ขนาดเกินกว่า ๒๕๐ ตันความเย็น ถึง ๕๐๐ ตันความเย็น | ๐.๗๐ | ๐.๘๔ |
| ขนาดเกินกว่า ๕๐๐ ตันความเย็น | ๐.๖๗ | ๐.๘๐ |
| ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน ๓๕ ตันความเย็น | ๐.๘๘ | ๑.๑๘ |
| ขนาดเกินกว่า ๓๕ ตันความเย็น | ๐.๘๑ | ๑.๑๐ |
| ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit) | ๐.๘๘ | ๑.๐๖ |
| ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller) | ๐.๗๐ | ๐.๘๔ |

**รูปที่ 4.24** การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นตามข้อกาหนดกฎกระทรวง (2538)

**ตารางที่ 4.20** ตารางการตรวจวัดค่าของ CONDENSER PUMP อาคารสิรินธร

| อาคารสิรินธร | | | |
|---|---|---|---|
| **รายการ** | | ค่า | หน่วย |
| เครื่อง PUMP CDP-2 | | - | - |
| ยี่ห้อ PACO | | - | - |
| รุ่น KPV | | - | - |
| ค่าจาก Nameplate | | | |
| TDH | | 100 | ft |
| กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ | | 55 | kW |
| อัตราการไหล | | 1800 | GPM |
| IMD.DA | | 12.24 | Inch |
| สมรรถนะ | | | |
| ผลการตรวจวัด | Suction Pressure | -2.5 | Psig |
| | Discharge Pressure | 25 | Psig |
| | อัตราการไหล | | |
| ไฟฟ้า | Volt | 380 | V |
| | Amp. | 75 | A |
| | kW | 40 | kW |
| | P.F. | 0.8 | P.F. |
| ค่าสมรรถนะ | | 0.014 | kW/GPM |

จากการที่ได้ไปสำรวจสถานที่นั้นไม่มีค่าอัตราการไหลและในขณะที่ไปวัดนั้นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลยังอยู่ขณะซ่อมบำรุงดังนั้นจึงได้ทำการประมาณจากกราฟปั๊มของ CONDENSER PUMP ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 4.25




รูปที่ 4.25 กราฟปั๊มของ CONDENSER PUMP

จากการอ่านค่ากราฟปั๊มที่เฮดเท่ากับ 110 ฟุต และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอิมเพอเรอร์ 12.24 นิ้ว ซึ่งจะได้อัตราการไหลโดยประมาณที่ 2900 GPM ซึ่งจากการที่รู้ค่าอัตราการไหลแล้วนั้นจะสามารถนำไปประมาณตัวจากเย็นได้จากสมการ

$$\text{Ton} = \frac{\text{GPM} \times \Delta T}{24} = \frac{2900 \times 19}{24} = 2296$$

เทียบหาค่าประสิทธิภาพจะได้ดังนี้

$$\eta_{CT} = \frac{T_{Win} - T_{Wout}}{T_{Win} - T_{Wb}} \times 100 = \frac{80 - 61}{80 - 52} \times 100 = 67.86\%$$

**ตารางที่ 4.21** ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLER อาคารเฉลิมพระเกียรติ

| อาคารเฉลิมพระเกียรติ | | | |
|---|---|---|---|
| **รายการ** | | ค่า | หน่วย |
| เครื่องCHILLER CH-1 | | - | - |
| ยี่ห้อ TRANE | | - | - |
| รุ่น CVHE-420 | | - | - |
| ค่าจาก Nameplate | | | |
| Cooling Capacity | | 600 | Ton |
| Power Consumption | | 305 | kW |
| ชนิดสารทำความเย็น | | R-123 | |
| อัตราการไหลของน้ำเย็น | | - | GPM |
| อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น | | - | GPM |
| Setting Point | Leaving Water Temperature | 44 | $^{o}$F |
| ผลการตรวจวัด | | | |
| สารทำความเย็น | Suction Pressure | 15.75 | Psid |
| | Suction Temperature | - | $^{o}$F |
| | Evaporator Approach Temp. | - | $^{o}$F |
| | Discharge Temperature | - | $^{o}$F |
| | Condenser Approach Temp. | - | $^{o}$F |
| น้ำมัน | แรงดัน | 21.39 | Psid |
| | อุณหภูมิ | 122 | $^{o}$F |
| น้ำเย็น | อุณหภูมิเข้า | 47.8 | $^{o}$F |
| | อุณหภูมิออก | 43.9 | $^{o}$F |
| | อัตราการไหล | - | GPM |
| | Pressure Drop. | - | Psig |
| น้ำหล่อเย็น | อุณหภูมิเข้า | 95 | $^{o}$F |
| | อุณหภูมิออก | 82.3 | $^{o}$F |
| | อัตราการไหล | - | GPM |
| | Pressure Drop. | - | Psig |
| ไฟฟ้า | Volt | 380 | V |
| | Amp. | 350 | A |
| | kW | 190 | kW |
| | P.F. | 0.85 | P.F. |
| | %Load Amp. | 64.4 | % |
| ค่าสมรรถนะ | | 0.51 | kW/Ton |

**ตารางที่ 4.22** ตารางการตรวจวัดค่าของ CHILLED PUMP อาคารเฉลิมพระเกียรติ

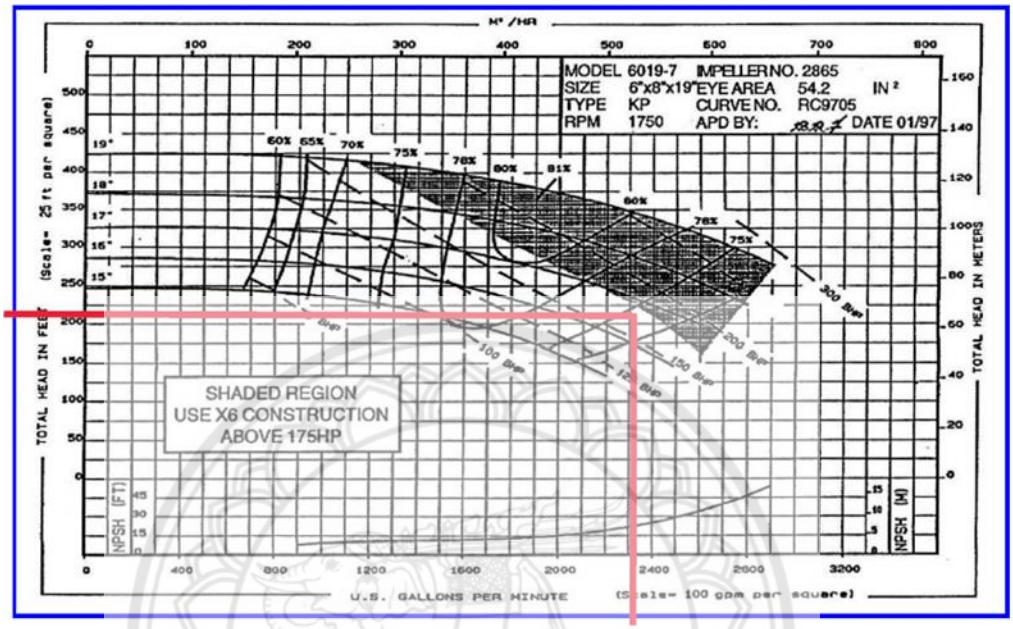
| อาคารเฉลิมพระเกียรติ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **รายการ** | | | ค่า | หน่วย |
| เครื่อง PUMP CHP-3 | | | - | - |
| ยี่ห้อ PACO | | | - | - |
| รุ่น KPV | | | - | - |
| ค่าจาก Nameplate | | | | |
| TDH | | | 48 | ft |
| กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ | | | 84 | kW |
| อัตราการไหล | | | 1200 | GPM |
| IMD.DA | | | 16.53 | Inch |
| สมรรถนะ | | | | |
| ผลการตรวจวัด | | Suction Pressure | 0 | Psig |
| | | Discharge Pressure | 92 | Psig |
| | | อัตราการไหล | | |
| ไฟฟ้า | | Volt | | V |
| | | Amp. | | A |
| | | kW | | kW |
| | | P.F. | | P.F. |
| ค่าสมรรถนะ | | | | kW/GPM |

จากการที่ได้ไปสำรวจสถานที่นั้นไม่มีค่าอัตราการไหลและในขณะที่ไปวัดนั้นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลยังอยู่ขณะซ่อมบำรุงดังนั้นจึงได้ทำการประมาณจากกราฟปั๊มของ CHILLEDPUMP ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 4.26

PACO PUMPS

**KP - 6019-7/8 - 1750 RPM - Performance Curve**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project: | Tag # | P.O. # | By: |
| Location: | Model: 6019-7/8 | Cust Ref# | Date: 6/2/2008 |
| Contractor: | Stages: 1 | Agent/Rep: | Rev. # |
| Engineer: | Service: | Doc # | Qty: |




| Conditions of Service | | | Motor Data | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Flow: | Temp: | Suct. Press: | HP: | Voltage: | Eff: |
| TDH: | S.G.: | Dis. Press: | RPM: 1750 | Phase: | S.F.: |
| Fluid: | Visc.: | Diff. Press: | Encl.: | Hz: | |

รูปที่ 4.26 กราฟปั๊มของ CHILLED PUMP

จากการอ่านค่ากราฟปั๊มที่เฮดเท่ากับ 212 ฟุต และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอิมเพอเรอร์ 16.53 นิ้ว ซึ่งจะได้อัตราการไหลโดยประมาณที่ 2300 GPM ซึ่งจากการที่รู้ค่าอัตราการไหลแล้วนั้นจะสามารถนำไปประมาณตัวจากเย็นได้จากสมการ

$$\text{Ton} = \frac{\text{GPMx}\Delta\text{T}}{24}$$

$$\text{Ton} = \frac{2300\text{x}3.9}{24} = 375$$

เทียบหาค่าสัมประสิทธ์สมรรถนะ COP ได้ดังนี้

$$COP = \frac{Q_e}{W}$$

$$COP = \frac{1312}{190} = 6.90$$

ซึ่งเมื่อแปลงเป็น kW/ton จะด้เท่ากับ 0.51 จากการที่คำนวณ kW/ton แล้วจะเห็นว่ามีค่าน้อยกว่าข้อกำหนดของกระทรวงพลังงานอาคารเก่าแสดงว่า Ciller ที่กำลังใช้งานอยู่ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นไปกฎกระทรวง ดังรูปที่ 4.27

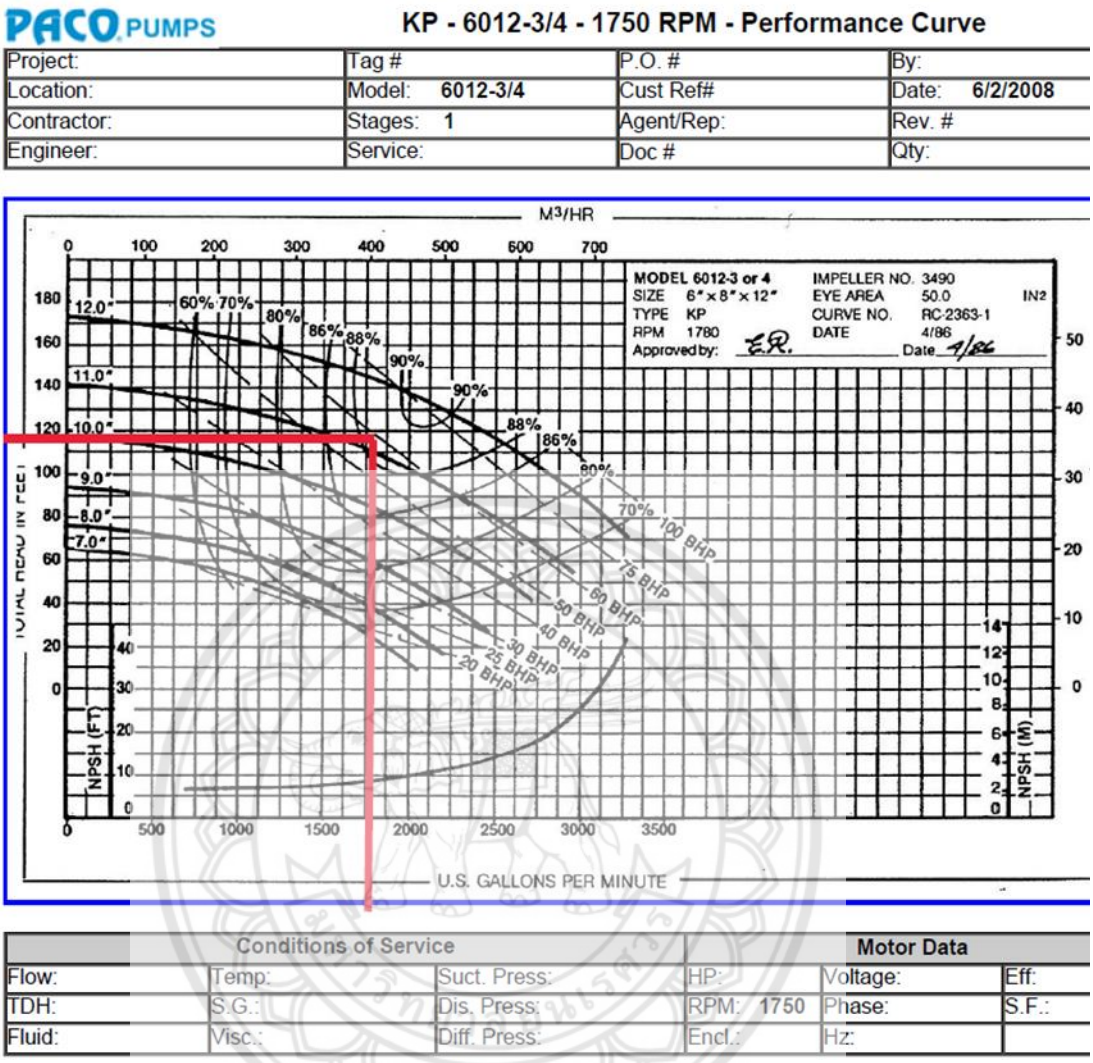
| ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น | อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น) | อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น) |
|---|---|---|
| ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน ๒๕๐ ตันความเย็น | ๐.๗๕ | ๐.๘๐ |
| ขนาดเกินกว่า ๒๕๐ ตันความเย็น ถึง ๕๐๐ ตันความเย็น | ๐.๗๐ | ๐.๘๔ |
| ขนาดเกินกว่า ๕๐๐ ตันความเย็น | ๐.๖๗ | ๐.๘๐ |
| ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน ๓๕ ตันความเย็น | ๐.๘๘ | ๑.๑๘ |
| ขนาดเกินกว่า ๓๕ ตันความเย็น | ๐.๘๑ | ๑.๑๐ |
| ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit) | ๐.๘๘ | ๑.๐๖ |
| ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller) | ๐.๗๐ | ๐.๘๔ |

**รูปที่ 4.27** การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นตามข้อกาหนดกฎกระทรวง

**ตารางที่ 4.23** ตารางการตรวจวัดค่าของ CONDENSER PUMP อาคารเฉลิมพระเกียรติ

| อาคารเฉลิมพระเกียรติ | | | |
|---|---|---|---|
| **รายการ** | | ค่า | หน่วย |
| เครื่อง PUMP CDP-3 | | - | - |
| ยี่ห้อ PACO | | - | - |
| รุ่น KPV | | - | - |
| ค่าจาก Nameplate | | | |
| TDH | | 75 | ft |
| กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ | | | kW |
| อัตราการไหล | | 1500 | GPM |
| IMD.DA | | 11.22 | Inch |
| สมรรถนะ | | | |
| ผลการตรวจวัด | Suction Pressure | >-2.5 | Psig |
| | Discharge Pressure | 18 | Psig |
| | อัตราการไหล | | |
| ไฟฟ้า | Volt | | V |
| | Amp. | | A |
| | kW | | kW |
| | P.F. | | P.F. |
| ค่าสมรรถนะ | | | kW/GPM |

จากการที่ได้ไปสำรวจสถานที่นั้นไม่มีค่าอัตราการไหลและในขณะที่ไปวัดนั้นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลยังอยู่ขณะซ่อมบำรุงดังนั้นจึงได้ทำการประมาณจากกราฟปั๊มของ CONDENSER PUMP ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 4.28




รูปที่ 4.28 กราฟปั๊มของ CONDENSER PUMP

จากการอ่านค่ากราฟปั๊มที่เฮดเท่ากับ 16 ฟุต และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอิมเพอเรอร์ 11.22 นิ้ว ซึ่งจะได้อัตราการไหลโดยประมาณที่ 1700 GPM ซึ่งจากการที่รู้ค่าอัตราการไหลแล้วนั้นจะสามารถนำไปประมาณตัวจากเย็นได้จากสมการ

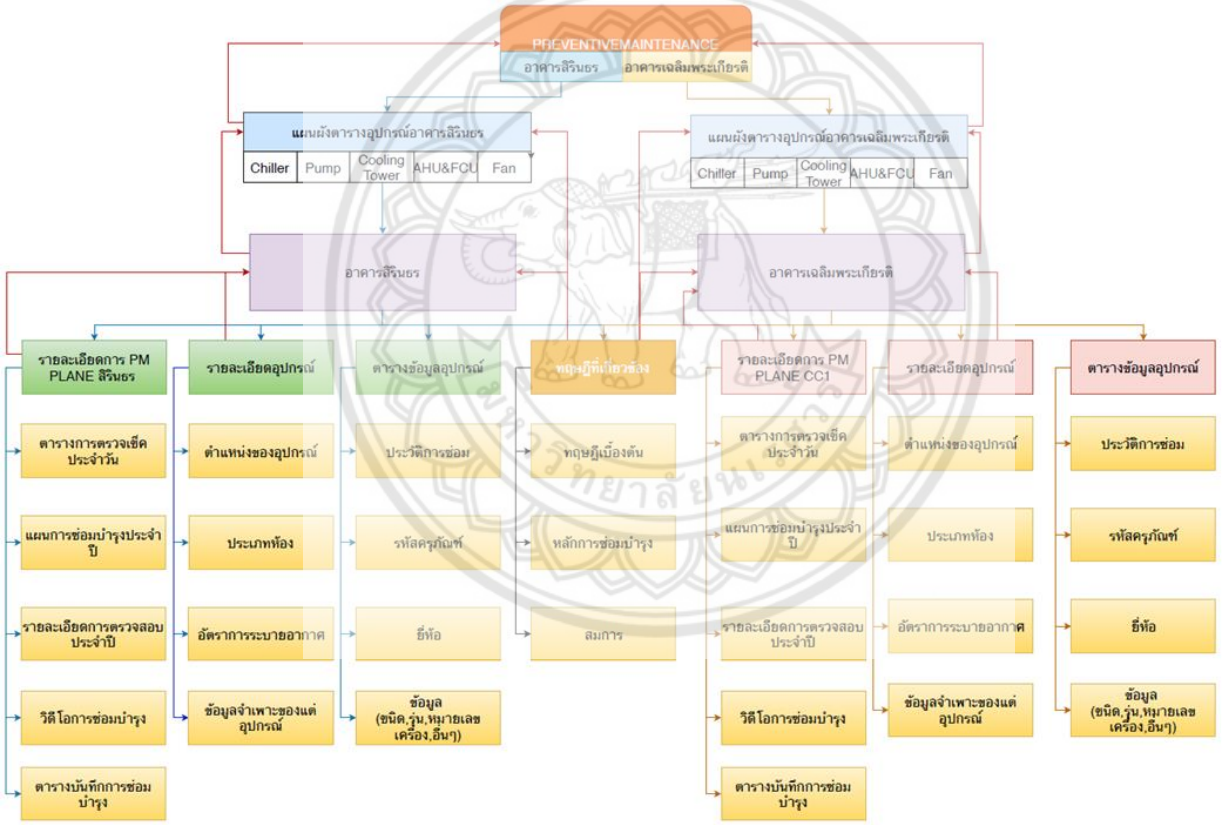
$$\text{Ton} = \frac{\text{GPM} \times \Delta T}{24} = \frac{1700 \times 12.7}{24} = 900$$

เทียบหาค่าประสิทธิภาพจะได้ดังนี้

$$\eta_{CT} = \frac{T_{Win} - T_{Wout}}{T_{Win} - T_{Wb}} \times 100 = \frac{95 - 82.3}{95 - 71} \times 100 = 52.92\%$$

## 4.4 จัดทำคู่มือและโปรแกรมเพื่อช่วยบุคลากรสำหรับใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จากการวิเคราะห์ร่วมกับบุคลากรที่รับผิดชอบในด้านนี้ ได้มีข้อตกลงกันว่าจะใช้เป็นโปรแกรม Excel เป็นฐานในการรวบรวมข้อมูลเนื่องจากตัวโปรแกรมนั้นใช้งานง่ายและเป็นโปรแกรมที่คุ้นชิน โดยจะมีแผนผังโปรแกรมดังรูปที่ 4.29




**รูปที่ 4.29** แผนผังการทำงานของคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

# บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการรวบรวมและศึกษาข้อมูลของโรงพบาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และการวิเคราะห์ผลการศึกษาจากบทก่อนๆ พร้อมทั้งอธิบายในเรื่องการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ รวมไปถึงข้อเสนอแนะ แนวทางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประโยชน์ที่ได้รับจากกาศึกษาและข้อจำกัดในการศึกษาในครั้งนี้

## 5.1 สรุปผลการศึกษา

ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่มีความสำคัญและนิยมใช้ในอาคารขนาดใหญ่ เพื่อให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้บริการ โดยจะมีอุปกรณ์หลักประกอบการทำงานอยู่ 4 ส่วน คือ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หอทำความเย็น (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำ (Pump) และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handing Unit : AHU) ซึ่งอุปกรณ์หลักเหล่านี้ย่อมที่จะเสื่อมสภาพตามการใช้งาน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาที่ถูกวิธี เพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในภายภาคหน้า ซึ่งผู้ศึกษาจัดทำต้องการให้อุปกรณ์ทำงานให้ได้เต็มประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานยาวนาน ซึ่งสิ่งเหล่าจะถือว่าเป็นความคุ้มค่าอย่างมาก ในเรื่องของการดูแลหรือการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบจะช่วยให้ระบบนั้นมีประสิทธิภายในการทำงานที่สูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น

ผู้จัดทำมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษาชิ้นส่วนต่าง ๆของอุปกรณ์แต่ละชนิด ช่วงระยะเวลาการบำรุงรักษา และอายุการใช้งาน เพื่อนำมาจัดทำเป็นแผนการซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งจะแบ่งตารางอุปกรณ์ออกเป็นอาคารสิรินธรและอาคารเฉลิมพระเกียรติ เพื่อง่ายต่อการใช้งานและการบริหารจัดการด้านการบำรุงรักษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งใช้แนวทางการศึกษาแบบสืบค้นเอกสารจากทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่ามีผู้ผลิต เครื่องทำนำเย็นที่ใช้งานภายในโรงพยาลจำนวน 2 ราย ได้แก้ผู้ผลิต Trane และ York หอทำความเย็นจำนวน 1 ราย คือ Liang Chi เครื่องส่งน้ำจำนวน 1 รายได้แก่ Paco เครื่องส่งลมเย็นจำนวน 2 รายได้แก่ Trane และ York จากนั้นได้รวบรวมข้อมูลอุปกรณ์ดังนี้ จำนวนชิ้นส่วนต่าง ๆของอุปกรณ์ ช่วงระยะเวลาการบำรุงรักษา ประวัติการซ่อมบำรุง และข้อมูลเชิงสถิติต่าง โดยมีแนวทางการศึกษาเริ่มจากศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศเพื่อที่จะหาจำนวนอุปกรณ์ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์จากนั้นทำการสำรวจสถานที่ทำให้สามารถจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ออกเป็น 2 อาคารดังนี้

1) อาคารสิรินธร จำนวน 9 ชั้น มีพื้นที่ประมาณ 36,500 ตารางเมตร

| | | |
|---|---|---|
| - เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) | 3 | ตัว |
| - เครื่องสูบน้ำ (Condensate Pump) | 3 | ตัว |
| - เครื่องสูบน้ำ (Chiller Pump) | 3 | ตัว |
| - หอทำความเย็น (Cooling Tower) | 3 | ตัว |
| - เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (Air Handling Unit) | 127 | ตัว |
| - เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Air Handling Unit) | 455 | ตัว |
| - พัดลมขนาดเล็ก (Fan) | 814 | ตัว |
| - พัดลมขนาดใหญ่ (Fan) | 46 | ตัว |

2) อาคารเฉลิมพระเกียรติ จำนวน 9 ชั้น มีพื้นที่ประมาณ 21,000 ตารางเมตร

| | | |
|---|---|---|
| - เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) | 3 | ตัว |
| - เครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็ก 250 ตัน (Water Chiller) | 1 | ตัว |
| - เครื่องสูบน้ำ (Condensate Pump) | 4 | ตัว |
| - เครื่องสูบน้ำ (Chiller Pump) | 4 | ตัว |
| - หอทำความเย็น (Cooling Tower) | 4 | ตัว |
| - เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (Air Handling Unit) | 97 | ตัว |
| - เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Air Handling Unit) | 350 | ตัว |
| - พัดลมขนาดเล็ก (Fan) | 588 | ตัว |
| - พัดลมขนาดใหญ่ (Fan) | 24 | ตัว |

จากนั้นผู้จัดทำได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของ Cooling Tower ซึ่งของอาคารสิรินธรมีค่า 67.86% ของอาคารเฉลิมพระเกียรติอยู่ที่ 52.92% และค่า kW/ton ของ Chiller อาคารสิรินธรมีค่าเท่ากับ 0.51 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 0.5 ซึ่งจากการเทียบกับค่าพลังงานของกระทรวงพลังงานแล้วยังจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1) ผู้จัดทำพบว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในระบบปรับอากาศแต่ละชิ้นส่วนนั้นมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของตัวชิ้นส่วนเองและอายุการใช้งาน เพราะฉะนั้นควรให้ความสำคัญกับแนวทางการแก้ไขปัญหาจากผู้ผลิต เพื่อให้การซ่อมบำรุงรักษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2) ผู้จัดทำพบว่ามูลค่าหรือราคาของชิ้นส่วนต่าง ๆที่จำเป็นต้องใช้ ค่อนข้างสูง ควรให้ความสำคัญกับแผนการบำรุงรักษาและประวัติการซ่อมบำรุงรักษา เพื่อจะได้นำประวัติมาวิเคราะห์กับแผนงานในการจัดตั้งงบประมาณ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

# บรรณานุกรม

[1] Guy W. Gupton, Jr. (2002). **HVAC Controls: Operation & Maintenance**. 3rd ed. In the United States of America. (pp 73-83.)

[2] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2559**). คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่**. (หน้า8-16). นนทบุรี.

[3] คณะกรรมการอำนวยการวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2558). **มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ**. (ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ,ประเทศไทย

[4] สำนักงานสนับสนุนบริการสุขภาพเขต 4 นนทบุรี กรมสนับนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2558). **การตรวจวัดและควบคุมคุณภาพอากาศ สำหรับห้องสะอาด และการป้องกันการติดเชื้อทางอากาศในโรงพยาบาล**. (หน้า 5-8). นนทบุรี.

[5] Faye C. McQuiston, Jerald D. Parker, Jeffrey D. Spitler. (2005). **Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design**. 6th ed. In the United States of America.

[6] Robert McDowall. (2008). **Fundamentals of Air System Design**. 2nd ed. Canada.

[7] YORK Install Confidence. (2016). **YORK Commercial & Industrial HAVC 2016**.

[8] YUNUS A. CENGWL MICHAEL A. BOLES แปล รศ. ดร.สมชัย อัครทิวา และ ผศ.ดร.ขวัญจิต วงษ์ชารี. (2007). **เทอร์โมไดนามิกส์ Thermodynamics**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล

[9] นายกฤษกร อุตศรี (2553). **การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศแบบรวมสำหรับอาคารขนาดใหญ่.** กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[10] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทนแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2552). **คู่มือฝึกอบรม การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน**. (1). กรุงเทพฯ:สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ บริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด

[11] James B. Rishel. (2006). **HVAC Pump Handbook.**(2). New York: The McGraw-Hill Companies

[12] ตำราอบรม “ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส” ด้านไฟฟ้า. การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

[13] Carrier Air-conditioning Company. (May-August ,2008). **Load Estimating.** (pp 35-43).

[14] Cerrier Airconditioning Company.**Air Handling Equipment.**

[15] รายละเอียดงานจ้างเหมารวมงานปฏิบัติการดูแล,บำรุงรักษาอาคารเฉลิมพระเกียรติและอาคารศูนย์ภาพวินิจฉัย ศิริราช

[16] มาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ประกอบอาคาร

[17] รายละเอียดงานจ้างบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็น Chiller ประจำอาคารเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา (แบบรวมอะไหล่) จำนวน 1 งาน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[18] การบำรุงรักษา Cooling Tower, Liang Chi Industry (Thailand) co., Ltd.

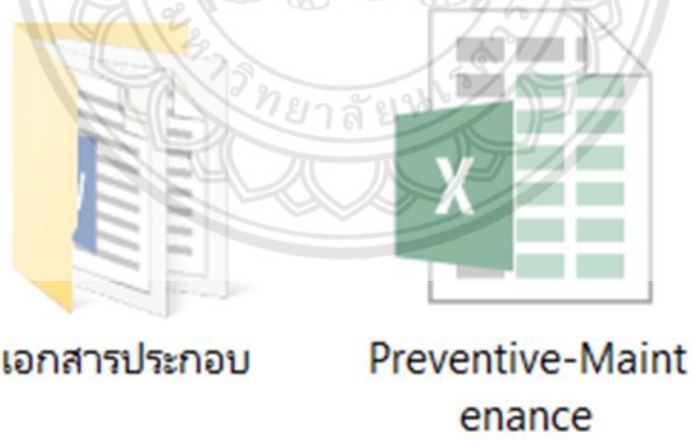
# ภาคผนวก ก

## ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

**วิธีการใช้งานโปแกรม Preventive Maintenance**

โฟลเดอร์ที่อยู่ของโปรแกรม Preventive Maintenance ซึ่งจะอยู่ในโฟลเดอร์ ชื่อว่า Preventive Maintenance ซึ่งข้างในโฟลเดอร์จะมีตัวโปรแกรมหลักกับเอกสารประกอบต่างๆ ดังรูปที่ ก.1 และ ก.2

**รูปที่ ก.1** โฟลเดอร์ของโปรแกรม Preventive Maintenance

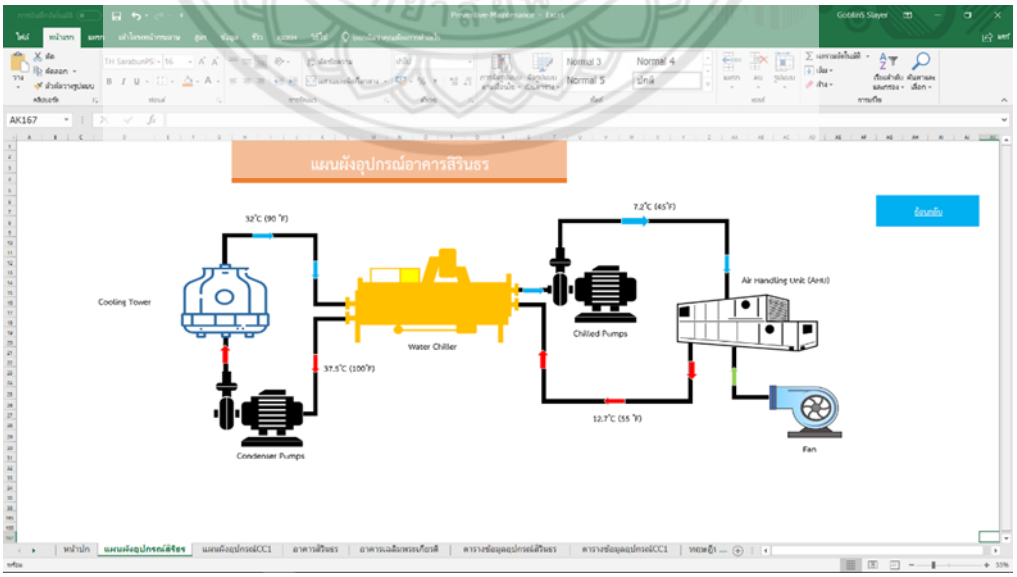



**รูปที่ ก.2** เอกสารประกอบ และ ตัว โปรแกรม Preventive Maintenance

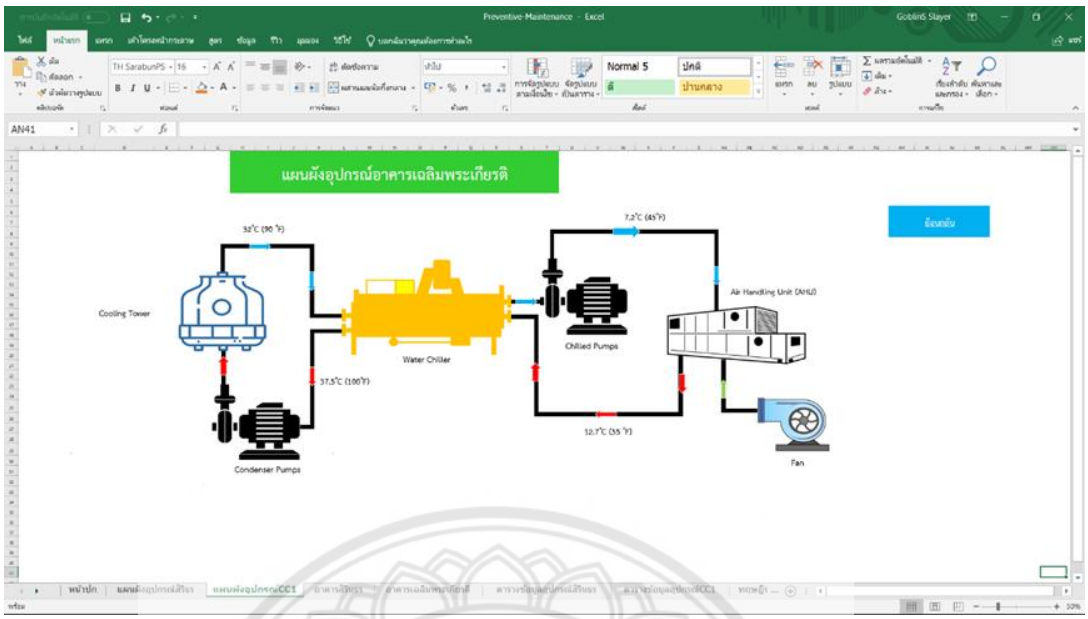
**ขั้นตอนที่ 1** ซึ่งเมื่อทำการเปิดตัว โปแกรม Preventive maintenance แล้วหน้าแรกจะเป็นหน้าปกซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 อาคาร คืออาคารสิริธร กับอาคารเฉลิมพระเกียรติ และแผงควบคุม ซึ่งจะทำเอาไว้รอแก้ไขในภายภาคหน้า ดังรูปที่ ก.3

**รูปที่ ก.3** หน้าปกโปรแกรม Preventive Maintenance

**ขั้นตอนที่ 2** หน้าที่สองจะเป็นแผนผังของอุปกรณ์ซึ่งจะ คือ Chiller , Cooling Tower , Chilled Pump ,Condensate Pump ,AHU&FCU และ Fan ซึ่งเมื่อทำการกดไปที่อุปกรณ์เหล่านี้ก็จะไปที่หน้าถัดไปได้ ดังรูปที่ ก.4 และ ก.5

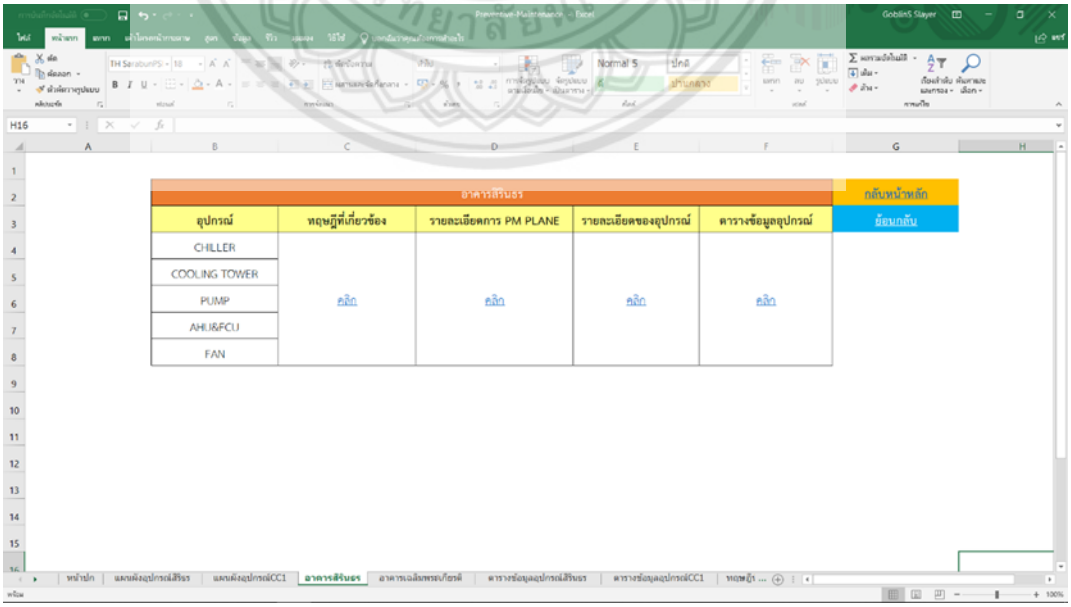



**รูปที่ ก.4** แผนผังอุปกรณ์อาคารสิรินธร

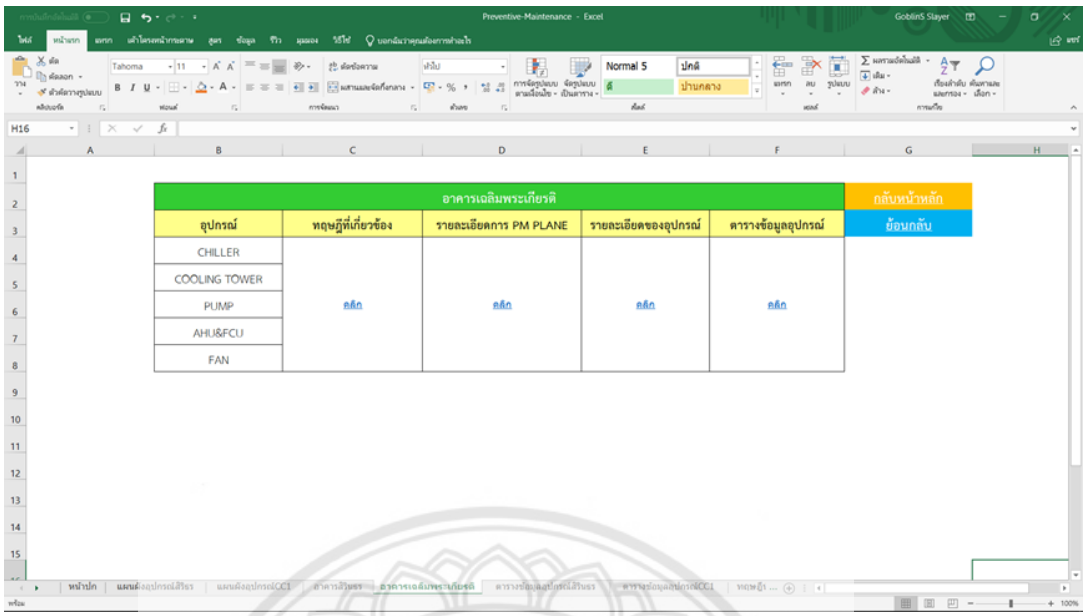



**รูปที่ ก.5** แผนผังอุปกรณ์อาคารเฉลิมพระเกียรติ

**ขั้นตอนที่ 3** หน้าที่สามจะเป็นส่วนของรายละเอียดของอาคารสิรินธร และ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งในส่วนนี้จะมีรายละเอียดคือ อุปกรณ์ , ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง , รายละเอียดการ PM PLANE , รายละเอียดของอุปกรณ์ , ตารางข้อมูลอุปกรณ์ และสามารถคลิกไปที่หน้าต่อไปได้ตามที่ต้องการ สามารถย้อนกลับได้ด้วย ดังรูป ก.6 และ ก.7

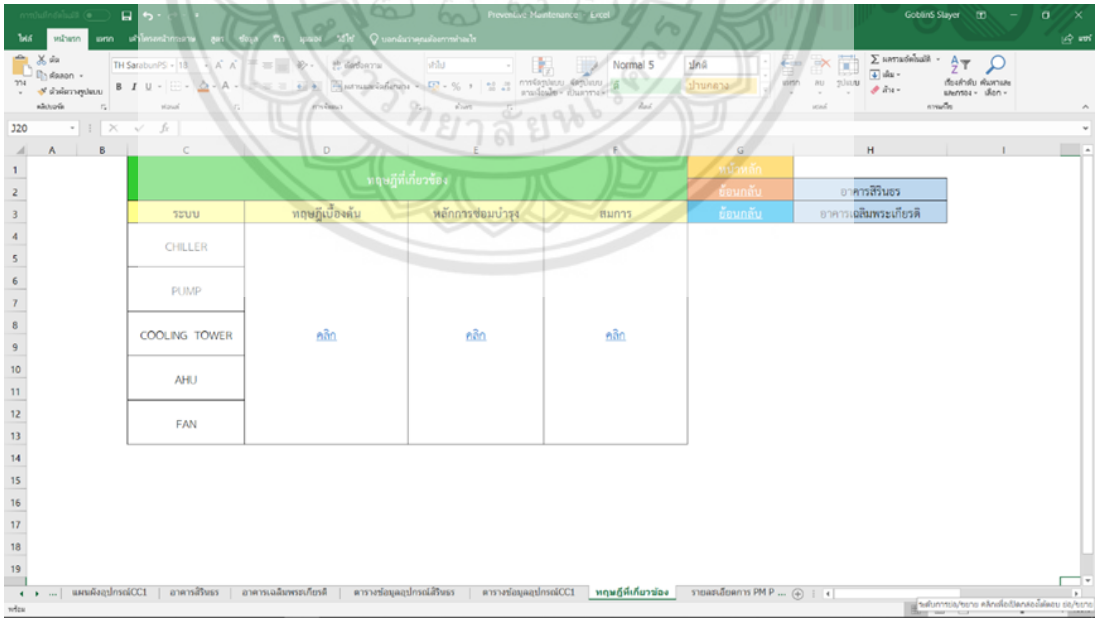



**รูปที่ ก.6** รายละเอียดของอาคารสิรินธร

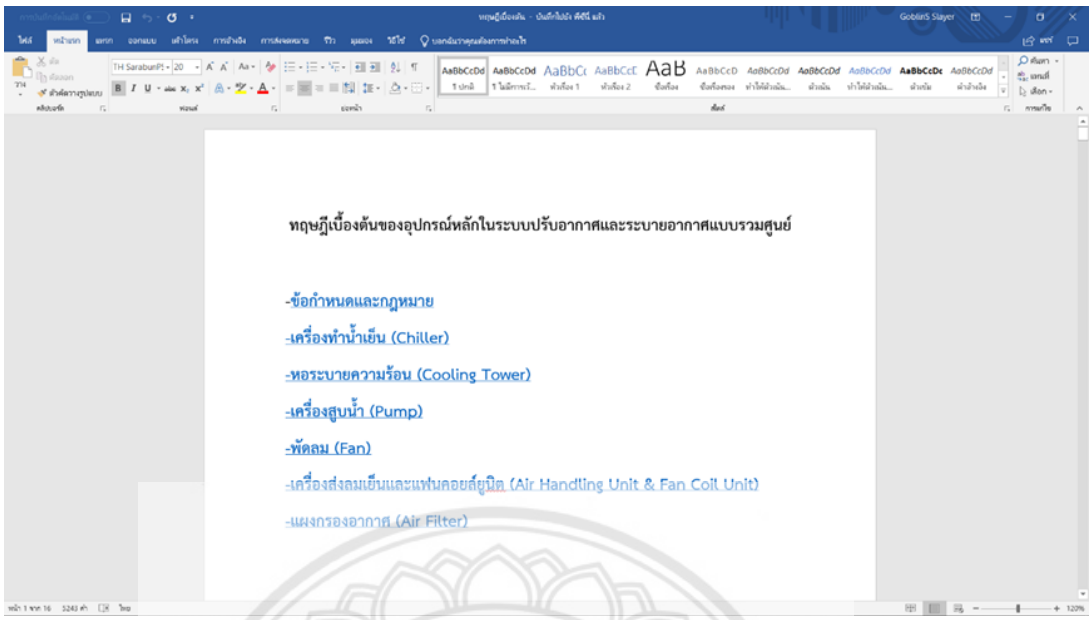



**รูปที่ ก.7** รายละเอียดของเฉลิมพระเกียรติ

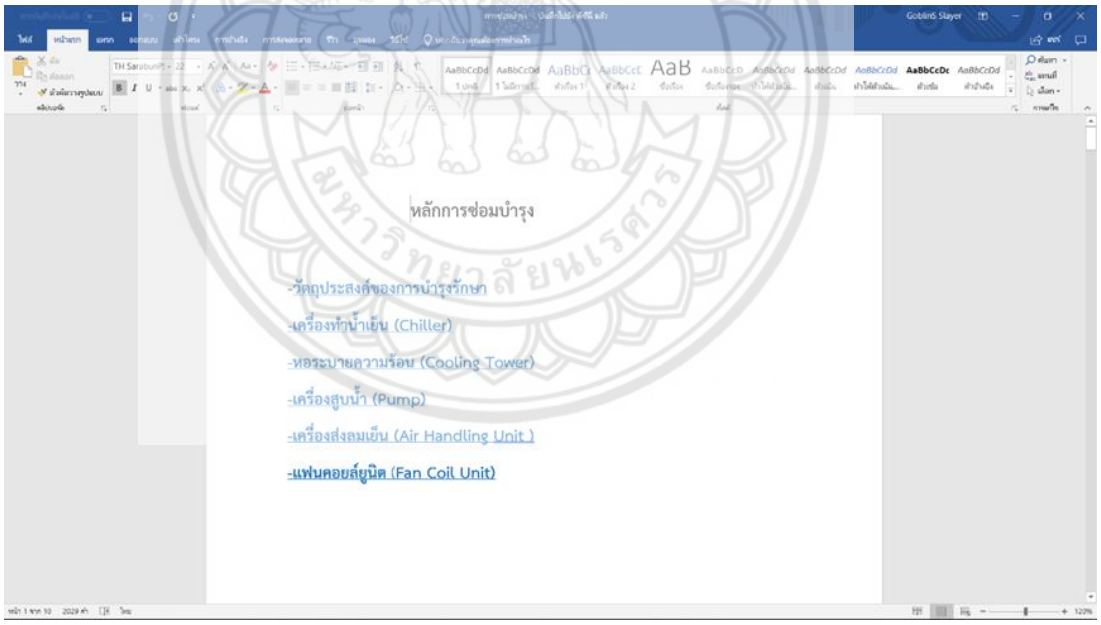
**ขั้นตอนที่ 4** ส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งสองอาคารจะใช้ส่วนนี้ร่วมกัน จะมีรายละเอียดคือ ทฤษฎีเบื้องต้น ,หลักการซ่อมบำรุง ,สมการ ดังรูปต่อไปนี้



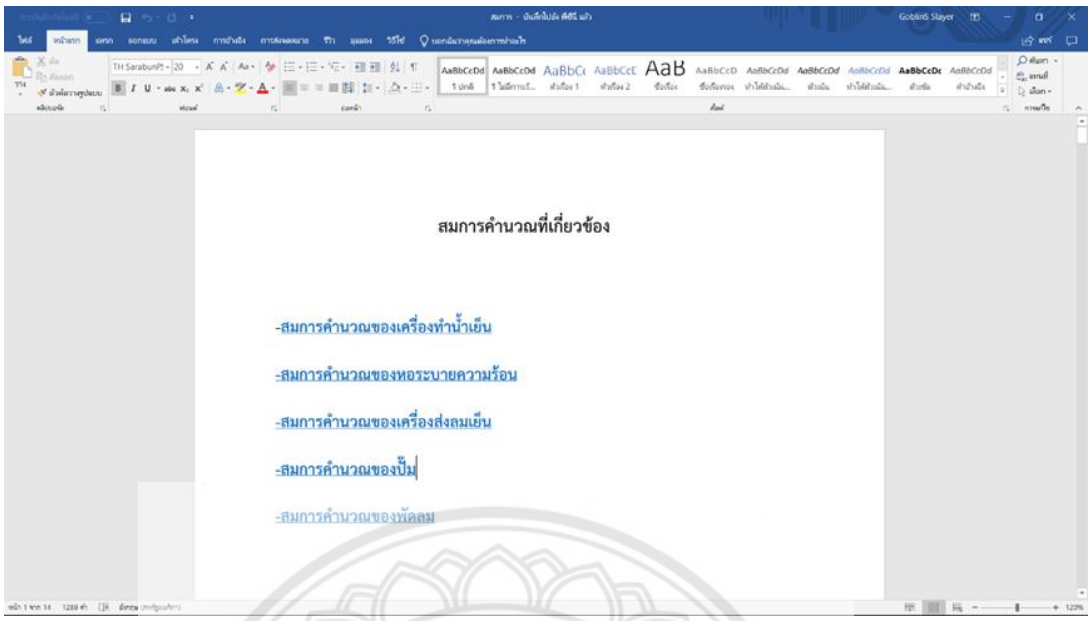

**รูปที่ ก.8** ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง




**รูปที่ ก.9** รายละเอียดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

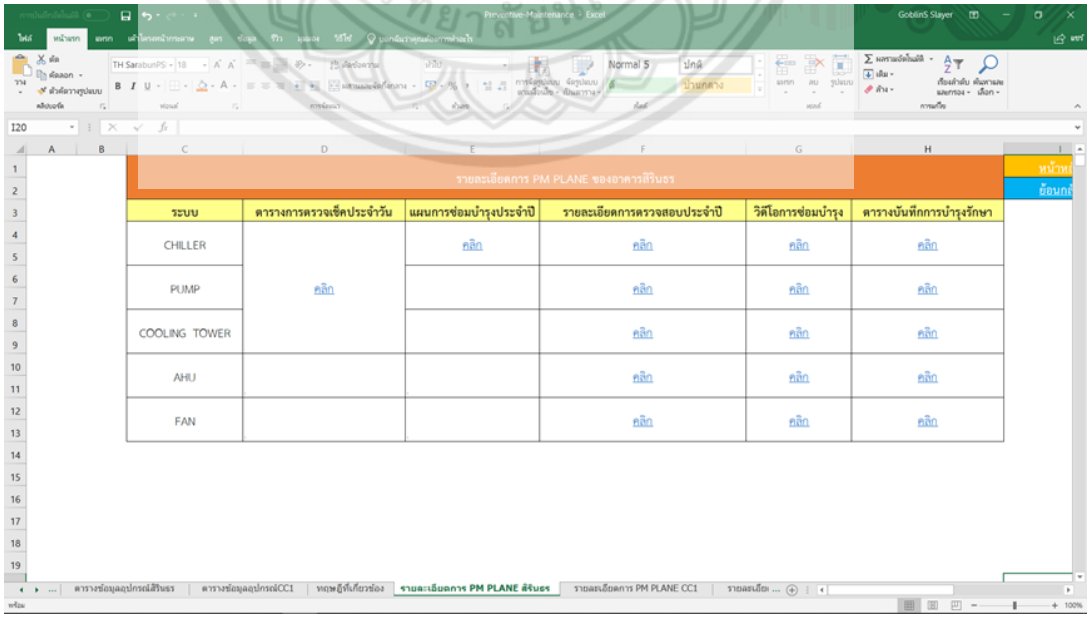



**รูปที่ ก.10** รายละเอียดของหลักการซ่อมบำรุง

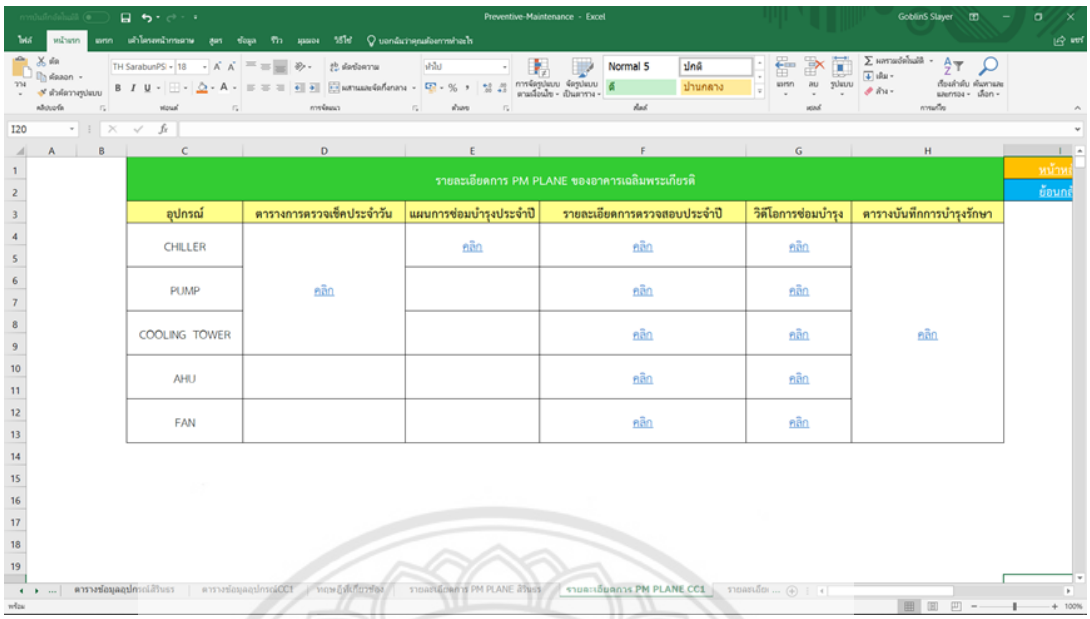



รูปที่ ก.11 สมการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

**ขั้นตอนที่ 5** รายละเอียดการ PM PLANE นั้นจะแยกออกเป็น 2 อาคารคืออาคารสิรินธร และ อาคารเฉลิมพระเกียรติ มีองค์ประกอบดังนี้ อุปกรณ์ , ตารางการตรวจเช็คประจำวัน , แผนการซ่อมบำรุงประจำปี , รายละเอียดการตรวจสอบประจำปี , วิดีโอการซ่อมบำรุง , ตารางบันทึกการบำรุงรักษา และในหน้านี้สามารถย้อนกลับไปหน้าหลักได้ด้วย ดังรูปต่อไปนี้

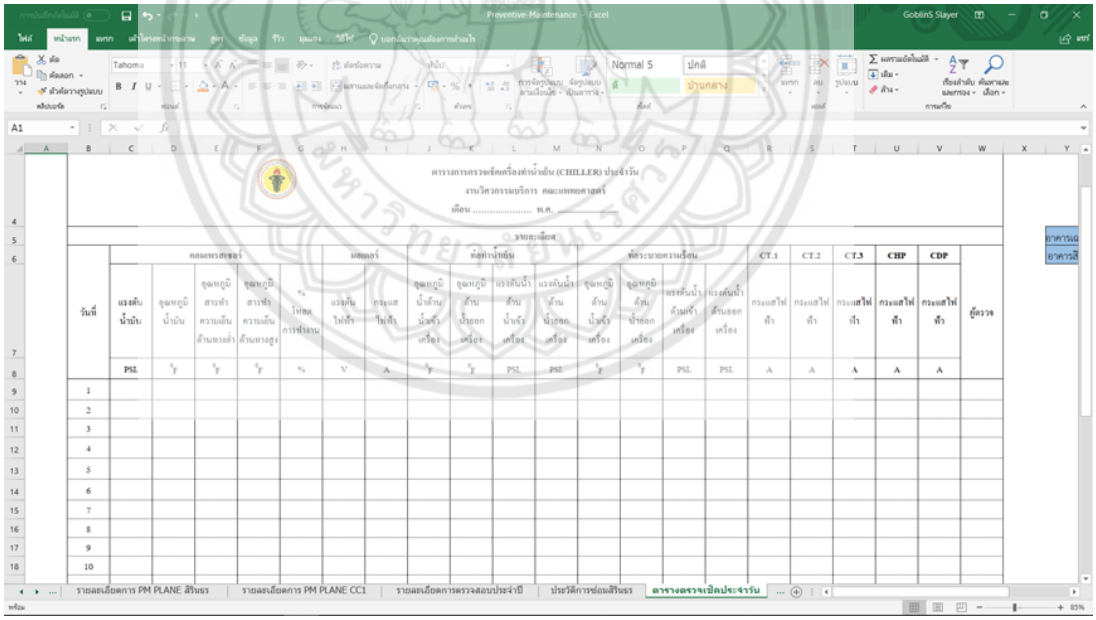



**รูปที่ ก.12** รายละเอียดการ PM PLANE ของอาคารสิรินธร

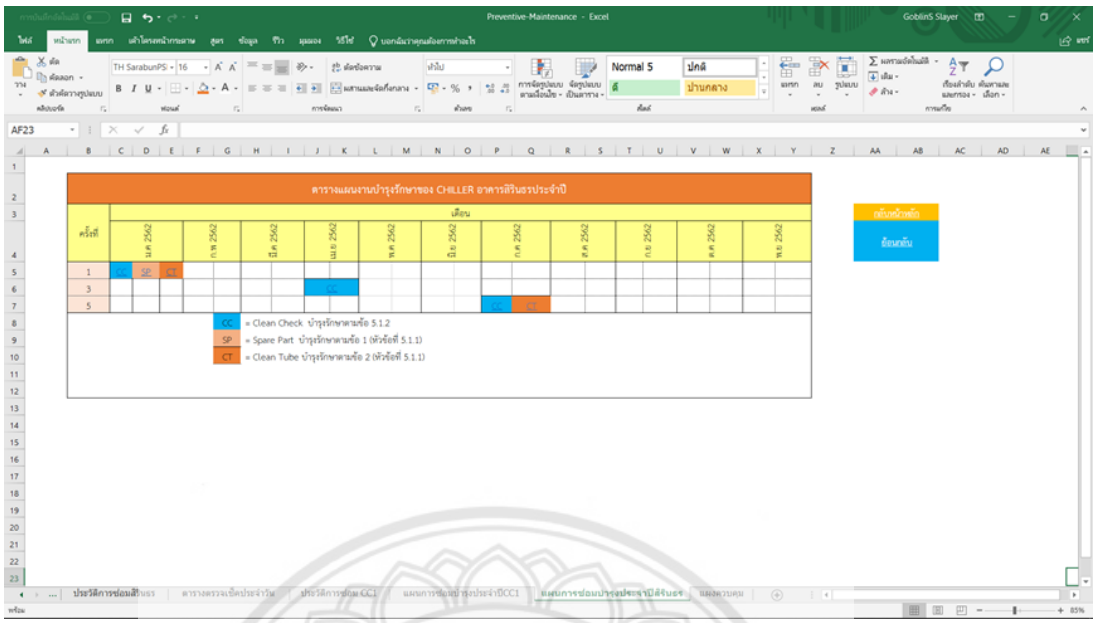


| รายละเอียดการ PM PLANE ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| อุปกรณ์ | ตารางการตรวจเช็คประจำวัน | แผนการซ่อมบำรุงประจำปี | รายละเอียดการตรวจสอบประจำปี | วิธีโอการซ่อมบำรุง | ตารางบันทึกการบำรุงรักษา |
| CHILLER | คลิก | คลิก | คลิก | คลิก | คลิก |
| PUMP | | | คลิก | คลิก | |
| COOLING TOWER | | | คลิก | คลิก | |
| AHU | | | คลิก | คลิก | |
| FAN | | | คลิก | คลิก | |

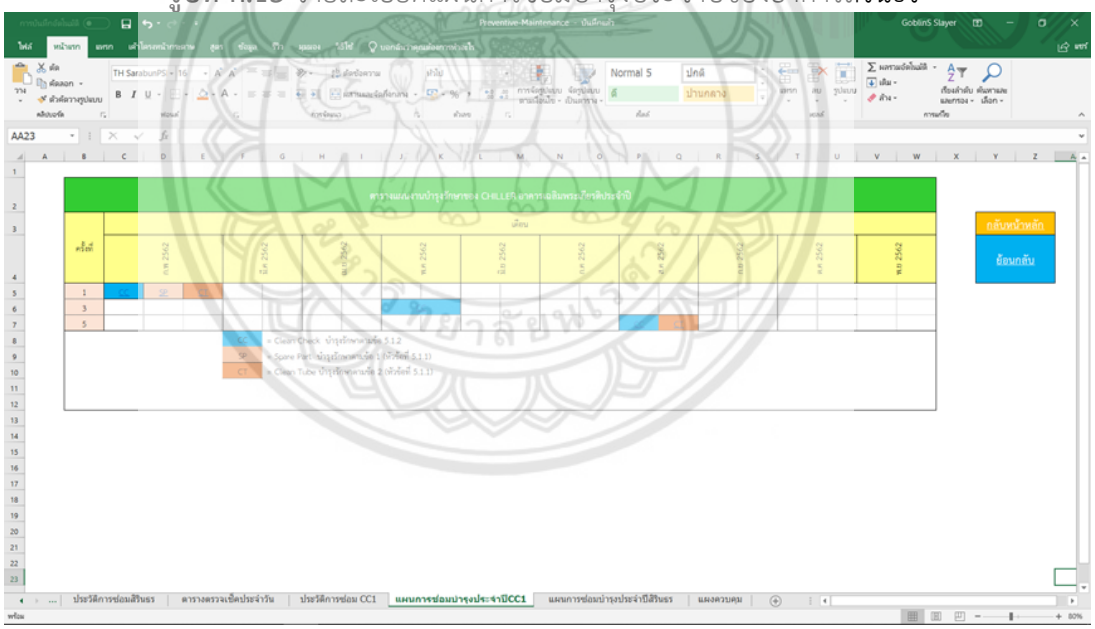
**รูปที่ ก.13** รายละเอียดการ PM PLANE ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ



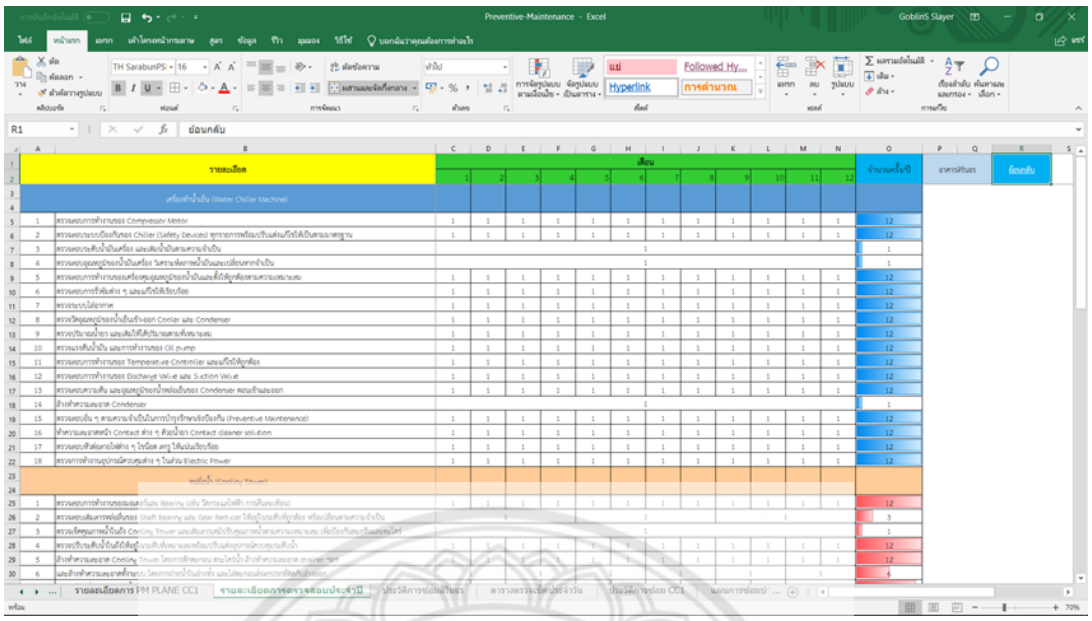
**รูปที่ ก.14** ตารางตรวจเช็คประจำวัน




รูปที่ ก.15 รายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปีของอาคารสิรินธร

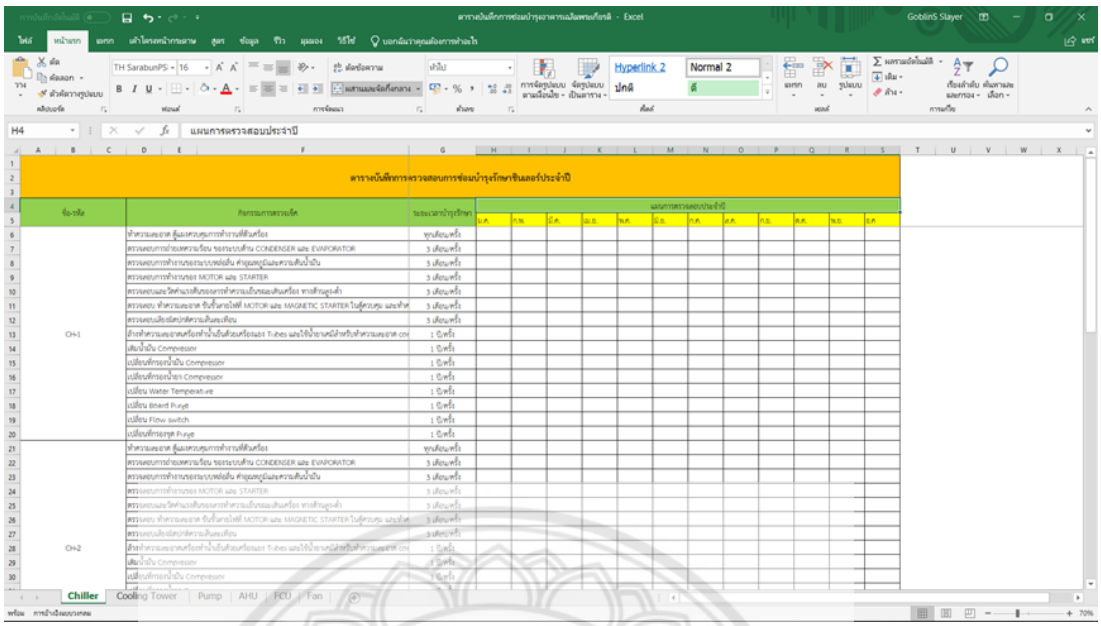


**รูปที่ ก.16** รายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปีของอาคารเฉลิมพระเกียรติ



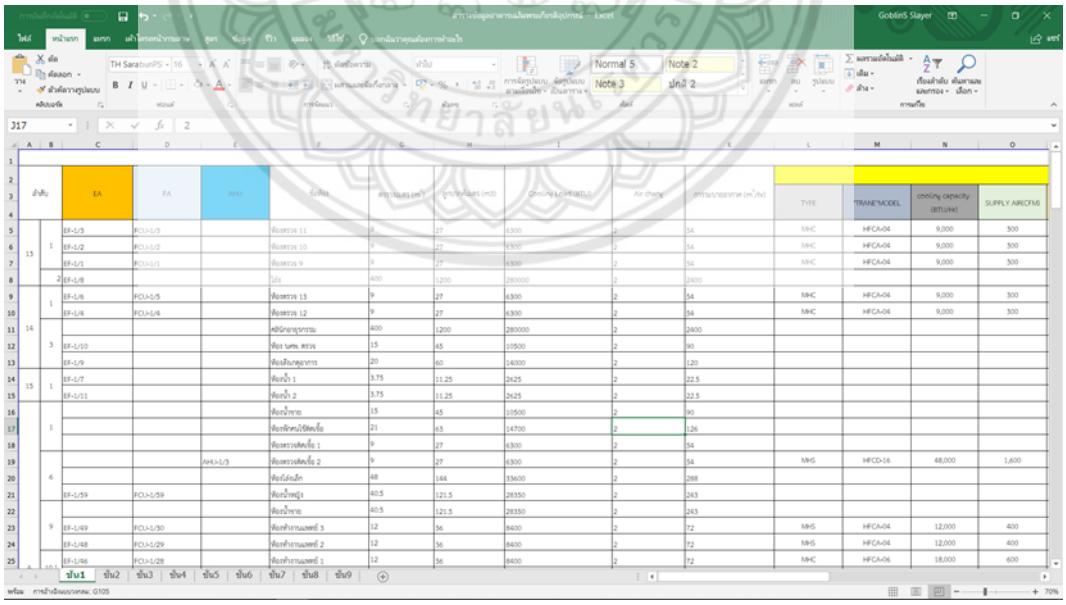
**รูปที่ ก.17** รายละเอียดของการตรวจสอบประจำปี

**รูปที่ ก.18** ลักษณะของวิดีโอที่เกี่ยวข้อง



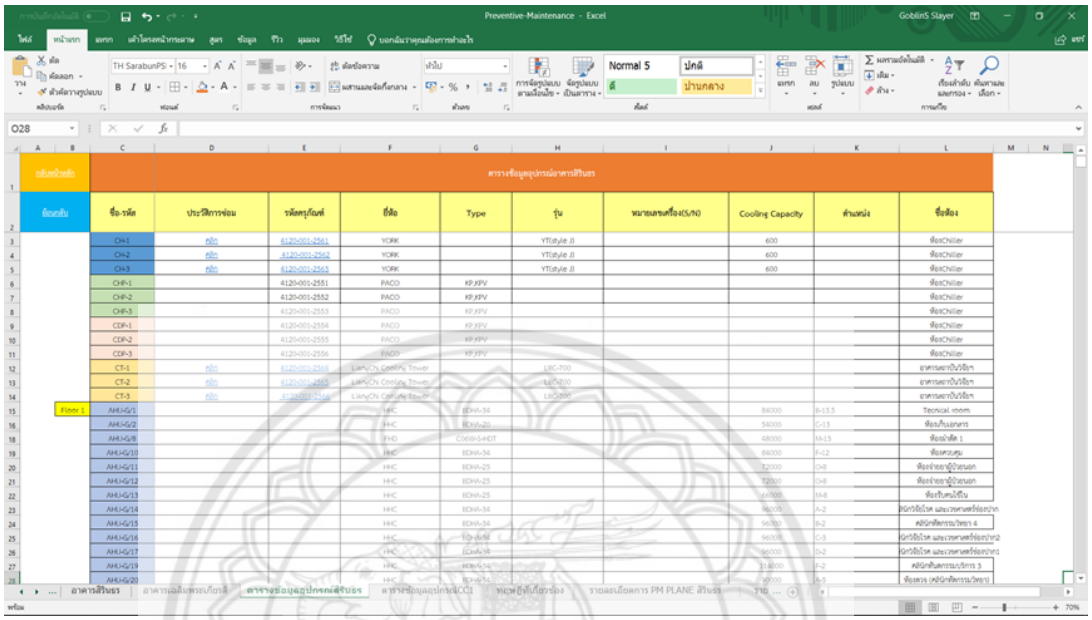
**รูปที่ ก.19** ตารางบันทึกการบำรุงรักษา

**ขั้นตอนที่ 6** รายละเอียดอุปกรณ์ในส่วนนี้จะมีข้อมูล คือ ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ , ชื่อห้อง , พื้นที่ , ปริมาณ , อัตราการระบายอากาศ , ข้อมูลจำเพาะของแต่ละอุปกรณ์ ดังรูปที่ ก.20

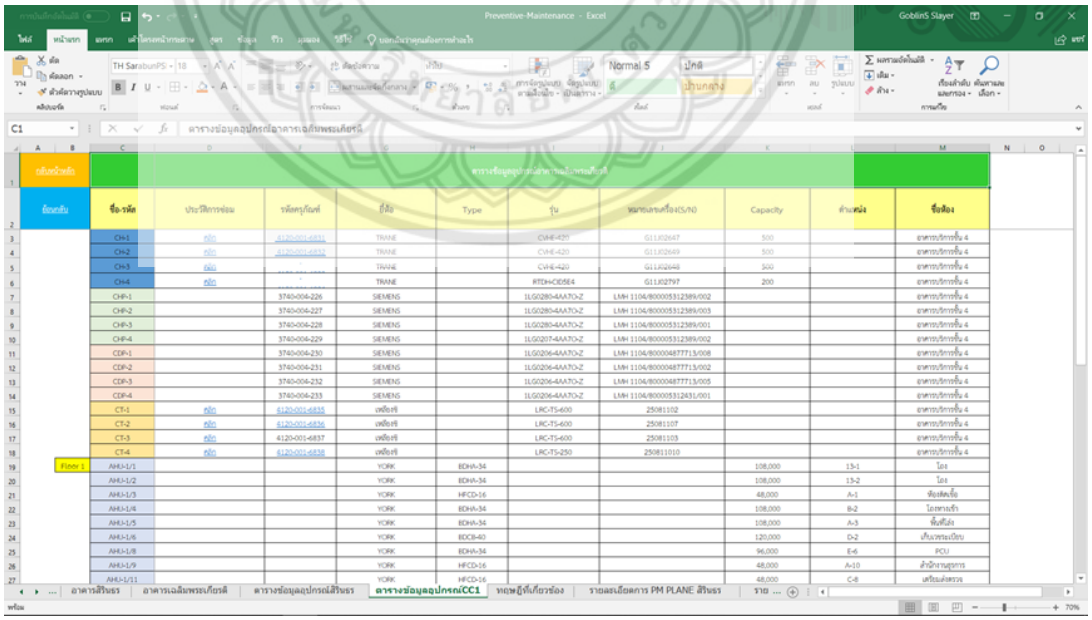


**รูปที่ ก.20** รายละเอียดของอุปกรณ์

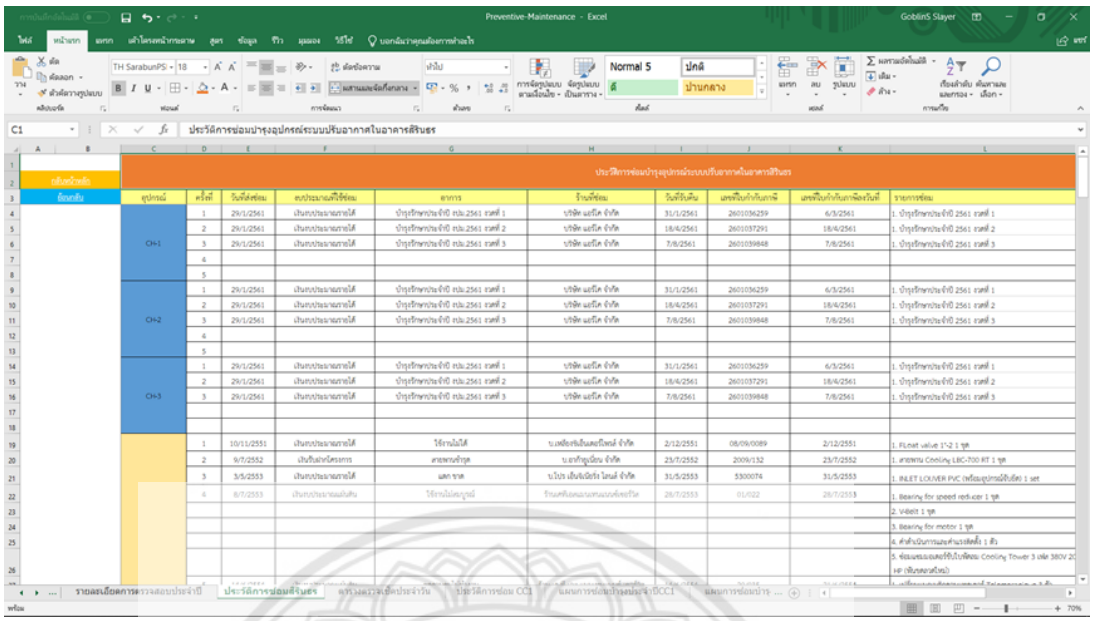
**ขั้นตอนที่ 7** ตารางข้อมูลเป็นส่วนที่บอกข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์แยกออกเป็นสองอาคาร ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้ ประวัติการซ่อม ,รหัสครุภัณฑ์ ,ยี่ห้อ ,Type ,รุ่น ,หมายเลขเครื่อง(S/N) , Capacity ,ตำแหน่ง ,ชื่อห้อง ดังรูปต่อไปนี้



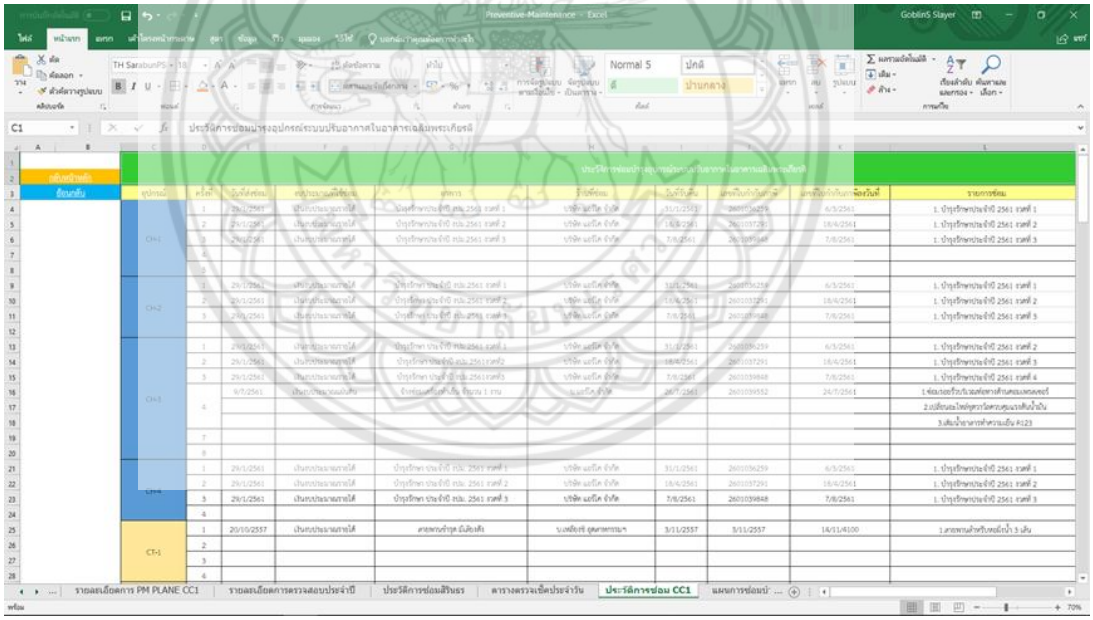
**รูปที่ ก.21** ตารางข้อมูลอุปกรณ์อาคารสิรินธร



**รูปที่ ก.22** ตารางข้อมูลอุปกรณ์อาคารเฉลิมพระเกียรติ



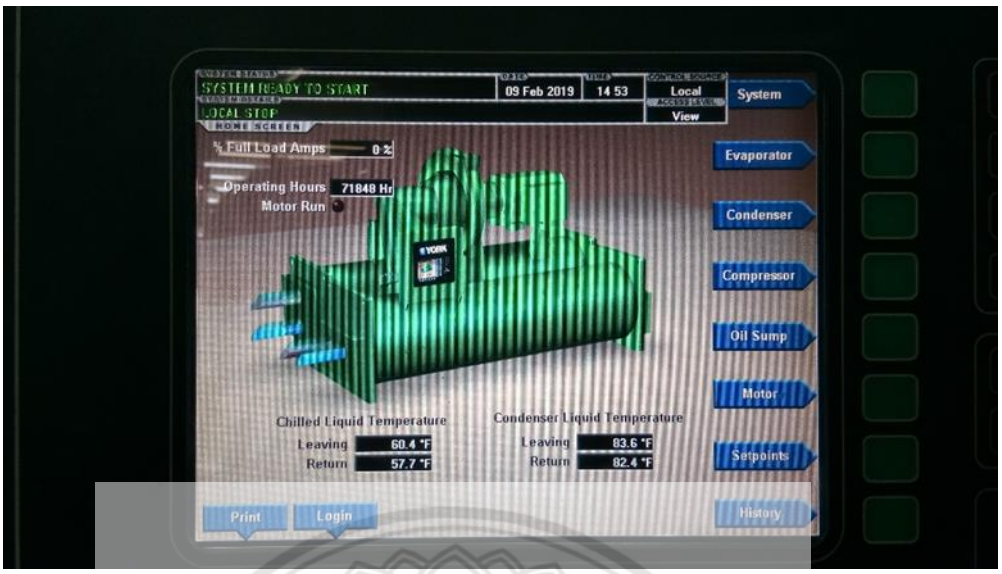
**รูปที่ ก.23** ประวัติการซ่อมของอาคารสิรินธร



**รูปที่ ก.24** ประวัติการซ่อมของอาคารเฉลิมพระเกียรติ

# ภาคผนวก ข

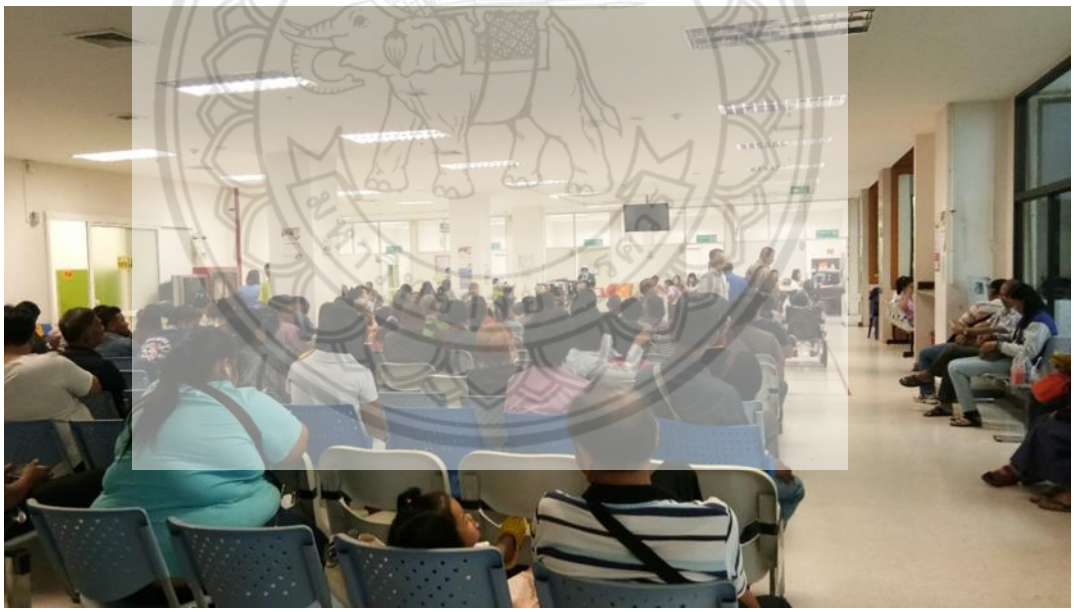
# รูปภาพที่เกี่ยวข้อง




รูปที่ ข.1 การตรวจเช็คค่าจาก Chiller

**รูปที่ ข.2** ลักษณะห้องผู้ป่วยนอก OPD

**รูปที่ ข.3** ผู้ป่วยนอก OPD จุด1 (หน้าห้องตรวจ 4-6)



**รูปที่ ข.4** ผู้ป่วยนอก OPD จุด2 (หน้าห้องตรวจ 9-12)

**รูปที่ ข.5** ตรวจวัดค่า $CO_2$ ด่านฟ้าโรงพยาบาล

**รูปที่ ข.6** ตรวจวัดค่า $CO_2$ ผู้ป่วยนอก (OPD) จุด2 และชั้น4เหนือห้อง OPD

**รูปที่ ข.7** ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ฝ่ายงานอาคารสถานที่