การปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

Renovation of the air conditioning system on the 5th floor of the Sirindhorn in Naresuan University Hospital.

นางสาวชลนภา ไกรแก้ว รหัสนิสิต 60360937

นายณัฐฐกรณ์ พรวนต้นไทร รหัสนิสิต 60361286

นายตะวัน สุขุมนัย รหัสนิสิต 60361583

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2563

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงงาน **:** การปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน : นางสาวชลนภา ไกรแก้วร รหัสนิสิต 60360937

: นายณัฐฐกรณ์ พรวนต้นไทร รหัสนิสิต 60361286

: นายตะวัน สุขุมนัย รหัสนิสิต 60361583

อาจารย์ปรึกษา : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

หัวข้อโครงงาน : การปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน : นางสาวชลนภา ไกรแก้ว รหัสนิสิต 60360937

: นายณัฐฐกรณ์ พรวนต้นไทร รหัสนิสิต 60361286

: นายตะวัน สุขุมนัย รหัสนิสิต 60361583

อาจารย์ปรึกษา : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2563

.....

บทคัดย่อ

โครงงานการปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธร ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในชั้น 5 ของอาคารสิรินธร ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจากการสำรวจพื้นที่พบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ และจากการศึกษาทฤษฎีพบว่า การล้างเครื่องปรับอากาศเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศแต่ยังมิได้มีการทดสอบทฤษฎีดังกล่าว ผู้จัดทำจึงทดสอบวิธีแก้ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ ด้วยการล้างระบบปรับอากาศผลที่ออกมาปรากฏว่ายังไม่แน่ชัด เนื่องมากจากปัญหาการระบายอากาศและการเข้า-ออกของผู้คนภายในห้อง จากนั้นได้ทำการออกแบบห้อง Isolation Room จำนวน 8 ห้องตามนโยบายของทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อรองรับผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัส Covid-19 และออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF) ภายในตึกสิรินธรที่บริเวณชั้น 5 เพื่อเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ในการดำเนินงานนั้นเริ่มจากการศึกษาระบบปรับอากาศเดิม จากนั้นสำรวจสถานที่ภายโรงพยาบาลและทำการตรวจวัดเชื้อจุลชีพระหว่างก่อน-หลังการล้างเครื่องปรับอากาศ แล้วนำข้อมูลได้มา

วิเคราะห์และทำการออกแบบห้อง Isolation Room จากนั้นออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF) โดยใช้โปรแกรม New DVM Pro Design Software ของบริษัท Samsung ร่วมกับโปรแกรม AutoCAD และโปรแกรม Sketchup เพื่อง่ายต่อความเข้าใจและเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

Project title : Renovation of the air conditioning system on the 5th floor of the Sirindhorn in Naresuan University Hospital.

Name : Miss. Cholnapa Kraikaew ID. 60360937

: Mr. Nuttakorn Pruentonsai ID. 60361286

: Mr. Tawan Sukhumnai ID. 60361583

Project advisor : Asst. Prof. Dr. Ninnart Rachapradit

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic year : 2020

.....

Abstract

Project renovation Air conditioning system 5th floor of the Sirindhorn in Naresuan University Hospital with the objective is to design and improve the air conditioning system within the 5th floor of the Sirindhorn In Naresuan University Hospital, from the survey of the area found the problem of contamination of airborne microorganisms. And from the study of theory found cleaning air conditioner reduce the problem of airborne microorganisms, but the theory has not been tested. The producer then test solutions to the problem of air contamination of microorganisms with cleaning air condition, the results appear to be uncertain, Due to the problem of ventilation and the in - out of people in the room. Then, design of 8 Isolation Room according to the policy of Naresuan University Hospital To support patients infected with the Covid-19 virus. And design a variable flow

air condition system (VRV/VRF) inside 5th floor of the Sirindhorn to guide to solve a problem in Naresuan University Hospital.

The operation, it began with the study of the original air conditioning system. Then, Surveys inside the hospital and perform microbial measurements during before and after cleaning the air conditioner then take the data to analyze. And design the Isolation Room. Then design a variable flow air conditioning system (VRV/VRF). using Samsung New DVM Pro Design Software in conjunction with AutoCAD and Sketchup, to guideline for improving the air condition system in Naresuan University Hospital.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง “การปรับปรุงระบบปรับอากาศของชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร” ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคลากรหลายท่านซึ่งไม่อาจนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกใครขอขอบพระคุณคือท่าน ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเพื่อให้การเขียนโครงงานการปรับปรุงชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรนี้ออกมาสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบทั้งสองท่านได้แก่ รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์ และ ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของรูปเล่มโครงงาน

ขอขอบพระคุณหน่วยงานของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำสถานที่ และให้ประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา หาความรู้และการใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับโครงงานด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้ศึกษาเสมอมาผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวชลนภา ไกรแก้ว
นายณัฐฐกรณ์ พรวนต้นไทร
นายตะวัน สุขุมนัย

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เชื้อโรคสภาพแวดล้อมของสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาล	4
2.2 การตรวจวัดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ	6
2.3 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	9
2.4 ระบบปรับอากาศและระบบอากาศสำหรับห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	15
2.5 การดูแล และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การปรับอากาศและระบบปรับอากาศ 25

2.7 ชนิดของระบบปรับอากาศ 27

2.8 สมการคำนวณที่เกี่ยวข้อง 39

2.9 วรรณกรรมปริทัศน์ 42

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 สถานที่ทำเดินการโครงการ 46

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 46

3.3 แผนการดำเนินการโครงงาน 47

3.4 แผงผังงาน (Flowchart) 49

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 50

4.2 ศึกษาการปนเปื้อนภายในอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ 56

4.3 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ 70

4.4 ออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น 83

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา 90

5.2 ข้อเสนอแนะ 91

บรรณานุกรม 92

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก	95
ภาคผนวก ข	104
ภาคผนวก ค	108
ภาคผนวก ง	141
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	146

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ 6

ตารางที่ 2.2 ระดับการปนเปื้อนเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล 8

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการออกแบบห้อง Isolation Room เพื่อป้องกันการปนเปื้อนในอากาศ 15

ตารางที่ 2.4 ประเภทแผงกรองอากาศ 17

ตารางที่ 2.5 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพันธ์ 18

ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศ VRV กับระบบปรับอากาศชนิดอื่น 36

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละส่วน 47

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 4.1 ปัญหาและวิธีแก้ไขในส่วนห้องพักผู้ป่วย 52

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจเชื้อจุลชีพในอากาศก่อนและหลังล้างแอร์ 68

ตาราง 4.3 ปรับปรุงพื้นที่ก่อนการสร้างห้อง Isolation Room 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.4 การออกแบบห้อง Isolation Room กรณีดึง Fresh air 100% ในห้องโดยตรง 80

ตารางที่ 4.5 การดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก 82

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 การคำนวณ Fresh air 100% ที่โถงท้องเดิน 107

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 การเลือก Fan Coil Unit 129

ตารางที่ ค.2 การเลือก Condenser Unit 133

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 2.1 วิธีวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ 6

รูปที่ 2.2 ออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ 10

รูปที่ 2.3 ห้องห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ (แสดงรูปตัดขวาง) 11

รูปที่ 2.4 ออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก 11

รูปที่ 2.5 ห้องห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก (แสดงรูปตัดขวาง) 12

รูปที่ 2.6 ออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง 13

รูปที่ 2.7 การทำความสะอาดฟิลเตอร์ 21

รูปที่ 2.8 แผงขดท่อคอยล์เย็น 22

รูปที่ 2.9 ใบพัดลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์ 23

รูปที่ 2.10 การล้างถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง 23

รูปที่ 2.11 คอยล์ร้อน 24

รูปที่ 2.12 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ 25

รูปที่ 2.13 หลักการของวัฏจักรทำความเย็น 25

รูปที่ 2.14 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.15 Chiller 28

รูปที่ 2.16 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ 29

รูปที่ 2.17 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ 30

รูปที่ 2.18 Packaged Air Cooled Air Conditioner 31

รูปที่ 2.19 Packaged Water Cooled Air Conditioner 32

รูปที่ 2.20 ลักษณะของระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น 32

รูปที่ 2.21 คอยล์เย็นชนิดต่าง ๆ 34

รูปที่ 2.22 คอยล์ร้อนชนิดต่าง ๆ 35

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน

รูปที่ 4.1 อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 50

รูปที่ 4.2 แบบการแบ่งพื้นที่บริเวณชั้น 5 อาคารสิรินธร 51

รูปที่ 4.3 ลักษณะของกล่องช่องลมกลับที่รอยต่อกับฝ้าเพดานรั่ว 53

รูปที่ 4.4 ลักษณะของกล่องช่องลมกลับลักษณะเดิมและที่ปรับปรุง 54

รูปที่ 4.5 การเกิดเชื้อราเนื่องจากการระบายอากาศไม่เหมาะสม 54

รูปที่ 4.6 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ1 56

รูปที่ 4.7 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1 57

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 ตำแหน่งการวางเชื้อในห้องเอกาทศรถ 1 57

รูปที่ 4.9 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2 58

รูปที่ 4.10 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2 58

รูปที่ 4.11 ตำแหน่งการวางเชื้อในห้องเอกาทศรถ 2 59

รูปที่ 4.12 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล 60

รูปที่ 4.13 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล 60

รูปที่ 4.14 ตำแหน่งการวางเชื้อในห้องฝ่ายพยาบาล 61

รูปที่ 4.15 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน 62

รูปที่ 4.16 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน 62

รูปที่ 4.17 ตำแหน่งการวางเชื้อในห้องเวชระเบียน 63

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.18 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1 64

รูปที่ 4.19 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1 64

รูปที่ 4.20 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2 65

รูปที่ 4.21 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2 65

รูปที่ 4.22 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล 66

รูปที่ 4.23 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล 66

รูปที่ 4.24 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน 67

รูปที่ 4.25 การวางเชื้อในทางข้าวของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน 67

รูปที่ 4.26 การปรับปรุงบริเวณ Nurse station 71

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.27 แบบบริเวณที่กั้นบริเวณ Nurse station 72

รูปที่ 4.28 การสร้างห้อง Anti room 72

รูปที่ 4.29 แบบบริเวณสร้างห้อง Anti room 73

รูปที่ 4.30 การย้ายประตูห้องน้ำให้เปิดได้จากด้านห้องพักผู้ป่วย 73

รูปที่ 4.31 แบบย้ายประตูห้องน้ำให้เปิดได้จากด้านห้องพักผู้ป่วย 74

รูปที่ 4.32 ประตูอัตโนมัติที่เปิดได้โดยคีย์การ์ด 74

รูปที่ 4.33 แบบประตูอัตโนมัติที่เปิดได้โดยคีย์การ์ด 75

รูปที่ 4.34 บริเวณห้องที่จะปรับปรุงเป็นห้อง Isolation Room 76

รูปที่ 4.35 แบบแปรนการสร้างห้อง Isolation Room 77

รูปที่ 4.36 การออกแบบห้อง Isolation Room ทั้ง Zone A 77

รูปที่ 4.37 การดึง Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง 78

รูปที่ 4.38 แบบห้องที่ใช้ Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง 79

รูปที่ 4.39 การดึง Fresh Air 100% มาเก็บไว้ที่โถงและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายใน ห้องพัก 80

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.40 แบบห้องที่ใช้การดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก 81

รูปที่ 4.41 การแบ่งพื้นที่สำหรับระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF 84

รูปที่ 4.42 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่พื้นที่ 1F 85

รูปที่ 4.43 รูปที่ 4.43 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่พื้นที่ 2F 86

รูปที่ 4.44 รูปที่ 4.44 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่พื้นที่ 3F และ 4F 87

รูปที่ 4.45 การออกแบบ Condenser Unit 88

ภาคผนวก ก

รูปที่ ก.1 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเอกทศรถ 1 96

รูปที่ ก.2 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเอกทศรถ 1 96

รูปที่ ก.3 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเอกทศรถ 2 97

รูปที่ ก.4 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเอกทศรถ 2 97

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.5 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศใน ห้องฝ่ายพยาบาล 98

รูปที่ ก.6 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศใน ห้องฝ่ายพยาบาล 98

รูปที่ ก.7 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศใน ห้องเวชระเบียน 99

รูปที่ ก.8 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศใน ห้องเวชระเบียน 99

รูปที่ ก.9 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศใน ห้องเอกาทศรถ 1 100

รูปที่ ก.10 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศใน ห้องเอกาทศรถ 1 100

รูปที่ ก.11 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศใน ห้องเอกาทศรถ 2 101

รูปที่ ก.12 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศใน ห้องเอกาทศรถ 2 101

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.13 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องฝ่ายพยาบาล 102

รูปที่ ก.14 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องฝ่ายพยาบาล 102

รูปที่ ก.15 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเวชระเบียน 103

รูปที่ ก.16 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเวชระเบียน 103

ภาคผนวก ค

รูปที่ ค.1 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 109

รูปที่ ค.2 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 109

รูปที่ ค.3 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 110

รูปที่ ค.4 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 110

รูปที่ ค.5 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 111

รูปที่ ค.6 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 111

รูปที่ ค.7 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 112

รูปที่ ค.8 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 112

รูปที่ ค.9 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 113

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค.10 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 113

รูปที่ ค.11 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 114

รูปที่ ค.12 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 114

รูปที่ ค.13 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 115

รูปที่ ค.14 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 115

รูปที่ ค.15 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 116

รูปที่ ค.16 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 116

รูปที่ ค.17 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1. 117

รูปที่ ค.18 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 117

รูปที่ ค.19 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 118

รูปที่ ค.20 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 118

รูปที่ ค.21 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 119

รูปที่ ค.22 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 119

รูปที่ ค.23 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 120

รูปที่ ค.24 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 120

รูปที่ ค.25 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 121

รูปที่ ค.26 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 121

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค.27 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 122

รูปที่ ค.28 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 122

รูปที่ ค.29 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 123

รูปที่ ค.30 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 123

รูปที่ ค.31 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 124

รูปที่ ค.32 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 124

รูปที่ ค.33 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 125

รูปที่ ค.34 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 125

รูปที่ ก.35 การทดสอบข้อมูล 126

รูปที่ ค.36 การทดสอบข้อมูล 126

รูปที่ ค.37 การทดสอบข้อมูล 127

รูปที่ ค.38 การทดสอบข้อมูล 127

รูปที่ ค.39 การทดสอบข้อมูล 128

รูปที่ ค.40 การทดสอบข้อมูล Estimate 137

รูปที่ ค.41 การทดสอบข้อมูล Load Profile 138

รูปที่ ค.42 การทดสอบข้อมูล Equipment List (Indoor Units) 139

รูปที่ ค.43 การทดสอบข้อมูล Equipment List (Outdoor Units) 140

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง

รูปที่ ง.1 สำรวจห้องที่จะทำการตรวจวัดเชื้อ 142

รูปที่ ง.2 ตรวจวัดเชื้อ 142

รูปที่ ง.3 การวาดเชื้อ 143

รูปที่ ง.4 การตัดคอยล์เย็นออกมาทำการล้าง 143

รูปที่ ง.5 การล้างคอยล์เย็น 144

รูปที่ ง.6 สำรวจห้องที่สร้างห้อง Isolation room 144

รูปที่ ง.7 ลงพื้นที่สำรวจหารสร้างประตูอัตโนมัติ 145

รูปที่ ง.8 การประชุมการใช้หุ่นยนต์ 145

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการศึกษาและสำรวจแบบเดิมของระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่า มีปัญหาการเจือปนของเชื้อจุลชีพภายในอากาศ ผู้จัดทำได้สนใจในทฤษฎีที่ว่า การล้างเครื่องปรับอากาศจะช่วยลดการเจือปนของเชื้อจุลชีพภายในอากาศ จึงได้ทำการตรวจวัดเชื้อระหว่างก่อนและหลังการล้างเครื่องปรับอากาศ ประกอบกับ ณ ปัจจุบันได้มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส Covid-19 และทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีนโยบายที่จะสร้างห้อง Isolation Room สำหรับรองรับผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัส Covid-19 จึงได้ทำการออกแบบห้อง Isolation Room ไว้ที่ Zone A จำนวน 8 ห้อง เพื่อป้องกันการติดต่อของเชื้อไวรัส Covid-19 ส่วนในบริเวณอื่นที่มีปัญหาการเจือปนของเชื้อจุลชีพภายในอากาศ ผู้จัดทำได้ทำการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากระบบปรับอากาศแบบ Chiller มาเป็นระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF เนื่องจากในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรได้ใช้ระบบปรับอากาศแบบ Chiller มาเป็นเวลานานแล้วจึงอาจเกิดการสะสมของเชื้อจุลชีพภายในระบบปรับอกาศและต้องมีการซ่อมบำรุงอยู่บ่อยครั้ง

ห้อง Isolation Room คือ ห้องที่ใช้แยกผู้ป่วยออกจากผู้ป่วยอื่น ตามระดับความร้ายแรงของโรค เพื่อไม่ให้แพร่เชื้อไปสู่ผู้ป่วยที่อยู่ข้างเคียง หรือการแยกผู้ป่วยที่มีระดับภูมิคุ้มกันต่ำ ซึ่งส่งผลทำให้ติดเชื้อได้ง่าย ให้อยู่ในห้องที่ปลอดเชื้อ ส่วนระบบปรับอากาศแบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งเป็นระบบที่คอมเพรสเซอร์หนึ่งชุดสามารถ

เชื่อมต่อกับ Fan coil ได้หลายตัวอาจสูงสุดถึง 64 ตัว โดยระบบ VRV จะใช้น้ำยาปรับอากาศเป็นสื่อความเย็น สามารถปรับปริมาณการส่งน้ำยาปรับอากาศจากคอมเพรสเซอร์ได้ ซึ่งจะประหยัดพลังงานกว่าระบบปกติที่ใช้น้ำยาปรับอากาศคงที่ตลอด และยังส่งผลให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศได้ดีกว่าระบบปกติ

ดังนั้นโครงงานนี้ผู้ศึกษาจึงได้ทำการทดลอง ตรวจวัดเชื้อภายในห้องต่าง ๆ ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างก่อนการล้างแอร์ และหลังการล้างแอร์ เนื่องจากในงานที่ศึกษา ยังไม่ได้มีการทดลองทดสอบกับการแก้ปัญหานี้ และได้ทำการออกแบบห้อง Isolation room ซึ่งเป็นห้อง Isolation room ประเภท Negative หรือ ความดันลบ ในพื้นที่ Zone A จำนวน 8 ห้อง ได้แก่ห้อง 502-509 และผู้จัดทำได้ทำการออกแบบระบบปรับอากาศใหม่ จากระบบ Chiller เป็นระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่ตึกสิรินธร ชั้น 5 Zone A Zone B และ Zone C ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้โปรแกรม Sketchup เพื่อเป็นทางเลือกให้กับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรให้นำไปใช้ในอนาคต และลดต้นทุนการออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อทำการออกแบบและปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ปรับปรุงเฉพาะระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.2 ตรวจสอบคุณภาพอากาศ ภายในห้องเอกาทศรถ 1, ห้องเอกาทศรถ 2, ห้องฝ่ายพยาบาล และห้องเวชระเบียน

1.3.3 ออกแบบห้อง Isolation room เฉพาะห้องผู้ป่วย 502-509

1.3.4 ออกแบบระบบอากาศแบบ VRV/VRF ในที่พื้นที่เหลือจากการทำห้อง Isolation room

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทดลองใช้ความรู้ในการออกแบบระบบปรับอากาศทั้งห้อง Isolation room และระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF

1.4.2 โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรได้รับแบบระบบปรับอากาศที่สามารถนำไปปรับปรุงในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อโรคสภาพแวดล้อมของสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาล

สถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลจะมีเชื้อโรคอยู่ 4 ประเภท คือ ไวรัส (Virus) แบคทีเรีย (Bacteria) เชื้อรา (Fungus) ปรสิต (Parasites)

2.1.1 ไวรัส (Virus) [1]

จุลชีพที่สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ (infectious agents) ทั้งในมนุษย์, สัตว์, พืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เป็นสิ่งมีชีวิตมีเซลล์ (cellular life) ทำให้เกิดโรคที่ส่งผลกระทบกว้างขวาง จึงมีความสำคัญที่จะต้องศึกษาทั้งในทางการแพทย์และทางเศรษฐกิจ ไวรัสเป็นปรสิตอยู่ในร่างของสิ่งมีชีวิตอื่น (obligate intracellular parasite) ไม่สามารถเติบโตหรือแพร่พันธุ์นอกเซลล์อื่นได้ ไวรัสอาจถือได้ว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะของการเป็นสิ่งมีชีวิตเพียง ประการเดียวคือสามารถแพร่พันธุ์ หรือการถ่ายทอดสารพันธุกรรมของตนเองจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง

2.1.2 แบคทีเรีย (Bacteria) [2]

แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นเซลล์เดียว (unicellular) มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีขนาดเล็กประมาณ 0.3 - 2 ไมโครเมตร ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1000 เท่าจึงจะเห็นได้ชัด รูปร่างของแบคทีเรียโดยทั่วไปมี 3 แบบ คือ รูปกลม (coccus) รูปแท่ง (bacillus) และรูปเกลียว (spiral) เมื่อเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการและอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากเรียกว่า โคโลนี (colony) ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียกลุ่มที่เรียกว่า แอคติโนมัยซีท (actinomycetes) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายเชื้อรา โดยอาจมีการแตกแขนงและมีการ

แตกหักของเส้นใย เพื่อสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศด้วย สามารถพบแบคทีเรียได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งในดิน ในน้ำ ในอากาศ พืช สัตว์ และในคน

2.1.3 เชื้อรา (Fungus) [3]

เชื้อรา (fungus) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แพร่กระจายทั่วไปในอากาศ เนื่องจากเชื้อรามีอยู่มากมาย และมีการจำแนกแตกต่างกันออกไปหลายระบบเชื้อรา มีการแพร่กระจายทั่วไปในอากาศ น้ำ อาหาร และฝุ่นละออง เมื่อสปอร์ของเชื้อราปลิวไปตกในที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญเป็นเส้นใย เนื่องจากเชื้อราไม่มีคลอโรฟิลด์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ ต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปจากสิ่งมีชีวิตและอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ เช่น ซากพืชและซากสัตว์ โดยเชื้อราจะสร้างเอนไซม์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในวัตถุแทบทุกชนิดเป็นอาหารแล้วดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปใช้งาน เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดหรือมีน้ำตาลเข้มข้นสูง พลังงานและคาร์บอนที่เชื้อราใช้ในการเจริญเติบโตมาจากคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากใยธรรมชาติส่วนใหญ่มีกลูโคสเป็นส่วนประกอบจึงเป็นแหล่งอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรา

2.1.4 ปรสิต (Parasites) [4]

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ที่อาศัยอยู่ร่วมกัน โดยสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาศัยและทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ร่วมกัน หรือเป็นสิ่งมีชีวิตที่รับประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เรียกสิ่งมีชีวิตนี้ว่า ปรสิต (parasite) และเรียกสิ่งมีชีวิตที่ได้รับอันตรายหรือเสียประโยชน์ว่า เจ้าบ้านหรือโฮสต์ (host) เช่น พยาธิปากขอที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคน ปรสิตโมโนจีเนียนในปลานิลแดง เป็นต้น

สถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลมีการปนเปื้อนให้เกิดโรคจากเชื้อโรค 4 ประเภท ในรูปแบบหลายอย่างเช่น เป็นละออง อยู่ในอากาศ หรือการสัมผัสผู้ป่วยโดยตรง [5]

จะเห็นว่าผู้ที่อยู่ในอาคารของสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลนั้นมีโอกาศติดเชื้อโรคที่ส่งผ่านมากับอากาศได้ง่าย โดยผู้ป่วยถือเป็นแหล่งกำเนิดเชื้อโรคในโรงพยาบาล ซึ่งจะทำให้เกิดอัตรายต่อผู้ป่วยคนอื่น ๆ ส่วนทั้งแพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาล เชื้อโรคที่ติดต่อในโรงพยาบาล โดยการแพร่เชื้อทางอากาศได้ง่าย เช่น COVID-19 วัณโรค หัด อีสุกอีใส เป็นต้น [5]

2.2 การตรวจวัดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ [18]

หนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพอากาศ คือปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ ซึ่งแสดงเป็นค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ (Index of microbial air contamination ,IMA) นิยมใช้วิธีวางจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อดังรูปที่ 2.1 โดยการเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้ และรอให้เชื้อในอากาศตกลงบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อในช่วงเวลาที่กำหนด หรือเรียกว่า การวางจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ (Settle plate) ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ซึ่งสามารถเพาะเชื้อได้หลากหลาย โดยนับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานเป็นซีเอฟยูต่อลูกบาศก์เมตร (Colony-forming Unit/Cubic Meter) วิธีนี้สามารถบอกปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้น หรือลดลงในช่วงเวลานั้นได้ แต่ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเชื้อที่พบเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค

รูปที่ 2.1 วิธีวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ

ข้อดี	ข้อเสีย
- ราคาถูก - ทำให้ปราศจากเชื้อได้ง่าย	- ไม่เป็นที่ยอมรับในแนวทางปฏิบัติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ

ข้อดี	ข้อเสีย
- สามารถเก็บตัวอย่างได้หลายบริเวณในคราวเดียวกัน เหมาะกับการตรวจสอบปริมาณเชื้อในอากาศที่ตกลงบนพื้นผิวที่เป็นจุดเสี่ยง - ให้ผลที่น่าเชื่อถือ - นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบในเชิงปริมาณได้ - ไม่รบกวนการไหลของอากาศภายในห้อง	

การเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศด้วยการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อไว้ เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ราคาถูก และสามารถเก็บข้อมูลในเชิงคุณภาพได้ สามารถนำมาใช้แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของเชื้อในบริเวณใกล้ ๆ ได้ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับวัดการปนเปื้อนของพื้นผิว หรือเครื่องมือจากเชื้อในอากาศ

การกำหนดมาตรฐานการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อไว้ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบได้ โดยกำหนดใช้จานวุ้นอาหารเพาะเชื้อที่มีขนาด 9 cm วางสูงจากพื้น 100 cm และห่างจากผนัง 100 cm เซนติเมตร เปิดฝาจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณการเพาะเชื้อที่ได้เป็นปริมาณเชื้อที่พบทั้งหมดในหน่วยซีเอฟยูต่อตารางเดซิเมตร สามารถกำหนดระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาลไว้ดังในตางรางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระดับการปนเปื้อนเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล

บริเวณ	ปริมาณจุลชีพรวม (ซีเอฟยูต่อตารางเดซิเมตร)		
	พอเหมาะ	**ยอมรับได้**	**ยอมรับไม่ได้**
หออภิบาลผู้ป่วย	0 ถึง 450	451 ถึง 750	มากกว่า 751
แผนกศัลยกรรม	0 ถึง 250	251 ถึง 450	มากกว่า 451
ห้องยา	0 ถึง 100	101 ถึง 180	มากกว่า 181
ห้องปลอดเชื้อ	0 ถึง 50	51 ถึง 90	มากกว่า 90
ห้องผ่าตัด (ขณะพัก)	0 ถึง 4	5 ถึง 8	มากกว่า 90
ห้องผ่าตัด (ขณะใช้งาน)	0 ถึง 60	61 ถึง 90	มากกว่า 90

2.3 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Isolation Rooms)

ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Isolation Rooms) แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ (Negative Pressure Isolation Rooms)

2. ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก (Positive Pressure Isolation Rooms)

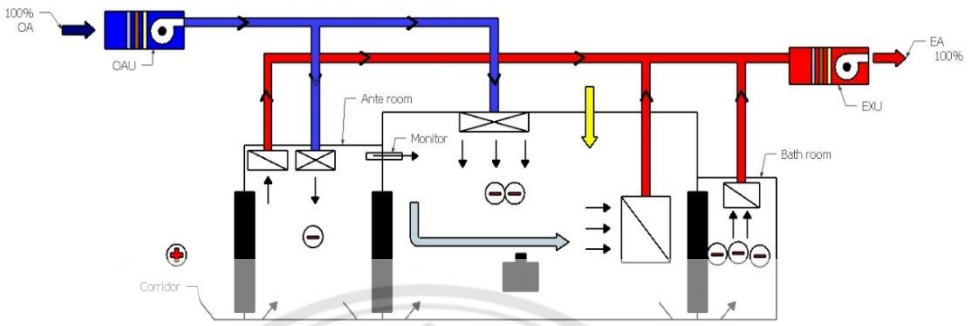
3. ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง (Neutral Pressure Isolation Rooms)

2.3.1 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ (Negative Pressure Isolation Rooms)

ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ คือ ห้องที่ควบคุมปริมาณการการะจายของโรค เนื่องจากมีคุณสมบัติปรับความดันอากาศภายในห้องต่ำให้เป็น Negative หรือมีแรงดันต่ำกว่าอากาศภายนอกห้อง เพื่อไม่ให้อากาศภายในห้องที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนไหลออกมาสู่ภายนอกโดยไม่ผ่านแผ่นกรองอากาศ HEPA ซึ่งจะช่วยกรองเชื้อโรคก่อนที่จะนำอากาศปล่อยสูงนอกอาคาร เพื่อจะช่วยไม่ให้เชื้อโรคแพร่กระจายสู่ผู้อื่น

การออกแบบระบบปรับอากาศของห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ

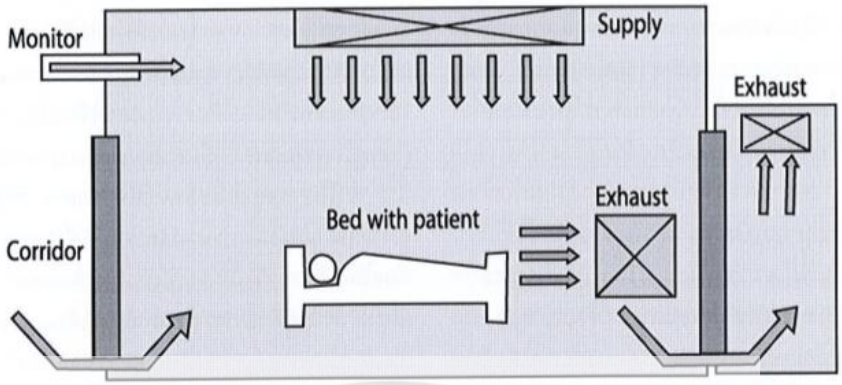
ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ ยกตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยวัณโรคปอด (TB, Tuberculosis) ผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) เป็นต้น ซึ่งผู้ป่วยจะมีโอกาสสูงที่จะติดต่อได้ง่ายสำหรับคนอื่น ดังนั้นการออกแบบห้องคนไข้จึงต้องทำให้ถูกวิธีและระมัดระวังเป็นพิเศษ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ

ศูนย์ควบคุมและป้องกันเชื้อโรคของสหรัฐอเมริกา (CDC, Center of Disease Control and Prevention, U.S.A) ให้คำแนะนำว่าอัตราการนำอากาศภายนอกมาใช้ในการระบายอากาศของห้องมีปริมาณอากาศ 12 ACH (Air Change per hour, จำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง) และควรมีห้องพักก่อน (Ante Room) ซึ่งเป็นห้องกั้นระหว่างผู้ป่วยกับช่องทางเดินสัญจรทั่วไป รวมถึงจำกัดผลกระทบของผู้อื่นที่เดินสัญจรไปมาและการเปิดประตู อากาศที่ถูกดูดทิ้งออกจากห้องจะต้องไหลผ่านแผงกรองอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงเรียกว่า HEPA Filter (High Efficiency Particulate Air) เมื่ออากาศผ่านการกรองแล้วถึงจะถูกนำไปทิ้งออกไปสู่ภายนอกอาคาร โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่ออากาศภายนอกในธรรมชาติ [5]

สำหรับค่าความแตกต่างของความดันระหว่างกำแพงห้องที่ติดกั้นนั้น ควรให้มีค่าประมาณ 2.5 ปาสคาล ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่ มีค่าความดันภายในห้องเป็นลบต้องมีทิศทางการไหลของอากาศเข้ามาในห้อง ซึ่งจะต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบความดันหรือทิศทางการไหลของอากาศที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยติดตั้งที่หน้าประตูทางเข้าห้อง ในบางครั้งก็มีข้อกำหนดอย่างอื่น เช่น ต้องรักษาความเร็วที่ไหลเข้าสู่ห้อง โดยอัตราความเร็วเท่ากับ 100 ฟุต/นาที หรือดูดอากาศทิ้งไป 10% ของปริมาณอากาศที่เป่าเข้ามาในห้อง [5]

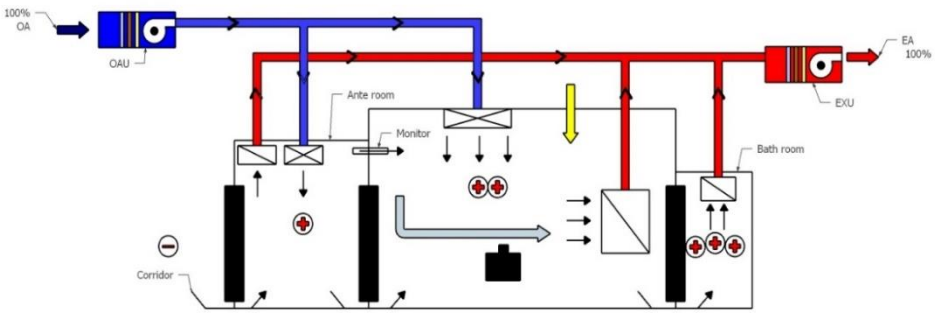


รูปที่ 2.3 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ (แสดงรูปตัดขวาง) [6]

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าการออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับห้องอื่น ๆ ได้ เช่น ห้องฉุกเฉิน ห้องส่องกล้อง ห้องผ่าตัด เป็นต้น

2.3.2 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก (Positive Pressure Isolation Rooms)

ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก คือ ความดันภายในห้องสูงกว่าภายนอกห้อง เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกไหลเข้ามาภายในห้อง เนื่องจากอากาศภายนอกอาจจะปนเปื้อนเชื้อโรคได้ [10] ดังรูปที่ 2.4

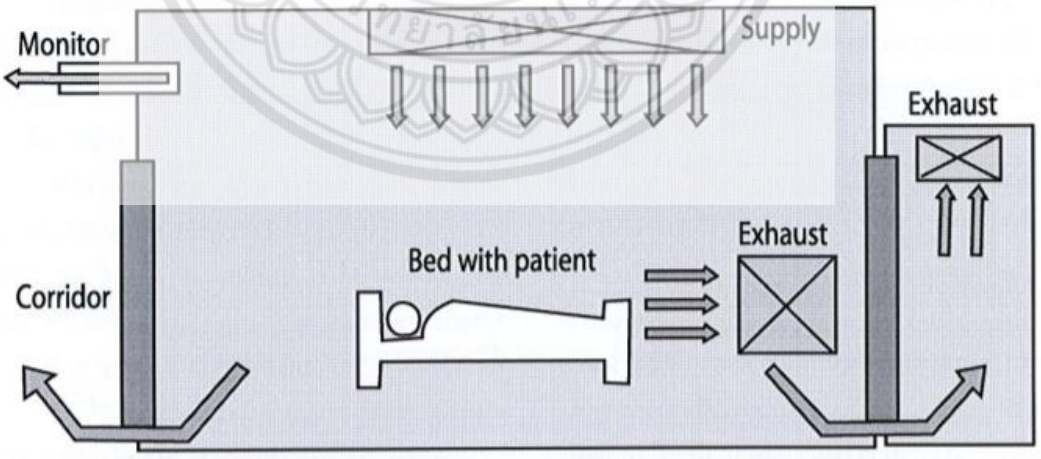


รูปที่ 2.4 ออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก

การออกแบบระบบปรับอากาศของห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก

ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก โดยทั่วไปจะใช้งานกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเอดส์ (HIV) และห้องผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ (Immunodeficiency) ซึ่งสามารถติดเชื้อโรคได้ง่าย สำหรับคนไข้ขั้นวิกฤตที่จำเป็นต้องป้องกันไม่ให้จุลชีพ (Pathogens) เข้ามาถึงคนไข้ได้ รวมถึงป้องกันเชื้อราและแบคทีเรีย ที่จะเข้าสู่ร่างกายคนทั่วไปที่มีสุขภาพดี ซึ่งใช้บริการในโรงพยาบาลหรือทำงานอยู่ในโรงพยาบาล [5]

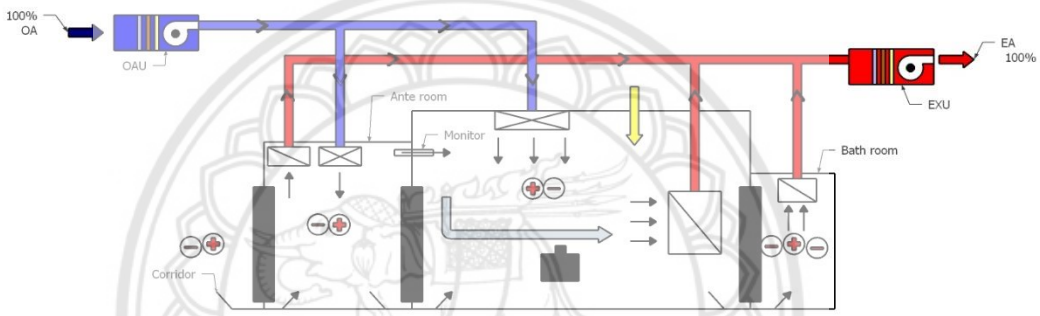
หลักการในการออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวกนั้นคล้ายคลึงกับการออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ การส่งอากาศที่เข้าไปในห้องหรือการนำอากาศกลับมาหมุนเวียนในห้อง จะต้องมีการกรองอากาศผ่านแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ดังรูปที่ 2.5 และผ่านระบบฆ่าเชื้อโรคโดยใช้ระบบ UVGI ส่วนห้อง Ante Room นั้นต้องมี และความแตกต่างของความดันระหว่างห้องนั้นเหมือนกับการออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นลบ



รูปที่ 2.5 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นบวก (แสดงรูปตัดขวาง) [6]

2.3.3 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง (Neutral Pressure Isolation Rooms)

ห้อองพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง (Neutral Pressure Isolation Rooms)คือ ความดันภายในห้องเท่ากับภายนอกห้อง ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งเหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคทั่วไป เช่น โรคหวัด ผ่าตัด นิ่ว เป็นต้น



รูปที่ 2.6 ออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง

การออกแบบระบบปรับอากาศของห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง (Neutral Pressure Isolation Rooms)

ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง โดยทั่วไปจะใช้งานกับผู้ป่วยที่เป็นโรคไม่ติดต่อร้ายแรง เช่น โรคหวัด ไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น และเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ต่องพักฟื้นหลังจากการผ่าตัด โดยญาติหรือพยาบาลพิเศษพิเศษสามารถเฝ้าสังเกตอาการได้

หลักการในการออกแบบห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศที่มีความดันในห้องเป็นกลาง ภายในห้องต้องไม่ปิดกั้นหรือขวางการไหลของระบบระบายอากาศ โดยให้อากาศไหลผ่านจากด้านสะอาดไปด้านปนเปื้อน ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อและเสื้อผ้าสะอาดสำหรับผู้ป่วย ชุดอุปกรณ์ปราศจาก

เชื้อและเสื้อผ้าสะอาดสำหรับผู้ป่วยควรแยกห้องจัดเก็บ หากแยกห้องไม่ได้ควรแยกบริเวณจัดเก็บ ห้อง หรือพื้นที่ดังกล่าวควรควบคุมตรวจสอบความสะอาดและความอับชื้นอย่างสม่ำเสมอ และมีระบบควบคุม ความสะอาดและอับชื้น

2.4 ระบบปรับอากาศและระบบอากาศสำหรับห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Airborne Infection Isolation Room, AIIR)

2.4.1 ความต้องการทั่วไป

1. ระบบด้านลมระบบปรับอากาศและระบายอากาศของห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องแยกอิสระโดยเด็ดขาดจากส่วนอื่น ๆ ของอาคาร

2. ห้ามต่อท่อลมระบายอากาศทิ้งจากห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศกับท่อลมอื่น ๆ ของอาคาร

2.4.2 การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศ

1. เพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าห้องเมื่อมีรอยรั่ว ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องมีความดันภายในห้องเป็นลบหรือต่ำกว่าบริเวณข้างเคียงไม่น้อยกว่า 2.5 Pa ซึ่งอ้างอิงมาจากตารางที่ 2.3 และต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบความดัน หรือทิศทางการไหลของอากาศ ซึ่งมองเห็นได้อย่างชัดเจนติดตั้งที่หน้าประตูทางเข้าห้อง

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการออกแบบห้อง Isolation Room เพื่อป้องกันการปนเปื้อนในอากาศ

	องค์กร	อัตราการเปลี่ยนอากาศ (ACH)		ความดันแตกต่างกัน	การหมุนเวียนอากาศ	ห้อง Anteroom
		ที่ใช้ในปัจจุบัน	ปรับปรุงใหม่			
สหรัฐอเมริกา	ศูนย์ควบคุมโรคระบาดและป้องกันโรคระบาด	มากกว่า 6	มากกว่า 12	มากกว่า 2.5 Pa	ได้ (พร้อมติดตั้ง HEPA)	แนะนำให้มี
แคนนาดา	หน่วยงานสาธรณสุขของประเทศแคนนาดา	มากกว่า 6	มากกว่า 9	-	ได้ (พร้อมติดตั้ง HEPA)	แนะนำให้มี

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) มาตรฐานการออกแบบห้อง Isolation Room เพื่อป้องกันการปนเปื้อนในอากาศ

	องค์กร	อัตราการเปลี่ยนอากาศ (ACH)		ความดันแตกต่างกัน	การหมุนเวียนอากาศ	ห้อง Anteroom
		ที่ใช้ในปัจจุบัน	ปรับปรุงใหม่			
อังกฤษ	กรมอนามัย	มากกว่า 10		มากกว่า 5 Pa	ไม่ได้	แนะนำให้มี
นอร์เวย์	องค์กร Folkenhelse	มากกว่า 12		มากกว่า 5 Pa	ไม่ได้	บังคับให้มี
ออสเตรเลีย	กรมอนามัยและบริการมนุษย์	มากกว่า 12	มากกว่า 15	มากกว่า 15 Pa	ไม่ได้	บังคับให้มี
ฮ่องกง	คณะกรรมการควบคุมการติดเชื้อ กรมอนามัย	มากกว่า 6	มากกว่า 12	มากกว่า 2.5 Pa	ได้ (พร้อมติดตั้ง HEPA)	-
เกาหลีใต้	ศูนย์ควบคุมโรคระบาดและป้องกันโรคระบาด	มากกว่า 6	มากกว่า 12	มากกว่า 2.5 Pa	ได้ (พร้อมติดตั้ง HEPA)	บังคับให้มี

ที่มา : Lee B.H., et al. 2017. “Comparative Analysis of domestic and foreign guidelines for airborne infection isolation rooms (AIIRs).” Journal of KIAEBS. 11(3):230– 237.

2. ห้ามออกแบบห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ เป็นห้องที่สามารถปรับความดันให้เป็นบวกได้ เช่น การออกแบบให้สามารถสับเปลี่ยนเป็นห้องที่มีความดันเป็นบวกเพื่อให้เป็นห้องปลอดเชื้อ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดของระบบควบคุมและการใช้งาน

3. ประตูห้องต้องเป็นแบบที่มีปะเก็นโดยรอบเพื่อลดการรั่วซึมขณะปิดประตู

4. เพื่อช่วยให้ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศเป็นห้องที่มีโอกาสแพร่เชื้อออกจากห้องให้น้อยที่สุด ประตูของห้องควรมีสองชั้น เพื่อทำให้เกิดห้อง Ante Room ก่อนเข้าถึงห้องภายในบานประตูระหว่างห้องโถงเล็กกับห้องผู้ป่วยต้องเปิดเข้าสู่ห้องผู้ป่วย

2.4.3 การกรองอากาศหมุนเวียนภายในห้อง

1. ก่อนจ่ายลมเข้ามาในห้อง อากาศต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 จากตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ประเภทแผงกรองอากาศ

ประเภท	ประสิทธิภาพขั้นต่ำ	มาตรฐานการทดสอบ
1	99.97% MERV 17	HEPA 99.97% efficiency on 0.3 μm particles, IEST Type A ASHRAE Standard 52.2
2	90-95% MERV 14	ASHRAE Standard 52.1 (Dust Spot) ASHRAE Standard 52.2
3	80-90% MERV 13	ASHRAE Standard 52.1 (Dust Spot) ASHRAE Standard 52.2
4	25-30% MERV 7	ASHRAE Standard 52.1 (Dust Spot) ASHRAE Standard 52.2
MERV = Minimum Efficiency Reporting Value ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2		

2. อากาศหมุนเวียนในห้อง (Total Air) ต้องมีอัตราไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดใน ตาราง 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพันธ์

ลำดับ	สถานที่	อัตราการนำเข้าอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	ความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียง
1	ห้องผ่าตัด	5	25	สูงกว่า
2	ห้องคลอด	5	25	สูงกว่า
3	ห้อง Nursery	5	12	สูงกว่า
4	หออภิบาลผู้ป่วยหนัก (ICU)	2	6	สูงกว่า
5	ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
6	ห้องฉุกเฉิน (trauma Room)	5	12	สูงกว่า
7	บริเวณพักคอยสำหรับแผนกผู้ป่วยนอกและห้องฉุกเฉิน	2	12	ต่ำกว่า
8	ห้องพักผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
9	ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	2	12	ต่ำกว่า
10	ห้องแยกผู้ป่วยปลอดเชื้อ	2	12	สูงกว่า
11	ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)	2	6	ต่ำกว่า
12	ห้องชันสูตรศพ	2	12	ต่ำกว่า

2.4.4 การเติมอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอก

1. ต้องนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาผสมกับอากาศในห้องไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดใน ตาราง 2.4

2.4.5 การระบายอากาศเสียทิ้ง (Exhaust Air)

1. การระบายอากาศเสียทิ้งจากห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 ในตาราง 2.4 ก่อนทิ้งสู่บรรยากาศภายนอก ยกเว้นตำแหน่งที่ระบายอากาศเสียทิ้งไม่เสี่ยงต่อการย้อนกลับเข้าสู่อาคาร หรือ เข้าสู่อาคารอื่น หรือ บริเวณที่มีผู้คนอาศัยอยู่

2. ตำแหน่งหน้ากากดูดอากาศเสียทิ้ง ควรติดตั้งอยู่ด้านหัวเตียงผู้ป่วยที่ระดับใกล้พื้นห้อง โดยขอบล่างของหน้ากากดูดลมควรอยู่สูงจากพื้น 0.10 m

3. ในกรณีมีห้องอยู่ภายในห้อง ต้องมีการระบายอากาศจากห้องน้ำด้วยอัตราไม่น้อยกว่า 12 เท่าของปริมาตรห้องน้ำต่อชั่วโมง อากาศที่ระบายทิ้งจากห้องน้ำต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 ก่อนทิ้งสู่บรรยากาศภายนอก ยกเว้นตำแหน่งที่ทิ้งอากาสระบายทิ้งไม่เสี่ยงต่อการย้อนกลับเข้าสู่อาคาร หรือ เข้าสู่อาคารอื่น หรือบริเวณอื่นที่มีคนอยู่

2.4.6 การควบคุม

1. การควบคุมการเปิดปิด ต้องจัดให้มีสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศอยู่ภายนอกห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ และอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย มีสัญญาณไฟแสดงสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์สำคัญได้แก่ พัดลม เครื่องปรับอากาศ

2. การควบคุมความดัน ต้องจัดให้มีเครื่องวัดความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศกับภายนอกห้อง เครื่องวัดความแตกต่างต้องมีช่วง (Range) การใช้งานเหมาะสมกับความดันออกแบบของห้อง

3. การตรวจสภาพแผงกรองอากาศ ต้องจัดให้มีวิธีการตรวจวัดความคร่อมแผงกรองอากาศ เช่น การติดตั้งเครื่องวัดความแตกต่างคร่อมแผงกรองอากาศ หรือ จัดเตรียมท่อต่อ (Port) สำหรับใช้ต่อกับเครื่องวัดความแตกต่าง ต้องเปลี่ยนแผงกรองอากาศเมื่อความดันแตกต่างคร่อมแผงกรองอากาศสูงเกินกว่าที่ผู้ผลิตกำหนด การติดตั้งแผงกรองอากาศต้องเป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำและต้องไม่มีการรั่วของอากาศผ่านกรอบหรือโครงของแผงกรองอากาศ

4. การทำงานเมื่อการแสไฟฟ้าหลักขัดข้อง พัดลมและอุปกรณ์ในระบบส่งลมที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมความดันของห้องและการกรองอากาศ ต้องรับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสำรอง หรือจัดให้มีป้ายสัญญาณและเสียงสัญญาณเตือนอันตรายเมื่อกระแสไฟฟ้าหลักขัดข้องซึ่งทำงานด้วยระบบไฟฟ้าสำรอง

2.4.7 การทดสอบ

1. การทดสอบโดยทั่วไป ต้องทำการทดสอบการทำงานของระบบการทำงานทั้งหมดเพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ ต้องเก็บรักษาบันทึกของการทดสอบไว้ บันทึกต้องพร้อมที่จะถูกตรวจสอบได้

2. ระบบควบคุม ต้องทำการทดสอบระบบควบคุมทั้งหมดทั้งในสภาวะการใช้งานปกติ ภาวะกระแสไฟฟ้าหลักขัดข้อง และภาวะอื่น ๆที่อาจเกิดขึ้นได้

3. มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล ASHRAE Standard 62-1989 [11]

อากาศเติมจากภายนอกของ ASHRAE ได้คำนึงถึงจำนวนคนในพื้นที่เป็นปัจจัยหลัก ดังตารางที่ 2.12 โดยมีหลักการคำนวณ คือ กำหนดพื้นที่ และจำกัดจำนวนคนต่อพื้นที่ที่ออกแบบ จากนั้นจะได้จำนวนคนต่อพื้นที่ที่เพียงพอ โดยจะคิดปริมาณอากาศเติมจากจำนวนคน ยกตัวอย่างเช่น ห้องผ่าตัด กำจัดจำนวน 20 คน ต่อ 100 ตารางเมตร และ 1 คน ต้องการปริมาณอากาศจากภายนอก 30 CFM และเพื่อที่จะได้เห็นภาพรวมของวิธีการคำนวณในวิธีนี้ สามารถพิจารณาได้จากแผนผังการหาอัตราการเติมอากาศจากภายนอก ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989

2.5 การดูแล และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ [17]

เครื่องปรับอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่อยู่ภายในอาคาร (Indoor) เรียกว่า ชุดคอยล์เย็น (FCU) และส่วนประกอบที่อยู่ภายนอกอาคาร (Outdoor) เรียกว่า ชุดคอยล์ร้อน (CDU) ซึ่งการทำงานก็จะคล้ายชื่อ คือ ชุดคอยล์เย็นมีหน้าที่สร้างความเย็น ส่วนชุดคอยล์ร้อนมีหน้าที่ดึงความร้อนจากภายในออกมา ซึ่งแต่ละส่วนของเครื่องปรับอากาศควรต้องได้รับการดูแลรักษาให้ถูกต้องและเหมาะสม

2.5.1 ส่วนคอยล์เย็น (FCU) [17]

ซึ่งมีส่วนประกอบย่อยที่จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาทำความสะอาด คือ

1. **แผงกรองฝุ่น หรือฟิลเตอร์** ในเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องจำเป็นต้องมีฟิลเตอร์ ซึ่งฟิลเตอร์ทำหน้าที่เป็นด่านแรกที่จะกรองอากาศโดยจะดักจับฝุ่นและสิ่งสปรกที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศไม่ให้ผ่านเข้าไปยังตัวแผงขอท่อคอยล์เย็น และเป่าสู่บรรยากาศภายในห้องได้อีก วิธีการล้างฟิลเตอร์โดยใช้น้ำฉีดแรง ๆ ฉีดที่ด้านหลังของฟิลเตอร์ (ด้านที่ไม่ได้รับฝุ่น) ให้ฝุ่นและสิ่งสกปรกหลุดออกหรือถ้าฟิลเตอร์เป็นแบบเส้นใยอลูมิเนียมถัก แบบเส้นใยไนล่อน ก็อาจใช้แปรงที่มีขนนิ่ม เช่น แปรงสีฟัน หรือแปลงทาลีช่วยปัดฝุ่นได้ ดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 การทำความสะอาดฟิลเตอร์

ที่มา บริษัท AFE Air Conditioner Service, https://www.air-filter-exchange.org

2. แผงขดท่อคอยล์เย็น คือ ตัวสร้างความเย็น มีรูปร่างเป็นเส้นท่อขดไปมาตามความยาวของเครื่อง และจะมีแผ่นครีบอลูมิเนียมบาง ๆ หุ้มขดท่อเหล่านั้นอยู่ แผงขดท่อจะมองเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อถอดหน้ากากส่งลม หรือหน้ากากรับลมกลับของเครื่อง ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 แผงขดท่อคอยล์เย็น
ที่มา : บริษัท ซิตี้ แอร์ จำกัด, http://www.cityaircare.com

วิธีการล้างแผงขดท่อคอยล์เย็น ใช้แปรงสีฟันหรือแรงทาสีปัดฝุ่นที่เกาะยึดติดอยู่ให้ออกก่อนด้วยการลากแปรงลงตามแนวล่องของแผ่นครีบอลูมิเนียม แล้วจึงค่อยเอาน้ำฉีดเพื่อให้ฝุ่นที่เหลือหลุดออกมา แต่เนื่องจากฝุ่นละอองที่จับอยู่เป็นเวลานาน ๆ จะมีความเหนียวมาก บางครั้งอาจจะต้องใช้น้ำยาเคมีช่วยขจัดสิ่งสกปรกออก น้ำยาเคมีที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศซึ่งจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อคนและไม่ทำลายวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

3. ใบพัดลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์ เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการเคลื่อนที่ของลม โดยได้กำลังมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.9 ฝุ่นผงขนาดเล็กที่เล็ดลอดมาจากการดักจับของแผลกรองอากาศบางส่วนจะมาจับที่ใบของพัดลม ทำให้ร่องตักลมของใบพัดอุดตันไม่สามารถตักลมได้เต็มที่ การเกิดในลักษณะเช่นนี้จะทำให้ปริมาณลมเย็นที่ออกไปจากคอยล์เย็นลดลงจึงต้องเสียเวลาในการเดินเครื่องปรับอากาศนานขึ้น เพื่อให้ได้อุณหภูมิของห้องเท่าเดิม การล้างทำความสะอาดใบพัด ควรล้างทำไปพร้อมกับการล้างทำความสะอาดแผงคอยล์เย็น

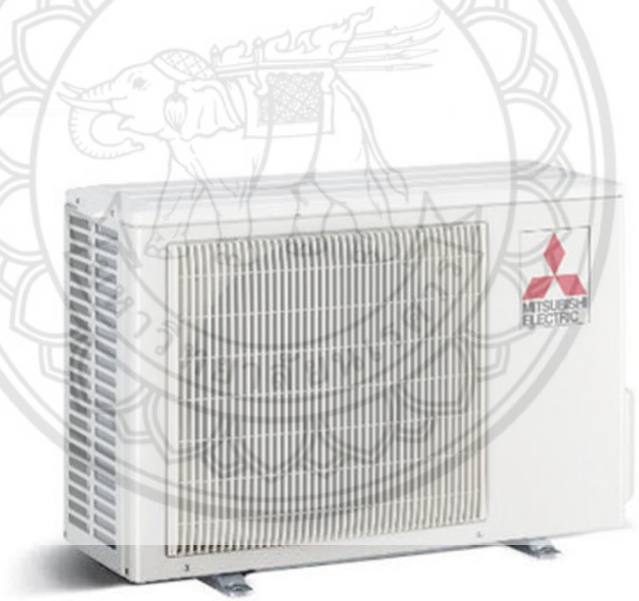
รูปที่ 2.9 ใบพัดลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์
ที่มา : บริษัท อุดรเครื่องเย็น จำกัด, https://www.udorncooling.com

4. ถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง เป็นอุปกรณ์สำหรับรองรับน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำของไอน้ำในอากาศภายในห้อง น้ำที่เกิดขึ้นนี้จะไหลไปรวมกันที่ถาดรองรับน้ำและถูกระบายทิ้งโดยผ่านทางท่อน้ำทิ้งที่ถาดรองรับน้ำทิ้งนี้ถ้าไม่ได้รับการดูแลหรือทำความสะอาด เป็นเวลานานจะทำให้เกิดเมือกขาวใสคล้ายวุ้น น้ำที่ขังอยู่ในถาดรองรับน้ำทิ้งเป็นเวลานานนี้เมื่อรวมกับฝุ่นละอองต่าง ๆ ที่เกาะอยู่ตามถาดรับก็อาจจะเป็นแหล่งอาหาร หรือเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค เชื้อรา และทำให้เชื้อโรค เชื้อรา เหล่านี้เจริญเติบโตและแพร่กระจายสู่ผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้อาศัยภายในที่พักได้ การทำความสะอาดถาดรองน้ำทิ้งโดยการใช้แปรงที่มีขนแข็งขัดถู หรือการถอดออกมาล้าง ส่วนท่อน้ำทิ้งทำได้โดยการใช้เครื่องเป่าลม เป่าลมเข้าไปตามท่อน้ำ หรือใช้น้ำที่มีแรงดันเล็กน้อยฉีดเข้าไปภายในห้อง ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 การล้างถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง
บริษัท เอกธนวัฒน์ เอ็นจิเนียร์ จำกัด, http://www.44air.com/cleaning/

2.5.2 คอยล์ร้อน [17]

คอยล์ร้อน เป็นตัวที่ติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารภายในชุดคอยล์ร้อนจะมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน คือ คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลมพร้อมใบพัด และแผงขดท่อคอยล์เย็น ดังรูปที่ 2.11 ชุดคอยล์ร้อนจะมีหน้าที่นำเอาความร้อนจากภายในห้องมาระบายออกทิ้งไปดังนั้นลมที่เป่าออกมาจากคอยล์ร้อนจึงเป็นลมร้อน การดูแลบำรุงรักษาคอยล์ร้อนจึงต้องทำให้เกิดการระบายความร้อนได้ดี โดยไม่มีวัตถุสิ่งของใด ๆ มาปิดบังทิศทางของการระบายของลม และดูแลไม่ให้สิ่งอื่น ๆ มาปิดบังโดยเฉพาะที่แผงขดท่อและแผ่นอลูมิเนียมของคอยล์ร้อน เพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวขวางกั้นไม่ให้ลมเข้าไปรับความร้อนจากชุดคอยล์ร้อนได้ การทำความสะอาดฝุ่นที่เกาะอยู่ตามชุดคอยล์ร้อน สามารถใช้น้ำฉีดได้แต่ต้องระวังอย่าให้น้ำกระเด็นเข้าไปเปียกอุปกรณ์ไฟฟ้าได้



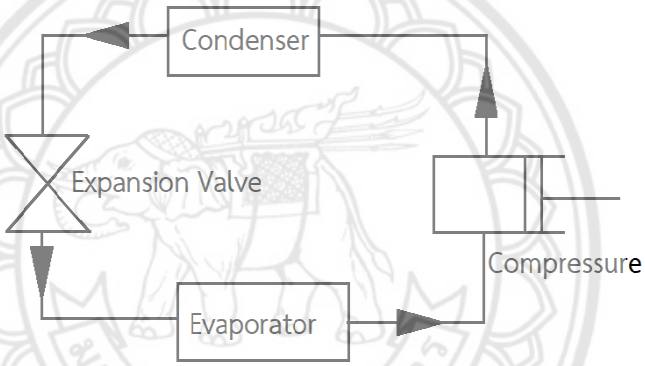
รูปที่ 2.11 คอยล์ร้อน

ที่มา : เชียงใหม่แอร์แคร์เอ็นจิเนียริ่ง, http://www.chiangmaiaircare.com

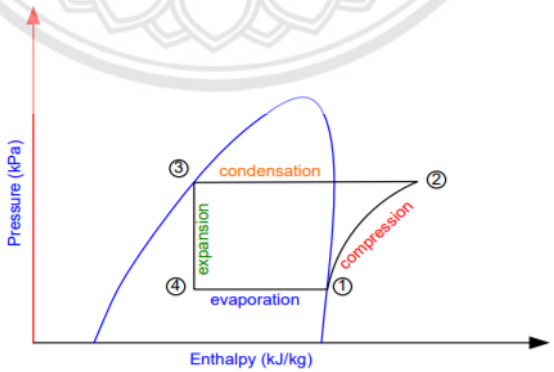
2.6 การปรับอากาศและระบบปรับอากาศ

การปรับอากาศ หมายถึง การทำให้อากาศภายในห้องหรือบริเวณที่ปรับอากาศมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ เพื่อให้รู้สึกสบาย [7] เช่น บ้าน โรงพยาบาล โรงเรียน สำนักงาน เป็นต้น โดยสิ่งที่ต้องควบคุมของระบบปรับอากาศประกอบไปด้วย ความชื้น ความเร็วลมที่มาปะทะร่างกาย และความสะอาด

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศร้อน จึงจะต้องทำการลดอุณภูมิและความชื้นของอากาศ จะต้องใช้เครื่องทำความเย็นที่ทำงาน [8] โดยมีหลักการทำงานดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 2.13 หลักการของวัฏจักรทำความเย็น

ที่มา : กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

สามารถอธิบายกระบวนการของกราฟในรูป 2.13 ได้ดังนี้ [9]

กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic Compression โดยคอมเพรสเซอร์จะทำการอัดสารทำความเย็นในสภาวะอิ่มตัวให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน (Condenser)

กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่แบบย้อนกลับได้ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะไอร้อนยิ่งยวด (Superheated Vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น

กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือ กระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันที่คอยล์เย็น (Evaporator)

กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

2.7 ชนิดของระบบปรับอากาศ

สำหรับระบบปรับอากาศนั้น ที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภท ดังนี้

2.7.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) [14]

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นระบบปรับอากาศที่นิยมใช้ตามบ้านเรือน หอพัก หรือสำนักงานขนาดเล็ก โดยส่วนใหญ่มีขนาดทำความเย็นไม่เกิน 40,000 Btu/hr. เป็นระบบปรับอากาศที่แยกเอาระบบระบายความร้อน (Condensing Unit) ซึ่งประกอบไปด้วย คอมเพรสเซอร์ แผงท่อระบายความร้อน (Condensing coil) และพัดลมระบายความร้อน (Condensing fan) ติดตั้งไว้ภายนอก และนำระบบทำความเย็น (Evaporating Unit) ซึ่งประกอบไปด้วยระบบท่อลมหรือพัดลม ซึ่งเรียกได้อีกว่าคอยล์เย็น หรือ Indoor unit ติดตั้งไว้ในตัวอาคาร ซึ่งระบบนี้สามารถเลือกเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศได้ตามความต้องการในการใช้งานดังรูปที่ 2.14

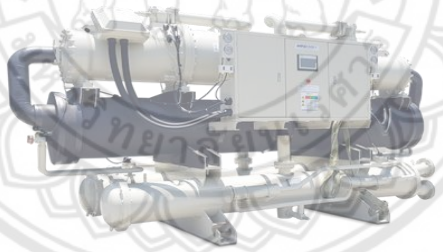
รูปที่ 2.14 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ที่มา : บริษัทฟูจิตสึ เจเนอรัล ในประเทศไทย, https://www.fujitsu-general.com/th

2.7.2 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Center System) [12]

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Center System) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller System) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ เช่น โรงพยาบาล สำนักงานขนาดใหญ่ เป็นต้น โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นหรือChiller เป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน โดยใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการดึงความร้อนออกจากระบบแล้วถ่ายเทให้กลับสิ่งแวดล้อม Chiller ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการรับภาระความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับสภาวะของอากาศ

Chiller ดังรูปที่ 2.15 ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (compressor) คอนเดนเซอร์ (condenser) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) และเอ็กเพนชั่นวาล์ว (Expansion valve) ใช้สารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134a



รูปที่ 2.15 Chiller
ที่มา : บริษัท แอมเพิล คูล จำกัด, https://www.amplecool.com/

โดยทั่วไปหากแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนที่ condenser จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller, ACWC) โดยขนาดการทำความเย็นไม่เกิน 500 ตัน เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง

หรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4 -1.6 กิโลวัตต์ต่อตัน ดังแสดงในรูป 2.15

รูปที่ 2.16 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ
ที่มา : บริษัท แอมเพิล คูล จำกัด, https://www.amplecool.com/

2. เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller, WCWC) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยจะอยู่ระหว่าง 0.62-0.75 กิโลวัตต์ต่อตัน เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ต้องมีการลงทุนที่สูงกว่าเนื่องจากต้องมีการติดตั้งหอระบายความร้อน (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) ดังแสดงในรูป 2.17

รูปที่ 2.17 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ที่มา : บริษัท สแปคโก้ คูลลิ่งเทาเวอร์ อินดัสตรี จำกัด, http://www.spacco.co.th/

2.7.3 ระบบปรับอากาศแบบครบชุด (Package) [13]

ระบบปรับอากาศแบบครบชุดเป็นระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก อาจจจะมีจำนวนห้องที่จำเป็นต้องปรับอากาศหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น ส่วนประกอบของระบบปรับอากาศชนิดนี้จะประกอบไปด้วย แผงคอยล์เย็น คอยล์ร้อน และเครื่องอัดสารทำความเย็น จะรวมอยู่ในชุด Package เดียวกัน โดยมีท่อส่งลมเย็นและท่อลมกลับ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านในแล้วต่อทะลุออกมาตามผนังด้านนอกอาคาร

ท่อส่งลมเย็น (Supply Air Duct) ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศ และท่อลมกลับ (Return Air Duct) ทำหน้าที่นำลมเย็นที่ได้แลกเปลี่ยนความเย็นให้กลับห้องปรับอากาศกลับมายังแผงทำความเย็นอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายปริมาณลม (Variable Air Volume, VAV) เพื่อควบคุมปริมาณลมเย็นให้เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่ต้องการโดยเฉพาะกรณีที่มีภาระลดลง โดยที่อุณหภูมิยังคงที่แต่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน หากแบ่งระบบปรับอากาศแบบ Package ตามลักษณะการระบายความร้อนที่เครื่องแน่น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Packaged Air Cooled Air Conditioner) โดยปกติขนาดการ ทำความเย็นไม่เกิน 30 ตัน เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจชนิดระบายความร้อน ด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 กิโลวัตต์ต่อตัน ดังแสดงในรูป 2.18

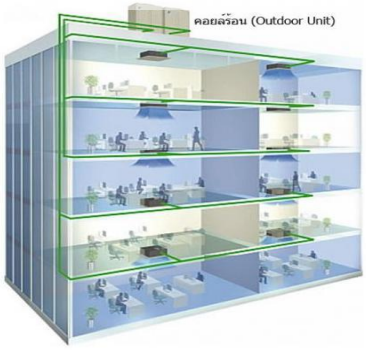
รูปที่ 2.18 Packaged Air Cooled Air Conditioner
ที่มา : บริษัท เอ็มเพรส รีฟริกเจอเรชั่น จำกัด,
https://www.nanasupplier.com/EmpressRefrigaration

2. ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Packaged Water Cooled Air Conditioner) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจชนิดระบาย ความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนด้วยอากาศโดยจะอยู่ประมาณ 1.2 กิโลวัตต์ต่อตัน ดังแสดงในรูป 2.19

รูปที่ 2.19 Packaged Water Cooled Air Conditioner
ที่มา : บริษัท สยามเทมป์ จำกัด, https://www.siamtemp.com/

2.7.4 ระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF [14]

ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow) เป็นระบบของเครื่องปรับอากาศที่ปรับสารทำความเย็นตามภาระโหลดของการทำความเย็นและจำนวนตัวเครื่องที่ทำการติดตั้ง เป็นระบบปรับอากาศเชิงพาณิชย์ที่เหมาะในลักษณะการติดตั้งที่พื้นที่จำกัดในการติดตั้งคอยล์ร้อน (Condenser) เนื่องจากคอยล์ร้อน 1 ตัว สามารถติดตั้งคอยล์เย็น (Evaporator) ได้หลายตัวและหลายชั้นดังรูปที่ 2.20 ซึ่งคอยล์เย็นจะแยกการทำงานโดยอิสระจึงสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 2.20 ลักษณะของระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น
ที่มา : บริษัท ไฮเอฟ คูลลิ่ง จำกัด, http://www.hieffcooling.co.th/

ลักษณะการทำงานของตัวเครื่องภายนอก (Outdoor unit) จะทำงานในลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของสารทำความเย็นในระบบ ตามโหลด ของตัวเครื่องภายใน (Indoor unit) โดยตัวเครื่องภายนอกจะถูกออกแบบให้มีคอมเพรสเซอร์อย่างน้อย 2 ตัวขึ้นไป ซึ่งการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะถูกออกแบบให้ทำงานลักษณะสลับการทำงานแล้วส่งสารทำความเย็นไปตามท่อของเหลว (Liquid side) ไปยังตัวเครื่องภายใน ซึ่งตัวเครื่องภานในก็จะมีตัวควบคุมปริมาณของสารทำความเย็น (PMV Valve) เป็นตัวจ่ายสารทำความเย็นตามภาระโหลดการทำงาน และตัวคอมเพรสเซอร์จะทำงานเต็มที่เมื่อมีการเปิดใช้ จำนวนตัวเครื่องภานในมากขึ้น [15]

จากรูปที่ 2.20 จะสามารถอธิบายได้ว่า คอยล์ 1 ชุด สามารถจ่ายความเย็นในคอยล์เย็นได้มากถึง 64 ชุด โดยสามารถทำงาน Part Load (ภาระการทำความเย็นที่น้อยกว่าที่ออกแบบไว้ ซึ่งจะแปรผันไปตามภาระโหลดที่เกิดขึ้นจริง) ได้ถึง 10% และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP.) สูงสุด 3.5 (ประหยัดกว่าแอร์เบอร์ 5) หรือประหยัดไฟมากกว่าระบบ Split Type ถึง 20-25% ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ สถานที่ราชการ โรงแรม โรงพยาบาล และมหาวิทยาลัย เป็นต้น

สำหรับอุปกรณ์คอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม เช่น 4-Way, Static Pressure Duct, Wall Mount, 2-Way Cassette และ 1-Way Cassette เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการใช้งาน ดังรูปที่ 2.21 และสำหรับอุปกรณ์คอยล์ร้อน (Condenser Unit, CDU) ก็สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม เช่น แบบ Standard และ Essential เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.22

FCU แบบ 4-Way

FCU แบบ Static Pressure Duct

FCU แบบ Wall Mount

FCU แบบ 2-Way Cassette

FCU แบบ 1-Way Cassette

รูปที่ 2.21 คอยล์เย็นชนิดต่าง ๆ

ที่มา : บริษัท Samsung, https://www.samsung.com/uk/business/variable-refrigerant-flow-air-conditioners-dvm/

CDU แบบ Standard

CDU แบบ Essential

รูปที่ 2.22 คอยล์ร้อนชนิดต่าง ๆ

บริษัท Samsung, https://www.samsung.com/uk/business/variable-refrigerant-flow-air-conditioners-dvm/

ข้อดีของระบบ VRV / VRF

1. เป็นระบบใช้สารทำความเย็น R-410a ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าสามทำความเย็นที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (R-22 และ R-134a) ทำให้ทำงานได้รวดเร็วกว่า และสารทำความเย็น R-410a เป็นสาร HFCs มีค่า ODP = 0 จึงไม่ทำลายชั้นโอโซน
2. ประหยัดพลังงานมากกว่าระบบอื่น ๆ โดยสามารถทำงาน Part Load ได้ต่ำถึง 10%
3. มีอุปกรณ์ควบคุมแบบรวมศูนย์ สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดได้
4. อาคารจะสวยงาม เนื่องจากใช้พื้นที่วางคอยล์ร้อนน้อย
5. เสียงเงียบ เนื่องจากเป็นระบบ Inverter
6. การใช้งานทนทานไม่ต้องเสียค่า Maintenance สูง เนื่องจากเป็นระบบ Inverter และไม่ต้องใช้ปั๊มน้ำและ Cooling Tower

ข้อเสียของระบบ VRV / VRF

1. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง เนื่องจากการติดตั้งจะต้องทำการฝังเข้าตู้หรือเพดาน
2. ระบบบำรุงรักษายาก เนื่องจากใช้สารทำความเย็นเป็นสารทำงาน ทำให้ตรวจสอบการรั่วได้ยากกว่าน้ำ

2.7.8 การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศ [16]

ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศ VRV กับระบบปรับอากาศชนิดอื่น

ลักษณะการเปรียบเทียบ	ระบบ Split Type (ระบบ CRV)	ระบบ Chillier System	Package	ระบบ VRV/VRF
ขนาดความเย็น	0.75 – 5 ตันความเย็น	Air Cooled Water Chiller ไม่เกิน 500 ตันความเย็น Water Cooled Chiller System ไม่เกิน 1000 ตันความเย็น	Package water cooled ไม่เกิน 90 ตันความเย็น Package air cooled ไม่เกิน 30 ตันความเย็น	4 – 47 ตันความเย็น
อุปกรณ์ และการใช้พื้นที่	ต้องมีพื้นที่วาง FCU กระจายเป็นจุดย่อยๆ ต้องมีพื้นที่วาง CDU. ซึ่งต้องควรอยู่ใกล้ AHU. ที่สุด	Air Cooled Water Chiller พื้นที่ตั้งเครื่องทำน้ำเย็นต้องสามารถระบายอากาศได้ดี ระบายความร้อนด้วยน้ำ Water Cooled Chiller System ต้องมีพื้นที่วางหอระบายความร้อนและเครื่องสูบน้ำสำหรับหอระบายความร้อน	Package water cooled ต้องมีพื้นที่วาง Cooling Tower Package air cooled ต้องมีพื้นที่สำหรับตั้ง Package ต้องสามารถระบายอากาศออกสู่ภายนอกได้	ต้องมีพื้นที่สำหรับวาง FCU หรือพื้นที่สำหรับการวางท่อลมที่ต่อกับ CDU ต้องมีพื้นที่สำหรับวาง CDU เป็นจุดใหญ่เนื่องจากCDU ตัวเดียวสามารถใช้กับ FCU หลายตัวได้

ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศ VRV กับระบบปรับอากาศชนิดอื่น (ต่อ)

ลักษณะการเปรียบเทียบ	ระบบ Split Type (ระบบ CRV)	ระบบ Chillier System	Package	ระบบ VRV/VRF
การวางอุปกรณ์ แต่ละส่วน	สามารถเดินท่อสารทำความเย็นขนาดเล็ก แต่ได้ระยะประมาณ 15 เมตร ทำให้ต้องจำกัดระยะห่าง CDU กับ AHU	**Air Cooled Water Chiller** สามารถแยก Water FCU, Chiller และ Cooling Tower แต่ละส่วนอยู่ห่างกันได้มาก ต้องมีพื้นที่วางท่อน้ำขนาดใหญ่กว่าท่อน้ำยาปรับอากาศ **Water Cooled Chiller System** สามารถแยก Water FCU, Chiller และ Cooling Tower แต่ละส่วนอยู่ห่างกันได้มาก ต้องมีพื้นที่วางท่อน้ำขนาดใหญ่กว่าท่อน้ำยาปรับอากาศ	**Package water cooled** CDU และ AHU อยู่ติดกัน โดย Cooling Tower สามารถอยู่แยกห่างออกมาได้ ไม่ต้องเดินท่อน้ำเย็นหรือท่อสารทำความเย็น โดยมีท่อน้ำเย็นหลักเฉพาะจากเครื่องไปที่ Cooling Tower **Package air cooled** CDU กับ FCU อยู่ด้วยกัน ไม่ต้องเดินท่อสารทำความเย็น มีท่อน้ำจากเครื่อง Package ต่อไปที่ Cooling Tower	สามารถเดินท่อสารทำความเย็นขนาดเล็กระหว่าง FCU กับ CDU ทำให้มีระยะห่างสูงสุด 100 เมตร

ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศ VRV กับระบบปรับอากาศชนิดอื่น (ต่อ)

ลักษณะการเปรียบเทียบ	ระบบ Split Type (ระบบ CRV)	ระบบ Chillier System	Package	ระบบ VRV/VRF
ผลกระทบต่อรูปแบบสถาปัตยกรรมภายนอก	ต้องมีเกล็ดระบายอากาศทุกส่วนที่ติดตั้ง CDU	**Air Cooled Water Chiller** ต้องมีพื้นที่ระบายอากาศได้ดีสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น **Water Cooled Chiller System** ต้องมีพื้นที่สำหรับติดตั้ง Cooling Tower	**Package water cooled** CDU และ AHU อยู่ติดกัน โดย Cooling Tower สามารถอยู่แยกห่างออกมาได้ ไม่ต้องเดินท่อน้ำเย็นหรือท่อสารทำความเย็น **Package air cooled** CDU. และ AHU.อยู่ติดกัน ไม่ต้องเดินท่อน้ำเย็นหรือท่อสารทำความเย็น	ในอาคารขนาดใหญ่ ผนังภายนอกบางส่วนต้องเปิดเป็นเกล็ดระบายอากาศ ในอาคารขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำ CDU มารวมไว้ในบริเวณเดียวกันได้
การบำรุงรักษา	ใช้ช่างทั่วไปในการซ่อมบำรุง	ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญตรวจสอบ และดูแลทุกวัน	ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ	ต้องมีช่างเทคนิคที่มีความรู้ โดยเฉพาะ

2.8 สมการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

1. ภาระการทำความเย็นจากบริเวณห้อง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 [11]

$$BTU = \text{พื้นที่ของห้อง} \times \text{ตัวแปร} \qquad \text{สมการที่ 2.1}$$

โดย

BTU คือ ภาระการทำความเย็น (Btu/hr)

ค่าตัวแปร

- สำหรับห้องนอน หรือห้องที่มีความร้อนน้อย (ห้องที่ไม่โดนแดดหรือโดนเล็กน้อย ฝ้าต่ำ หรือห้องที่ใช้แอร์ช่วงกลางคืน) : 700-800
- สำหรับห้องรับแขก หรือห้องที่มีความร้อนปานกลาง - มาก (ห้องที่โดนแดด อยู่ทิศตะวันตก หรือใช้แอร์ช่วงกลางวัน) : 800-900
- สำหรับห้องออกกำลังกาย ห้องทำงาน หรือห้องที่มีความร้อนมาก หรือฝ้าสูง (ห้องที่โดนแดด อยู่ทิศตะวันตก อยู่ชั้นบนสุด หรือใช้แอร์ช่วงกลางวัน) : 900-1000
- สำหรับร้านค้า ร้านอาหารที่เปิดปิดประตูบ่อย ร้านทำผม หรือสำนักงานที่มีคนอยู่จำนวนมาก : 1000-1200

2. อัตราการไหลเชิงปริมาตร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2 [11]

$$Q = ACH \times \text{ปริมาตรของห้อง} \qquad \text{สมการที่ 2.2}$$

โดย

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/hr)

ACH คือ การระบายอากาศที่มีอัตราการไหลเชิงปริมาตรเท่ากับปริมาตรของห้องภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง

3. อัตราการไหลเชิงมวล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 [11]

$$m=\rho \times Q \qquad \text{สมการที่ 2.3}$$

โดย

m คือ อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

4. ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4 [11]

$$Q_s=1.02\times m\times(t_2-t_1) \qquad \text{สมการที่ 2.4}$$

โดย

Q_s คือ ความร้อนสัมผัส (kw)

t_2 คือ อุณหภูมิของอากาศภายนอก (^oC)

t_1 คือ อุณหภูมิของอากาศภายในห้อง (^oC)

5. ความร้อนแฝง (Latent heat) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.5 [11]

$$Q_L = 2548\times m\times(w_2-w_1) \qquad \text{สมการที่ 2.5}$$

โดย

Q_L คือ ความร้อนแฝง (kw)

w_2 คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศภายนอก (kg/kg_{da})

w_1 คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศภายในห้อง (kg/kg_{da})

6. ความร้อนทั้งหมด (Total heat) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6 [11]

$$Q_T = Qs + Q_L \qquad \text{สมการที่ 2.6}$$

โดยสามารถหาความร้อนในหน่วยความตันความเย็นได้จากสมการที่ 2.7 [11]

$$\text{ตันความเย็น} = \frac{Q_T}{12,000} \qquad \text{สมการที่ 2.7}$$

2.9 วรรณกรรมปริทัศน์

จักรพันธ์ ภวังค์คะรัตน์ วิศวกรเครื่องกลอาวุโส ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการควบคุมการติดเชื้อทางอากาศสำหรับโรงพยาบาล โรงพยาบาลสามารถติดเชื้อที่ส่งผ่านทางอากาศได้ ผู้ป่วยเป็นแหล่งกำเนิดหลักของเชื้อโรคในโรงพยาบาล จากการศึกษาแสดงว่า 99.4% ของแบคทีเรียในโรงพยาบาลจะถูกกรองได้โดยแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพ 90-95% ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียมักรวมตัวอยู่ด้วยกันซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน หน่วยงานบางแห่งแนะนำให้ใช้แผงกรองอากาศชนิด HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter)ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99.97% การป้องกันการติดเชื้อทางอากาศขั้นพื้นฐานที่สุดคือการป้องกันไม่ให้เชื้อผ่านเข้าและออกจากห้องที่ต้องการควบคุมได้ แนวทางแรกคือ การป้องกันทางกายภาพ ได้แก่ ทำให้ประตูหน้าต่างมีรอยรั่วเล็กน้อย ไม่มีช่องเปิดที่ผนัง ทำประตูสองชั้น แนวทางที่สองคือ การสร้างความดันภายในห้องให้สูงกว่าภายนอกห้องในกรณีป้องกันเชื้อโรคเข้าห้อง เพื่อให้อากาศไหลจากภายในห้องผ่านตามรอยรั่วต่าง ๆ หรือการสร้างความดันภายในห้องให้ต่ำกว่าภายนอกห้องในกรณีป้องกันเชื้อออกจากห้อง [18]

ปริยะดา โชควิญญู และคณะ ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารและแหล่งแพร่กระจายของเชื้อลีจิโอเนลลา (Legionella spp.) ที่เป็นสาเหตุของโรคปอดอักเสบลีเจียนแนร์ในโรงพยาบาลและโรงแรม โดยการศึกษาเชิงสำรวจ คือ ใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคสนามและเก็บตัวอย่างทางแบคทีเรียและเชื้อรา นำตรวจทางห้องปฏิบัติการ จากผลการศึกษา พบว่า คุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมมีปัญหาที่สำคัญเหมือนกัน คือ มีฝุ่นละออง (PM2.5) ฟอร์มัลดีไฮด์ เชื้อแบคที่เรีย และเชื้อราเกินมาตรฐาน โดยมีระบบหอผึ่งเย็นและระบบกักเก็บและส่งน้ำสะอาดไปใช้ในอาคารเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่กระจายเชื้อลีจิโอเนลลา [19]

กติกา สระมณีอินทร์ และคณะ ได้ทำการสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราที่แขวนลอยในอากาศภายในอาคารวิจัยและอาคารชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยการวางเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องที่สนใจ และทำการสำรวจลักษณะทางกายภาพของห้องตัวอย่างแต่ละห้อง คือ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น สำรวจพฤติกรรมการใช้ห้องทำงานและข้อเรียกร้องทางด้านสุขภาพจากผู้ใช้งานห้องตัวอย่าง จากผลการศึกษา พบว่า การเปิดหน้าต่างและประตูมีผลต่อ

ปริมาณเชื้อราแขวนลอยในอากาศ คือ ห้องที่มีการเปิดหน้าต่างมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเชื้อรามากกว่าห้องที่ไม่เปิดหน้าต่างและประตู [20]

พรชรัฐ สายยุทธ ได้ทำการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศในอาคาร กลุ่มตัวอย่างคือ หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน คลินิกวัณโรค และห้องทำงานของโรงพยาบาลนครพิงค์จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยเครื่องมือ Single Stage Impactor และ Indoor Air Quality Monitor วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ ความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 614.69 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม Guide lines for Good Indoor Air Quality in ส่วนปริมาณเชื้อราพบสูงที่สุด คือ หอผู้ป่วยนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 650.06 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน Office Premises (1996) และตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ [23]

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล และ ผศ.ดร.ชุมพร มูรพันธุ์ ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งาน โดยประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ พร้อมกับการตอบแบบสอบถามในสถานที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งทางประเภทของกิจกรรมและปริมาณความหนาแน่นของการเข้าใช้งานพื้นที่ จากการศึกษา พบว่าองค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ, ความชื้นและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน และเมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาเปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้งานอาคารแล้ว ผลปรากฏว่า ผู้ใช้งานอาคารไม่สามารถรับรู้ถึง คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำกว่ามาตรฐานได้ [24]

JINKYUN CHO และคณะ ได้ทำประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศของ 3 กระบวนการควบคุม HVAC สำหรับโรคติดเชื้อในอากาศที่เกิดจากการปนเปื้อนอากาศหายใจออกจากผู้ป่วยในห้องแยกเชื้อในอากาศ (AIIR) โดยตรวจสอบการไหลของอากาศและการกระจายของสารมลพิษในอากาศโดยการสร้างแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณและการวัดภาคสนาม ในโรงพยาบาลเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัสในอากาศ การแพร่กระจายส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการไหลของอากาศและการเปลี่ยนแปลง

ทิศทางที่เกิดจากจัดหาตำแหน่งอากาศและอากาศเสีย กระบวนการระบายอากาศในห้องแยกที่ดีขึ้นได้รับการพัฒนาและพบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากการสังเกตและผลการจำลองจากระบบระบายอากาศสามระบบ [22]

สุรีพรรณ์ สุพรรณสมบูรณ์ ได้ทำการสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน กรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ โดยการศึกษาจากตัวแปรคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ การมองเห็น เสียง และคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อศึกษาปัญหาและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องและจากผลการวิจัยยืนยันว่าความเห็นของผู้ใช้ห้องเรียนสามารถชี้วัดปัญหาของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [25]

จุติพร พนมบัวเลิศ และคณะได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารโดยการตรวจนับปริมาณ แบคทีเรีย และเชื้อราในคลินิกหน่วยทันตกรรมผู้ป่วยนอก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้วิธีการวัดจำนวนเชื้อในอากาศแบบการเพาะเชื้อบนจานอาหารเพาะเชื้อ (Open Plate) จำนวน 3 จุด ของ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาก่อนให้การรักษาและเวลาขณะที่มีการให้การรักษาทางทันตกรรม จากผลการศึกษา พบว่า จำนวนแบคทีเรียในอากาศที่วัดจากห้องจ่ายอุปกรณ์มีมากที่สุด คือ อยู่ในช่วงเวลาก่อนให้การรักษา ณ บริเวณประตูทางเข้า-ออกของคลินิก [26]

จิตรดิลก ชูเพชร, สรวิศ มาพิจารณ์, ศิวัช หริ่มสืบ ได้ทำออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น (VRV/VRF) สำหรับอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีขั้นตอนคือ สำรวจอาคารลักษณะการใช้งานอาคาร วิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็น เลือกคอยล์เย็นจากภาระทำความเย็นและลักษระการใช้งานของแต่ละห้อง จัดกลุ่มห้องเพื่อเลือกคอยล์ร้อน วางระบบท่อสารทำความเย็น เปรียบเทียราคากับระบบปรับอากาศชนิดอื่น จากการออกแบบพบว่าคอยล์เย็นที่เหมาะสมที่สุดคือ 4 Way cassette และกลุ่มห้องกลุ่มห้องถูกจัดให้มีภาระทำความเย็นที่ใกล้เคียงกันเพื่อเลือกคอยล์ร้อนรุ่นเดียวกัน ซึ่งอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ใช้คอยล์ร้อนสูงสุด 11 ตัว และราคาอุปกรณ์ของระบบ VRV/VRF สูงสุดอยู่ที่ 18.9 ล้านบาท [16]

อุกฤษฏ์ ใจงาม ศึกษาการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคารสูงที่อยู่ในสภาพอากาศร้อนชื้น โดยการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบปรับอากาศ VRF และระบบปรับอากาศ Water cooled chiller system ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่พบบ่อยบนอาคารสูง ในการคำนวณการทำงานของระบบปรับอากาศทั้งปีนั้นจะใช้โปรแกรม Energy Plus และโปรแกรม Open studio โดยจะทำการจำลองพลังงานระบบปรับอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา อาคารแห่งนี้มีทั้งหมด 20 ชั้น ติดตั้งระบบปรับอากาศ VRF ที่มีการใช้งานจริงและอีกทั้งอาคารแห่งนี้ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร พบว่าการทำงานโดยระบบปรับอากาศ Water cooled chiller system ที่ทำงานแบบ Optimal และใช้ปั๊มแบบ variable flow จะใช้พลังงานน้อยที่สุดและน้อยกว่าระบบปรับอากาศ VRF แต่เมื่อเปิดใช้งานเพียงบางชั้นให้พื้นที่ปรับอากาศน้อยกว่า 8,870.04 ตารางเมตร ระบบปรับอากาศแบบ VRF จะใช้พลังงานน้อยกว่า หากปิดการใช้งานเพียงแค่ 30 นาทีระบบปรับอากาศ VRF จะประหยัดพลังงานสูงสุดที่ 5.63% แต่เมื่อมีการปิดการใช้งานระหว่างวันตั้งแต่ 1 ชั่วโมงถึง 3 ชั่วโมง ระบบปรับอากาศ Water cooled chiller system ที่ทำงานแบบ Uniform load และใช้ปั๊มแบบ Constant flow จะประหยัดพลังงานคิดเป็นร้อยละมากกว่าที่ 10.10% ถึง 25.43% [21]

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 สถานที่ดำเนินโครงงาน

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร แบ่งออกเป็น 2 อาคาร คือ อาคารสิรินธร และอาคารเฉลิมพระเกียรติ โดยในการดำเนินการนี้ผู้ศึกษาเพียงแค่อาคารสิรินธร มีพื้นที่ 36,500 ตารางเมตร มี 9 ชั้นแต่ละชั้นมีความสูงอยู่ที่ 3 เมตร

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้อง Isolation Room เชื้อโรคที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาล และระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF)

3.2.2 ศึกษาจากการไปดูหน้างานจริงที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังภาคผนวก ง.

3.2.3 หาแนวทางปรับปรุงจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการที่ไปดูงานจริงในข้อ 3.2.2

3.2.4 ตรวจหาเชื้อโรคที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังภาคผนวก ก.

3.2.5 ออกแบบห้อง Isolation Room จากการใช้โปรแกรม Sketchup และคำนวณหาภาระการทำความเย็น

3.2.6 และออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF) โดยใช้โปรแกรม New DVM Pro ร่วมกับโปรแกรม AutoCAD ดังภาคผนวก ก. และวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.7 จัดทำรายงานเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบห้อง Isolation Room และปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

3.3 แผนการดำเนินการโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละส่วน

หัวข้องานที่ปฏิบัติต่อเดือน	พ.ศ. 2562		พ.ศ. 2563							
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้อง Isolation Room เชื้อโรคที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาล และระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF)										
2. ศึกษาจากการไปดูหน้างานจริงที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร										
3. หาแนวทางปรับปรุงจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการที่ไปดูงานจริงในข้อ 3.2.2 และตรวจหาเชื้อโรคที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร										
4. ออกแบบห้อง Isolation Room จากการใช้โปรแกรม Sketchup และออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล VRV/VRF โดยใช้โปรแกรม New DVM Pro ร่วมกับโปรแกรม AutoCAD										

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ข้อมูลระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละส่วน

หัวข้องานที่ปฏิบัติต่อเดือน	พ.ศ. 2562		พ.ศ. 2563							
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค.
5. คำนวณหา Load บริเวณทางเดินและบริเวณห้องพักผู้ป่วย และคำนวณหาขนาด AHU (Air Handling Unit)										
6. จัดทำรายงานเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบห้อง Isolation Room และปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร										

3.4 แผนผังงาน (Flowchart)

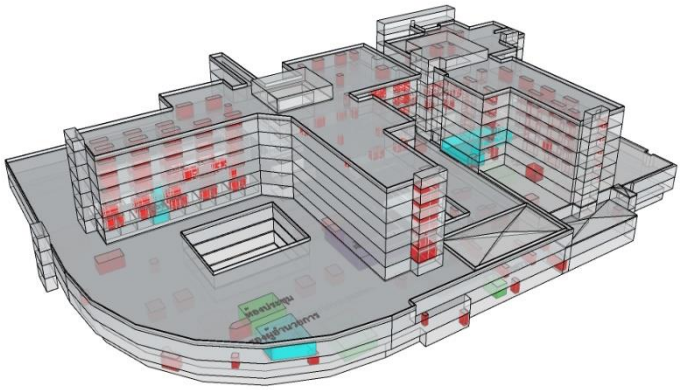
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทที่ 4 นี้จะเป็นผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูลของส่วนชั้น 5 ที่ทางโรงพยาบาลต้องการปรับปรุง ซึ่งทางผู้จัดทำจะแบ่งส่วนที่ทำการศึกษาเพื่อจะปรับปรุงชั้นดังกล่าวออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกจะเป็นการศึกษาแบบและพื้นที่ห้องพักผู้ป่วย ส่วนที่สองจะเป็นการตรวจวัดสิ่งปนเปื้อนภายในอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ ส่วนที่สามจะเป็นการออกแบบห้อง Isolation Room และส่วนที่สี่จะเป็นการออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น ซึ่งรายละเอียดจะดังต่อไปจากนี้

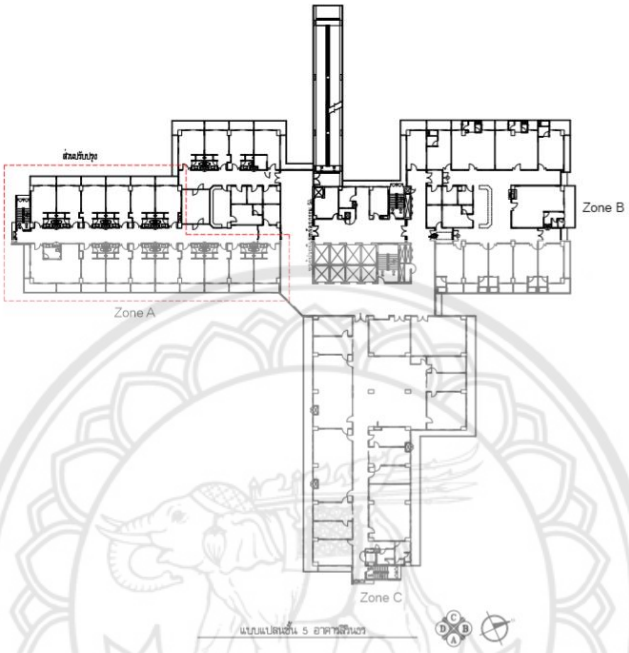
4.1 ศึกษาแบบของระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาแบบของระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะแบ่งออกเป็น 2 อาคาร คืออาคารสิรินธรและอาคารเฉลิมพระเกียรติ ดังรูปที่ 4.1 โดยแต่ละอาคารจะแบ่งออกเป็น 9 ชั้นซึ่งในแบบนั้นจะมี ข้อมูลที่ตั้งของอุปกรณ์การกั้นห้อง เป็นต้น



รูปที่ 4.1 อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษางานที่ชั้น 5 ในส่วนที่จะทำการปรับปรุงตามความต้องการของโรงพยาบาลในอาคารสิรินธรจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ Zone A, Zone B และ Zone C ดังรูปที่ 4.2



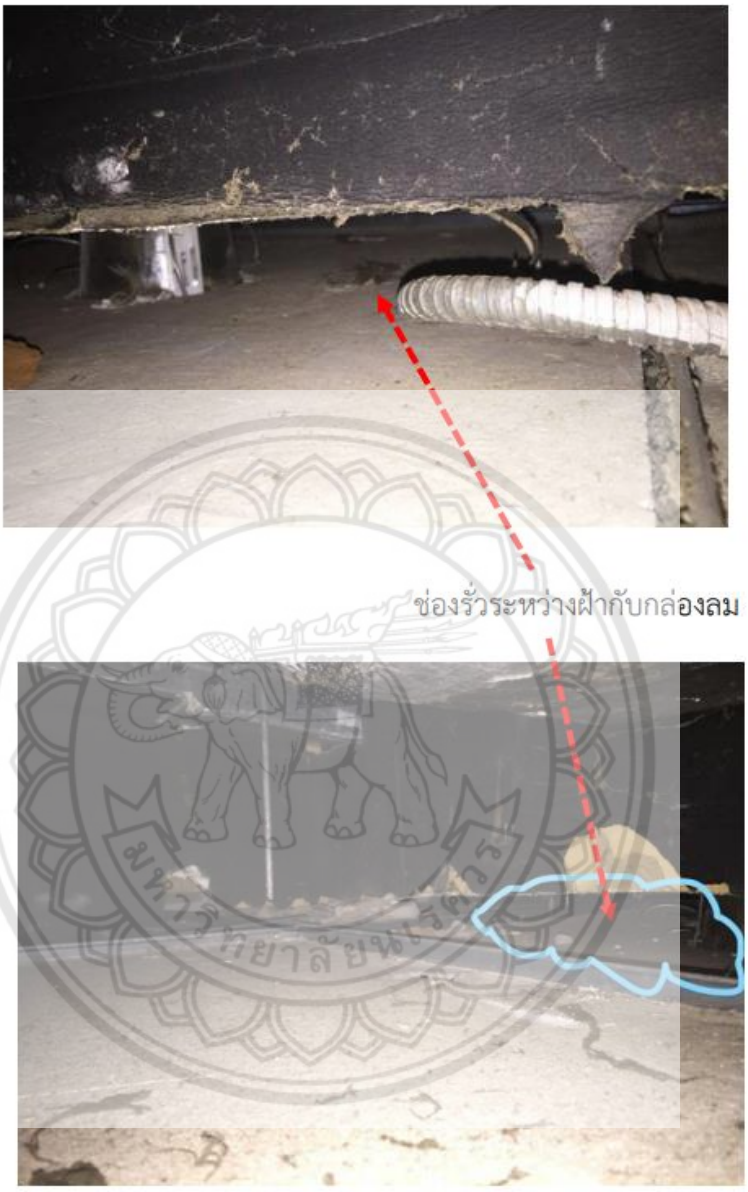
รูปที่ 4.2 แบบการแบ่งพื้นที่บริเวณชั้น 5 อาคารสิรินธร

จากการสำรวจส่วนพื้นที่ห้องพักผู้ป่วยอาคารสิรินธร ในชั้น 5 ของอาคารสิรินธร โดยห้องส่วนใหญ่เป็น ห้องพักผู้ป่วย มีระบบปรับอากาศเป็นระบบ Fan coil แยกแต่ละห้องทำงาน โดยการรับน้ำเย็นจากภายนอก เมื่อตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าเครื่องปรับอากาศยังสามารถใช้งานได้ แต่มีสมรรถนะลดลงเล็กน้อย และพบปัญหาเรื่อง ความชื้น เชื้อรา และฝุ่นละออง ของห้องค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุร่วมกัน กล่าวคือ กล่องช่องลมกลับที่ใช้ในระบบหมุนเวียนอากาศของระบบปรับอากาศมีช่องรั่วเข้าในฝ้าเพดาน จึงทำให้เครื่องปรับอากาศหมุนเวียนอากาศเย็นผ่านภายในช่องฝ้าเพดานอยู่ตลอดเวลา ส่งผลทำให้มีความชื้นสะสมอยู่ในระบบมากจนเกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ดังนั้นควรใช้หลักการในการแก้ปัญหาโดยจำกัดส่วนที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค ด้วยการกันไม่ให้อากาศเย็นหมุนเวียนผ่านช่อง ฝ้าเพดาน และนำอากาศภายนอกเข้ามาเจือจางอากาศภายในห้องตาม

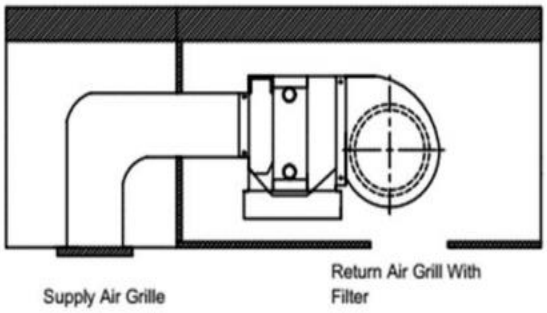
ปริมาณมาตรฐาน นอกจากนั้นยังมีส่วนที่ควรปรับปรุงอื่น ๆ โดยแยกเป็นปัญหาและวิธีแก้ไขตาม ตารางที่ 4.1 โดยแนวทางการแก้ไขดังกล่าวสามารถใช้กับห้องพักผู้ป่วยที่มีลักษณะเดียวกันในอาคาร

ตารางที่ 4.1 ปัญหาและวิธีแก้ไขในส่วนห้องพักผู้ป่วย

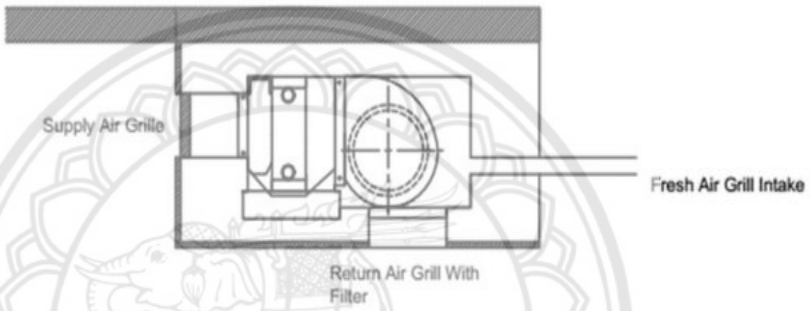
ปัญหาจากการตรวจสอบ	แนวทางแก้ไข
1. ระบบหมุนเวียนอากาศเย็นระบบปรับอากาศ - กล่องช่องลมกลับรั่ว ตามรูปที่ 4.3 ทำให้เครื่องปรับอากาศหมุนเวียนอากาศเย็นผ่านภายในช่องฝ้าเพดานตลอดเวลา เป็นที่สะสมสิ่งสกปรก ตามรูปที่ 4.3 ทำให้เกิดความชื้น สะสมสิ่งสกปรก ในฝ้าเพดานที่เป็นวัสดุสะสมฝุ่นละออง นอกจากนั้นยังมีเศษสิ่งก่อสร้างเดิม ที่สามารถเข้าสู่ระบบได้ ดังรูปที่ 4.5	1. ระบบหมุนเวียนอากาศเย็นระบบปรับอากาศ - ทำให้ระบบการกระจายลมเย็นและลมกลับ ภายในห้องไม่รั่วไหลเข้าฝ้าเพดานหรือส่วนที่ไม่ต้องการ และระบบการหมุนเวียนลมเย็น ลมกลับควรจะเป็นระบบปิด - พิจารณาไห้ลมเย็นออกด้านหน้าของเครื่องโดยไม่เดินท่อลมยาวมาก ตามรูปที่ 4.4 ข. พร้อมทั้งเปลี่ยน Filter ใหม่ทั้งหมด - ล้าง Cooling Coil
2. ระบบการระบายอากาศ - การใช้อากาศระบายโดยดึงอากาศจากห้องน้ำจะไม่เพียงพอแม้ว่าอาจจะมีอากาศแทรกซึมจากรอยแยกต่าง ๆ แต่ก็ไม่สามารถควบคุมความสะอาดได้ - Exhaust air grill บางส่วนบานพับเสื่อมไม่ทำงาน	2. ระบบการระบายอากาศ - ระบบของการเติมอากาศบริสุทธิโดยใช้พัดลม ขนาดประมาณ 80-100 cfm เดินท่อเข้าที่ plenum ท้ายเครื่องตามรูปที่ 4.4 ข. - เพิ่มการระบายอากาศจากภายนอกโดยใช้พัดลมเติมอากาศ ตามมาตรฐาน - ซ่อมบำรุงระบบ Exhaust Fan พร้อมทั้งตรวจสอบการรั่วไหลของท่อลมบานพับของระบบ Exhaust ของห้องน้ำต้องปิดสนิทเมื่อไม่มีการใช้งานห้องน้ำ



รูปที่ 4.3 ลักษณะของกล่องช่องลมกลับที่รอยต่อกับฝ้าเพดานรั่ว



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 ลักษณะของกล่องช่องลมกลับลักษณะเดิม (ก) และที่ปรับปรุง (ข)

รูปที่ 4.5 การเกิดเชื้อราเนื่องจากการระบายอากาศไม่เหมาะสม

จากปัญหาและการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในตารางที่ 4.1 จะช่วยทำให้ระบบปรับอากาศบริเวณชั้น 5 สะอาดขึ้นกว่าในปัจจุบัน และจากตารางที่ 4.1 วิธีการแก้ปัญหาจะมีการล้าง Cooling Coil เพื่อลดเชื้อจุลชีพและฝุ่นละออง ซึ่งจะอยู่ในหัวข้อสิ่งปนเปื้อนภายในอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

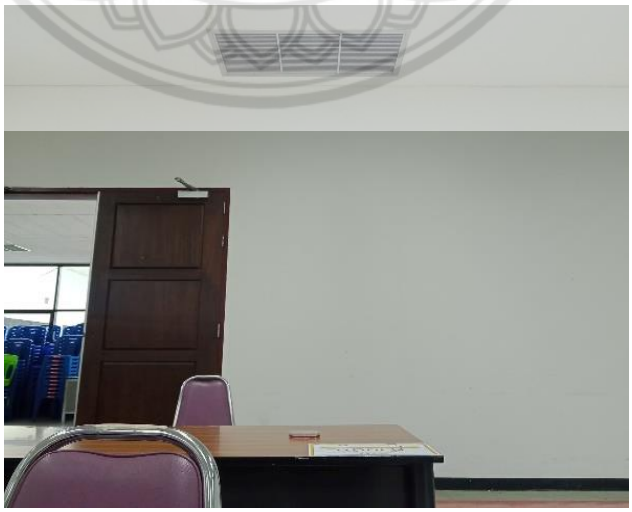
4.2 ศึกษาสิ่งปนเปื้อนภายในอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

จากปัญหาเชื้อจุลชีพที่เกิดขึ้นภายในอาคาร วิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่งคือการล้างเครื่องปรับอากาศ ดังเช่นกล่าวไว้ในโครงงานเรื่อง “การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร” และรายงานผลการวิจัยเรื่อง “การศึกษาวิเคราะห์ระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร” จึงได้ทำการทดสอบทฤษฎีดังกล่าว โดยกล่าวตรวจหาเชื้อจุลชีพก่อนและหลังเครื่องปรับอากาศ

4.2.1 การตรวจหาเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศ

ห้องเอกาทศรถ 1

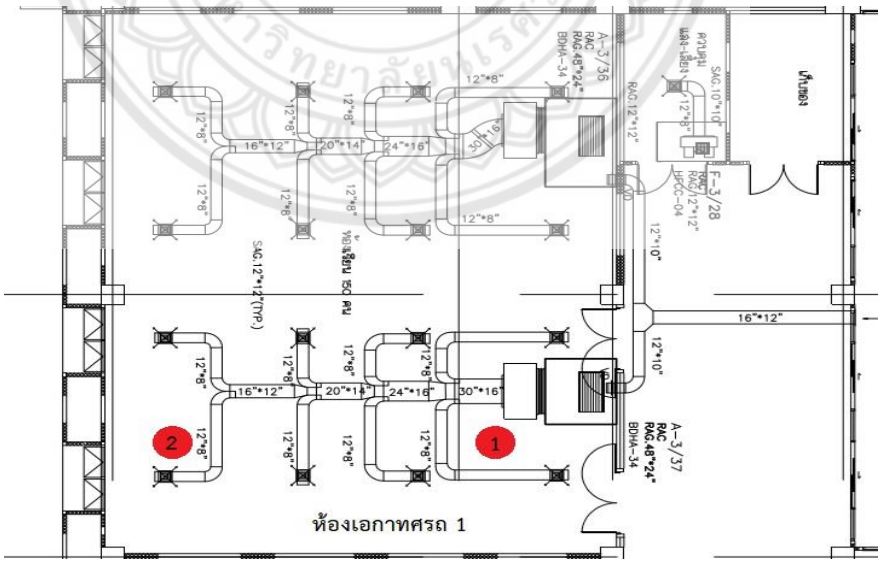
ห้องเอกกาทศรถ 1 เป็นห้องประชุมขนาดใหญ่จะมีผู้ใช้งานห้องก็ต่อเมื่อมีการจัดประชุมต่าง ๆ ในวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยถาดที่ 1 จะวาดบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.6 และถาดที่ 2 จะวาดบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.7 ซึ่งได้ทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อที่ให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.6 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1

รูปที่ 4.7 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1

โดยถ้าอ่านจากแบบระบบปรับอากาศในโรงเรียนพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะได้ตำแหน่งที่วางเชื้อดังรูปที่ 4.8

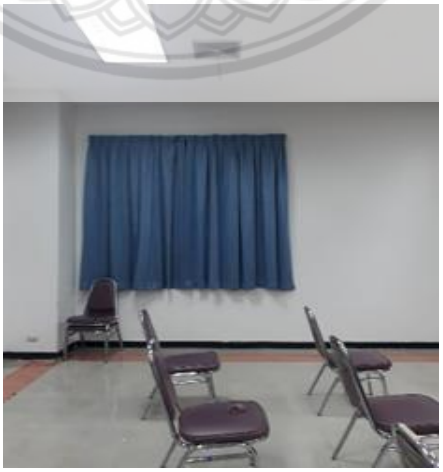


รูปที่ 4.8 ตำแหน่งการวาดเชื้อในห้องเอกาทศรถ 1

ห้องเอกาทศรถ 2

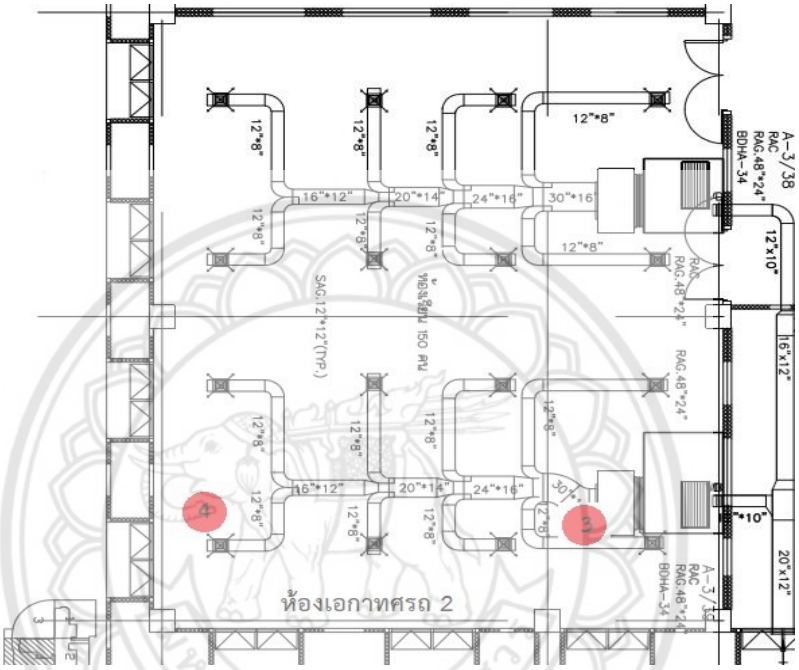
ห้องเอกกาทศรถ 2 เป็นห้องประชุมขนาดใหญ่จะมีผู้ใช้งานห้องก็ต่อเมื่อมีการจัดประชุมต่าง ๆ ในวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยถาดที่ 3 จะวาดบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.9 และถาดที่ 4 จะวาดบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.10 ซึ่งได้ทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.9 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2



รูปที่ 4.10 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2

โดยถ้าอ่านจากแบบระบบปรับอากาศในโรงเรียนพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะได้ตำแหน่งที่วางเชื้อดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ตำแหน่งการวาดเชื้อในห้องเอกาทศรถ 2

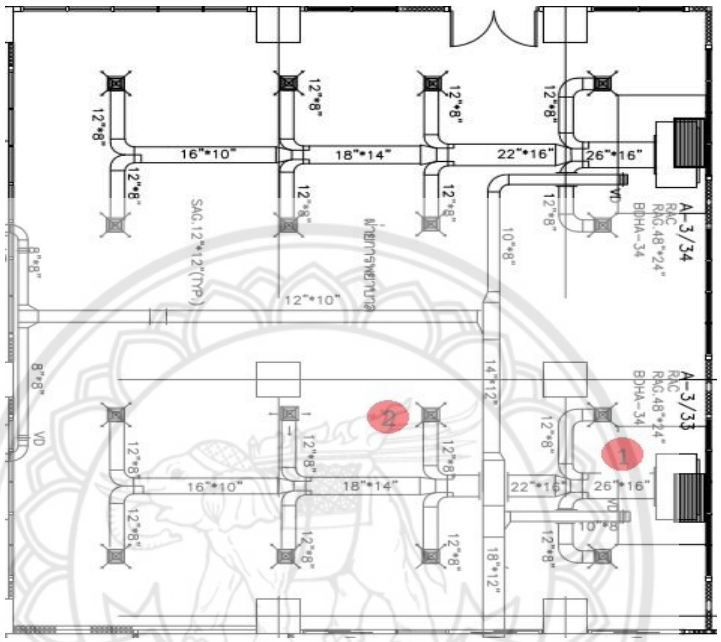
ห้องฝ่ายพยาบาล

ห้องฝ่ายพยาบาลจะเป็นห้องทำงานของพยาบาล โดยจะมีบุคคลทำงานให้ห้องนี้ประมาณ 10-15 คน โดยในวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยถาดที่ 1 จะวางบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.12 และถาดที่ 2 จะวางบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.13 ซึ่งได้ทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.12 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล

รูปที่ 4.13 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล

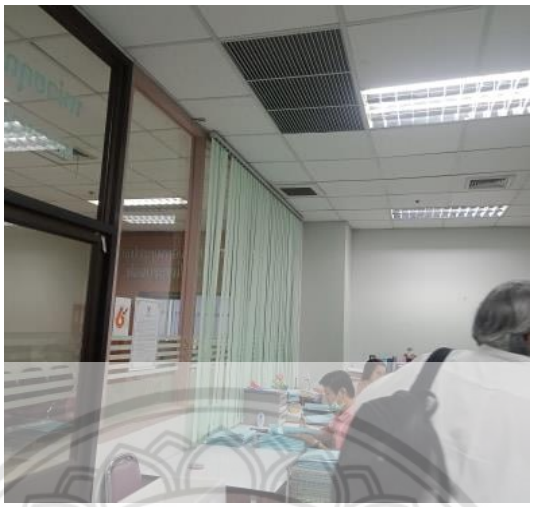
โดยถ้าอ่านจากแบบระบบปรับอากาศในโรงเรียนพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะได้ตำแหน่งที่วางเชื้อดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ตำแหน่งการวาดเชื้อในห้องฝ่ายพยาบาล

ห้องเวชระเบียน

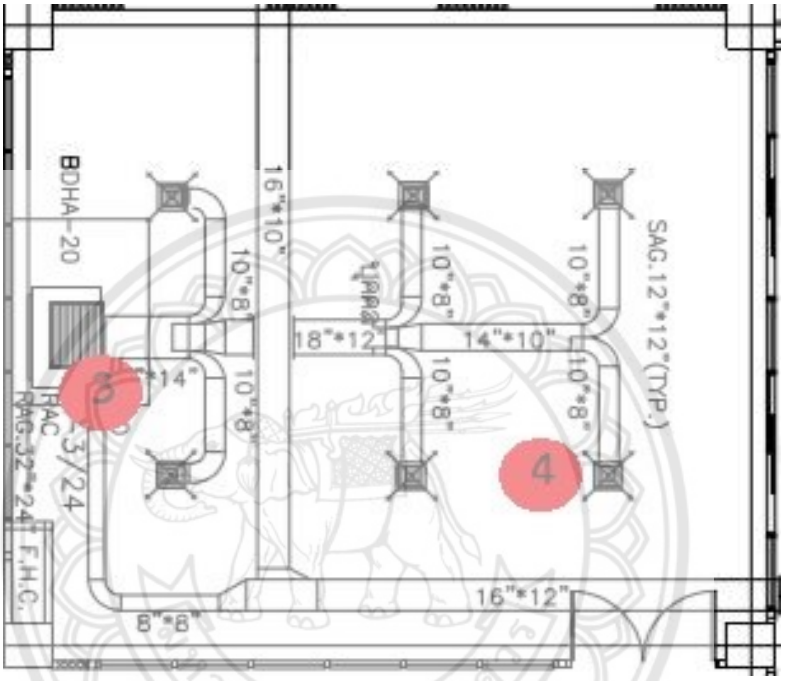
ห้องเวชระเบียนเป็นห้องทำงานของเจ้าหน้าที่เวชระเบียนซึ่งดูแลในเรื่องเอกสารของผู้ป่วย โดยในห้องเวชระเบียนมีเจ้าหน้าที่ทำงานประมาณ 10 คน ในวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยถาดที่ 3 จะวาดบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.15 และถาดที่ 4 จะวาดบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.16 ซึ่งทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.15 การวางเชื้อในทางออกของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห**้องเวชระเบียน**

รูปที่ 4.16 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน

โดยถ้าอ่านจากแบบระบบปรับอากาศในโรงเรียนพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะได้ตำแหน่งที่วางเชื้อดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ตำแหน่งการวาดเชื้อในห้องเวชระเบียน

4.2.2 การตรวจหาเชื้อโรคหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

ห้องเอกาทศรถ 1

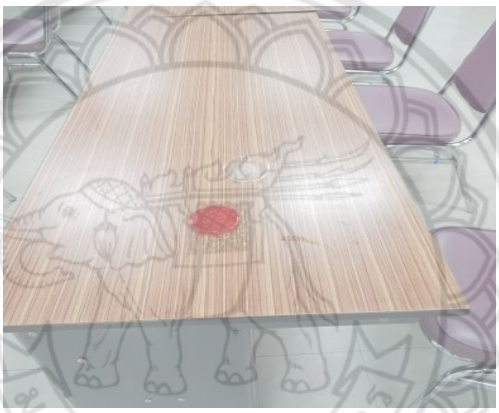
ในวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยจะวางบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.18 และจะวางบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.19 ซึ่งทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยจะวางในตำแหน่งเดิมจากที่วางเชื้อครั้งก่อนที่จะล้างเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.18 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1

รูปที่ 4.19 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 1

ห้องเอกาทศรถ 2

ในวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยจะวางบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.20 และวางบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.21 ซึ่งทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยจะวางในตำแหน่งเดิมจากที่วางเชื้อครั้งก่อนที่จะล้างเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.20 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ 2

รูปที่ 4.21 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเอกาทศรถ

ห้องฝ่ายพยาบาล

ในวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยจะวางบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.22 และจะวางบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.23 ซึ่งจะทำการวางถาดเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยจะวางในตำแหน่งเดิมจากที่วางเชื้อครั้งก่อนที่จะล้างเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.22 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล

รูปที่ 4.23 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องฝ่ายพยาบาล

ห้องเวชระเบียน

ในวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ได้นำถาดเชื้อมาวางเพื่อตรวจหาเชื้อจุลชีพโดยจะวางบริเวณทางออกของเครื่องปรับอากาศรูปที่ 4.24 และวางบริเวณทางเข้าของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.25 ซึ่งวางถาดเชื้อเป็นเวลาตั้งแต่เวลา 10.18 น. ถึง 11.18 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยจะวางในตำแหน่งเดิมจากที่วางเชื้อก่อนที่จะดำเนินการล้างเครื่องปรับอากาศ และส่งถาดเชื้อให้ห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหาเชื้อโรงต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองจะอยู่ในตารางที่ 4.2 โดยจะวางในตำแหน่งเดิมจากที่วางเชื้อครั้งก่อนที่จะล้างเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.24 การวางเชื้อในทางออกของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน

รูปที่ 4.25 การวางเชื้อในทางเข้าของอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศห้องเวชระเบียน

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจเชื้อจุลชีพในอากาศก่อนและหลังล้างแอร์

	ก่อนล้างเครื่องปรับอากาศ			
	ห้องเอกาทศรถ 1	**ห้องเอกาทศรถ 2**	**ห้องฝ่ายการพยาบาล**	**ห้องเวชระเบียน**
บริเวณแอร์ตก	ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลชีพ	Bacillus spp. และเชื้อราในจำนวนน้อย	Corynebacterium, Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ในจำนวนน้อย	Micrococcus group, coagulase negative Staphylococci และเชื้อราในจำนวนน้อย
บริเวณอากาศไหลกลับ/จุดอับอากาศ	เชื้อ coagulase negative Staphylococci	ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลชีพ	Micrococcus group, coagulase negative Staphylococci และ เชื้อราในจำนวนน้อย	Bacillus spp., Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ในจำนวนน้อย
	หลังล้างเครื่องปรับอากาศ			
	ห้องเอกาทศรถ 1	**ห้องเอกาทศรถ 2**	**ห้องฝ่ายการพยาบาล**	**ห้องเวชระเบียน**
บริเวณแอร์ตก	Micrococcus group, coagulase negative Staphylococci และเชื้อรา	พบเฉพาะเชื้อราจำนวนปานกลาง	Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci (ในจำนวนมากปานกลาง) และเชื้อรา	Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci (ในจำนวนมากปานกลาง) และเชื้อรา

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจเชื้อจุลชีพในอากาศก่อนและหลังล้างแอร์ (ต่อ)

	ห้องเอกาทศรถ 1	**ห้องเอกาทศรถ 2**	**ห้องฝ่ายการพยาบาล**	**ห้องเวชระเบียน**
บริเวณอากาศไหลกลับ/จุดอับอากาศ	พบเชื้อรา และ coagulase negative Staphylococci เป็นจำนวนมาก	พบการเจริญของเชื้อราสำหรับเชื้อแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ coagulase negative Staphylococci, และ Micrococcus group ในจำนวนน้อยมาก	พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci และเชื้อราในจำนวนน้อย	Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci และเชื้อราในจำนวนน้อย
ข้อสังเกต	**หลังล้างแอร์พบเชื้อจุลชีพมากขึ้น**			

จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าความสกปรกเป็นปัญหาส่วนหนึ่งและจากการศึกษาทฤษฎีพบว่าการล้างเครื่องปรับอากาศจะสามารถเพิ่มความสะอาดได้ ดังนั้นการตรวจเชื้อจุลชีพก่อนและหลังเครื่องปรับอากาศจึงเป็นวิธีการทดสอบชนิดหนึ่ง พบว่าหลังล้างแอร์พบเชื้อจุลชีพเพิ่มมากขึ้นทั้งชนิดและจำนวน ซึ่งชนิดของเชื้อที่พบเป็นเชื้อประจำถิ่นของโรงพยาบาล และสามารถก่อโรคในระบบทางเดินหายใจหรือระบบทางเดินอาหารได้ ห้องเอกาทศรถ 1 และ 2 เป็นห้องที่มี ventilation ต่ำ (ไม่ได้เปิดแอร์ตลอดเวลา) ในขณะที่ห้องการพยาบาลและห้องเวชระเบียนเปิดแอร์ตลอดเวลาและมีผู้ทำงานตลอดจนบุคคลภายนอกเดินเข้าออกตลอดเวลา ความเป็นไปได้ของการที่เมื่อล้างแอร์แล้วเชื้อจุลชีพในภาพรวมไม่ลดลงอาจเกิดจาก 1) ventilation ที่ยังไม่เหมาะสม (เป็นปัญหาที่แก้ได้ แต่ต้องมีการลงทุน) 2) การแพร่เชื้อจากคนที่เข้าออกห้องไปมา (เป็นปัญหาที่แก้ได้ยาก)

4.3 ห้องพักสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Isolation Room)

จากปัญหาของโรคระบาด COVID-19 ซึ่งเป็นโรคที่แพร่ทางอากาศในรูปแบบละอองจากระบบทางเดินหายใจของผู้ป่วยเมื่อผู้ป่วยไอหรือจาม ดังนั้นห้องผู้ป่วย COVID-19 จึงควรต้องมีห้องพักที่แยกกับผู้ป่วยคนอื่น นั้นก็คือห้อง Isolation Room และทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีนโยบายที่จะสร้างห้อง Isolation Room ใน Zone A โครงงานนี้จึงได้ทำการหาแนวทางการออกแบบเพื่อเป็นประโยชน์ โดยคำนึงถึงบุคลากรทางการแพทย์ และผู้ใช้บริการโรงพยาบาลคนอื่น ๆ ด้วย

4.3.1 การปรับปรุงพื้นที่ก่อนการสร้างห้อง Isolation Room

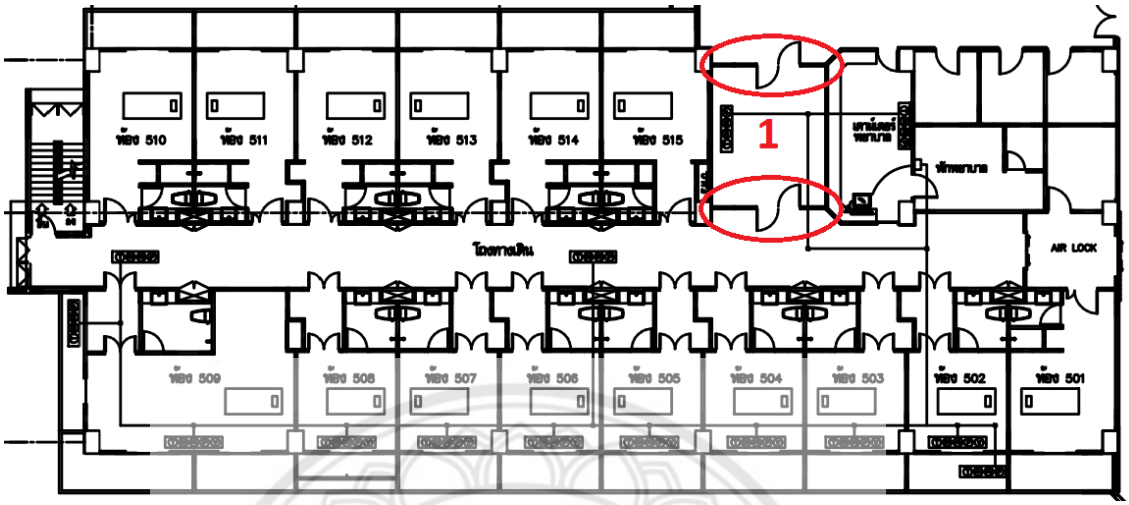
ก่อนที่จะทำการสร้างห้อง Isolation Room จะต้องทำการปรับปรุงพื้นที่เพื่อจะไม่ให้เชื้อ COVID-19 แพร่กระจายไปสู่บุคลากรทางการแพทย์ และผู้ป่วยที่ใช้บริการโรงพยาบาลท่านอื่น โดยมีการปรับปรุงดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ปรับปรุงพื้นที่ก่อนการสร้างห้อง Isolation Room

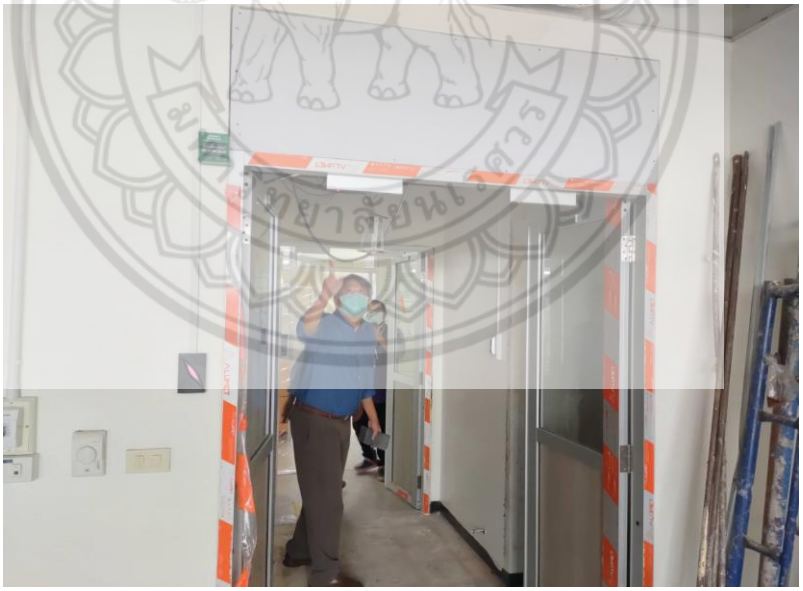
พื้นที่ที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	พื้นที่ที่ปรับปรุง
1. บริเวณ Nurse station - ไม่ได้มีการสร้างห้องสำหรับบุคคลากรทางการแพทย์ โดยจะมีแค่เคาน์เตอร์สำหรับการทำงาน	1. บริเวณ Nurse station - สร้างห้องสำหรับบุคคลากรทางการแพทย์ โดยใช้กระจก เพื่อป้องกันบุคคลากรทางการแพทย์ให้ปลอดภัย ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 4.26 ซึ่งจะสร้างในบริเวณดังรูปที่ 4.27
2. การสร้างห้อง Ante room - เป็นห้องที่เชื่อมกับเตียงของผู้ป่วยโดยตรง	2. การสร้างห้อง Ante room - จะต้องทำการกั้นห้องระหว่างห้องพักผู้ป่วยและห้อง Ante room เพื่อให้บุคคลกรทางการแพทย์ได้ทำการปรับแรงดันการที่จะพบผู้ป่วย โดยห้ามผู้ป่วยออกมายังห้อง Ante room โดยเด็ดขาด ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 4.28 ซึ่งจะสร้างในบริเวณดังรูปที่ 4.29

พื้นที่ที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	พื้นที่ที่ปรับปรุง
3. ย้ายประตูห้องน้ำ - ประตูห้องน้ำอยู่ฝั่งห้อง Ante room เวลาผู้ป่วยจะเข้าห้องน้ำจะต้องผ่านห้อง Ante room	3. ย้ายประตูห้องน้ำ - ประตูห้องน้ำจะถูกย้ายไปอยู่ฝั่งห้องพักผู้ป่วย เพื่อเวลาผู้ป่วยใช้ห้องน้ำจะได้ไม่ออกมาในห้อง Ante room ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 4.30 ซึ่งจะสร้างในบริเวณดังรูปที่ 4.31
4. ประตูห้องพักผู้ป่วย - เป็นประตูที่สามารถเปิดได้ทั้งด้านนอกและด้านในห้องพักผู้ป่วย	4. ประตูห้องพักผู้ป่วย - จะเป็นประตูอัตโนมัติไม่มีลูกบิด เปิดได้โดยคีย์การ์ดเท่านั้น และไม่สามารถเปิดจากด้านในห้องพักผู้ป่วยได้ เนื่องจากป้องกันผู้ป่วยหลบหนี ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 4.32 ซึ่งจะสร้างในบริเวณดังรูปที่ 4.33

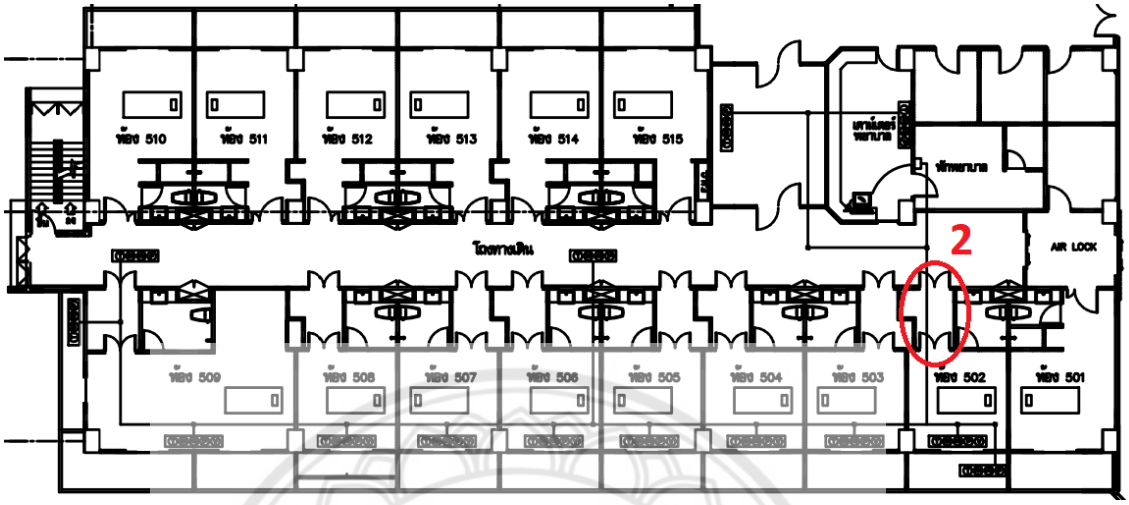
รูปที่ 4.26 การปรับปรุงบริเวณ Nurse station



รูปที่ 4.27 แบบบริเวณที่กั้นบริเวณ Nurse station

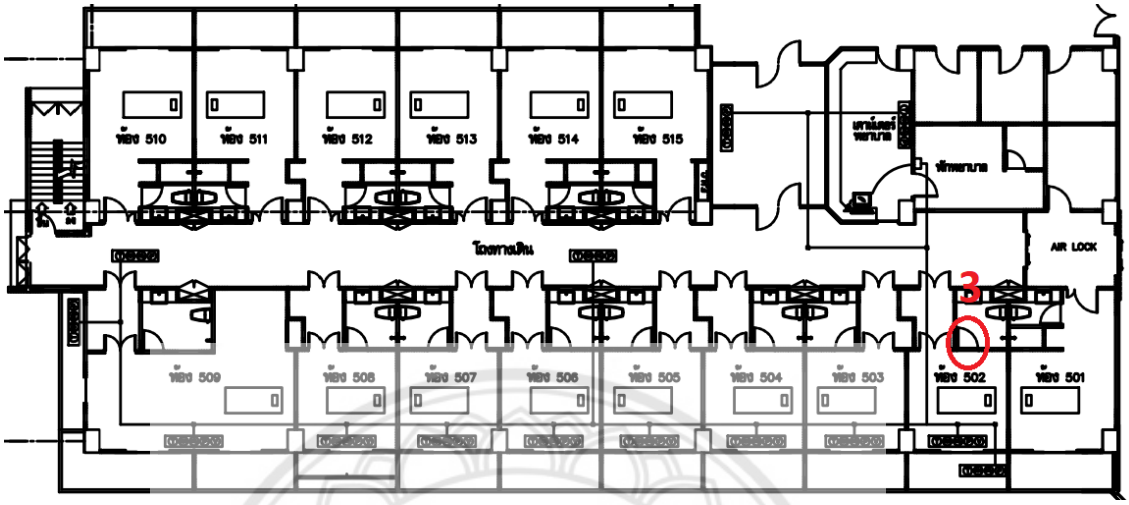


รูปที่ 4.28 การสร้างห้อง Ante room



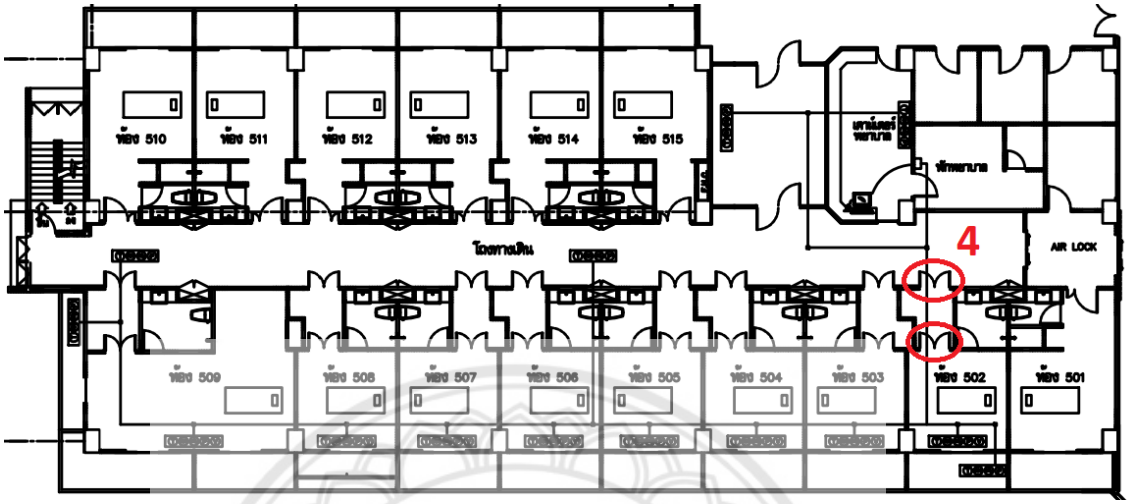
รูปที่ 4.29 แบบบริเวณสร้างห้อง Ante room

รูปที่ 4.30 การย้ายประตูห้องน้ำให้เปิดได้จากด้านห้องพักผู้ป่วย



รูปที่ 4.31 แบบย้ายประตูห้องน้ำให้เปิดได้จากด้านห้องพักผู้ป่วย

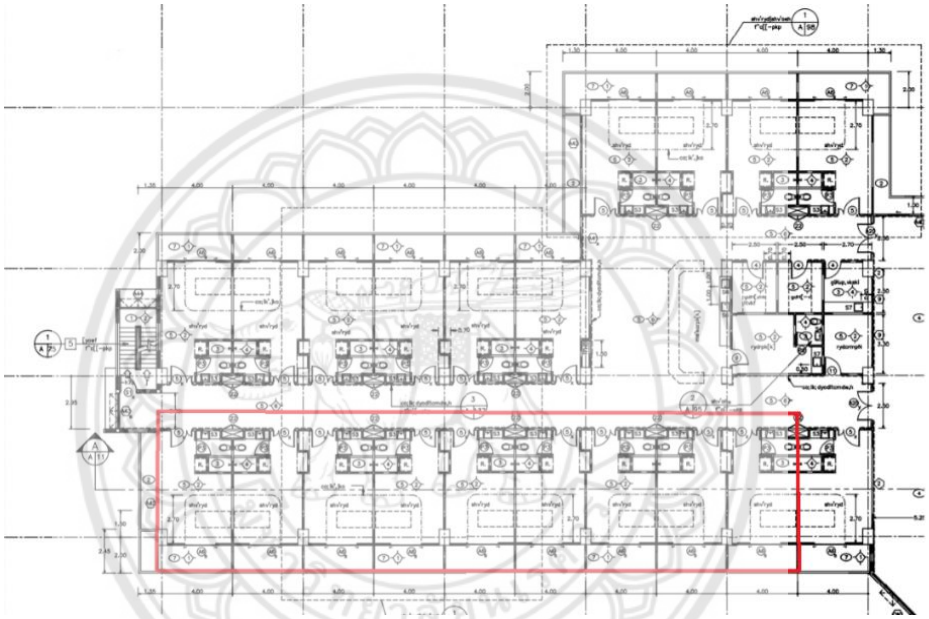
รูปที่ 4.32 ประตูอัตโนมัติที่เปิดได้โดยคีย์การ์ด



รูปที่ 4.33 แบบประตูอัตโนมัติที่เปิดได้โดยคีย์การ์ด

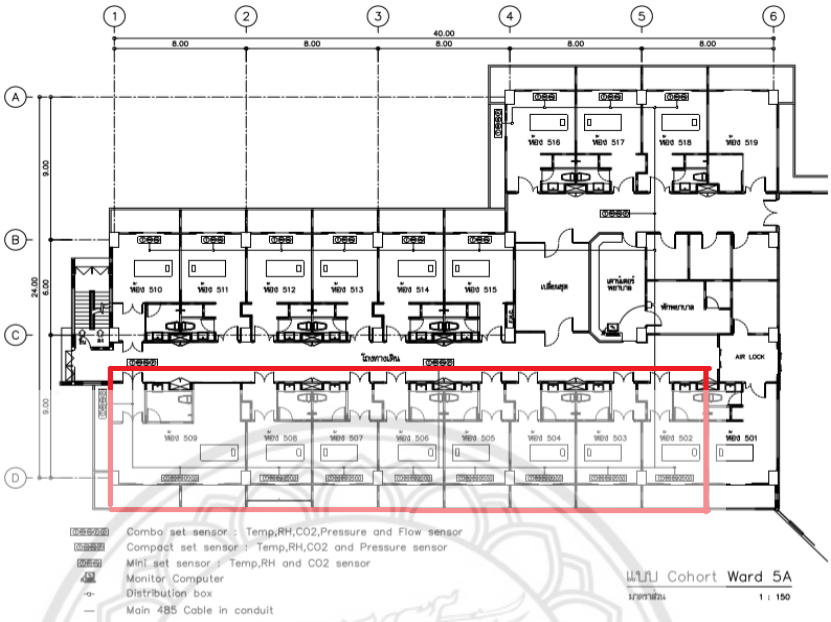
4.3.2 การออกแบบห้อง Isolation Room

บริเวณชั้น 5 ของอาคารสิรินธร โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ Zone A, Zone B และ Zone C ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งการทำห้อง Isolation Room จะเกิดขึ้นในบริเวณ Zone A ที่ห้อง 502 ถึง 509 ดังรูปที่ 4.34

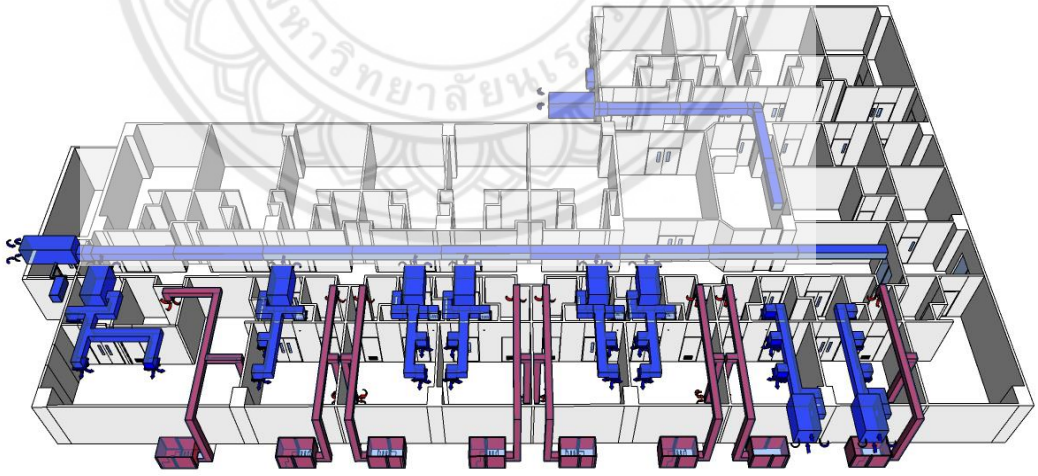


รูปที่ 4.34 บริเวณห้องที่จะปรับปรุงเป็นห้อง Isolation Room

จากรูปที่ 4.34 ซึ่งเป็นแบบแปลนของโซน A แบบเดิม ซึ่งจากการศึกษาตามทฤษฎีจะต้องทำการออกแบบห้องใหม่ โดยการกั้นห้องปรับสภาพแรงดันกับห้องผู้ป่วย เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์เริ่มปรับแรงดัน เพราะในห้องผู้ป่วยจะมีแรงดันเป็นลบและทำการย้ายประตูห้องน้ำไปไว้ภายในห้องพักผู้ป่วย เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยออกมาบริเวณห้องปรับสภาพแรงดันตามตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.36 โดยห้อง 502 และ503 จะทำการออกแบบโดย Fresh air 100% ดึงอากาศเข้าห้องโดยตรง และห้อง 504-509 จะทำการออกแบบโดยดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก



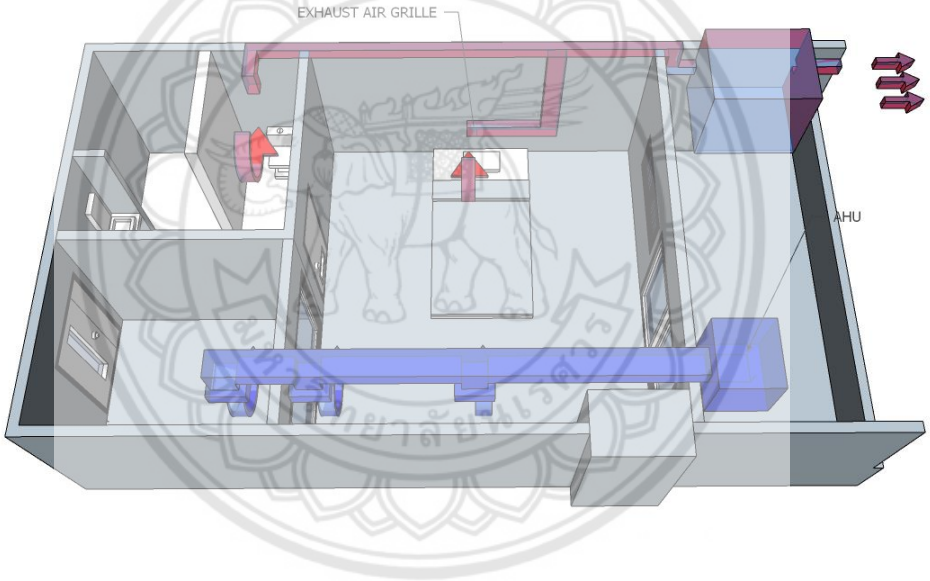
รูปที่ 4.35 แบบแปรนการสร้างห้อง Isolation Room



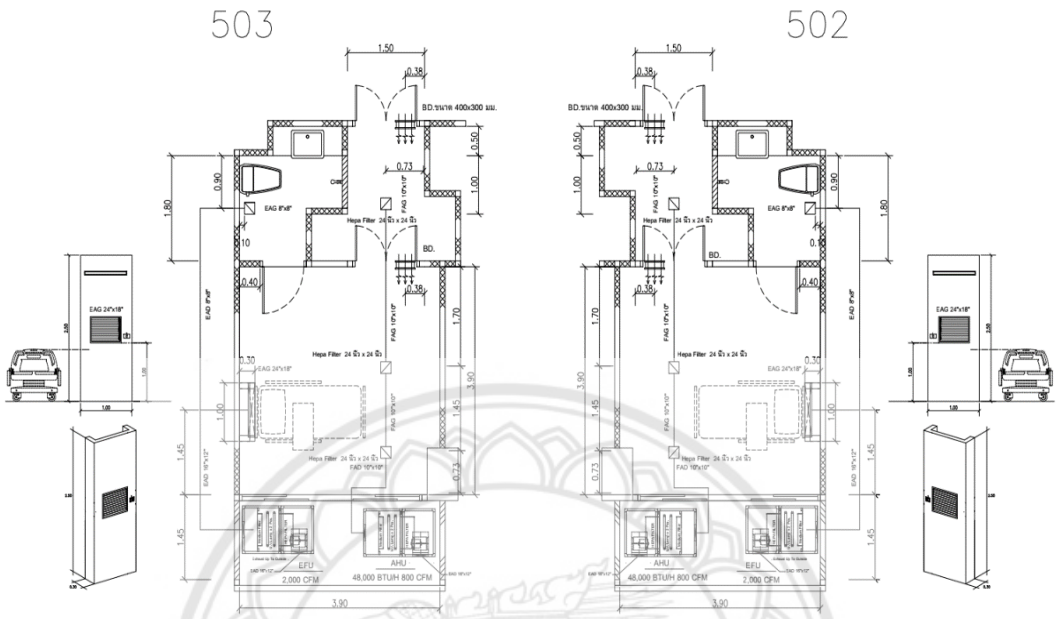
รูปที่ 4.36 การออกแบบห้อง Isolation Room ทั้ง Zone A

ในการออกแบบห้อง Isolation Room ทางโรงพยาบาลต้องการให้ทำการออกแบบเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1 คือการใช้ Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง ซึ่งกรณีจะใช้กับการออกแบบห้อง 502 และ 503 ส่วนกรณีที่ 2 คือการดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพักซึ่งกรณีจะใช้กับการออกแบบห้อง 504 - 509

กรณีที่ 1 การใช้ Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง



รูปที่ 4.37 การดึง Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง



รูปที่ 4.38 แบบห้องที่ใช้ Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง

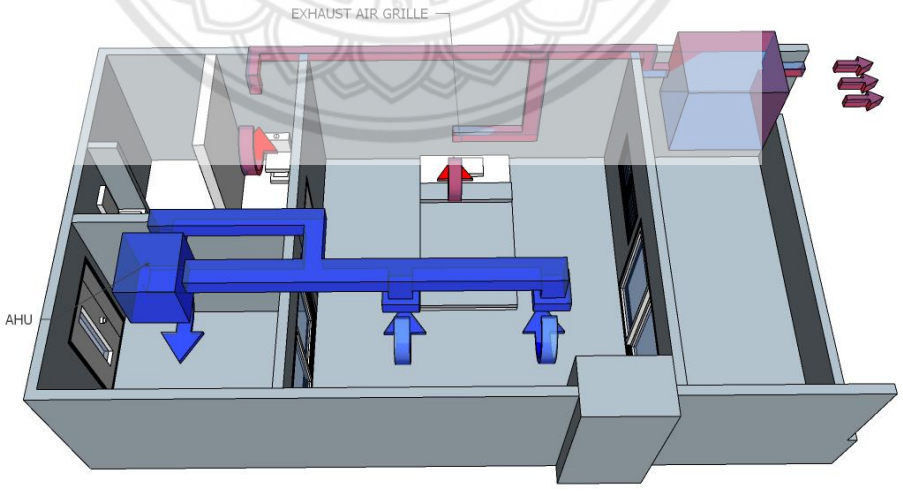
จากรูปที่ 4.37 และรูปที่ 4.38 การออกแบบโดยใช้ Fresh air 100% ดึงอากาศเข้าห้องโดยตรงจากอากาศภายนอก ดังนั้นจะต้องหาโหลดภายในห้องโดยกำหนดให้ Cooling Load ภายในประมาณ 700 ต่อตารางเมตรตามทฤษฎีมารวมกับ Fresh air 100% ที่ดึงมาจากอากาศภายนอก โดยอากาศภายนอกจะใช้ที่ 37 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 61% ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเป็น 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55% ส่วน Exhaust Air Grille มีหน้าที่ดึงอากาศภายในห้องออกมาทิ้งภายนอกอาคารโดยจะมีการระบายอากาศ 12 ACH ตามทฤษฎี (การระบายอากาศ 1 ACH คือ การระบายอากาศที่มีอัตราการไหลเชิงปริมาตรเท่ากับปริมาตรของห้องภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง) ก่อนที่จะนำอากาศไปทิ้งภายนอกอาคาร อากาศนั้นต้องผ่าน HEPA Filter ซึ่งจะกรองอากาศที่ปนเปื้อนสิ่งสกปรก และเชื้อโรคต่าง ๆ ถึง 99.97% ซึ่งสามารถออกแบบได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การออกแบบห้อง Isolation Room กรณีดึง Fresh air 100% ในห้องโดยตรง

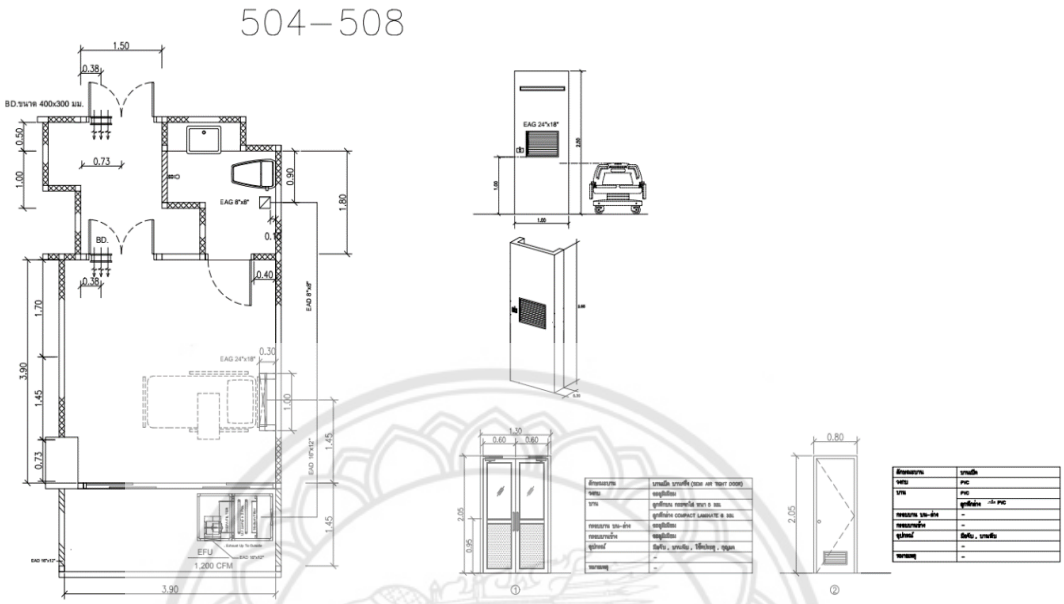
ห้อง	พื้นที่ของห้อง (m^2)	ปริมาตรของห้อง (m^3)	ภาระความเย็นที่เกิดขึ้นในห้อง (Btu/hr)	ภาระความเย็นที่เกิดขึ้นจาก Fresh air 100% (Btu/hr)	รวม (Btu/hr)
502	24	60	16,800	37,803.58	54,605.45
503	24	60	16,800	37,803.58	54,605.45

จากตารางที่ 4.4 สามารถคำนวณขนาดของเครื่องของทั้ง 2 ห้องได้เท่ากับ 54,605.45 Btu/hr หรือ 4.55 ตันความเย็น ซึ่งในท้องตลาดไม่มีเครื่องปรับอากาศเท่าที่คำนวณได้ ดังนั้นต้องเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดมากกว่าก็คือ 60,000 Btu/hr หรือใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 30,000 Btu/hr จำนวน 2 เครื่อง เพื่อจะรองรับอากาศภายนอกที่ในฤดูร้อนจะมีอุณภูมิสูงขึ้น

กรณีที่ 2 การดึง Fresh Air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก



รูปที่ 4.39 การดึง Fresh Air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก



รูปที่ 4.40 แบบห้องที่ใช้การดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงและกระจายเข้าสู่ภายในห้องพัก

จากรูปที่ 4.39 และรูปที่ 4.40 การออกแบบโดยการดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงและกระจายเข้าสู่ภายในห้องพัก ดังนั้นจะต้องหาภาระจากอากาศภายนอกมาเก็บไว้ที่โถงเพื่อการระจายลมเย็นให้แต่ละห้อง โดยอากาศภายนอกจะใช้ที่ 37 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 61% ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเป็น 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55% ส่วน Exhaust Air Grille โดยจะมีการระบายอากาศ 12 ACH ตามทฤษฎี แต่ก่อนนำอากาศไปทิ้งภายนอกอาคาร อากาศนั้นต้องผ่าน HEPA Filter ซึ่งจะกรองอากาศที่ปนเปื้อนสิ่งสกปรก และเชื้อโรคต่าง ๆ ถึง 99.97% ซึ่งสามารถออกแบบได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การดึง Fresh air 100% มาเก็บไว้ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก

ห้อง	อัตราการระบายอากาศ (cfm)	ภาระการทำความเย็นที่ต้องเพิ่มในแต่ละห้อง (Btu/hr)
504	423.8	37,805.45
505	423.8	37,805.45
506	423.8	37,805.45
507	423.8	37,805.45
508	423.8	37,805.45
509	847.6	75,610.90
รวม	2,996.4	264,638.2

จากตารางที่ 4.5 สามารถคำนวณขนาดของอากาที่เก็บไว้บริเวณโถงทางเดินได้เท่ากับ 264,638.2 Btu/hr โดยจะแบ่งลมเย็นให้แต่ละห้องเท่ากับ 37,805.45 Btu/hr หรือ 3.15 ตันความเย็น แต่ในส่วนของห้อง 509 จะมีพื้นที่กว้างกว่าห้องอื่นดังนั้นลมเย็นจึงมีขนาดเท่ากับ 75,610.90 Btu/hr หรือ 6.30 ตันความเย็น ซึ่งในท้องตลาดไม่มีเครื่องปรับอากาศเท่าที่คำนวณได้ จึงต้องเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดมากกว่าก็คือ 38,000 Btu/hr และห้อง 509 ควรเลือกเครื่องปรับอากาศขนาด 80,000 Btu/hr หรือเลือกขนาด 38,000 จำนวน 2 เครื่อง เพื่อจะรองรับอากาศภายนอกที่ในฤดูร้อนจะมีอุณภูมิสูงขึ้น

ในการออกแบบห้อง Isolation Room เนื่องจากห้องในกรณีที่ 1 มีค่าใช้จ่ายจำนวนมากเพราะต้องเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ ซึ่งกรณีที่ 2 จะมีค่าใช้จ่ายจำนวนน้อยกว่าเนื่องจากใช้เครื่องปรับอากาศตัวเก่า ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกที่จะออกแบบเป็น 2 กรณี เพราะจะได้ช่วยให้โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรลดต้นทุนในการสร้างห้อง Isolation Room

4.4 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น (VRV/VRF)

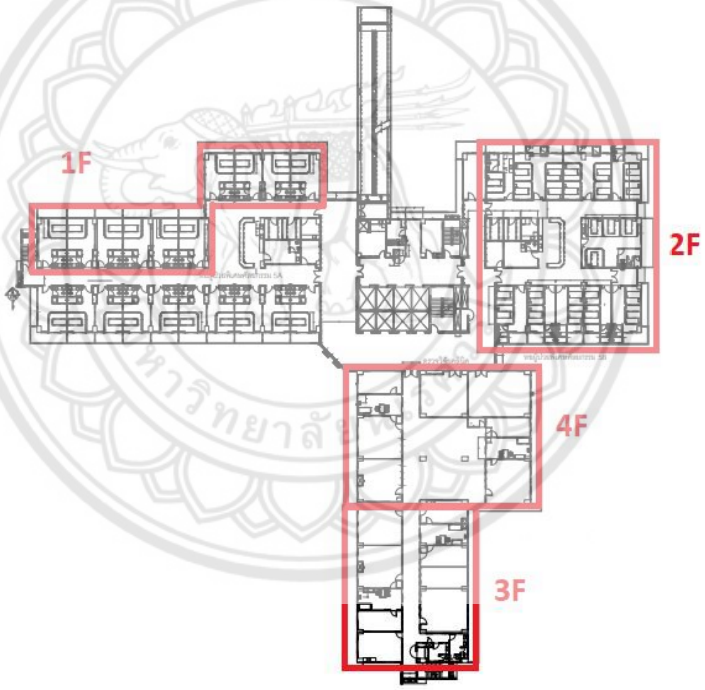
จากการศึกษาระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าเป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งมีลักษณะการทำงาน คือ Chiller ทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นส่งไปยังเครื่องทำลมเย็นหรือ AHU โดยจะกระจายลมเย็นให้ห้องต่าง ๆ และทำการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เกิดขึ้นมาภายในห้องกลับไปยัง Chiller ส่วนระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็นมีลักษณะการทำงาน คือ ที่ Fan Coil Unit มีหน้าที่รับสารทำความเย็นมาระเหยและนำอากาศภายในห้องมาแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นจะส่งสารทำความเย็นไปยัง Condenser Unit ต่อไปซึ่งภายใน Condensing Unit จะมี Inverter คอยควบคุมปริมาณของสารทำความตามภาระการทำความเย็นของ Fan coil Unit แต่ละตัวอยู่

4.4.1 การแบ่งพื้นที่

ระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF เป็นระบบปรับอากาศที่เหมาะในลักษณะการติดตั้งที่จำกัดด้วยพื้นที่ติดตั้งคอยล์ร้อน เนื่องจากคอยล์ 1 ตัว สามารถติดตั้งคอยล์เย็นได้หลายตัว ซึ่งคอยล์เย็นจะแยกการทำงานโดยอิสระจึงสามาถควบคุมอุณหภูมิได้ ดังนั้นจึงได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 4.41 คือ

- ส่วนที่ 1 หรือ 1F จะประกอบไปด้วย Zone A ที่ไม่ได้สร้างห้อง Isolation Room ได้แก่ ห้องพัก 509, ห้องพัก 510, ห้องพัก 511, ห้องพัก 512, ห้องพัก 513, ห้องพัก 514, ห้องพัก 515, ห้องพัก 516, ห้องพัก 517, ห้องพัก 518, ห้องเก็บผ้าสะอาด, ห้องเตรียมอาหาร, เคาน์เตอร์พยาบาล และห้องพักแพทย์
- ส่วนที่ 2 หรือ 2F จะประกอบไปด้วย Zone B ทั้งหมด ได้แก่ ห้องเก็บของ, ห้องฉีดยา/ทำแผล, ห้องพัก 4 เตียง 1, ห้องพัก 4 เตียง 2, ห้องพัก 2 เตียง 1, ห้องพัก 4 เตียง 3, ห้องเก็บของ, ห้องเก็บผ้า, ห้องเตรียมอาหาร, เคาน์เตอร์พยาบาล, ห้องพักพยาบาล, ห้องพัก 2 เตียง 2, ห้องพัก 2 เตียง 3, ห้องพัก 2 เตียง 4 และห้องพัก 2 เตียง 5

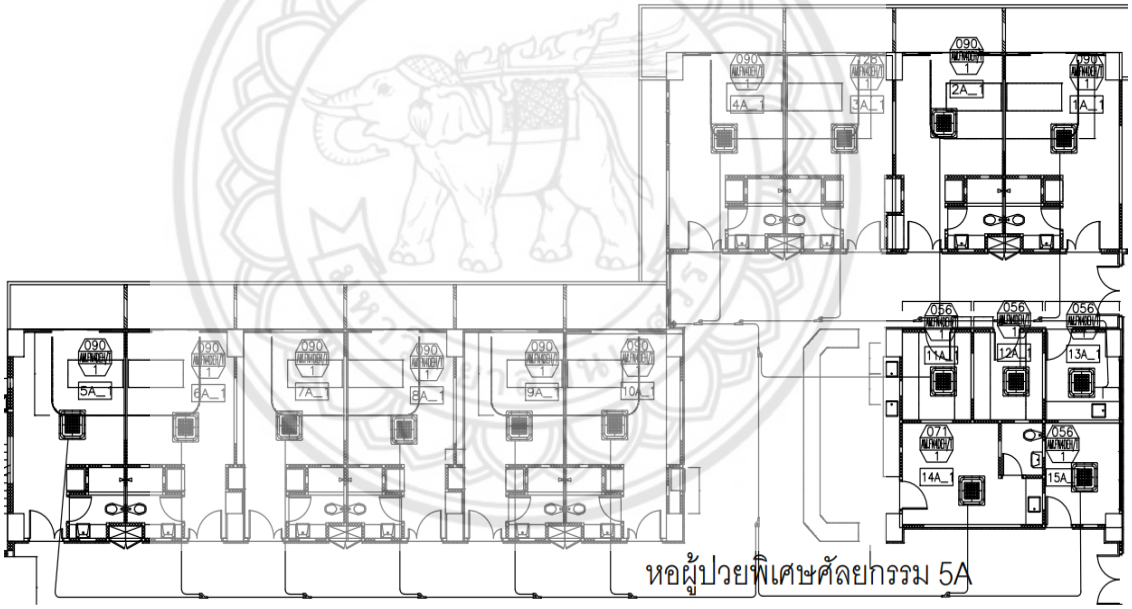
- ส่วนที่ 3 หรือ 3F จะประกอบไปด้วย Zone C ด้านหลัง ได้แก่ ห้องปฏิบัติการ 2, ห้องทำงานแพทย์ 2, ห้องตรวจแพทย์ 2, ห้องประชุม 2, ห้องปฏิบัติการ 3, ห้องประชุม 2, ห้องตรวจแพทย์ 3, ห้องทำงานแพทย์ 3 และห้องพักแพทย์/พยาบาล
- ส่วนที่ 4 หรือ 4F จะประกอบไปด้วย Zone C ด้านหน้าติดกับ Zone B ได้แก่ ห้องทำงานแพทย์ 1, ห้องตรวจแพทย์ 1, ห้องบรรยาย, ห้องพักผ่อนคนไข้, ห้องปฏิบัติการ 1, ห้องประชุม 1, ห้องควบคุมระบบไฟฟ้า, ห้องทำงานแพทย์ 4, ห้องตรวจแพทย์ 4 และห้องปฏิบัติการ 4



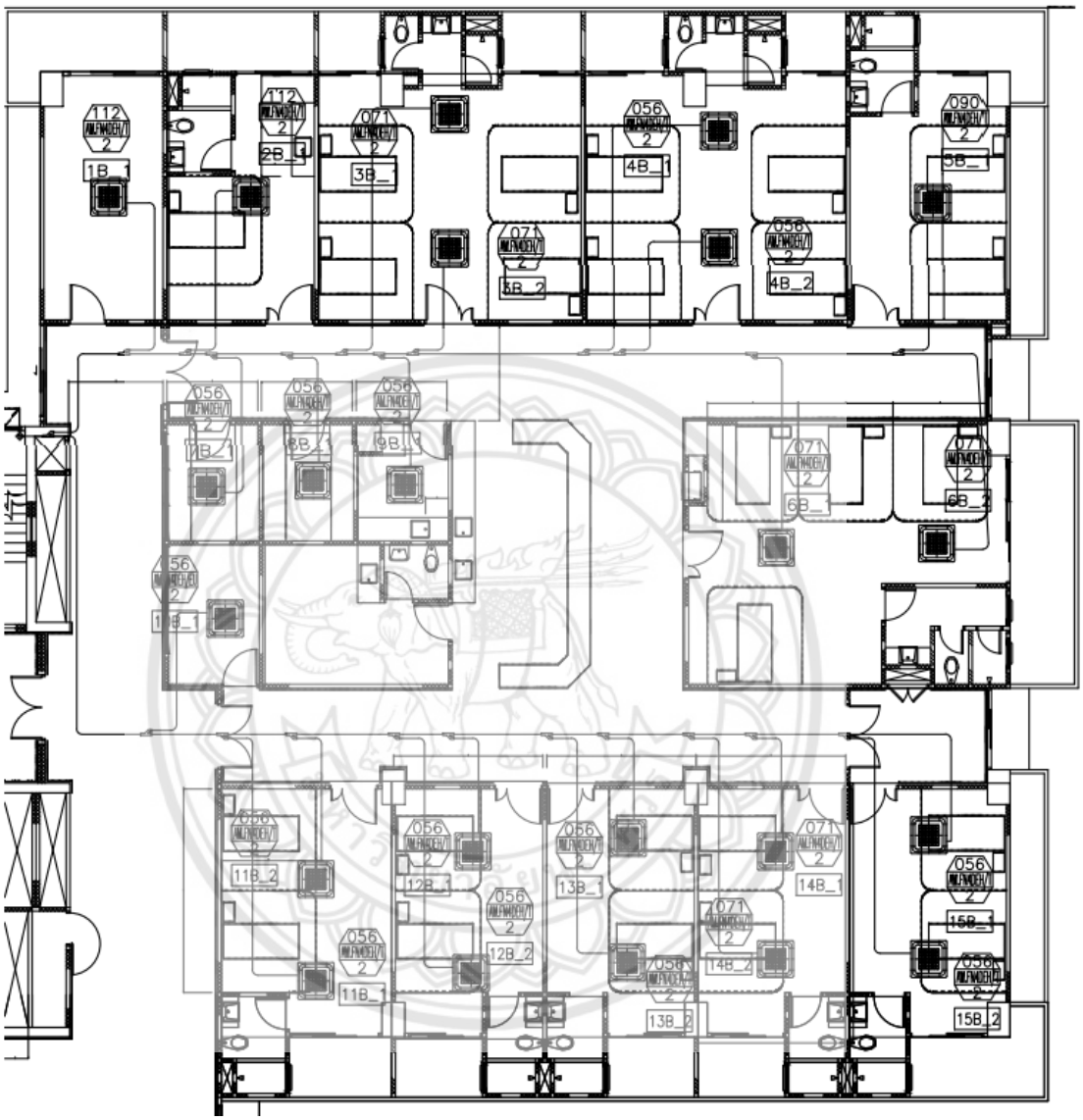
รูปที่ 4.41 การแบ่งพื้นที่สำหรับระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF

4.4.2 การเลือก Fan Coil Unit

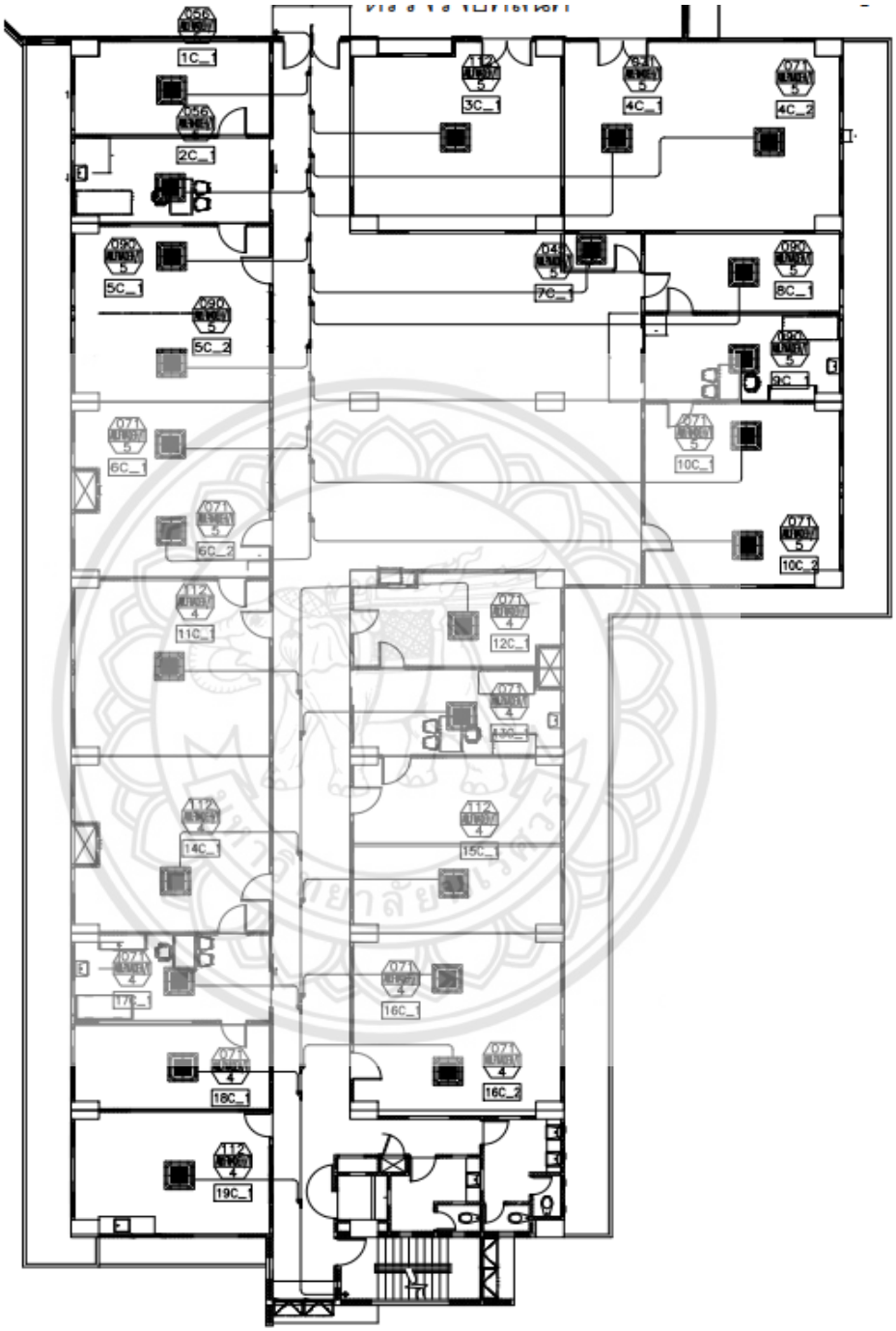
จากการศึกษาการเลือก Fan Coil Unit ในเหมาะกับอาคารสิรินธรพบว่า Fan Coil Unit ชนิด 4Way CASSETTE เพราะพื้นที่ที่จะทำการปรับอากาศทั้งหมดเป็นห้องสี่เหลี่ยมซึ่ง Fan Coil Unit ชนิด 4Way CASSETTE จะสามารถกระจายลมเย็นได้ 4 ทิศทาง สามารถทำความเย็นได้ทั้งห้องซึ่งแสดงในภาคผนวก ค การเลือก Fan Coil Unit โดยรูปที่ 4.42 - 4.44 จะแสดงการเลือกและติดตั้ง Fan Coil Unit



รูปที่ 4.42 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่พื้นที่ 1F



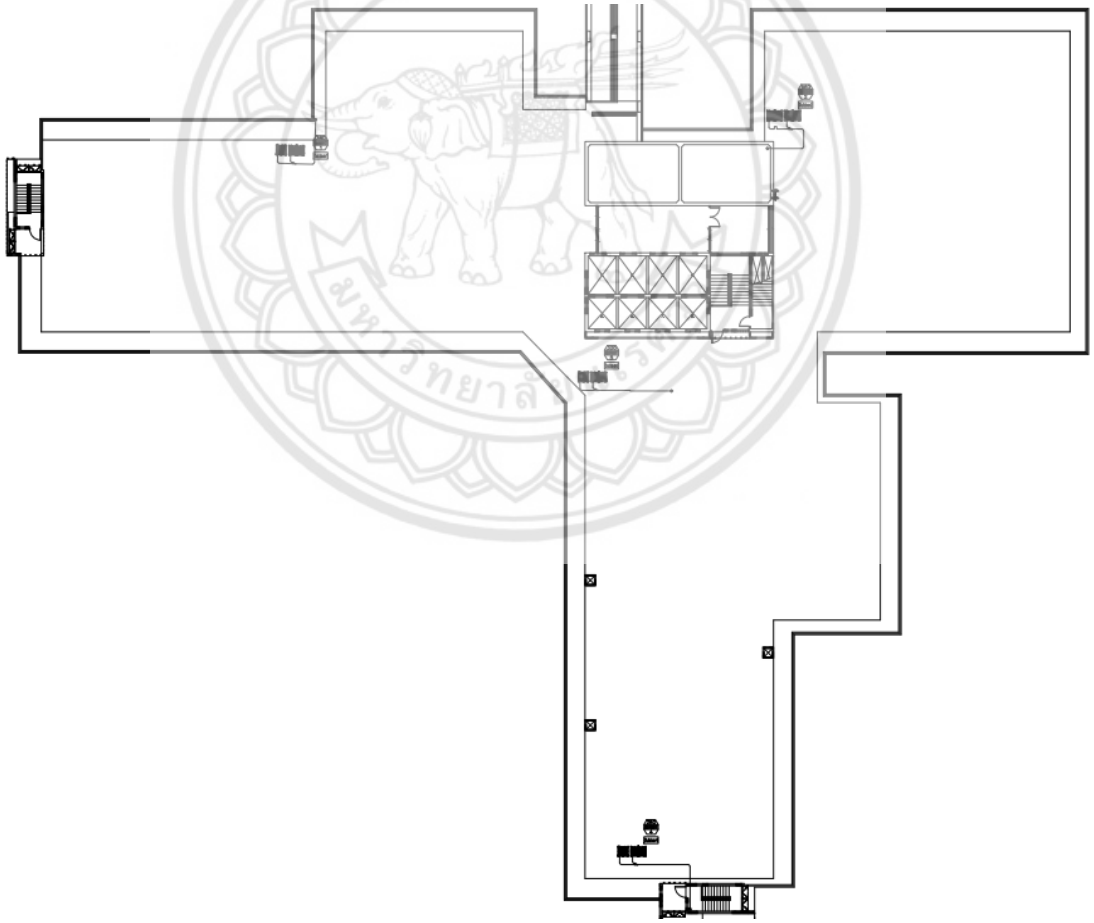
รูปที่ 4.43 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่พื้นที่ 2F



รูปที่ 4.44 การออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ที่พื้นที่ 3F และ 4F

4.4.3 การเลือก Condenser Unit

โดยทั่วไป Condenser สามารถทำงานได้ถึง 120 -130% แต่โดยทั่วไปนิยมออกแบบให้เกินจาก Fan Coil ไป 10% ในการออกแบบครั้งนี้เราจะต้องออกแบบให้ Condenser มากว่าโหลดที่เกิดขึ้นไปเล็กน้อย ในการออกแบบโดยโปรแกรม New DVM-Pro 1.0 ของบริษัท Samsung Hvac จะสามารถติดตั้ง Fan Coil ได้หลายตัวต่อ Condenser 1 ตัว ซึ่งจะแสดงในภาคผนวก ค การเลือก Condenser Unit ดังรูปภาพที่ 4.45 การเดินท่อเชื่อมระหว่าง Condenser กับ Fan Coil ไม่ควรใช้ยาวเกิน 45 เมตร



รูปที่ 4.45 การออกแบบ Condenser Unit

การออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF) เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ใช้งานมานานทำงานได้ไม่เต็มที่ ไม่สะอาด และเสียค่าซ่อมบำรุงที่สูง เพื่อให้โรงพยาบาลประหยัดค่าใช้จ่ายในดูแลรักษาและซ่อมบำรุงในอนาคต

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการรวบรวมและศึกษาข้อมูลของโรงพบาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และการวิเคราะห์ผลการศึกษาจากบทก่อนๆ พร้อมทั้งอธิบายในเรื่องการ ปรับปรุงชั้น5 เพื่อเป็นประโยชน์แก่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

5.1 ผลการศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการห้อง Isolation room และระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF รวมถึงการวิเคราะห์ผลจากการศึกษาแบบอาคารและลงพื้นที่สำรวจโดยได้ทำตรวจหาเชื้อจุลชีพที่อยู่ตามจุดต่าง ๆ ของโรงพยาบาลพบว่าในห้องส่วนใหญ่ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีจำนวนเชื้อจุลชีพที่สูง เนื่องจากการระบายอากาศไม่เพียงพอ และในปัจจุบันมีปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID 19 ทางโรงพยาบาลจึงมีนโยบายที่จะสร้างห้อง Isolation room เพื่อเป็นห้องพักสำหรับผู้ป่วยที่ติดเชื้อ COVID 19 โดยห้อง Isolation room สร้างขึ้นที่บริเวณชั้น 5 Zone A ของอาคารสิรินธร ซึ่งบริเวณอื่นในชั้น 5 ก็ตรวจพบปัญหาเชื้อจุลชีพที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ ดังนั้นการออกแบบระบบปรับอากาศปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็นจะเป็นตัวเลือกในแก้ปัญหาเชื้อจุลชีพที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในชั้น 5 จึงได้ทำการออกแบบระบบปรับอากาศแบบอัตราการไหลของสารทำความเย็น เพื่อเป็นแนวทางให้โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรใช้การออกแบบนี้เป็นต้นแบบในการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศ

จากการลงพื้นที่สำรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ พบว่าหลังล้างเครื่องปรับอากาศมีเชื้อจุลชีพมากกว่าก่อนล้างเครื่องปรับอากาศ ซึ่งอาจจะมีผลมาจากอัตราการระบายอากาศไม่เหมาะสมและเกิดจากการบุคคลเดินเข้าออกในพื้นขณะที่ทำการตรวจวัดเชื้อ ซึ่งห้อง

Isolation room เป็นห้องพักผู้ป่วยที่ต้องสะอาดในระดับเดียวกับห้องผ่าตัด จึงจำเป็นต้องปราศจากเชื้อจุลชีพหรือให้มีเชื้อจุลชีพน้อยที่สุด โดยเพิ่มอัตราการระบายอากาศจากเดิม 132 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 423.8 และ 847.6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในการสร้างห้อง Isolation room จำเป็นจะต้องทำการปรับปรุงพื้นที่ เช่น กักห้องสำหรับ Nurse station, การสร้างห้อง Ante Room, การย้ายประตูห้องน้ำไปบริเวณห้องพักผู้ป่วยและการทำประตูอัตโนมัติที่ใช้คีย์การ์ดในการเปิด – ปิด เพื่อความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์และผู้ใช้บริการของทางโรงพยาบาลท่านอื่น ซึ่งห้อง Isolation room จะใช้การออกเป็น 2 กรณี โดยกรณีที่ 1 จะใช้การดึง Fresh Air 100%เข้าสู่ห้องโดยตรง และกรณีที่ 2 จะใช้การดึง Fresh Air 100% มาเก็บไว้ที่โถงและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก ซึ่งทั้ง 2 กรณี จะติดตั้ง Supply air grille ไว้ที่ห้อง Ante Room และตรงกลางห้องพักผู้ป่วยยืน เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องติดตั้ง Hepa filter ที่ทางออกของ Exhaust Unit ซึ่งตัว Exhaust air grille จะถูกติดตั้งไว้ 2 ที่ได้แก่ ที่หัวเตียงของผู้ป่วย และที่ห้องน้ำเพื่อให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านแพทย์มายังผู้ป่วย และถูกระบายออกสู่ภายนอกอาคาร ต่อไปส่วนห้องที่ไม่ได้ทำการสร้างเป็นห้อง Isolation room จะทำการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ หรือ ระบบ Chiller มาเป็นระบบปรับอากาศแบบอัตราการไหลของสารทำความเย็นหรือระบบ VRV/VRF เพื่อแก้ปัญหาการระบายอากาศ และลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. หากไม่ต้องการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศเป็นแบบ VRV/VRF ควรเพิ่มอัตราการระบายอากาศเพื่อลดการเกิดจุลชีพสิ่งจะส่งผลต่อผู้ใช้บริการและบุคคลากรทางการแพทย์เป็นทางที่ดี

บรรณานุกรม

1. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.). (2560). บทเรียนออนไลน์. **โรคของ...ไวรัส**
2. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). งานวิจัย/พัฒนาสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). หัวข้อ**จุลินทรีย์ แบคทีเรีย ยีสต์**
3. ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ และ วิวัฒน์ แดงสุภา. 2517. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มิตรสยาม, กรุงเทพฯ. 516 น.
4. วุฒิชัย ทองบำรุง และ ธีรวุฒิ เลิศสุทธิชวาล. (2557). **ปรสิตโมโนจีเนียนที่พบในปลานิลแดงที่เลี้ยงในกระชังบริเวณแม่น้ำตาปีจังหวัดนครศรีธรรมราช**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 16 ฉบับที่ 1
5. สุพจน์ เดชะอำนวยวิทย์. **การออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย (Isolation Room Design).** บทความวิชาการชุดที่ 17 สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย
6. ทวี เวชพฤติ. **การระบายอากาศของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว ((Isolation Room Ventilation).** บทความวิชาการชุดที่ 11 สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย
7. ไพบูลย์ หังสพฤกษ์, เฮอิโซ ไซโต. (2537). **การปรับอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล.
8. ชูชัย ต.ศิริวัฒนา. (2554). **การทำความเย็นและระบบปรับอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ ส.ส.ท.
9. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2547). **ตอนที่ 4 บทที่ 2 หลักการการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ**. ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.) ด้านความร้อน. 9-20.
10. บริษัท ซีเอสซี บิส จำกัด. (2555). **ห้องคลีนรูมและมาตรฐานห้องคลีนรูม** สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2563 จาก https://www.csc-biz.com/thai/dust-cleanroom.html

11. นินนาท ราชประดิษฐ์. (2561). **วิศวกรรมการปรับอากาศและระบายอากาศ.** เอกสารประกอบการในวิชา Air-Conditioning and Ventilation Engineering. ภาควิชาเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร
12. H. Yang, J. Burnett, K. Lau and L. Lu. (2001). **Comparing Central and SplitAir-Conditioning System**. ASHRAE Journal. 36-38
13. พูลพร แสงบางปลา. (2558). **ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.)
14. สมศักดิ์ สุโมตยกุล. (2543). **เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ.
15. บริษัท HONOURS HVACCO.,LTD. (2561). **ระบบปรับอากาศแบบ VRV หรือ VRF ทำงานอย่างไร**. สืบค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2563 จาก http://www.honor1999.co.th/
16. จิตรดิลก ชูเพชร, สรวิศ มาพิจารณ์, ศิวัช หริ่มสืบ. (2557). ปริญญานิพนธ์ **กรณีศึกษาการใช้ระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น (VRF) สำหรับอาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร.
17. จักรพงษ์ เพ็งแจ่มแจ้ง. (2560). ปริญญานิพนธ์ กรณีศึกษา **ปรับปรุงการบำรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน**. สาขาการจักการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
18. จักรพันธ์ ภวังค์คะรัตน์. **Control of air infection for hospitals**. ACADEMIC JOURNAL of ARCHITECTURE 68 (2015): 89-98.
19. ปริยะดา โชควิญญู, ชไมพร เป็นสุข และวันทนา ปวีณกิตติพร. **การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย**. วารสารอนามัย สิ่งแวดล้อม., 50-66
20. กติกา สระมณีอินทร์ และคณะ. (2559). นวัตกรรมอาคาร. **การสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราที่แขวนลอยในอากาศ อาคารวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 10. (หน้า 438-445)

21. อุกฤษฎ์ ใจงาม. (2562). **การจำลองพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันและแบบเครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำของอาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
22. JINKYUN CHO. (2019). **Improved Ventilation System for Removal of Airborne Contamination in Airborne Infectious Isolation Rooms**. ASHRAE JOURNAL
23. พรชรัฐ สายยุทธ.(2562). **ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่**. ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
24. ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล และชุมพร มูรพันธุ์. (2558**). การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (Perception of Interior Air Quality in Public Buildings)**. Veridian E-Journal, Silpakorn University (ฉบับภาษาไทย), 8(2), 1583-1594
25. สุรีพรรณ์ สุพรรณสมบูรณ์. (2560). การสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน**กรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ**. วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16 (2กรกฎาคม-ธันวาคม 2560),. 77-93.
26. จุติพร พนมบัวเลิศ และคณะ. (2559). **การวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารโดยการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราในคลินิกหน่วยทันตกรรมผู้ป่วยนอก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 15(1) ,. 173-181

ภาคผนวก ก

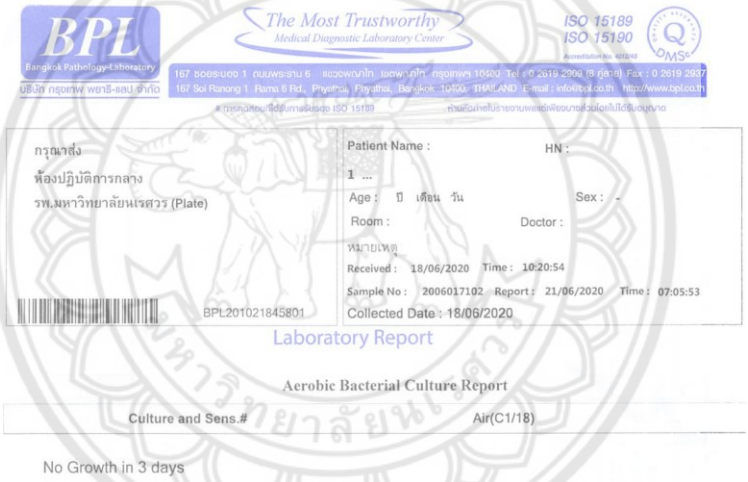
ผลการตรวจเชื้อจุลชีพ

ผลการตรวจเชื้อจุลชีพในอากาศก่อนล้างเครื่องปรับอากาศ

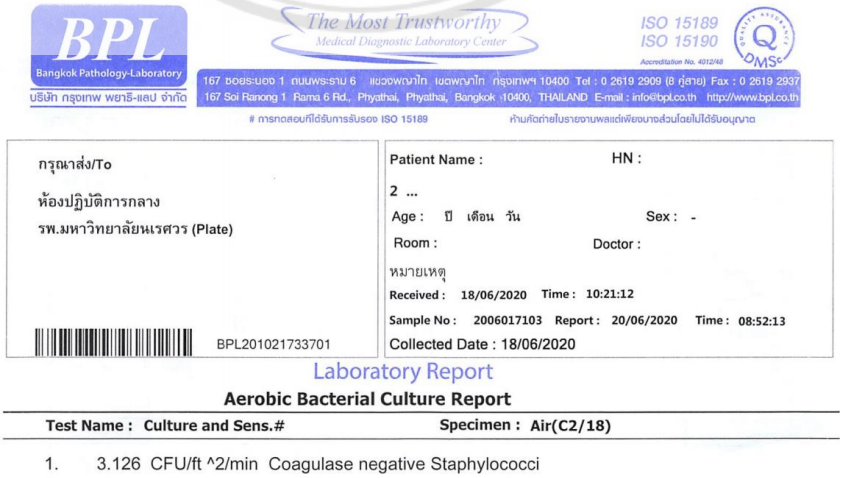
ห้องเอกาทศรถ 1

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**ทางออก**ของเครื่องปรับอากาศ ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลชีพ แสดงดังรูป ก. 1

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**ทางเข้า**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ ยกตัวอย่างเช่น โรคระบบทางเดินปัสสาวะอักเสบแบบเฉียบพลัน เป็นต้น แสดงดังรูป ก.2



รูปที่ ก.1 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเอกทศรถ 1

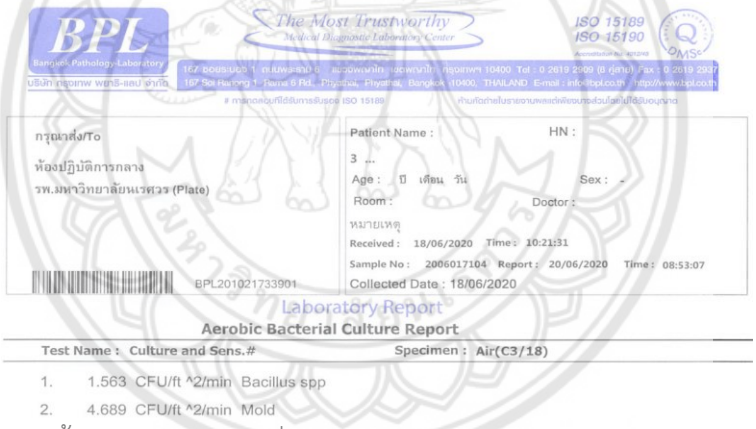


รูปที่ ก.2 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเอกทศรถ 1

ห้องเอกาทศรถ 2

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**ทางออก**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อจุลชีพทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา ได้แก่ Bacillus spp. ที่สร้างเอนโดสปอร์ (spore forming bacteria) สปอร์แบคทีเรีย (bacterial spore) ของ Bacillus จะทนต่อความร้อน ทนต่อความแห้งแล้ง สารเคมี และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ ได้ดี Bacillus เป็น protiolytic bacteria มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยโปรตีนในอาหารให้เป็นกรดแอมิโน เป็นจุลินทรีย์สาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (microbial spoilage) และทำให้อาหารที่เน่าเสียเกิดกลิ่นเหม็น) และ Mold ตามลำดับ แสดงดังรูป ก.3

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**ทางเข้า**ของเครื่องปรับอากาศ ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลชีพ แสดงดังรูป ก.4


BPL Bangkok Pathology Laboratory
The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center
ISO 15189 ISO 15190
กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)
Patient Name : HN :
3 ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 18/06/2020 Time : 10:21:31
Sample No : 2006017104 Report : 20/06/2020 Time : 08:53:07
Collected Date : 18/06/2020
BPL201021733901
Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report
Test Name : Culture and Sens.# Specimen : Air(C3/18)
1. 1.563 CFU/ft ^2/min Bacillus spp
2. 4.689 CFU/ft ^2/min Mold

รูปที่ ก.3 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเอกทศรถ 2

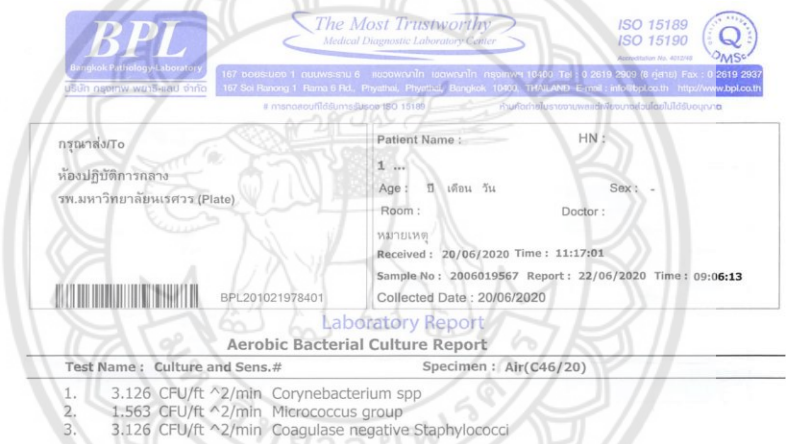
BPL Bangkok Pathology Laboratory
The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center
ISO 15189 ISO 15190
กรุณาส่ง
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)
Patient Name : HN :
4 ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 18/06/2020 Time : 10:21:42
Sample No : 2006017105 Report : 21/06/2020 Time : 07:05:55
Collected Date : 18/06/2020
BPL201021845901
Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report
Culture and Sens.# Air(C4/18)
No Growth in 3 days

รูปที่ ก.4 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเอกทศรถ 2

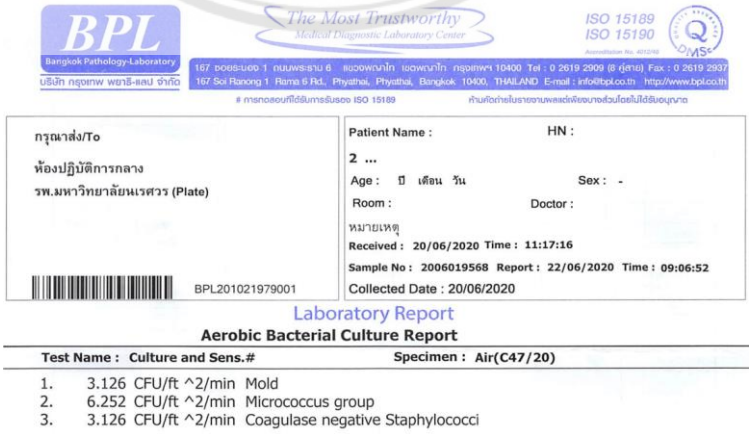
ห้องฝ่ายการพยาบาล

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**<u>ทางออก</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Corynebacterium, Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ แสดงดังรูป ก.5

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**<u>ทางเข้า</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ และเชื้อรา (Mold) แสดงดังรูป ก.6



รูปที่ ก.5 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องฝ่ายพยาบาล

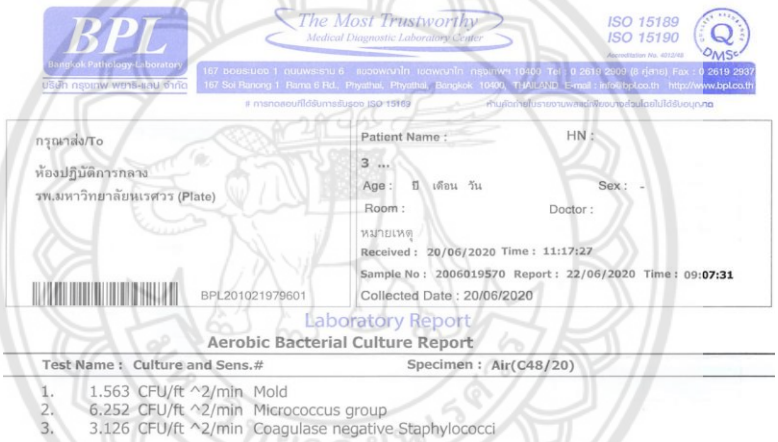


รูปที่ ก.6 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องฝ่ายพยาบาล

ห้องเวชระเบียน

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**ทางออก**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ และเชื้อรา (Mold) แสดงดังรูป ก.7

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**ทางเข้า**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Bacillus spp., Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ แสดงดังรูป ก.8



BPL Bangkok Pathology Laboratory บริษัท กรุงเทพ พยาธิ-แลบ จำกัด
The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center
ISO 15189 ISO 15190
167 ซอยระนอง 1 ถนนพระราม 6 แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 Tel : 0 2619 2909 (8 คู่สาย) Fax : 0 2619 2937
167 Soi Ranong 1 Rama 6 Rd., Phyathai, Phyathai, Bangkok 10400, THAILAND E-mail : info@bpl.co.th http://www.bpl.co.th
การทดสอบที่ได้รับการรับรอง ISO 15189 ห้ามคัดถ่ายในรายงานผลแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาต

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

BPL201021979601

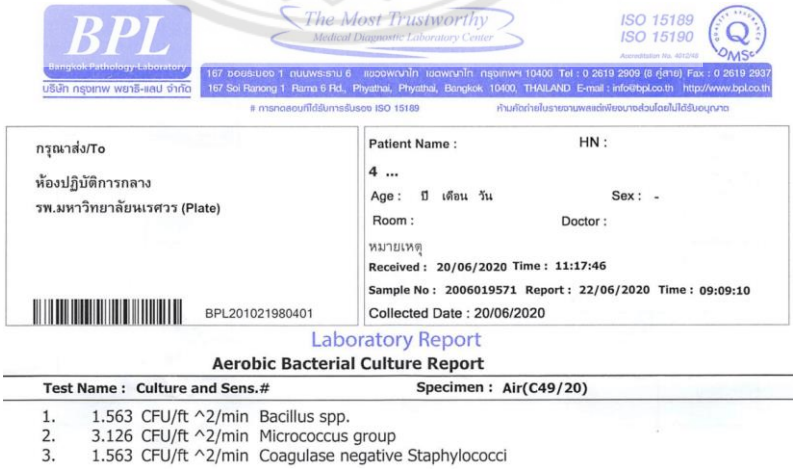
Patient Name : HN :
3 ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 20/06/2020 Time : 11:17:27
Sample No : 2006019570 Report : 22/06/2020 Time : 09:07:31
Collected Date : 20/06/2020

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.# Specimen : Air(C48/20)

1. 1.563 CFU/ft ^2/min Mold
2. 6.252 CFU/ft ^2/min Micrococcus group
3. 3.126 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci

รูปที่ ก.7 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเวชระเบียน



BPL Bangkok Pathology Laboratory บริษัท กรุงเทพ พยาธิ-แลบ จำกัด
The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center
ISO 15189 ISO 15190
167 ซอยระนอง 1 ถนนพระราม 6 แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 Tel : 0 2619 2909 (8 คู่สาย) Fax : 0 2619 2937
167 Soi Ranong 1 Rama 6 Rd., Phyathai, Phyathai, Bangkok 10400, THAILAND E-mail : info@bpl.co.th http://www.bpl.co.th
การทดสอบที่ได้รับการรับรอง ISO 15189 ห้ามคัดถ่ายในรายงานผลแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาต

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

BPL201021980401

Patient Name : HN :
4 ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 20/06/2020 Time : 11:17:46
Sample No : 2006019571 Report : 22/06/2020 Time : 09:09:10
Collected Date : 20/06/2020

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.# Specimen : Air(C49/20)

1. 1.563 CFU/ft ^2/min Bacillus spp.
2. 3.126 CFU/ft ^2/min Micrococcus group
3. 1.563 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci

รูปที่ ก.8 ผลตรวจเชื้อจุลชีพก่อนล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเวชระเบียน

ผลการตรวจเชื้อจุลชีพในอากาศหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

ห้องเอกาทศรถ 1

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**ทางออก**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อจุลชีพหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง mold สำหรับเชื้อแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ coagulase negative Staphylococci, และ Micrococcus group ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นของโรงพยาบาลและสามารถก่อโรคได้ อย่างไรก็ตามพบในจำนวนน้อยมาก แสดงดังรูป ก.9

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**ทางเข้า**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อจุลชีพหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นของโรงพยาบาลและสามารถก่อโรคได้ และพบเป็นจำนวนมาก แสดงดังรูป ก.10

BPL Bangkok Pathology Laboratory

The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center

ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

Patient Name : HN :
AKA1 AIR DROP ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:43:23
Sample No : 2006028683 Report : 02/07/2020 Time : 09:05:30
Collected Date : 30/06/2020

BPL201023338301

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.#	Specimen : Air(C1/30)
1. 7,815 CFU/ft ^2/min Mold	
2. 1,563 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci	
3. 1,563 CFU/ft ^2/min Micrococcus group	

รูปที่ ก.9 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเอกาทศรถ 1

BPL Bangkok Pathology Laboratory

The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center

ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

Patient Name : HN :
AKA1 RETERN ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:45:07
Sample No : 2006028686 Report : 02/07/2020 Time : 09:25:17
Collected Date : 30/06/2020

BPL201023339701

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

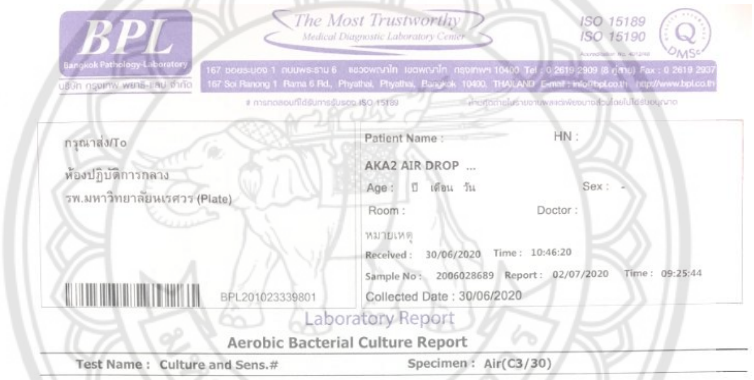
Test Name : Culture and Sens.#	Specimen : Air(C2/30)
1. 1,563CFU/ft ^2/min Mold	
2. 93.78 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci	

รูปที่ ก.10 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเอกาทศรถ 1

ห้องเอกาทศรถ 2

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**<u>ทางออก</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญเฉพาะ mold จำนวนปานกลาง แสดงดังรูป ก.11

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**<u>ทางเข้า</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อจุลชีพหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง mold สำหรับเชื้อแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ coagulase negative Staphylococci, และ Micrococcus group ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นของโรงพยาบาลและสามารถก่อโรคได้ อย่างไรก็ตามพบในจำนวนน้อยมาก แสดงดังรูป ก.12



BPL Bangkok Pathology Laboratory — The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center — ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

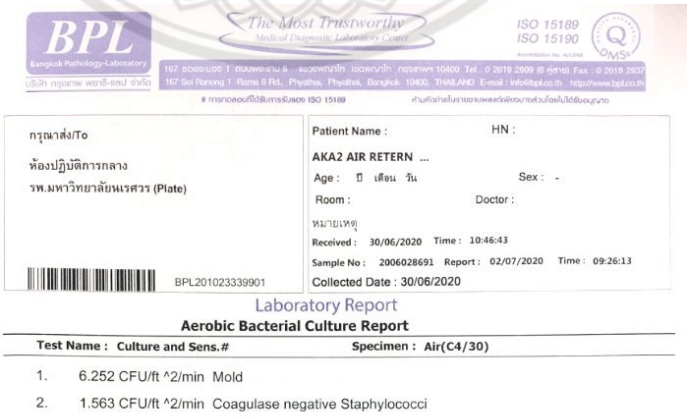
Patient Name : HN :
AKA2 AIR DROP ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:46:20
Sample No : 2006028689 Report : 02/07/2020 Time : 09:25:44
Collected Date : 30/06/2020
BPL201023339801

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.# Specimen : Air(C3/30)

1. 10.941 CFU/ft ^2/min Mold

รูปที่ ก.11 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเอกาทศรถ 2



BPL Bangkok Pathology Laboratory — The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center — ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

Patient Name : HN :
AKA2 AIR RETERN ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:46:43
Sample No : 2006028691 Report : 02/07/2020 Time : 09:26:13
Collected Date : 30/06/2020
BPL201023339901

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.# Specimen : Air(C4/30)

1. 6.252 CFU/ft ^2/min Mold
2. 1.563 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci

รูปที่ ก.12 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเอกาทศรถ 2

ห้องฝ่ายการพยาบาล

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**<u>ทางออก</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci (ในจำนวนมากปานกลาง) ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ และเชื้อรา (Mold) แสดงดังรูป ก.13

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**<u>ทางเข้า</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ และเชื้อรา (Mold) ในจำนวนน้อย แสดงดังรูป ก.14

BPL Bangkok Pathology Laboratory — The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center — ISO 15189 ISO 15190

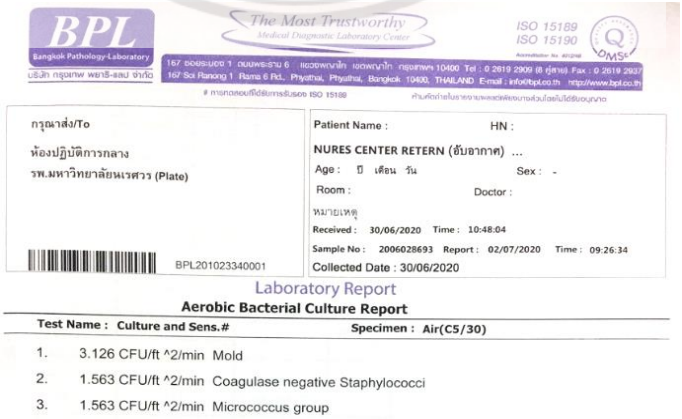
กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

Patient Name : HN :
NURES CENTER AIR DROP ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:48:54
Sample No : 2006028695 Report : 02/07/2020 Time : 09:27:09
BPL201023340101
Collected Date : 30/06/2020

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.#	Specimen : Air(C6/30)
1. 7.815 CFU/ft ^2/min Mold	
2. 15.63 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci	
3. 1.563 CFU/ft ^2/min Micrococcus group	

รูปที่ ก.13 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องฝ่ายพยาบาล


BPL Bangkok Pathology Laboratory — The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center — ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

Patient Name : HN :
NURES CENTER RETERN (ย้ายอากาศ) ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:48:04
Sample No : 2006028693 Report : 02/07/2020 Time : 09:26:34
BPL201023340001
Collected Date : 30/06/2020

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.#	Specimen : Air(C5/30)
1. 3.126 CFU/ft ^2/min Mold	
2. 1.563 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci	
3. 1.563 CFU/ft ^2/min Micrococcus group	

รูปที่ ก.14 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องฝ่ายพยาบาล

ห้องเวชระเบียน

ถาดที่ 1 วางบริเวณ**<u>ทางออก</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci (ในจำนวนมากปานกลาง) ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ และเชื้อรา (Mold) แสดงดังรูป ก.15

ถาดที่ 2 วางบริเวณ**<u>ทางเข้า</u>**ของเครื่องปรับอากาศ พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Micrococcus group และ coagulase negative Staphylococci ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถพบได้ในโรงพยาบาล และก่อโรคได้ และเชื้อรา (Mold) ในจำนวนน้อย แสดงดังรูป ก.16

BPL Bangkok Pathology Laboratory — The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center — ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

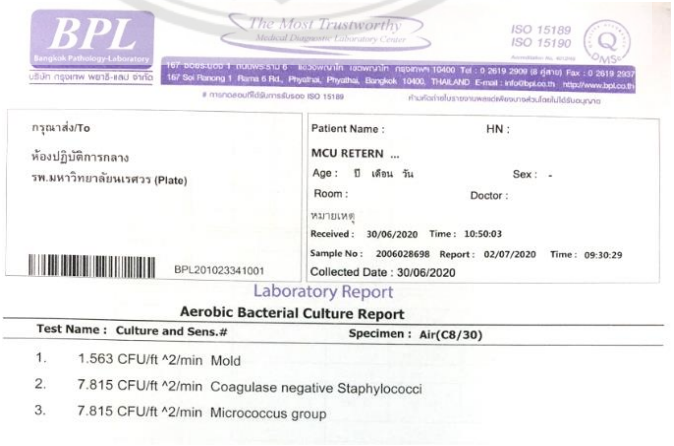
Patient Name : HN :
MCU AIR DROP ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:49:24
Sample No : 2006028697 Report : 02/07/2020 Time : 09:28:13
Collected Date : 30/06/2020

BPL201023340301

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.#	Specimen : Air(C7/30)
1. 4.689 CFU/ft ^2/min Mold	
2. 26.571 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci	
3. 7.815 CFU/ft ^2/min Micrococcus group	

รูปที่ ก.15 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางออกของอากาศในห้องเวชระเบียน



BPL Bangkok Pathology Laboratory — The Most Trustworthy Medical Diagnostic Laboratory Center — ISO 15189 ISO 15190

กรุณาส่ง/To
ห้องปฏิบัติการกลาง
รพ.มหาวิทยาลัยนเรศวร (Plate)

Patient Name : HN :
MCU RETERN ...
Age : ปี เดือน วัน Sex : -
Room : Doctor :
หมายเหตุ
Received : 30/06/2020 Time : 10:50:03
Sample No : 2006028698 Report : 02/07/2020 Time : 09:30:29
Collected Date : 30/06/2020

BPL201023341001

Laboratory Report
Aerobic Bacterial Culture Report

Test Name : Culture and Sens.#	Specimen : Air(C8/30)
1. 1.563 CFU/ft ^2/min Mold	
2. 7.815 CFU/ft ^2/min Coagulase negative Staphylococci	
3. 7.815 CFU/ft ^2/min Micrococcus group	

รูปที่ ก.16 ผลตรวจเชื้อจุลชีพหลังล้างเครื่องปรับอากาศบริเวณทางเข้าของอากาศในห้องเวชระเบียน

ภาคผนวก ข

การคำนวณระบบปรับอากาศของห้อง

ISOLATION ROOM

ตัวอย่างการคำนวณการออกแบบห้อง Isolation Room

กรณีที่ 1 การใช้ Fresh air 100% ดึงเข้าห้องโดยตรง

- ภาระที่เกิดจากห้องพักผู้ป่วย
  - กำหนด Cooling Load เท่ากับ 700 ต่อตารางเมตร
  - ขนาดห้องเท่ากับ 24 ตารางเมตร

ภาระที่เกิดจากห้อง = Cooling Load × ขนาดห้อง

ภาระที่เกิดจากห้อง = 700 × 24

ภาระที่เกิดจากห้อง = 16,800 Btu/hr

- ภาระที่เกิดจากอากาศภายนอก
  - อากาศภายนอกที่ 37 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 61%
  - อากาศภายในห้อง 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55%
  - อัตราระบายอากาศ 12 ACH

(การระบายอากาศ 1 ACH คือ การระบายอากาศที่มีอัตราการไหลเชิงปริมาตรเท่ากับปริมาตรของห้องภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง)

แปลงอัตราระบายอากาศจาก 12 ACH เป็น cfm จะได้

ปริมาตรของห้อง × 12 ACH = 60 × 12 = 720 m^3/hr

1 m^3/hr = 0.588577708 cfm

ดังนั้น 720 m^3/hr = 423.8 cfm

อัตราการไหลเชิงมวล = $\frac{1.177 \times 423.8}{3600}$ = 0.24 kg/s

จากอุณหภูมิภายนอกและภายใน นำไป Plot ลง psychometric chart จะได้ค่า w_1 และ w_2 เท่ากับ 0.0246165 kg/kg_{da} และ 0.0109490 kg/kg_{da}

คำนวณหาความร้อนสัมผัส (Sensible heat) จากสูตร $m \times 1.02\left(t_2 - t_1\right)$

จะได้เท่ากับ $0.24 \times 1.02\left(35 - 27\right)$ = 2.88 kW

คำนวณหาความร้อนแฝง (Latent heat) จากสูตร $m \times 2480\left(w_2 - w_1\right)$

จะได้เท่ากับ $0.24 \times 2480\left(0.0245165 - 0.0109490\right)$ = 8.20 kW

คำนวณภาระทั้งหมดได้จาก ความร้อนสัมผัส+ความร้อนแฝง = 2.88+8.30 = 11.08 kW

แปลงจาก kW เป็น Btu/hr จะได้เท่ากับ 11.08 × 3412.142 = 37805.45 Btu/hr

ดังนั้น ภาระทั้งหมดที่ใช้ในกรณีที่ 1

= ภาระที่เกิดจากห้องพักผู้ป่วย + ภาระที่เกิดจากอากาศภายนอก

= 16800 + 37805.45

= 54605.45 Btu/hr

กรณีที่ 2 Fresh air 100% ที่โถงทางเดินและกระจายลมเย็นเข้าสู่ภายในห้องพัก

- อากาศภายนอกที่ 37 ℃ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 61%
- อากาศภายในห้อง 25 ℃ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55%
- อัตราระบายอากาศ 12 ACH
- w_1 และ w_2 เท่ากับ 0.0246165 kg/kg_{da} และ 0.0109490 kg/kg_{da}

ตารางที่ ข.1 การคำนวณ Fresh air 100% ที่โถงทางเดิน

	ห้อง 504 - 508	ห้อง 509
ปริมาตรห้อง	4×6×2.5 = 60 m^3	6×8×2.5 = 120 m^3
แปลงอัตราระบายอากาศจาก 12 ACH เป็น cfm โดย 1 m^3/hr = 0.588577708 cfm	60×12 = 720 m^3/hr 720×0.588577708 = 423.8 cfm	120×12 = 1140 m^3/hr 1140×0.588577708 = 847.6 cfm
อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)	$\frac{423.8(1.177)}{3600}$ =0.24	$\frac{847.6(1.177)}{3600}$ =0.47
คำนวณหาความร้อนสัมผัส (Sensible heat) จากสูตร $m \times 1.02\left(t_2 - t_1\right)$	0.24×1.02(37-25) = 2.28 kW	0.47×1.02(37-25) = 5.76 kW
คำนวณหาความร้อนแฝง (Latent heat) จากสูตร $m \times 2480\left(w_2 - w_1\right)$	0.24×2048(0.0246165-0.0109490) = 8.20 kw	0.24×2048(0.0246165-0.0109490) = 16.40 kw
คำนวณภาระทั้งหมดได้จาก ความร้อนสัมผัส+ความร้อนแฝง	2.28+8.20 = 11.08 kw	5.76+16.40 = 22.16 kw
แปลงจาก kW เป็น Btu/hr โดย 1 kW เท่ากับ 3,412.142 Btu/hr	11.08 × 3,412.142 = 37,805.45 Btu/hr	22.16 × 3,412.142 = 30,240.79 Btu/hr
Fresh air 100% ที่โถงทางเดิน	264638.2 Btu/hr	

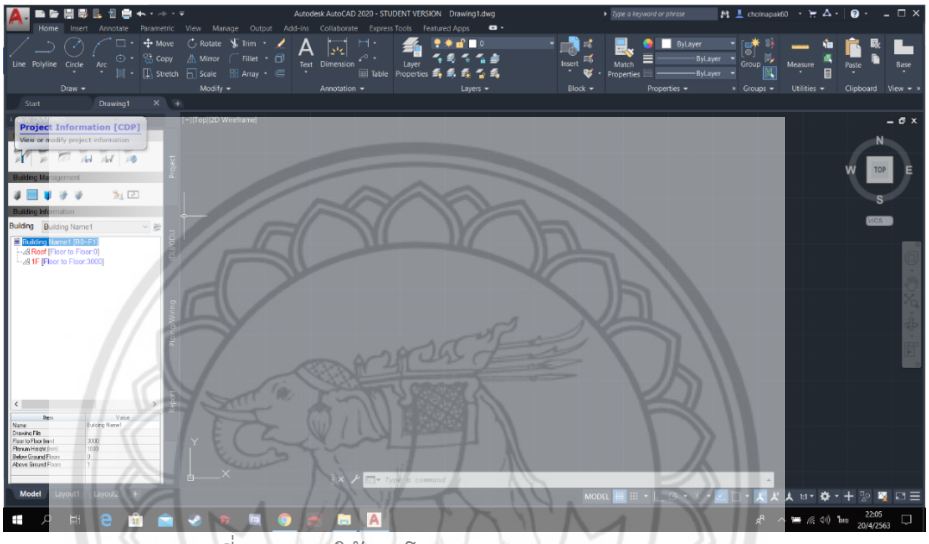
ภาคผนวก ค

การออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น (VRV/VRF)

หลักการใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

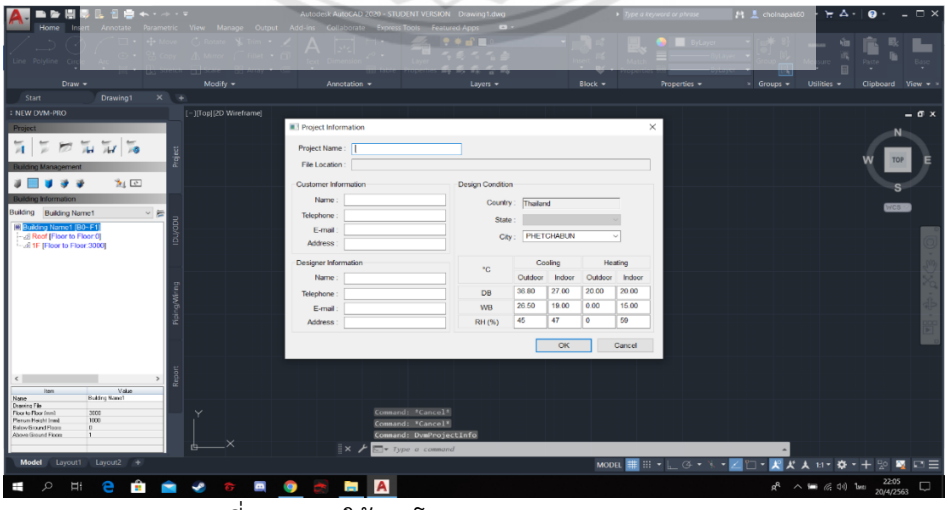
โปรแกรม New DVM-Pro 1.0 เป็นโปรแกรมสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV/VRF ของบริษัท Samsung Hvac โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1. Click ไปที่คำว่า Project Information (CDP) ดังรูปที่ ค.1



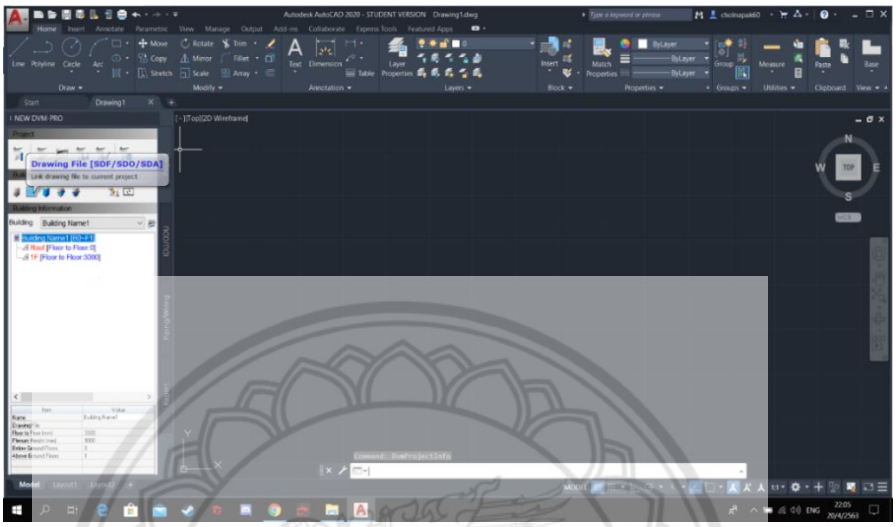
รูปที่ ค.1 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

2. เมื่อ Click คำว่า Project Information (CDP) ดังรูปที่ ค.1 จะเกิดหน้าต่างดังรูปที่ ค.2 เพื่อให้เราใส่ Project Name และเลือก City ที่ใกล้บริเวณที่เราอยู่มากที่สุด



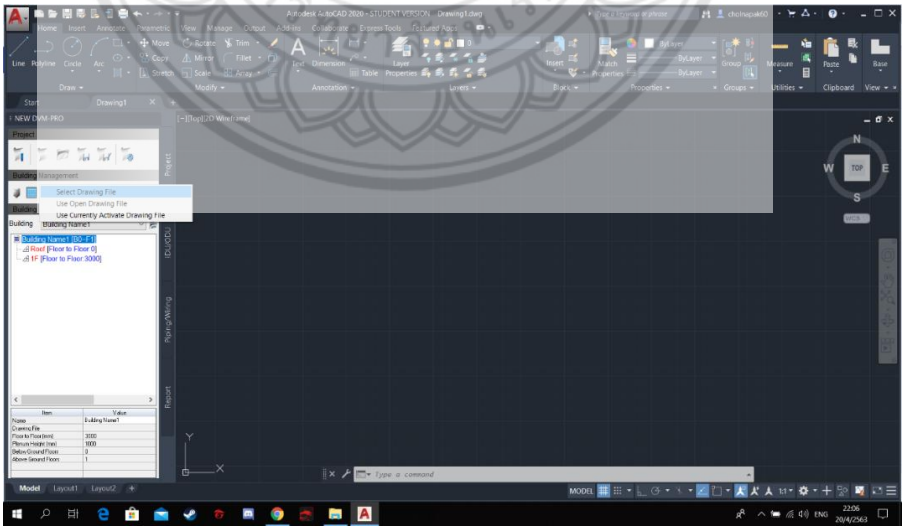
รูปที่ ค.2 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

3. จากรูปที่ ค.2 เมื่อผู้ใช้งานได้ใส่ Project Name และเลือก City แล้วให้เราไป Click ที่คำว่า Drawing File (SDF/SDO/SDA) ดังรูปที่ ค.3



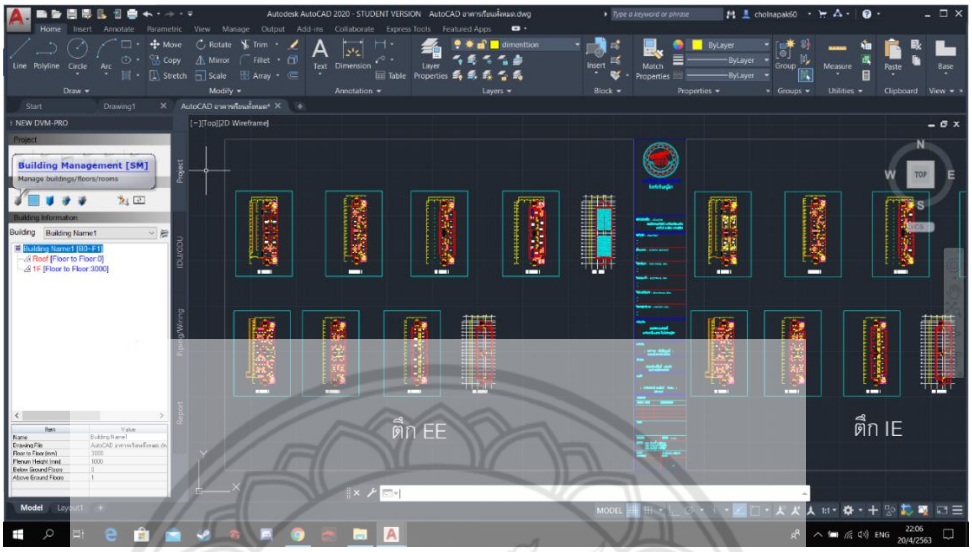
รูปที่ ค.3 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

4. จากรูปที่ ค.3 เมื่อ Click ที่คำว่า Drawing File (SDF/SDO/SDA) ให้เลือกที่คำว่า Select Drawing File เพื่อเปิดไฟล์งาน Auto CAD ที่ผู้ใช้งานมีอยู่มาออกแบบระบบปรับอากาศดังรูปที่ ค.4



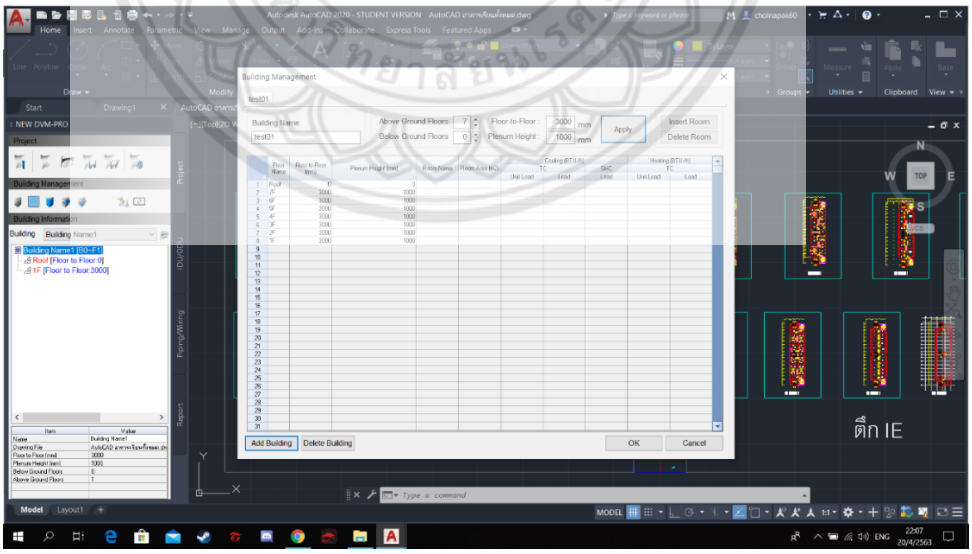
รูปที่ ค.4 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

5. เมื่อเปิดไฟล์มาแล้ว ให้ผู้ใช้งานไป Click ที่คำว่า Building Management ดังรูปที่ ค.5



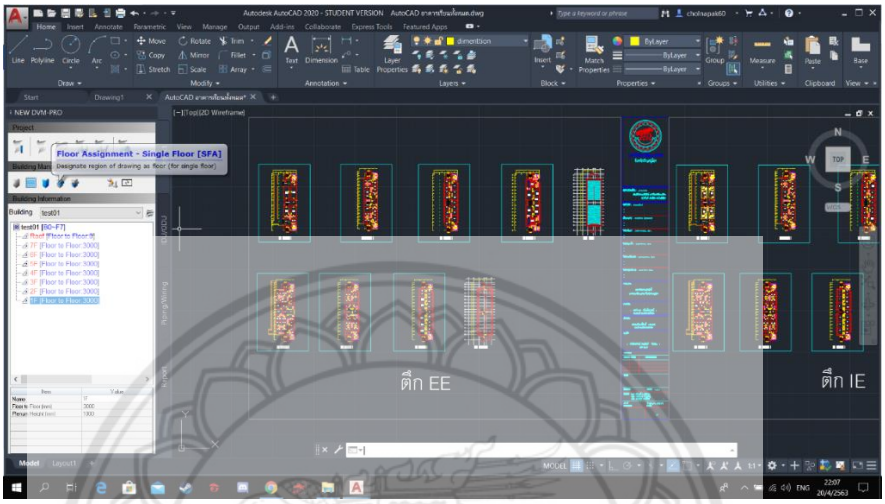
รูปที่ ค.5 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

6. จากรูปที่ ค.5 ผู้ใช้งานไป Click ที่คำว่า Building Management จะขึ้นหน้าต่างดังรูปที่ ค.6 โดยผู้ใช้งานจะต้องใส่ Building Name ใส่จำนวนชั้นแล้ว Click คำว่า Apply แล้ว Click คำว่า Ok



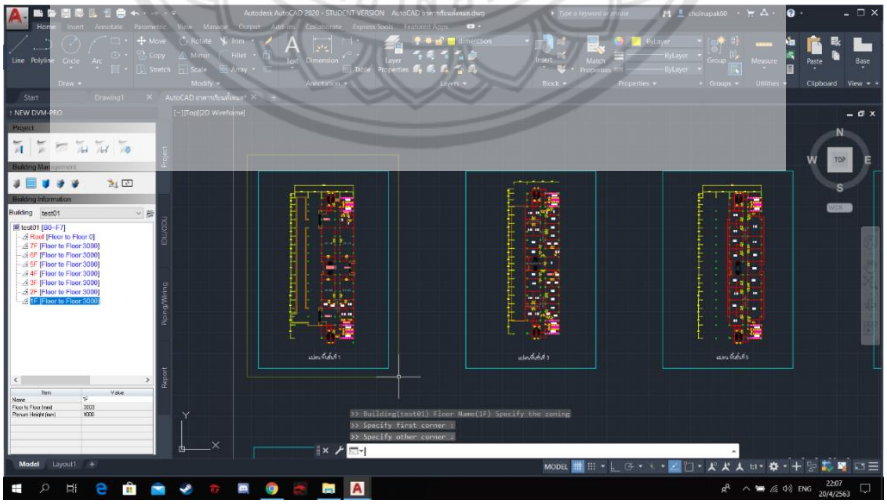
รูปที่ ค.6 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

7. เมื่อเราใส่จำนวนชั้นแล้ว ให้ผู้ใช้งาน Click ไปที่คำว่า Floor Assignment – Single Floor (SFA) เพื่อครอบชั้นที่ผู้ใช้งานออกแบบ ดังในรูปที่ ค.7 ยกตัวอย่างเช่น ผู้ใช้งานจะออกแบบชั้น1 ให้ไปเลือกที่ 1F ก่อน แล้ว Click ไปที่คำว่า Floor Assignment – Single Floor (SFA)



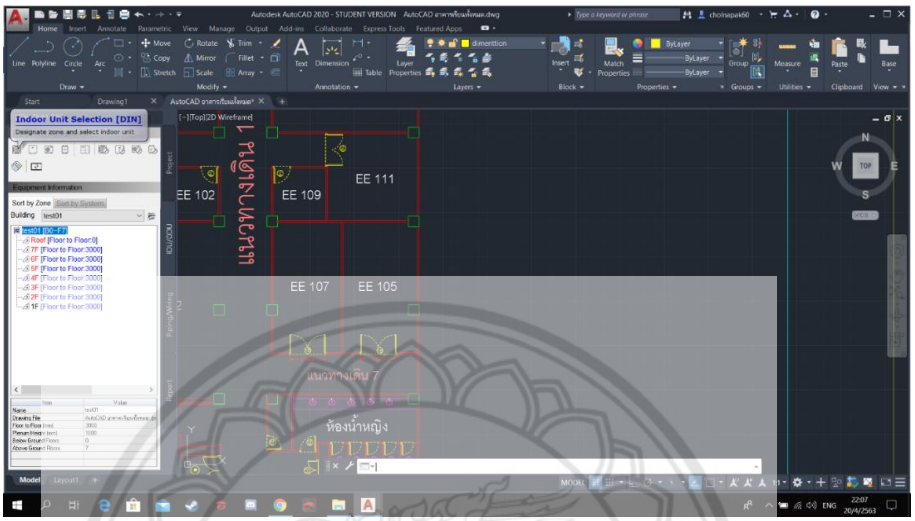
รูปที่ ค.7 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

8. โดยเมื่อผู้ใช้งาน Click ไปที่คำว่า Floor Assignment – Single Floor (SFA) ใส่เราไป Click ที่บริเวณใกล้ชั้นที่เราจะออกแบบแล้ว Click จะขึ้นกรอบสีเหลืองดังรูปที่ ค.8 โดยเราจะต้องลากให้เลยแบบที่ผู้ใช้งานเตรียมไว้



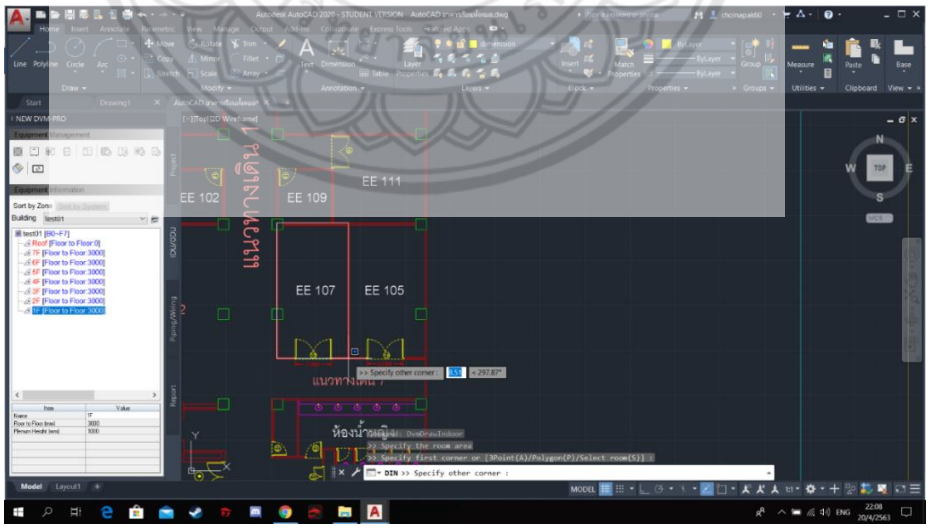
รูปที่ ค.8 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

9. จากรูปที่ ก.8 ให้ผู้ใช้งานไป Click ที่คำว่า IDU/ODU แล้ว Click ที่ Indoor Unit Selection (DIN) ดังรูปที่ ค.9



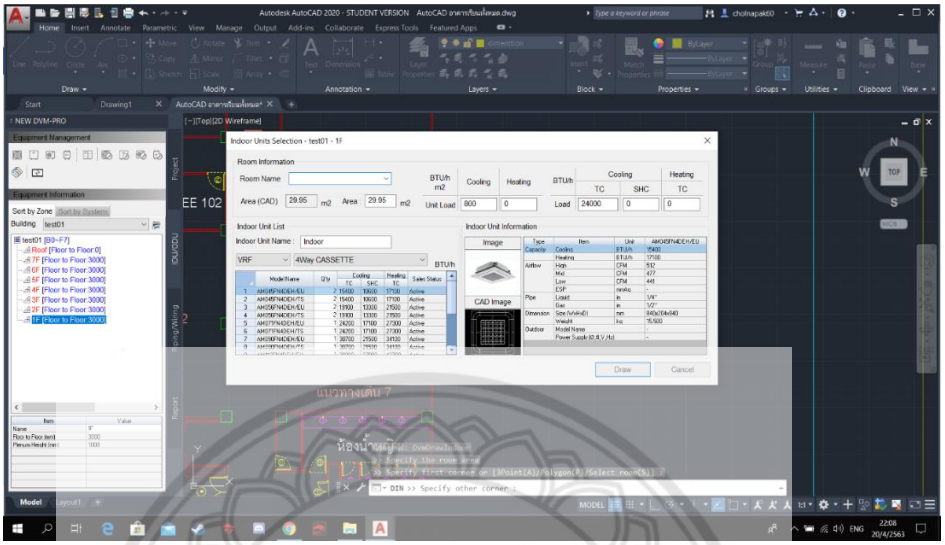
รูป ค.9 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

10.เมื่อผู้ใช้งาน Click คำว่า IDU/ODU แล้ว Click ที่ Indoor Unit Selection (DIN) ในรูปที่ ค.9 จะขึ้นกรอบให้ครอบพื้นที่ห้อง ดังรูปที่ ค.10



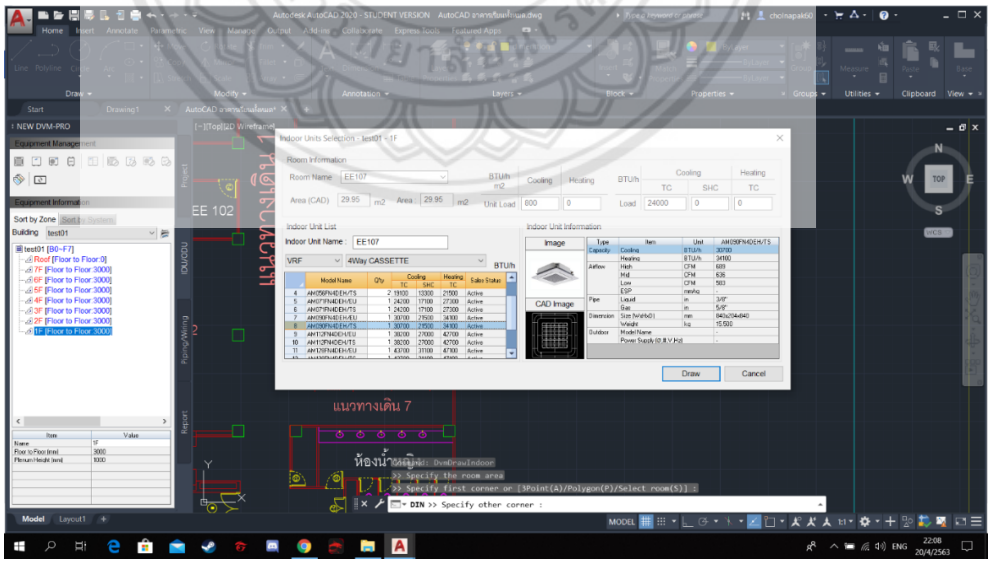
รูปที่ ค.10 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

11. จากรูปที่ ค.10 เมื่อเราครอบพื้นที่ห้องเสร็จเรียบร้อย โปรมแกรมจะเด้งหน้าต่างดังรูปที่ ค.11



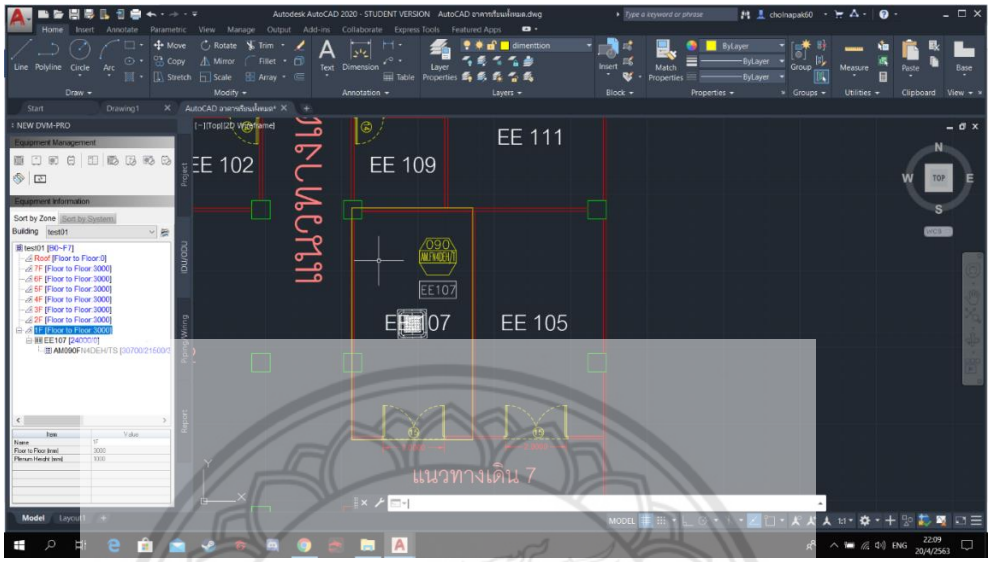
รูปที่ ค.11 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

12. จากรูปที่ ค.11 จะเห็นได้ว่ามีพื้นที่ของห้องขึ้นในเราอัตโนมัติแล้ว ดังนั้นเราจะต้องใส่ Room Name และจาก Cooling ที่ขึ้นมาอัตโนมัติ จะทำให้เราสามารถเลือก Indoor Unit ได้ตามผู้ใช้งานเห็นว่าเหมาะสม ดังรูปที่ ค.12



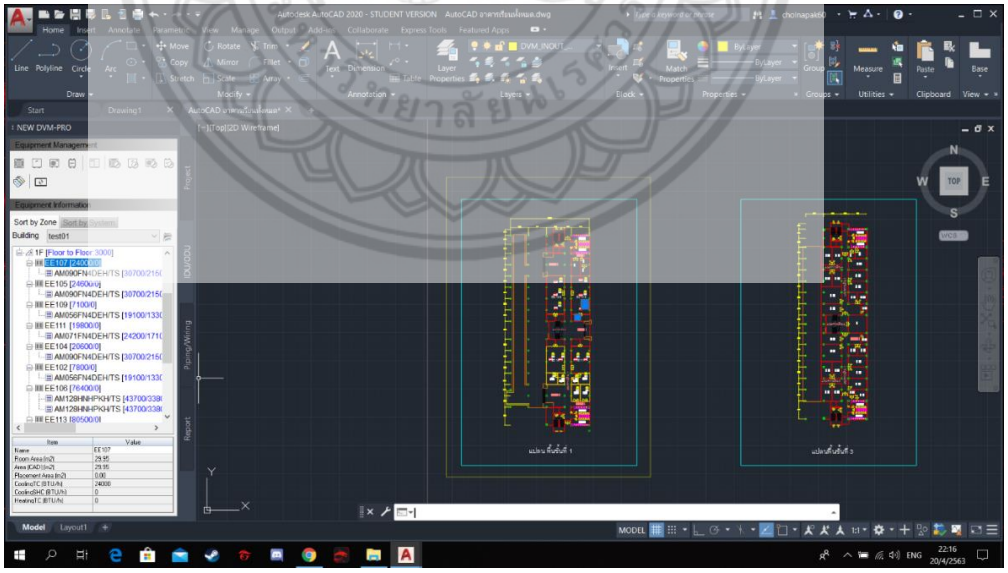
รูปที่ ค.12 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

13. จากรูปที่ ค.12 เมื่อผู้ใช้งาน Click คำว่า Draw แล้วจะขึ้นในแบบดังรูปที่ ค.13



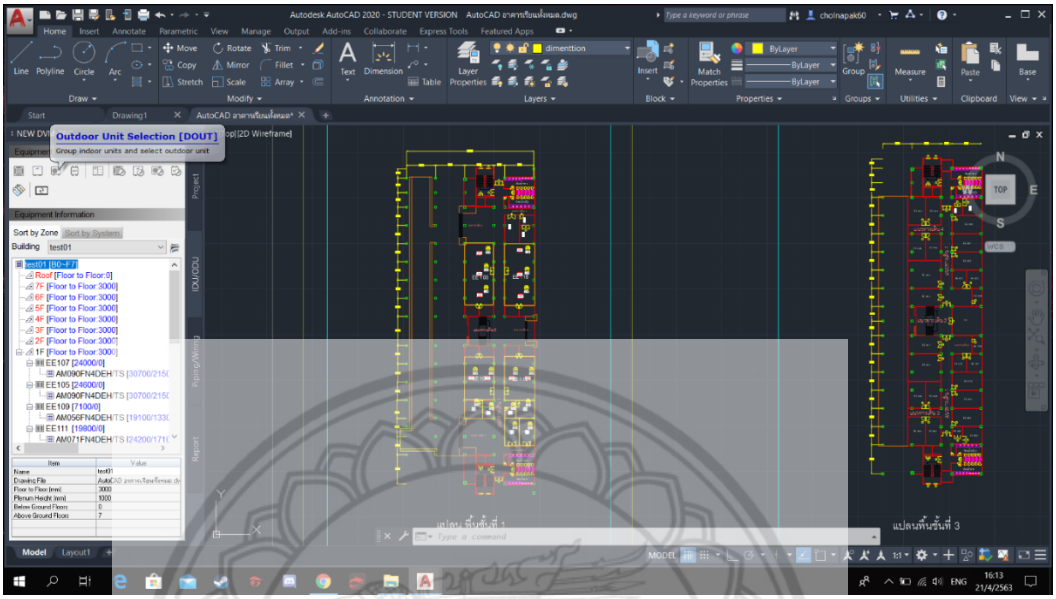
รูปที่ ค.13 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

14. จากนั้นให้ผู้ใช้งานออกแบบระบบปรับอากาศ VRV/VRF ครบทุกห้องในชั้นจะขึ้นดังรูปที่ ค.14



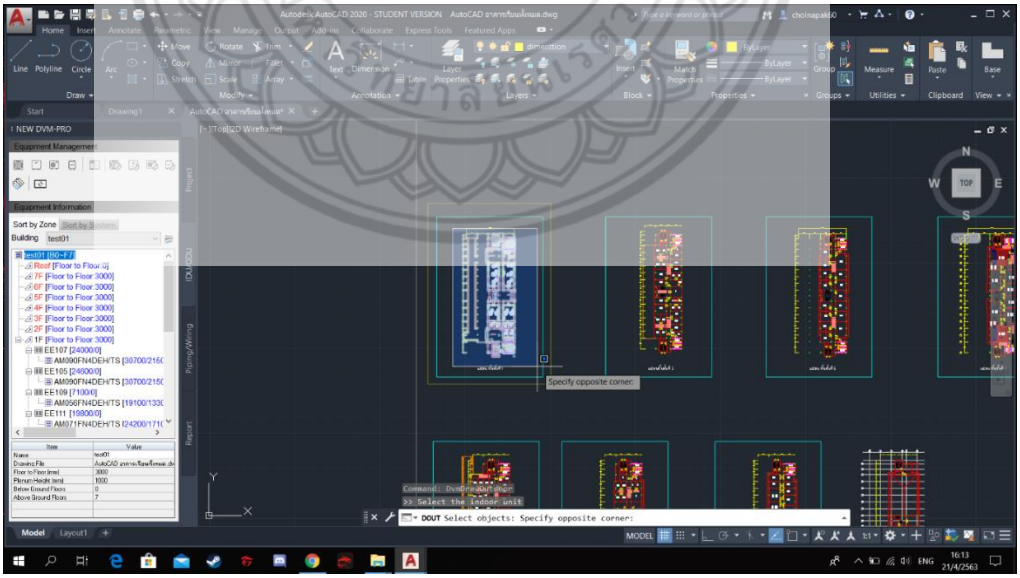
รูปที่ ค.14 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

15. ขั้นตอนต่อไป ให้ผู้ใช้งาน Click ที่ Outdoor unit Selection ดังรูปที่ ค.15



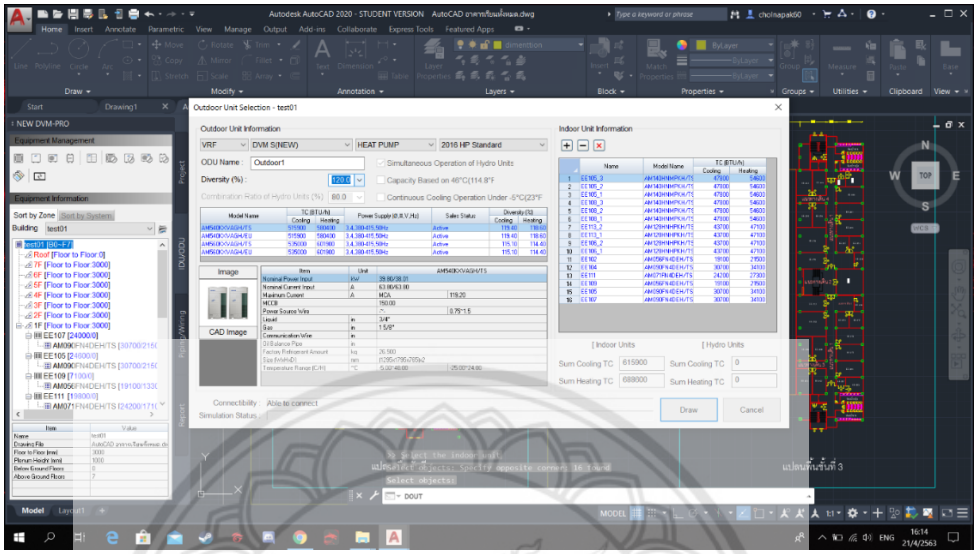
รูปที่ ค.15 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

16. จากนั้นเลือก Indoor Unit ที่ต้องการและกด Enter ดังรูปที่ ค.16



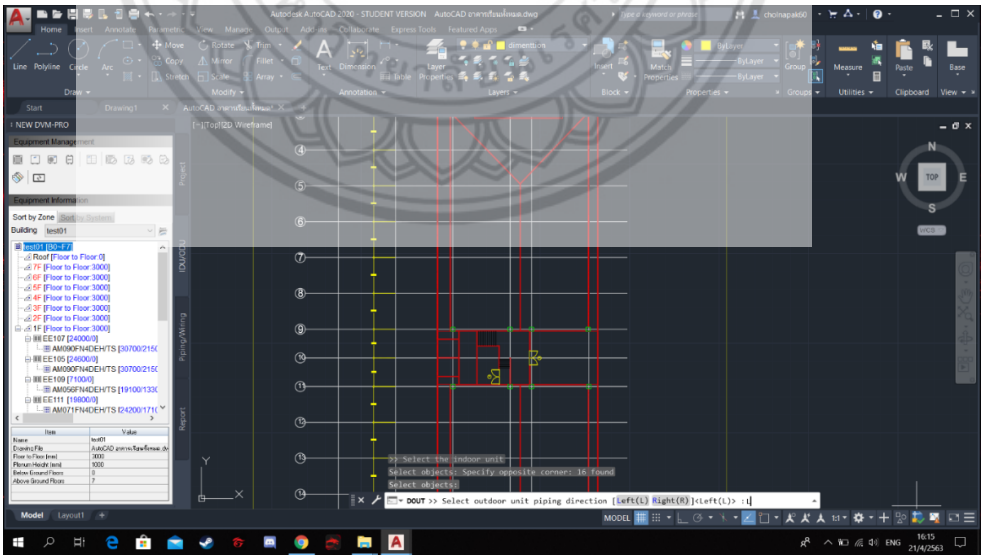
รูปที่ ค.16 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

17. จากนั้นจะมีหน้าต่างเด้งขึ้นมา ดังรูปที่ ค.17 ปรับค่า Diversity เป็น 120% และ Click ที่ Draw



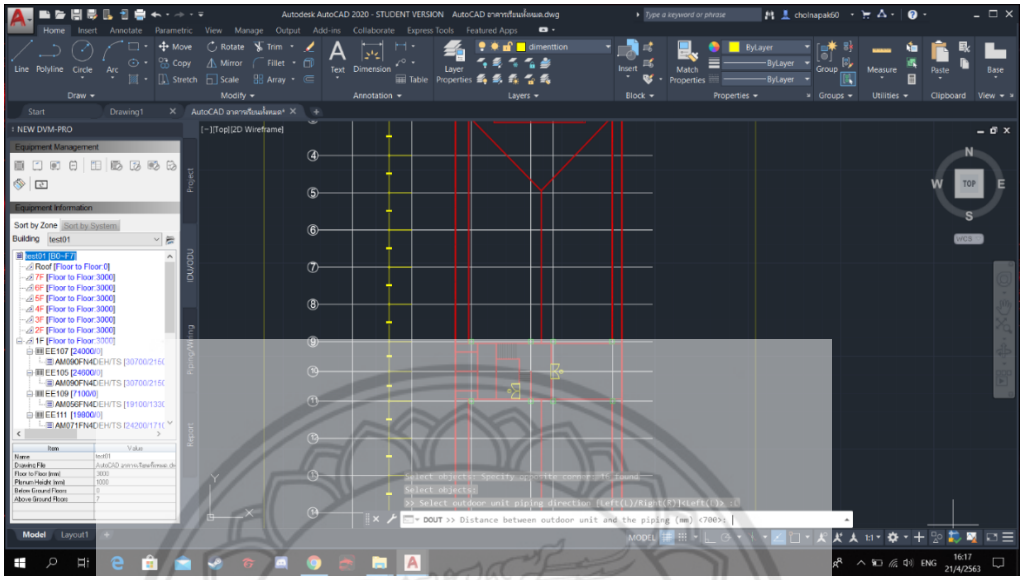
รูปที่ ค.17 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

18.จากนั้นไปที่ชั้นดาดฟ้า และเลือกตำแหน่งที่จะวาง Outdoor Unit และเลือกด้านที่ต้องการให้ท่อของ Outdoor unit หันไป ดังรูปที่ ค.18



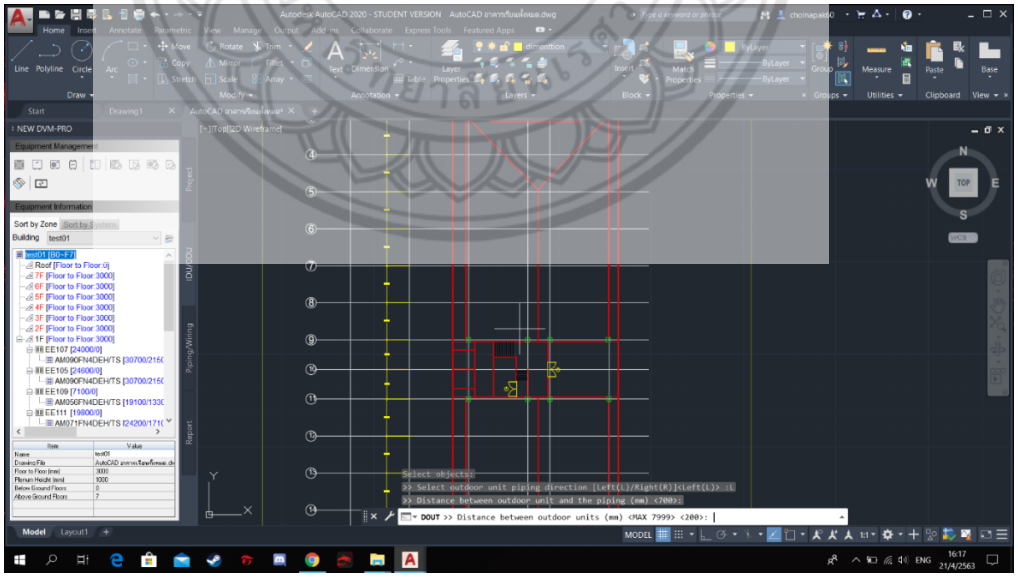
รูปที่ ค.18 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

19. จากนั้นกด Enter ดังรูปที่ ค.19



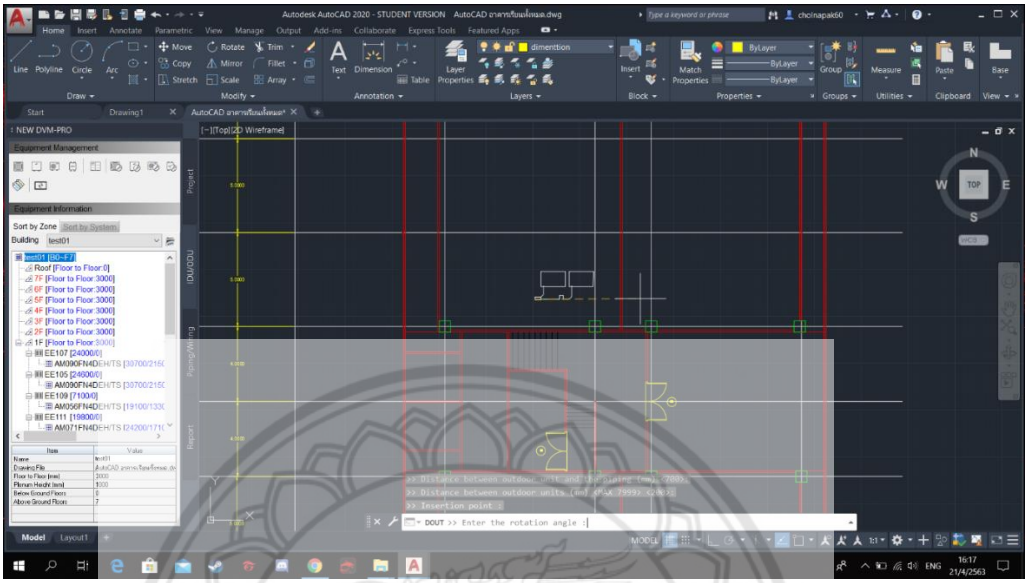
รูปที่ ค.19 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

20. จากนั้นกด Enter อีกครั้ง ดังรูปที่ ค.20



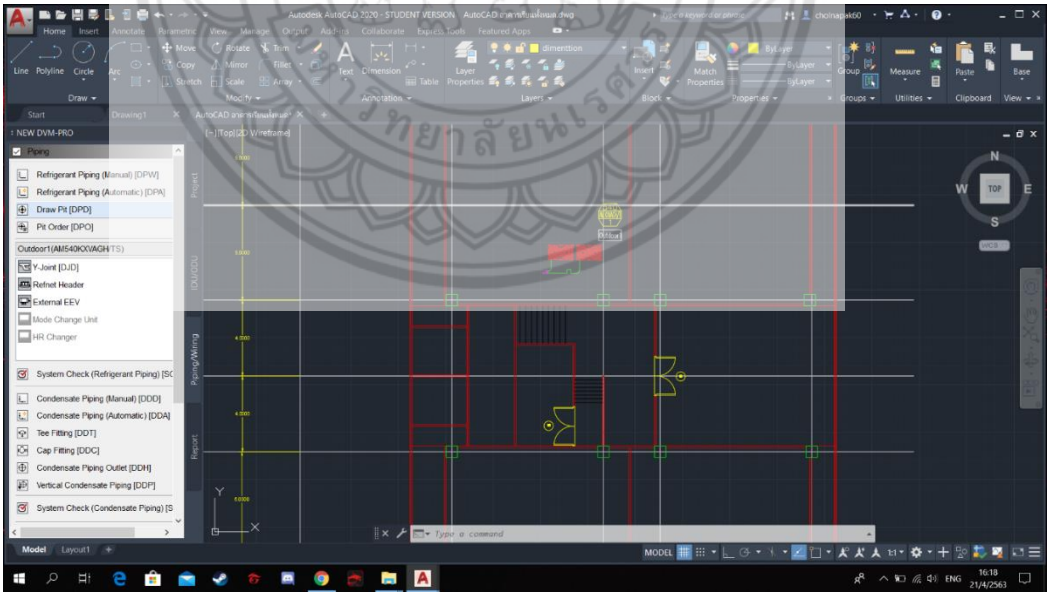
รูปที่ ค.20 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

21. จากนั้น เลือกมุมที่จะวาง Outdoor unit และ Click ซ้าย 1 ครั้ง ดังรูปที่ ค.21



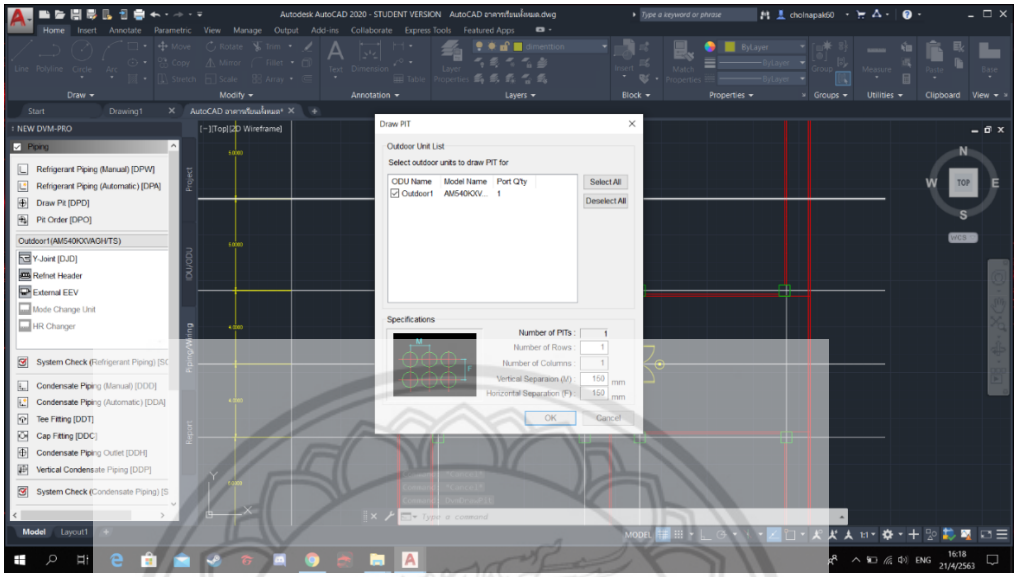
รูปที่ ค.21 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

22. จากนั้นให้ Click ที่ Draw Pit ดังรูปที่ ค.22



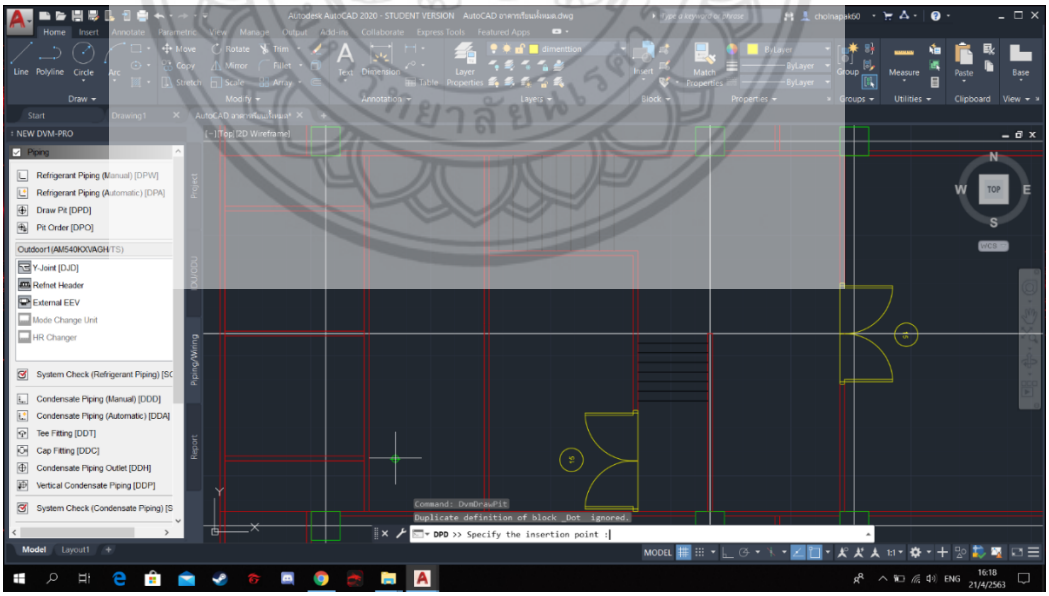
รูปที่ ค.22 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

23. ติ๊กถูกที่ช่องข้างหน้า Outdoor1 ดังรูปที่ ค.23 จากนั้นให้ Click ที่ Ok



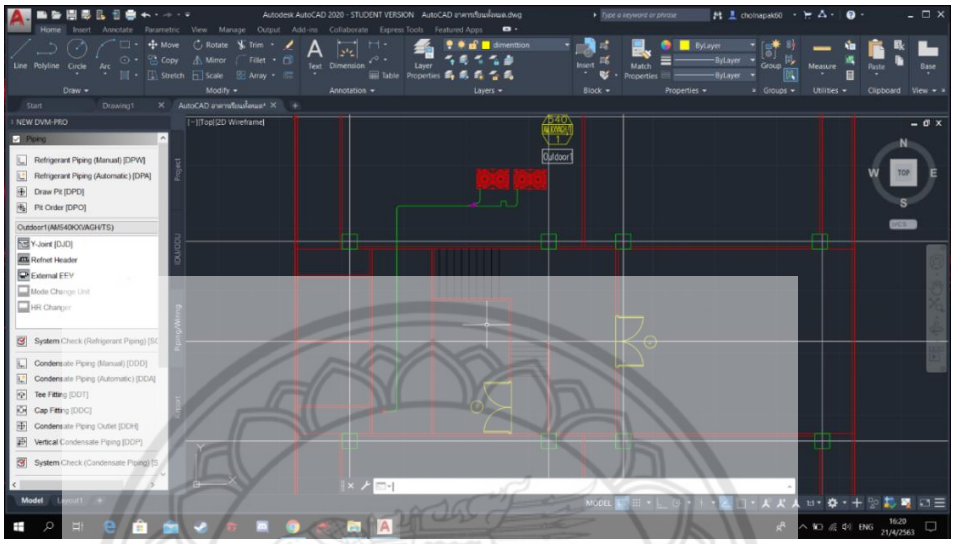
รูปที่ ค.23 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

24. จากนั้นเลือกที่วาง Pit ดังรูปที่ ค.24



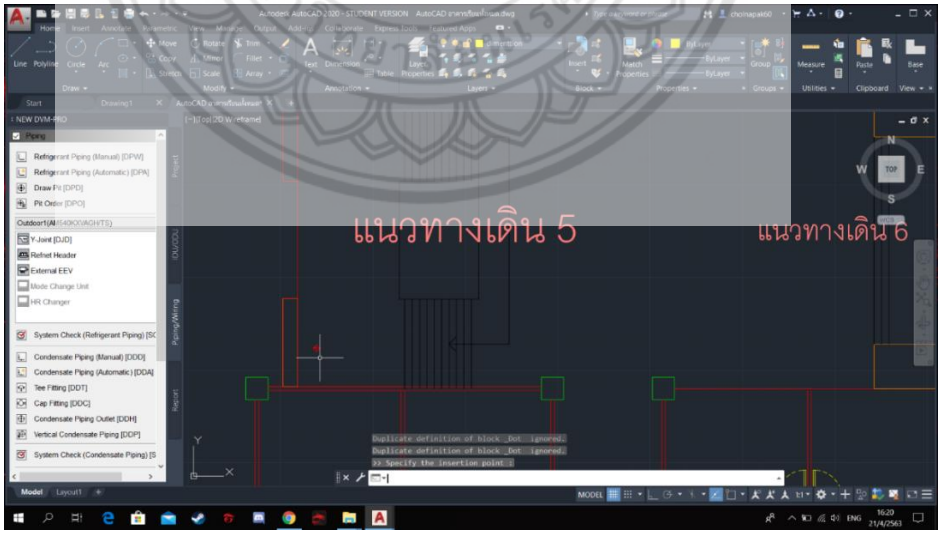
รูปที่ ค.24 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

25.จากนั้น Click ที่ Refrigerant Piping (Manual) [DPW] และ click ที่ pit และ outdoor unit จะได้ดังรูปที่ ค.25



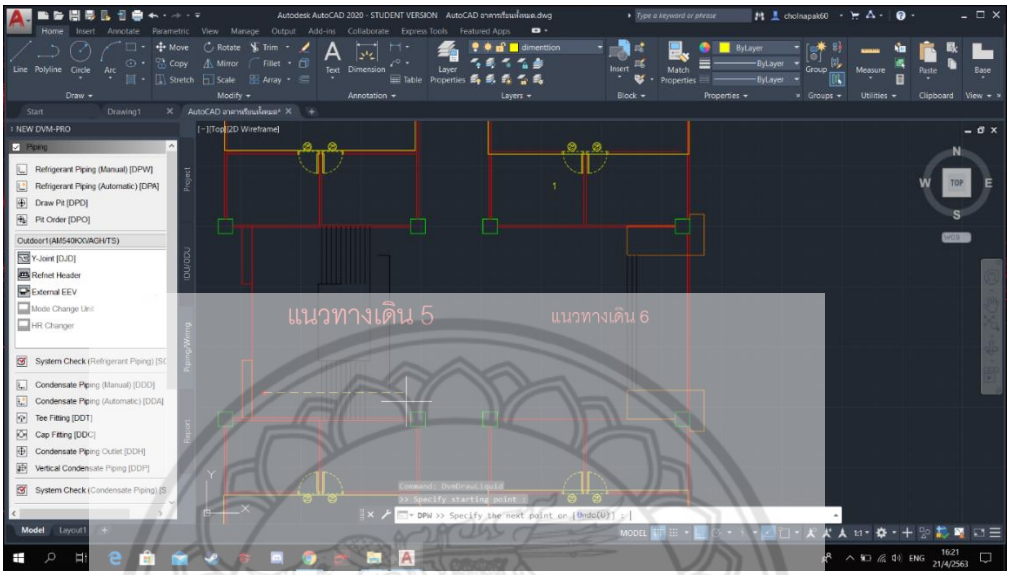
รูปที่ ค.25 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

26.จากนั้นทำเหมือนขั้นตอนที่ 22-24 และเลือกตำแหน่งให้ใกล้เคียงกับที่วางไว้ชั้นดาดฟ้า ดังรูปที่ ค.26



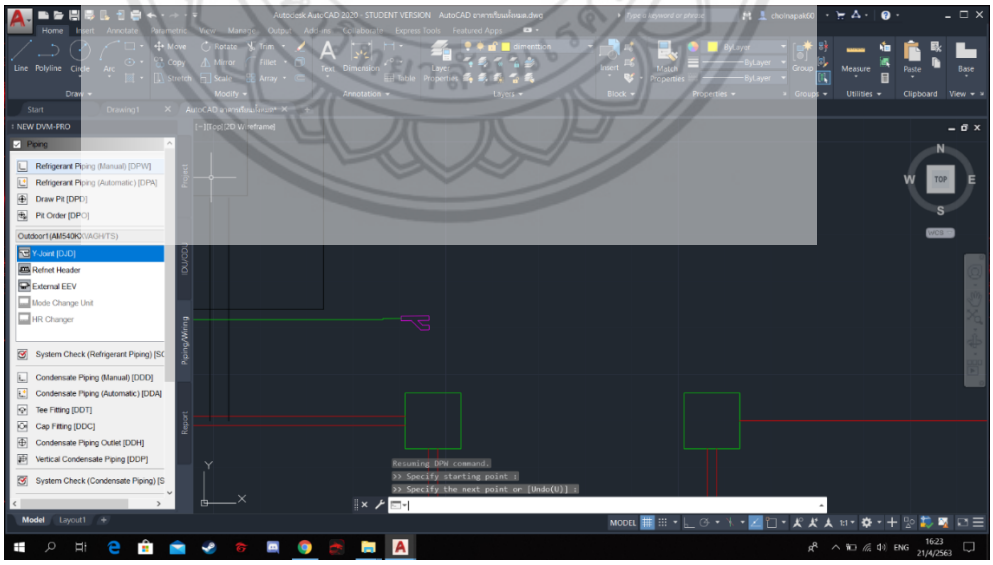
รูปที่ ค.26 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

27. Click ที่ Refrigerant Piping (Manual) [DPW] และ Click ซ้ายที่ทางแยกเพื่อเป็นการวางท่อหลัก ดังรูปที่ ค.27



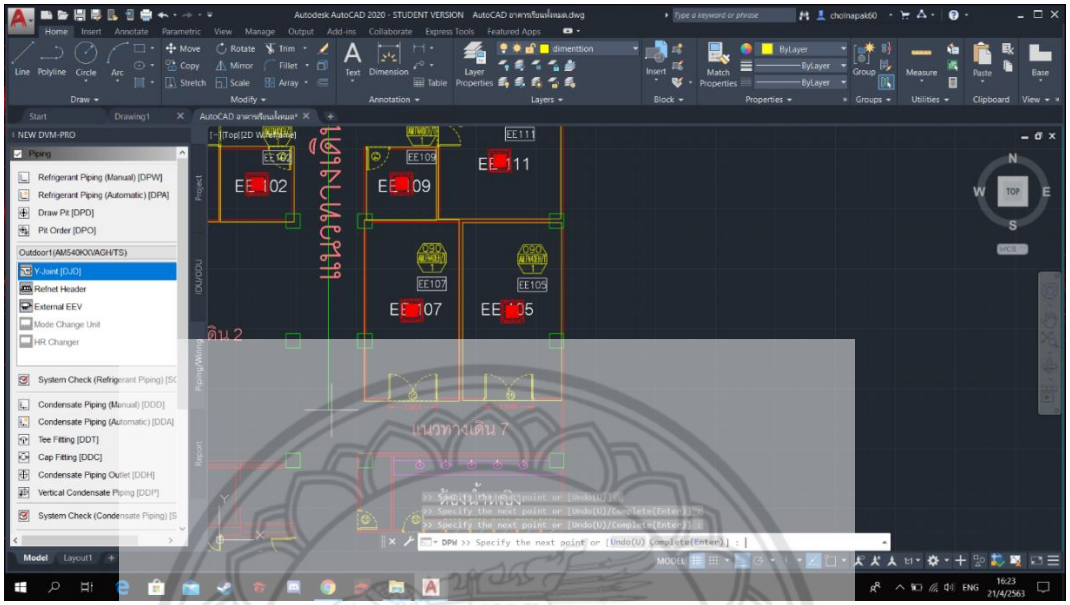
รูปที่ ค.27 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

28. Click ที่ Y-joint [DJD] และ นำมาวางที่ทางแยก Click ที่ Refrigerant Piping (Manual) [DPW] จากนั้น Click ที่ปลายท่อและหัวของ Y-joint ดังรูปที่ ค.28



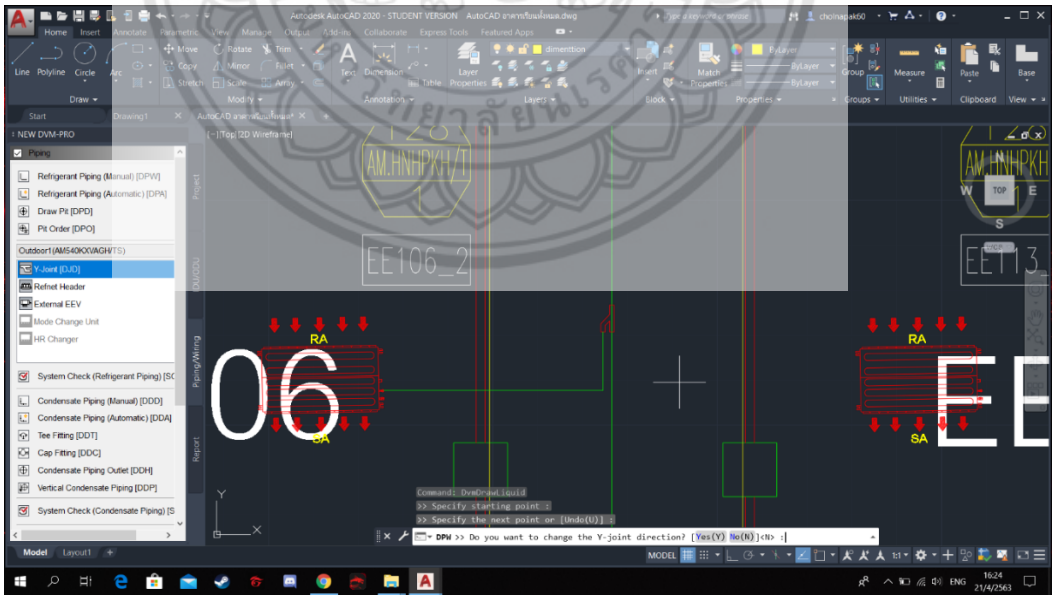
รูปที่ ค.28 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

29. วางท่อหลักจากแยกของ Y-joint มาให้ถึงห้องที่มี Indoor Unit ตัวสุดท้าย ดังรูปที่ ค.29



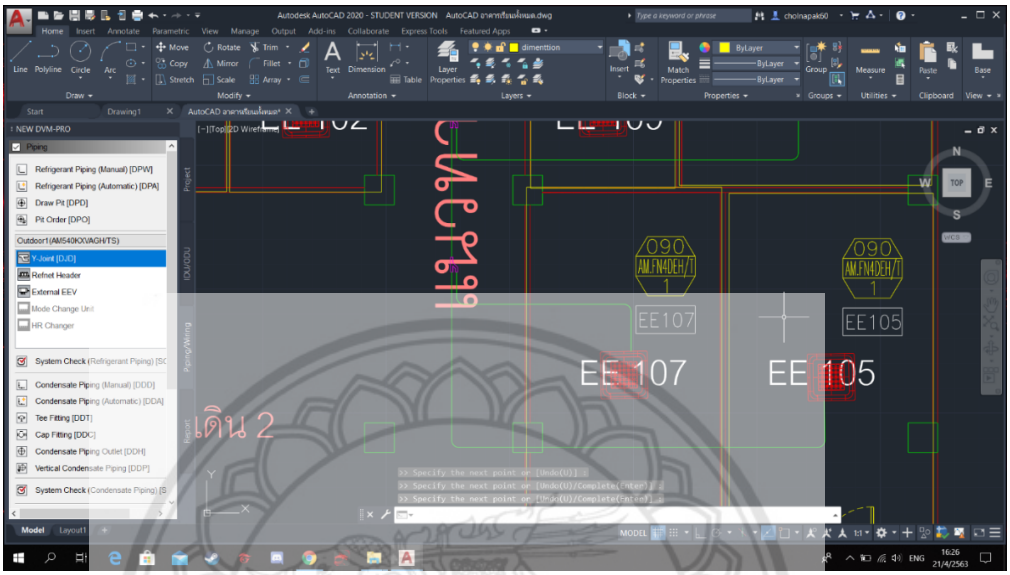
รูปที่ ค.29 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

30. ต่อท่อจาก Indoor Unit มาที่ท่อหลักทุกตัว ดังรูปที่ ค.30



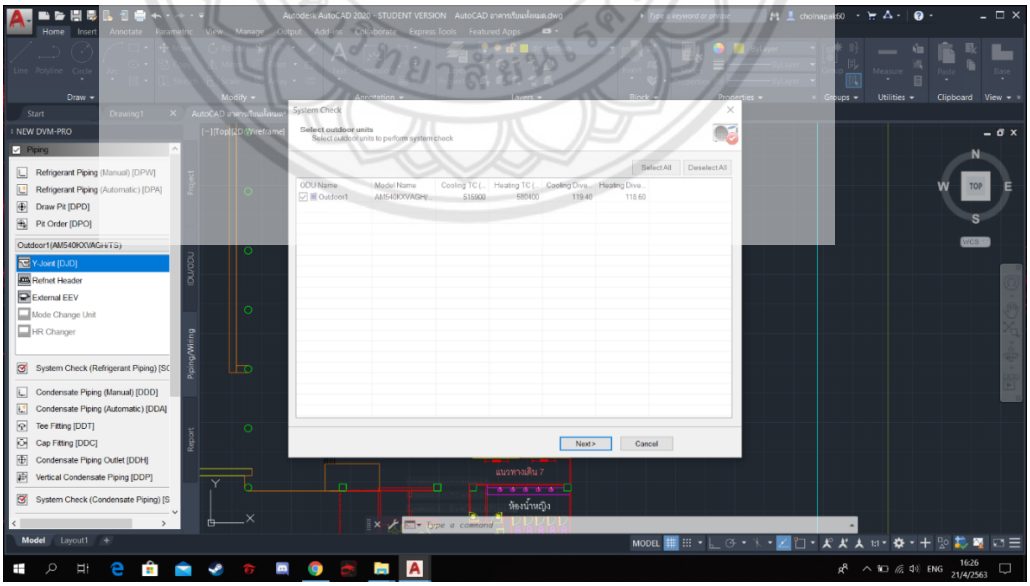
รูปที่ ค.30 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

31.เมื่อถึง Indoor unit ตัวสุดท้ายให้ลบท่อหลักที่ต่อจาก Y-joint ออก และเชื่อมท่อจาก Y-joint ไปยัง Indoor unit ตัวสุดท้ายดังรูปที่ ค.31



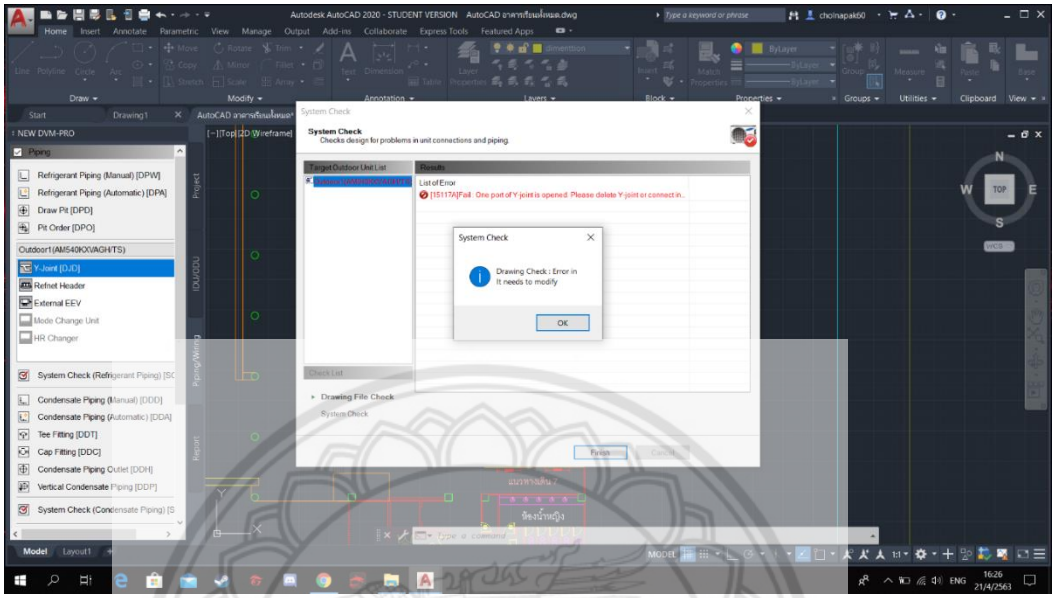
รูปที่ ค.31 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

32. จากนั้นทำการตรวจสอบระบบท่อ โดย Click ที่ System Check (Refrigerant Piping) และติ๊กถูกที่หน้า Outdoor1 จากนั้น Click Next> ดังรูปที่ ค.32



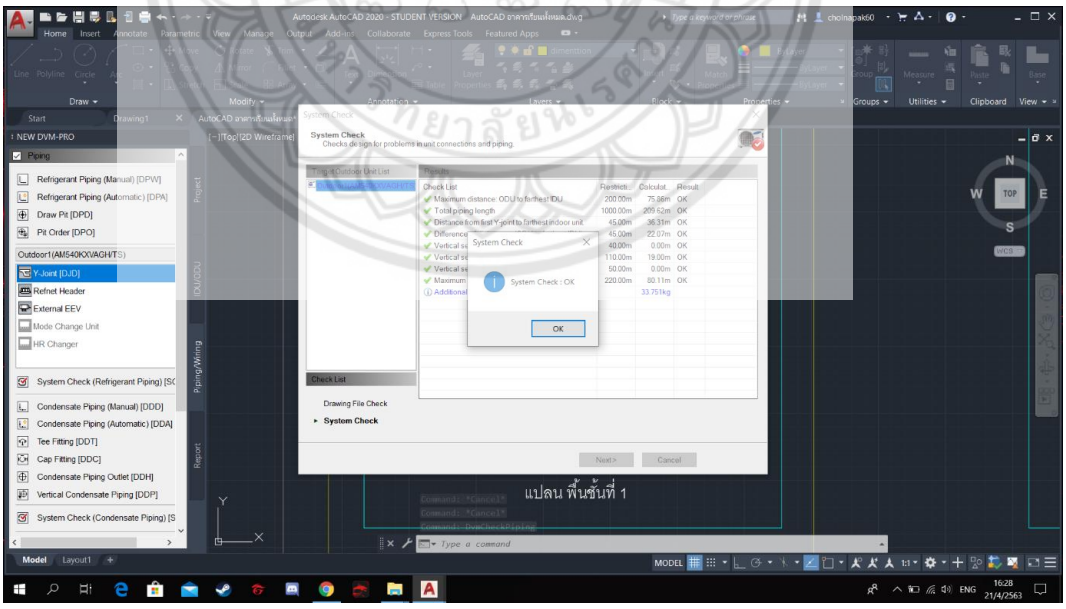
รูปที่ ค.32 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

33. หาก Error ระบบจะแจ้งเตือน ดังรูปที่ ค.33 และระบบจะแสดงจุดที่ Error



รูปที่ ค.33 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

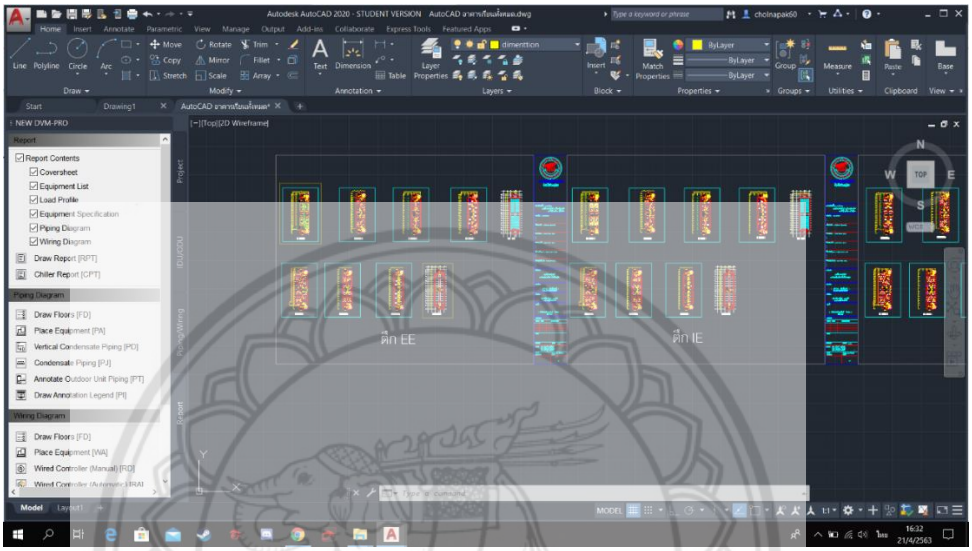
34. หากตรวจสอบแล้วไม่ Error ระบบจะแจ้งเตือน ดังรูปที่ ค.34



รูปที่ ค.34 การใช้งานโปรแกรม New DVM-Pro 1.0

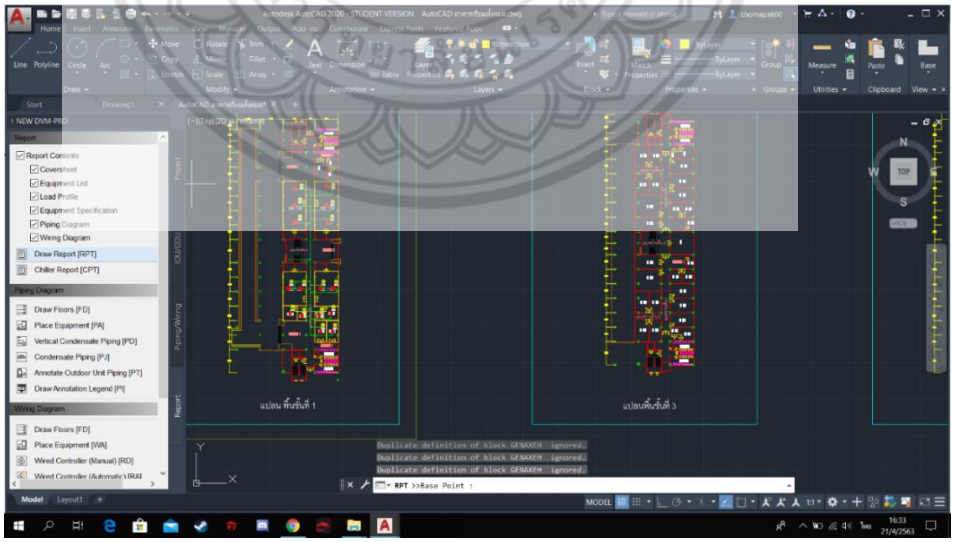
ขั้นตอนการการทดสอบข้อมูล

1. เมื่อผู้ใช้งานออกแบบระบบปรับอากาศเรียบร้อยแล้ว หากจะทดสอบข้อมูลให้ผู้ใช้งาน Click ไปที่คำว่า Report ดังรูปที่ ค.35



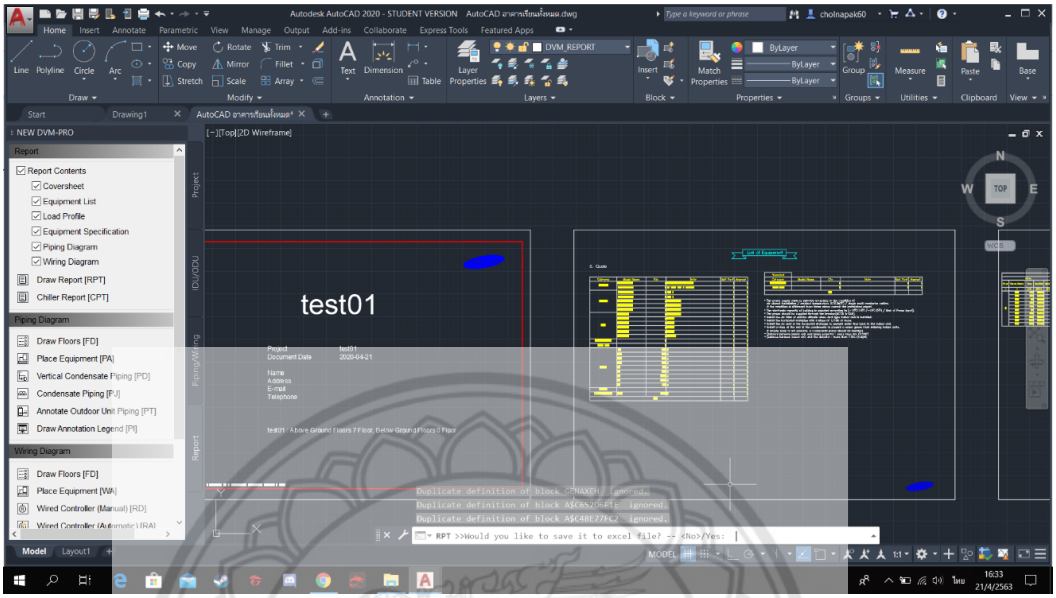
รูปที่ ก.35 การทดสอบข้อมูล

2. จากรูปที่ ค.35 ให้เราไป Click ที่คำว่า Draw Report (RPT) ดังรูปที่ ค.36



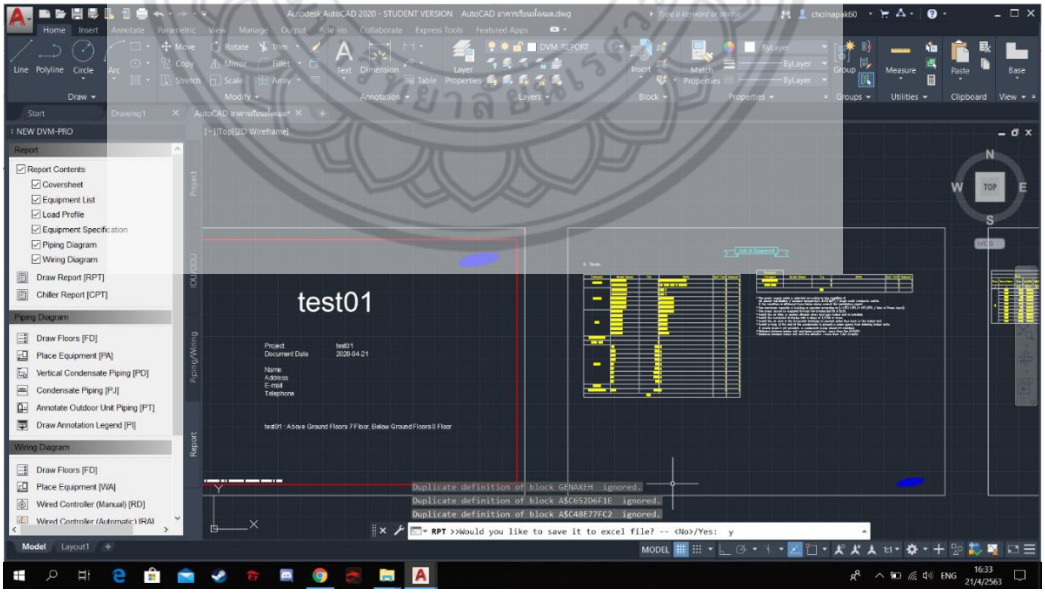
รูปที่ ค.36 การทดสอบข้อมูล

3. เมื่อ Click คำว่า Draw Report (RPT) ดังรูปที่ ค.36 จะขึ้นตารางข้อมูลดังรูปที่ ค.37



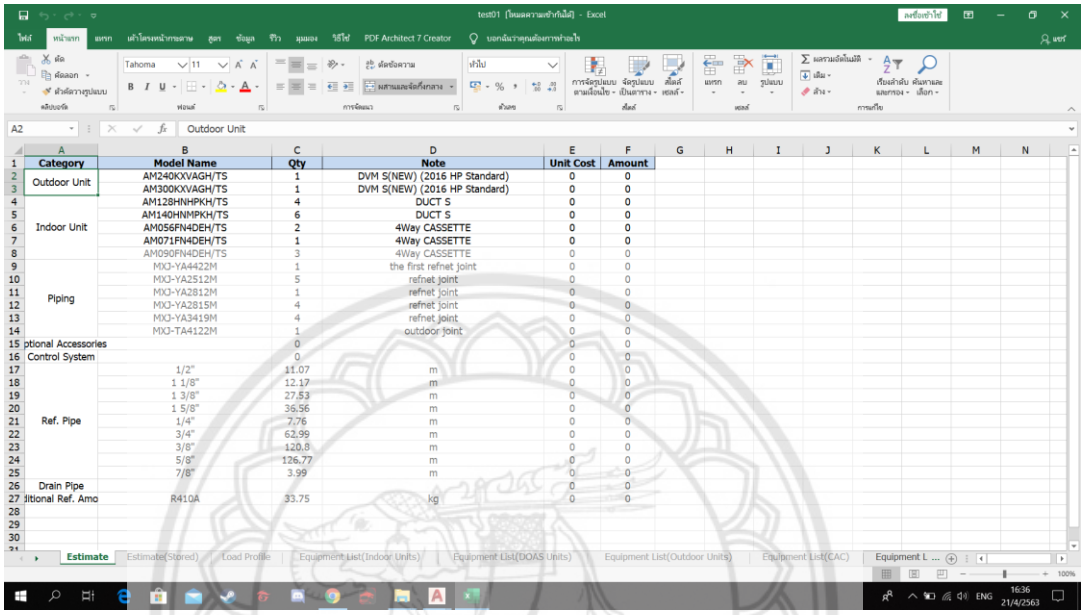
รูปที่ ค.37 การทดสอบข้อมูล

4. จากรูปที่ ค.37 หากผู้ใช้งานต้องการ File ข้อมูลเป็นตารางข้อมูล Excel ให้ผู้ใช้งานพิมพ์ตัว Y ดังรูปที่ ค.38



รูปที่ ค.38 การทดสอบข้อมูล

5. จากรูปที่ ค.38 เมื่อผู้ใช้งานพิมพ์ตัว Y แล้วกด Enter จะสามารถโหลดตาราง Excel ได้ดังรูปที่ ค.39



	A	B	C	D	E	F
1	Category	Model Name	Qty	Note	Unit Cost	Amount
2	Outdoor Unit	AM240KXVAGH/TS	1	DVM S(NEW) (2016 HP Standard)	0	0
3		AM300KXVAGH/TS	1	DVM S(NEW) (2016 HP Standard)	0	0
4		AM128HNHPKH/TS	4	DUCT S	0	0
5		AM140HNMPKH/TS	6	DUCT S	0	0
6	Indoor Unit	AM056FN4DEH/TS	2	4Way CASSETTE	0	0
7		AM071FN4DEH/TS	1	4Way CASSETTE	0	0
8		AM090FN4DEH/TS	3	4Way CASSETTE	0	0
9		MXJ-YA4422M	1	the first refnet joint	0	0
10		MXJ-YA2512M	5	refnet joint	0	0
11	Piping	MXJ-YA2812M	1	refnet joint	0	0
12		MXJ-YA2815M	4	refnet joint	0	0
13		MXJ-YA3419M	4	refnet joint	0	0
14		MXJ-TA4122M	1	outdoor joint	0	0
15	ptional Accessories		0		0	0
16	Control System		0		0	0
17		1/2"	11.07	m	0	0
18		1 1/8"	12.17	m	0	0
19		1 3/8"	27.53	m	0	0
20		1 5/8"	36.56	m	0	0
21	Ref. Pipe	1/4"	7.76	m	0	0
22		3/4"	62.99	m	0	0
23		3/8"	120.8	m	0	0
24		5/8"	126.77	m	0	0
25		7/8"	3.99	m	0	0
26	Drain Pipe				0	0
27	itional Ref. Amo	R410A	33.75	kg	0	0

รูปที่ ค.39 การทดสอบข้อมูล

ตารางที่ ค.1 การเลือก Fan Coil Unit

Room					Total Nominal Capacity				Model
Floor	Room Name	Area	Cooling Unit Load	Heating Unit Load	Cooling TC		Heating TC		Model Type
-	-	m^2	kW	kW	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h	-
1F	ห้องพัก 518	26.98	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 517	25.68	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 516	24.54	800	800	12.8	11,010	13.8	11,870	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 515	27.95	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 509	29.67	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 510	29.67	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 511	25.46	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 512	29.33	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 513	25.16	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 514	29.03	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องเก็บผ้าสะอาด	7.63	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	ห้องเตรียมอาหาร	8.24	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	เคาเตอร์พยาบาล	18.55	800	800	7.1	6,100	8	6,880	4Way CASSETTE
	ห้องพักแพทย์	9.52	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) การเลือก Fan Coil Unit

Room					Total Nominal Capacity				Model
Floor	Room Name	Area	Cooling	Heating	Cooling		Heating		Model
			Unit Load	Unit Load	TC		TC		Type
-	-	m^2	kW	kW	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h	-
2F	ห้องเก็บของ	21.78	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE
	ห้องฉีดยา/ทำแผล	25.48	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 4 เตียง 1	45.47	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 4 เตียง 2	44.85	800	800	11.2	9,630	12.6	10,830	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 2 เตียง 1	28.38	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 4 เตียง 3	60.12	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE
	ห้องเก็บของ	8.32	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	ห้องเก็บผ้า	8	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	ห้องเตรียมอาหาร	8	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	เคาเตอร์พยาบาล	29.7	800	800	11.2	9,630	11.2	10,830	4Way CASSETTE
	ห้องพักพยาบาล	9.94	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 2 เตียง 2	27.27	800	800	11.2	9,630	12.6	10,830	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 2 เตียง 3	26.2	800	800	11.2	9,630	12.6	10,830	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 2 เตียง 4	27.5	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE
	ห้องพัก 2 เตียง 5	27.84	800	800	11.2	9,630	12.6	10,830	4Way CASSETTE

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) การเลือก Fan Coil Unit

Room					Total Nominal Capacity				Model
Floor	Room Name	Area	Cooling Unit Load	Heating Unit Load	Cooling TC		Heating TC		Model Type
-	-	m^2	kW	kW	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h	-
3F	ห้องปฏิบัติการ 2	39.33	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE
	ห้องทำงานแพทย์ 2	22.77	800	800	7.1	6,100	8	6,880	4Way CASSETTE
	ห้องตรวจแพทย์ 2	20.36	800	800	7.1	6,100	8	6,880	4Way CASSETTE
	ห้องประชุม 2	29.00	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE
	ห้องปฏิบัติการ 3	41.40	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE
	ห้องประชุม 2	41.40	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE
	ห้องตรวจแพทย์ 3	20.00	800	800	7.1	6,100	8	6,880	4Way CASSETTE
	ห้องทำงานแพทย์ 3	18.85	800	800	7.1	6,100	8	6,880	4Way CASSETTE
	ห้องพักแพทย์/พยาบาล	27.30	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) การเลือก Fan Coil Unit

Room					Total Nominal Capacity				Model
Floor	Room Name	Area	Cooling Unit Load	Heating Unit Load	Cooling TC		Heating TC		Model Type
-	-	m^2	kW	kW	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h	-
4F	ห้องทำงานแพทย์ 1	21.78	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	ห้องตรวจแพทย์ 1	19.20	800	800	5.6	4,820	6.3	5,420	4Way CASSETTE
	ห้องบรรยาย	44.85	800	800	11.2	9,630	12.5	10,750	4Way CASSETTE
	ห้องพักผ่อนคนไข้	59.40	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE
	ห้องปฏิบัติการ 1	39.33	800	800	18	15,480	20	17,200	4Way CASSETTE
	ห้องประชุม 1	38.67	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE
	ห้องควบคุมระบบไฟฟ้า	3.25	800	800	4.5	3,870	5	4,300	4Way CASSETTE
	ห้องทำงานแพทย์ 4	17.33	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องตรวจแพทย์ 4	18.88	800	800	9	7,740	10	8,600	4Way CASSETTE
	ห้องปฏิบัติการ 4	40.95	800	800	14.2	12,210	16	13,760	4Way CASSETTE

ตารางที่ ค.2 การเลือก Condenser Unit

Room		Model		Total Nominal Capacity			
Floor	Room Name	Model Type	Qty	Cooling TC		Heating TC	
-	-	-	EA	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h
1F	ห้องพัก 518	DVM S (NEW)	1	106.40	91,490	119.70	102,920
	ห้องพัก 517						
	ห้องพัก 516						
	ห้องพัก 515						
	ห้องพัก 509						
	ห้องพัก 510						
	ห้องพัก 511						
	ห้องพัก 512						
	ห้องพัก 513						
	ห้องพัก 514						
	ห้องเก็บผ้าสะอาด						
	ห้องเตรียมอาหาร						
	เคาเตอร์พยาบาล						
	ห้องพักแพทย์						

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) การเลือก Condenser Unit

Room		Model		Total Nominal Capacity			
Floor	Room Name	Model	Qty	Cooling		Heating	
		Type		TC		TC	
-	-	-	EA	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h
2F	ห้องเก็บของ	DVM S (NEW)	1	144.90	110,750	144.90	124,590
	ห้องฉีดยา/ทำแผล						
	ห้องพัก 4 เตียง 1						
	ห้องพัก 4 เตียง 2						
	ห้องพัก 2 เตียง 1						
	ห้องพัก 4 เตียง 3						
	ห้องเก็บของ						
	ห้องเก็บผ้า						
	ห้องเตรียมอาหาร						
	เคาเตอร์พยาบาล						
	ห้องพัก 2 เตียง 2						
	ห้องพัก 2 เตียง 3						
	ห้องพัก 2 เตียง 4						
	ห้องพัก 2 เตียง 5						

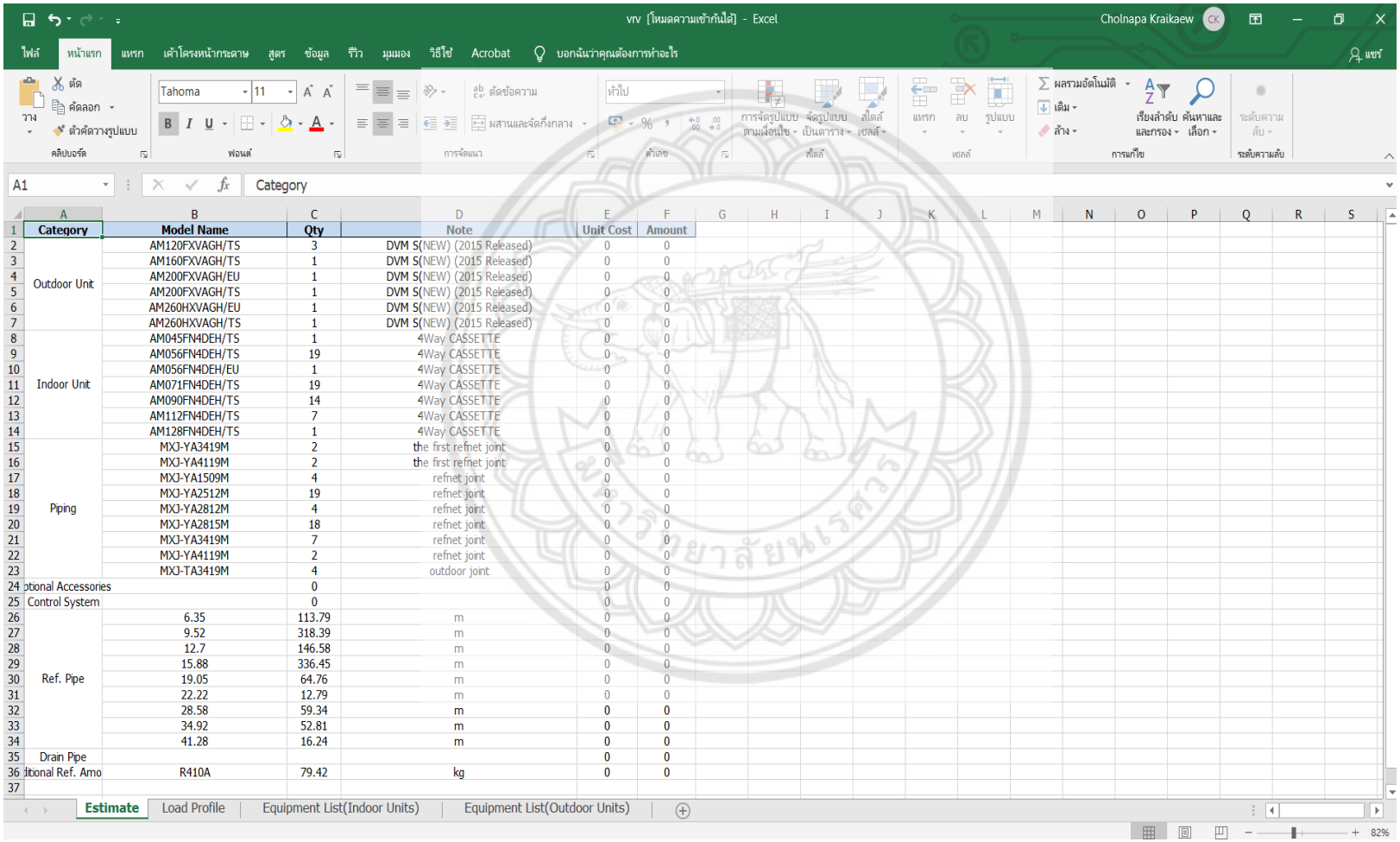
ตารางที่ ค.2 การเลือก Condenser Unit

Room		Model		Total Nominal Capacity			
Floor	Room Name	Model Type	Qty	Cooling		Heating	
				TC		TC	
-	-	-	EA	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h
3F	ห้องปฏิบัติการ 2	DVM S (NEW)	1	78.60	67,580	88.20	75,840
	ห้องทำงานแพทย์ 2						
	ห้องตรวจแพทย์ 2						
	ห้องประชุม 2						
	ห้องปฏิบัติการ 3						
	ห้องประชุม 2						
	ห้องตรวจแพทย์ 3						
	ห้องทำงานแพทย์ 3						
	ห้องพักแพทย์/พยาบาล						

ตารางที่ ค.2 การเลือก Condenser Unit

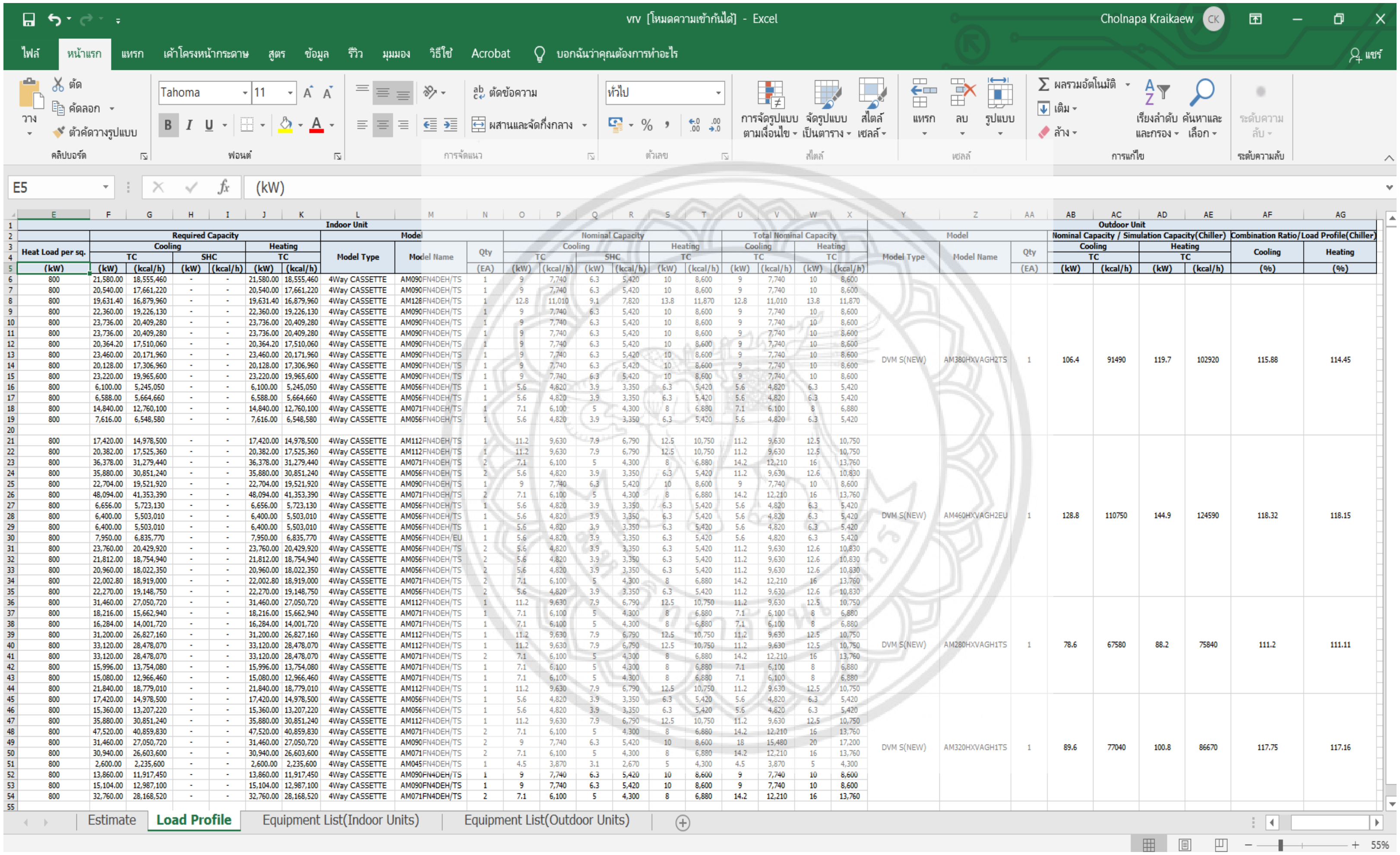
Room		Model		Total Nominal Capacity			
Floor	Room Name	Model	Qty	Cooling		Heating	
		Type		TC		TC	
-	-	-	EA	kW	Kcal/h	kW	Kcal/h
4F	ห้องทำงานแพทย์ 1	DVM S (NEW)	1	89.60	77,040	100.80	86,670
	ห้องตรวจแพทย์ 1						
	ห้องบรรยาย						
	ห้องพักผ่อนคนไข้						
	ห้องปฏิบัติการ 1						
	ห้องประชุม 1						
	ห้องควบคุมระบบไฟฟ้า						
	ห้องทำงานแพทย์ 4						
	ห้องตรวจแพทย์ 4						
	ห้องปฏิบัติการ 4						
	ห้องทำงานแพทย์ 1						
	ห้องตรวจแพทย์ 1						
	ห้องบรรยาย						
	ห้องพักผ่อนคนไข้						

รูปการทดสอบข้อมูลที่ได้จากการออกแบบ

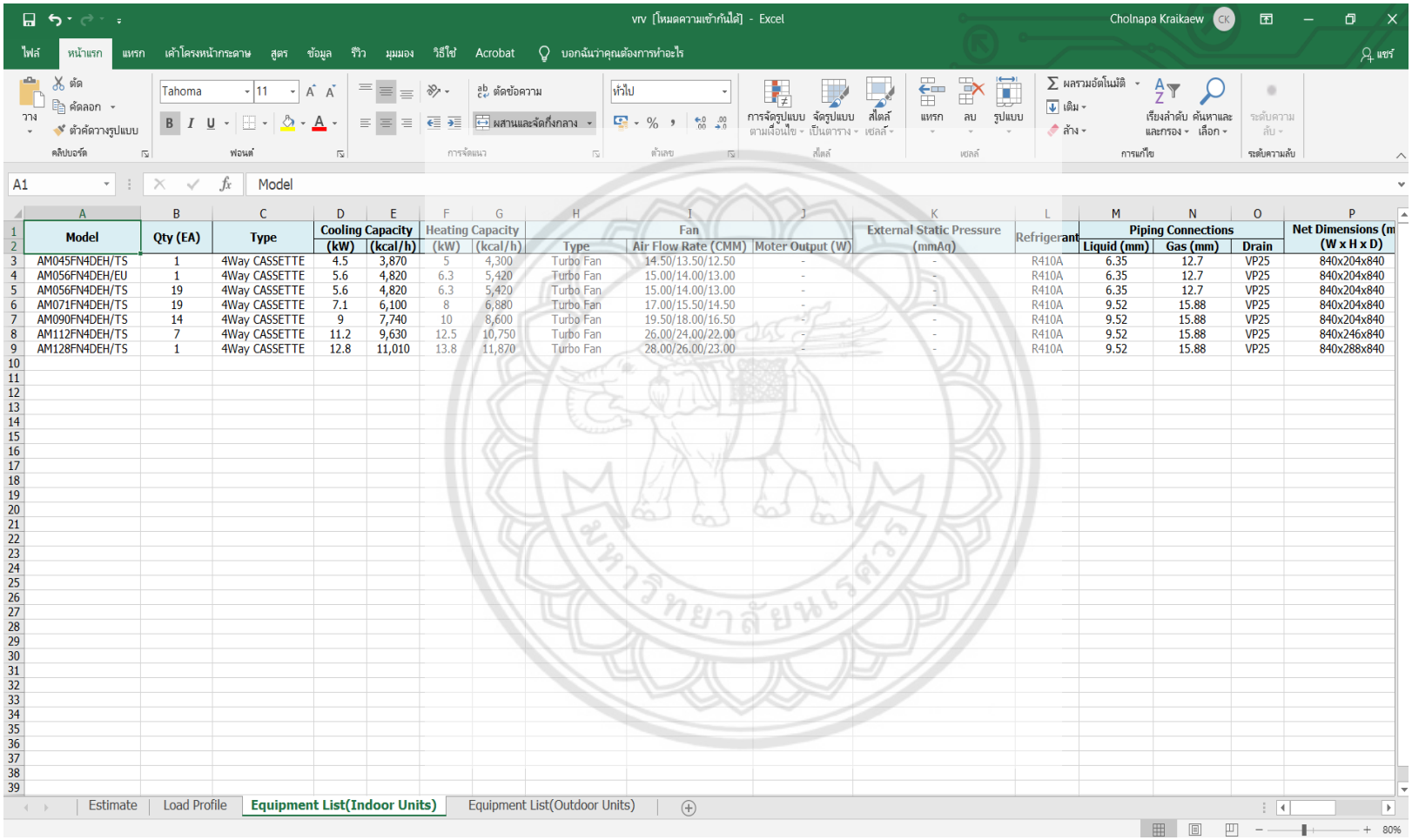


Category	Model Name	Qty	Note	Unit Cost	Amount
Outdoor Unit	AM120FXVAGH/TS	3	DVM S(NEW) (2015 Released)	0	0
	AM160FXVAGH/TS	1	DVM S(NEW) (2015 Released)	0	0
	AM200FXVAGH/EU	1	DVM S(NEW) (2015 Released)	0	0
	AM200FXVAGH/TS	1	DVM S(NEW) (2015 Released)	0	0
	AM260HXVAGH/EU	1	DVM S(NEW) (2015 Released)	0	0
	AM260HXVAGH/TS	1	DVM S(NEW) (2015 Released)	0	0
Indoor Unit	AM045FN4DEH/TS	1	4Way CASSETTE	0	0
	AM056FN4DEH/TS	19	4Way CASSETTE	0	0
	AM056FN4DEH/EU	1	4Way CASSETTE	0	0
	AM071FN4DEH/TS	19	4Way CASSETTE	0	0
	AM090FN4DEH/TS	14	4Way CASSETTE	0	0
	AM112FN4DEH/TS	7	4Way CASSETTE	0	0
	AM128FN4DEH/TS	1	4Way CASSETTE	0	0
Piping	MXJ-YA3419M	2	the first refnet joint	0	0
	MXJ-YA4119M	2	the first refnet joint	0	0
	MXJ-YA1509M	4	refnet joint	0	0
	MXJ-YA2512M	19	refnet joint	0	0
	MXJ-YA2812M	4	refnet joint	0	0
	MXJ-YA2815M	18	refnet joint	0	0
	MXJ-YA3419M	7	refnet joint	0	0
	MXJ-YA4119M	2	refnet joint	0	0
	MXJ-TA3419M	4	outdoor joint	0	0
otional Accessories		0		0	0
Control System		0		0	0
Ref. Pipe	6.35	113.79	m	0	0
	9.52	318.39	m	0	0
	12.7	146.58	m	0	0
	15.88	336.45	m	0	0
	19.05	64.76	m	0	0
	22.22	12.79	m	0	0
	28.58	59.34	m	0	0
	34.92	52.81	m	0	0
	41.28	16.24	m	0	0
Drain Pipe				0	0
itional Ref. Amo	R410A	79.42	kg	0	0

รูปที่ ค.40 การทดสอบข้อมูล Estimate

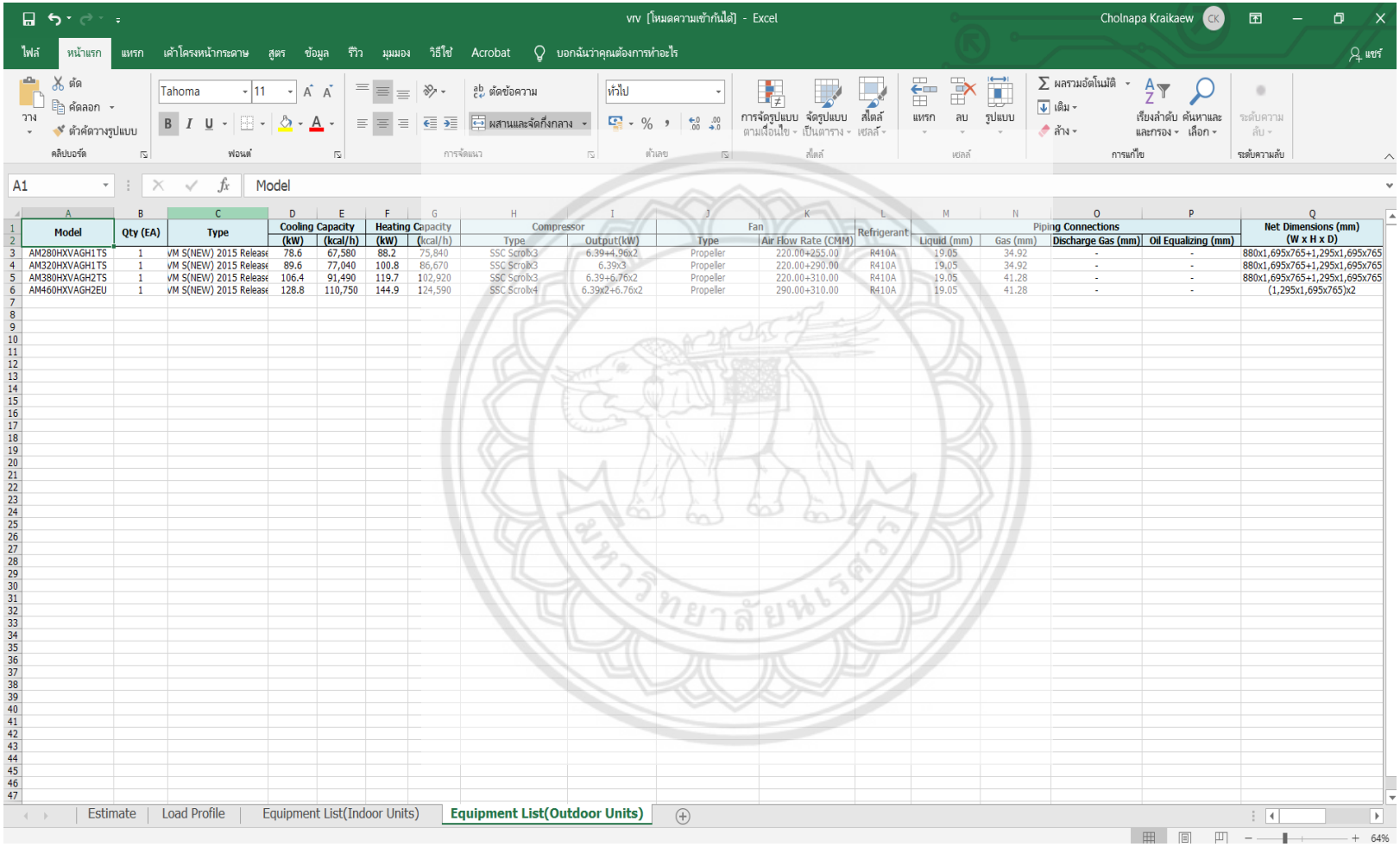


รูปที่ ค.41 การทดสอบข้อมูล Load Profile



Model	Qty (EA)	Type	Cooling Capacity		Heating Capacity		Fan			External Static Pressure	Refrigerant	Piping Connections			Net Dimensions (m
			(kW)	(kcal/h)	(kW)	(kcal/h)	Type	Air Flow Rate (CMM)	Moter Output (W)	(mmAq)		Liquid (mm)	Gas (mm)	Drain	(W x H x D)
AM045FN4DEH/TS	1	4Way CASSETTE	4.5	3,870	5	4,300	Turbo Fan	14.50/13.50/12.50	-	-	R410A	6.35	12.7	VP25	840x204x840
AM056FN4DEH/EU	1	4Way CASSETTE	5.6	4,820	6.3	5,420	Turbo Fan	15.00/14.00/13.00	-	-	R410A	6.35	12.7	VP25	840x204x840
AM056FN4DEH/TS	19	4Way CASSETTE	5.6	4,820	6.3	5,420	Turbo Fan	15.00/14.00/13.00	-	-	R410A	6.35	12.7	VP25	840x204x840
AM071FN4DEH/TS	19	4Way CASSETTE	7.1	6,100	8	6,880	Turbo Fan	17.00/15.50/14.50	-	-	R410A	9.52	15.88	VP25	840x204x840
AM090FN4DEH/TS	14	4Way CASSETTE	9	7,740	10	8,600	Turbo Fan	19.50/18.00/16.50	-	-	R410A	9.52	15.88	VP25	840x204x840
AM112FN4DEH/TS	7	4Way CASSETTE	11.2	9,630	12.5	10,750	Turbo Fan	26.00/24.00/22.00	-	-	R410A	9.52	15.88	VP25	840x246x840
AM128FN4DEH/TS	1	4Way CASSETTE	12.8	11,010	13.8	11,870	Turbo Fan	28.00/26.00/23.00	-	-	R410A	9.52	15.88	VP25	840x288x840

รูปที่ ค.42 การทดสอบข้อมูล Equipment List (Indoor Units)

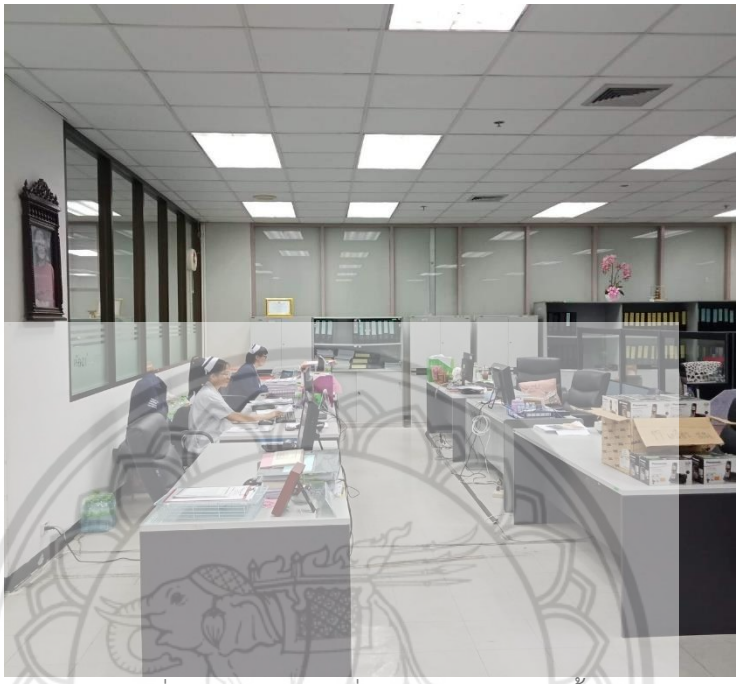


Model	Qty (EA)	Type	Cooling Capacity		Heating Capacity		Compressor		Fan		Refrigerant	Piping Connections				Net Dimensions (mm) (W x H x D)
			(kW)	(kcal/h)	(kW)	(kcal/h)	Type	Output(kW)	Type	Air Flow Rate (CMM)		Liquid (mm)	Gas (mm)	Discharge Gas (mm)	Oil Equalizing (mm)	
AM280HXVAGH1TS	1	VM S(NEW) 2015 Release	78.6	67,580	88.2	75,840	SSC Scrollx3	6.39+4.96x2	Propeller	220.00+255.00	R410A	19.05	34.92	-	-	880x1,695x765+1,295x1,695x765
AM320HXVAGH1TS	1	VM S(NEW) 2015 Release	89.6	77,040	100.8	86,670	SSC Scrollx3	6.39x3	Propeller	220.00+290.00	R410A	19.05	34.92	-	-	880x1,695x765+1,295x1,695x765
AM380HXVAGH2TS	1	VM S(NEW) 2015 Release	106.4	91,490	119.7	102,920	SSC Scrollx3	6.39+6.76x2	Propeller	220.00+310.00	R410A	19.05	41.28	-	-	880x1,695x765+1,295x1,695x765
AM460HXVAGH2EU	1	VM S(NEW) 2015 Release	128.8	110,750	144.9	124,590	SSC Scrollx4	6.39x2+6.76x2	Propeller	290.00+310.00	R410A	19.05	41.28	-	-	(1,295x1,695x765)x2

รูปที่ ค.43 การทดสอบข้อมูล Equipment List (Outdoor Units)

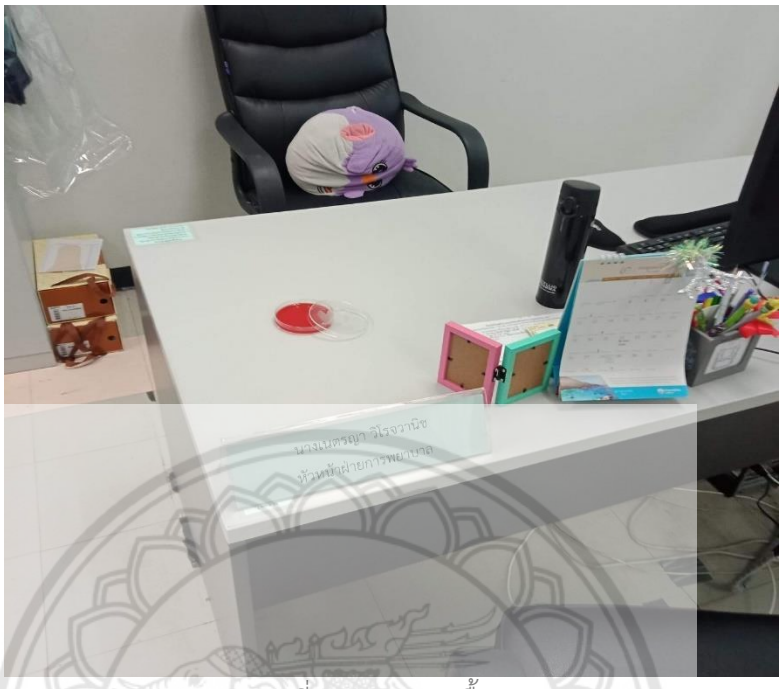
ภาคผนวก ง

รูปภาพที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ ง.1 สำรวจห้องที่จะทำการตรวจวัดเชื้อ

รูปที่ ง.2 ตรวจวัดเชื้อ



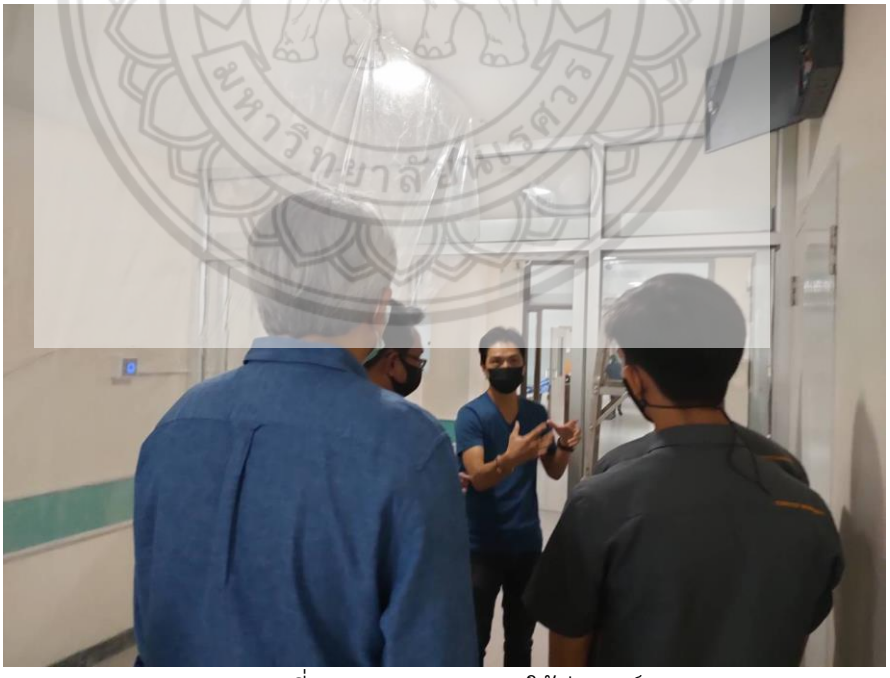
รูปที่ ง.3 การวาดเชื้อ

รูปที่ ง.4 การตัดคอยล์เย็นออกมาทำการล้าง

รูปที่ ง.5 การล้างคอยล์เย็น

รูปที่ ง.6 สำรวจห้องที่สร้างห้อง Isolation room

รูปที่ ง.7 ลงพื้นที่สำรวจหารสร้างประตูอัตโนมัติ



รูปที่ ง.8 การประชุมการใช้หุ่นยนต์