

## รายละเอียดประกอบแบบก่อสร้าง

### หมวดที่ 5 งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

โครงการก่อสร้างอาคารอุทยานวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ภาคเหนือ  
เพื่อเป็นศูนย์กลางขับเคลื่อนธุรกิจนวัตกรรม BCG  
สำหรับระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคเหนือ  
(RSP North BCG Innovation Headquarter for NEC)

## สารบัญ

1.	ข้อกำหนดทั่วไป.....	4
1.1	ขอบเขตของงาน.....	4
1.2	คุณสมบัติของผู้รับจ้าง.....	4
1.3	การดำเนินงาน .....	4
1.4	มาตรฐานการผลิต.....	5
1.5	การรับประกันและการบำรุงรักษา .....	5
1.6	การอบรมการใช้งาน.....	6
1.7	รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่เห็นควรอนุมัติ .....	6
2.	ระบบปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRF/VRV) .....	9
2.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	9
2.2	รายละเอียดและจำนวนเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRF / VRV).....	9
2.3	เครื่องระบายความร้อน (Condensing Unit).....	10
2.4	เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit).....	11
2.5	เครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้น (Double Skin Air Handling Unit) .....	12
2.6	ท่อน้ำยา (Refrigerant Pipe) .....	13
2.7	ท่อน้ำทิ้ง (Drain Type) .....	14
2.8	ระบบควบคุม (Control System).....	14
3.	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Inverter) .....	15
3.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	15
3.2	รายละเอียดและจำนวนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	15
3.3	เครื่องระบายความร้อน (Condensing Unit).....	15
3.4	เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit).....	16
3.5	ท่อน้ำยา (Refrigerant Pipe) .....	17

3.6	ท่อน้ำทิ้ง (Drain Type) .....	17
3.7	ระบบควบคุม (Control System).....	17
4.	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ.....	18
4.1	การติดตั้งเครื่องระบายความร้อน.....	18
4.2	การติดตั้งเครื่องส่งลมเย็น .....	18
4.3	การเดินทางท่อน้ำยา .....	18
4.4	การเดินทางท่อน้ำทิ้ง .....	19
5.	ระบบท่อส่งลมและอุปกรณ์ (DUCT WORK) .....	19
5.1	ระบบท่อส่งลม .....	19
5.2	การแขวนยึดท่อลม.....	21
5.3	Damper .....	21
5.4	วัสดุท่อลม .....	22
5.5	หน้ากากลม .....	22
5.6	ฉนวนหุ้มท่อลม (Duct Insulation).....	23
5.7	การปรับปริมาณอากาศและการทดสอบ .....	23
6.	พัดลมระบายอากาศ (VENTILATION AND EXHAUST FANS).....	24
6.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	24
6.2	มาตรฐานพัดลมระบายอากาศ.....	24
6.3	รายละเอียดและจำนวนพัดลมระบายอากาศและเติมอากาศ.....	24
6.4	รายละเอียดประเภทของพัดลมระบายอากาศ .....	26
7.	แผ่นกรองอากาศ (AIR FILTER).....	30
7.1	ความต้องการทั่วไป .....	30
7.2	ประเภทของแผงกรองอากาศ.....	31

## หมวดที่ 5 รายการประกอบแบบก่อสร้างหมวดงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

### 1. ข้อกำหนดทั่วไป

#### 1.1 ขอบเขตของงาน

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split - type) และ ระบบเครื่องปรับอากาศ ระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRV/VRF) และระบบระบายอากาศชนิดเติมอากาศบริสุทธิ์เพื่อป้องกัน PM2.5 รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบ และวัสดุ อื่น ๆ ที่แสดงไว้ในแบบและรายการประกอบแบบและข้อกำหนดต่าง ๆ ทั้งนี้ ตัวเครื่องปรับอากาศ วัสดุ และอุปกรณ์ทั้งหมดที่นำมาติดตั้ง จะต้องเป็นของใหม่ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน พร้อมทั้งทำการทดสอบการทำงานของระบบปรับอากาศทั้งหมดให้สามารถใช้งานได้ อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง ตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ว่าจ้าง รวมทั้งดำเนินการรื้อถอนชิ้นส่วนของระบบปรับอากาศของเดิมที่ไม่ได้ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย ระบบไฟฟ้า ระบบท่อน้ำ ระบบท่อลม เครื่องส่งลมเย็น และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งนำส่งคืนให้ผู้ว่าจ้างอย่างครบถ้วน

#### 1.2 คุณสมบัติของผู้รับจ้าง

ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้แทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตของผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ นั้น ๆ ต้องดำเนินการติดตั้งระบบปรับอากาศรวมทั้งระบบไฟฟ้าและระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานระบบปรับอากาศ โดยช่างผู้มีความชำนาญงานด้านนี้โดยตรง และมีประสบการณ์ติดตั้ง รวมทั้งจะต้องมีวิศวกรเครื่องกล และวิศวกรไฟฟ้า ที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เป็นผู้ควบคุมการติดตั้งและทดสอบระบบทั้งหมด

#### 1.3 การดำเนินงาน

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อประกอบการพิจารณาดังต่อไปนี้

1. จะต้องจัดส่งตัวอย่างอุปกรณ์และวัสดุอื่น ๆ ที่จะใช้งานทุกอย่าง มาขออนุมัติจากผู้ว่าจ้างอย่างเป็นทางการก่อนทำการติดตั้ง
2. จะต้องจัดส่งแคตตาล็อกตัวจริง หรือรายละเอียดประกอบอื่น ๆ ที่แสดงรายละเอียดทางวิศวกรรมของตัวปรับอากาศ วัสดุ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่กำหนดในแบบทั้งหมด มาขออนุมัติจากผู้ว่าจ้างอย่างเป็นทางการก่อนทำการติดตั้ง
3. จะต้องจัดทำ Shop Drawing และรายละเอียดการติดตั้งทั้งหมด มาขออนุมัติจากผู้ว่าจ้างอย่างเป็นทางการก่อนทำการติดตั้ง
4. จะต้องส่งแผนและขั้นตอนในการดำเนินงาน ให้กับผู้ว่าจ้าง ก่อนเริ่มดำเนินงาน และเข้าร่วมวางแผนการใช้อาคารในระยะเวลาดำเนินงานติดตั้ง

5. การติดตั้งอุปกรณ์หรือระบบที่เกี่ยวข้อง ในฝ้าเพดาน ช่องท่อ หรือพื้นที่อื่น ๆ ที่ยากต่อการมองเห็นด้วยตาเปล่า ก่อนทำการปิดกั้นพื้นที่นั้น ๆ ให้ผู้รับจ้างจัดทำ As-built Drawing เสนอต่อผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง และลงนามร่วมกัน หากผู้รับจ้างละเลยและผู้ว่าจ้างขอตรวจสอบพื้นที่นั้น ๆ ในภายหลัง หากมีค่าใช้จ่ายในการเปิด-ปิดพื้นที่เพื่อการตรวจสอบ ให้เป็นความรับผิดชอบของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

6. ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีช่องทาง ช่องเปิดหรือพื้นที่เพื่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้ง ได้โดยสะดวกและเรียบร้อยสวยงาม

7. ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาแรงงาน วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ อันจำเป็นสำหรับการทดสอบระบบทั้งหมดที่เป็นส่วนของงานระบบวิศวกรรมให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์

8. ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลเสียหาย หรือข้อบกพร่องใด ๆ ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการติดตั้งและการทดสอบ ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ทั้งในการทดสอบและในการแก้ไข จนกว่าผลเป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต รวมทั้งข้อกำหนดต่าง ๆ ในแบบและรายการประกอบแบบ

#### 1.4 มาตรฐานการผลิต

1. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split - type) และ ระบบเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRV/VRF) เป็นผลิตภัณฑ์ของยุโรป ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา หรือเกาหลีใต้ หรือประกอบจากโรงงานภายในประเทศ ภายใต้ลิขสิทธิ์ (License) ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งจะต้องมีเอกสารมาแสดง และจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ยี่ห้อเดียวกันทั้งโครงการ

#### 1.5 การรับประกันและการบำรุงรักษา

1. ผู้รับจ้างต้องรับประกันความเสียหายทุกอุปกรณ์ ชิ้นส่วน การรั่วไหลของสารทำความเย็น รวมถึงการบำรุงรักษาและอุปกรณ์สิ้นเปลืองในการบำรุงรักษา เป็นเวลา 1 ปี Compressors, อุปกรณ์ควบคุมและแผงควบคุมภายในเครื่องปรับอากาศทั้งหมด ต้องได้รับการประกันความเสียหายอุปกรณ์จากการใช้งานตามปกติ โดยตัวแทนจำหน่ายหลักในประเทศหรือผู้ผลิต เป็นเวลาอย่างน้อย 5 ปี นับจากวันส่งมอบงาน ผู้รับจ้างต้องแสดงเงื่อนไขรายละเอียดการรับประกันของวัสดุอุปกรณ์นั้น ๆ ในการขออนุมัติใช้วัสดุ และส่งมอบใบรับประกันต่อผู้ว่าจ้างพร้อมการส่งมอบงาน

2. การบริการระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ทุก 3 เดือน ในระยะเวลาประกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการตรวจและทำความสะอาดอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น แผ่นฟิลเตอร์ ถาดน้ำทิ้ง คอยล์ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุม และจัดทำรายงาน บันทึกการตรวจ (Check List) ตามมาตรฐานของผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศนั้น ๆ มอบให้แก่ผู้ว่าจ้างทุกครั้ง ถ้าพบว่ามีอุปกรณ์ใดชำรุดต้องซ่อมแซม ผู้รับจ้างต้องจัดการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนใหม่ให้เหมือนสภาพเดิมทุกประการ โดยเวลาอันรวดเร็ว และผู้ว่าจ้างไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น

3. ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำหนังสือและคู่มือการติดตั้ง แบบติดตั้งจริง (As-built Drawing) การเดินเครื่องและการบำรุงรักษา (Instruction Manual) จำนวน 3 ชุด มอบให้แก่ผู้ว่าจ้างด้วย

### 1.6 การอบรมการใช้งาน

ผู้รับจ้างจะต้องจัดให้มีการอบรมการใช้งานระบบปรับอากาศ รวมถึงระบบควบคุมต่าง ๆ แก่ตัวแทนของผู้ว่าจ้าง รวมระยะเวลาไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง และ/หรือ จนกว่าตัวแทนของผู้ว่าจ้างจะสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและเข้าใจเป็นอย่างดี

### 1.7 รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่เห็นควรอนุมัติ

**เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRF/VRV)**

1. DAIKIN
2. SAMSUNG
3. CARRIER / TOSHIBA
4. MITSUBISHI ELECTRIC

**เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (SPLIT TYPE INVERTER)**

1. DAIKIN
2. SAMSUNG
3. CARRIER
4. MITSUBISHI ELECTRIC

**พัดลมระบายอากาศ (EXHAUST FANS)**

1. KRUGER
2. PANASONIC
3. MITSUBISHI
4. TOSHIBA

**พัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์ (FRESH AIR FANS)**

1. KRUGER
2. AAF
3. CAMFIL
4. DAIKIN
5. BROAD

**ท่อสารทำความเย็น (COPPER TUBE)**

1. CAMBRIDGE
2. KEMBLA
3. TOTALINE

**ฉนวนหุ้มท่อทองแดง (CLOSED CELL INSULATION)**

1. AEROFLEX
2. ARMAFLEX
3. K – FLEX
4. THERMOBREAK

**ท่อน้ำทิ้ง (PVC. PIPE)**

1. THAI PIPE
2. SCG

**เหล็กแผ่นอาบสังกะสี (GALVANIZED STEEL SHEET)**

1. SINGHA
2. THAI GALVANIZED STEEL

**ฉนวนใยแก้ว (FIBERGLASS INSULATION)**

1. MICRO-FIBER
2. SCG

**ฉนวนยางดำ (CLOSED CELL INSULATION)**

1. AEROFLEX
2. ARMAFLEX
3. K – FLEX
4. THERMOBREAK

**ท่อลมอ่อน (FLEXIBLE ROUND DUCT)**

1. AERODUCT
2. DUCT EXCEL
3. GENOS

**หน้ากากจ่ายลม (DIFFUSERS, GRILLES & LOUVERS)**

1. PEC
2. KOMFORT FLOW

3. AS & D

4. FLOTHRU

**แผงกรองอากาศ (AIR FILTER)**

1. AAF

2. CAMFIL

3. AIR GUARD

**SPEC ระบบไฟฟ้า**

ผลิตภัณฑ์ที่จะขออนุมัติใช้ในระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ให้พิจารณาใช้ยี่ห้อเดียวกันกับระบบไฟฟ้าในเบื้องต้น นอกเหนือจากนั้นให้พิจารณาใน vendor list

**POWER & CONTROL CABLE**

1. BANGKOK CABLE

2. PHELPSDODGE

3. THAI YAZAKI

**ELECTRICAL CONDUIT**

1. PAT

2. PANASINIC

3. ARROW PIPE

**SAFETY SWITCH**

1. SCHNEIDER

2. ABB

**MOTOR STARTER**

1. SCHNEIDER

2. ABB

## 2. ระบบปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRF/VRV)

### 2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ VARIABLE REGRIGERANT FLOW (VRF) ประกอบด้วยเครื่องระบายความร้อน (Condensing Unit) ระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งใช้คู่กันกับเครื่องเป่าลมเย็น (Fan coil Unit) มากกว่า 1 ชุดขึ้นไป และอุปกรณ์แต่ละชุดประกอบเสร็จเรียบร้อยมาจากโรงงานผู้ผลิต ในต่างประเทศหรือประกอบภายในประเทศ ภายใต้ลิขสิทธิ์ของผลิตภัณฑ์นั้น โดยที่เครื่องระบายความร้อน เป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งเมื่อใช้คู่กับเครื่องเป่าลมเย็นตามที่ผู้ผลิตแนะนำ และมีหลักฐานยืนยันแล้ว จะต้องสามารถทำความเย็นรวมที่สภาวะอากาศเข้าคอยล์เย็นที่กำหนด ได้ตามขนาดทำความเย็นที่ระบุในรายการอุปกรณ์ (หรือตามที่กำหนดในแบบ) และใช้ระบบไฟฟ้า 220V/50Hz/1-Phases หรือ 380V/50Hz/3-Phases ตามที่กำหนดในแบบ ความสามารถของระบบจะต้องรองรับการเดินท่อน้ำยาได้มากกว่า 150 เมตร และความต่างระดับของเครื่องระบายความร้อนกับเครื่องเป่าลมเย็นได้มากกว่า 40 เมตร มีระบบวิเคราะห์และตรวจสอบข้อผิดพลาดในการทำงานด้วยตัวเองได้ และต้องจัดเตรียมชุด Central Controller สำหรับควบคุมและแสดงสถานะของเครื่องปรับอากาศให้ครอบคลุมจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมดในห้องควบคุมที่ผู้ว่าจ้างกำหนด อย่างน้อย 1 ชุด

### 2.2 รายละเอียดและจำนวนเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ ชนิดปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติ (VRF / VRV)

FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 15,000 BTU/hr.	จำนวน	4	ชุด
FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 19,000 BTU/hr.	จำนวน	9	ชุด
FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 24,000 BTU/hr.	จำนวน	9	ชุด
FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 30,000 BTU/hr.	จำนวน	2	ชุด
FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 38,000BTU/hr.	จำนวน	44	ชุด
FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 43,000 BTU/hr.	จำนวน	40	ชุด
FCU Cassette Type	ขนาดไม่น้อยกว่า 47,000 BTU/hr.	จำนวน	3	ชุด
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>111</b>	<b>ชุด</b>		

FCU Cassette Type 2 Way	ขนาดไม่น้อยกว่า 24,000 BTU/hr.	จำนวน	13	ชุด
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>13</b>	<b>ชุด</b>		

Air Handling Unit (Double Skin) ขนาดไม่น้อยกว่า 420,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
Air Handling Unit (Double Skin) ขนาดไม่น้อยกว่า 350,000 BTU/hr.	จำนวน	4	ชุด
<b>รวมทั้งหมด</b>		<b>5</b>	<b>ชุด</b>

เครื่องระบายความร้อน Condensing Unit

CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	225,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	420,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	530,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	570,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	280,000 BTU/hr.	จำนวน	4	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	340,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	380,000 BTU/hr.	จำนวน	2	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	470,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	190,000 BTU/hr.	จำนวน	1	ชุด
CDU ขนาดไม่น้อยกว่า	360,000 BTU/hr.	จำนวน	4	ชุด
<b>รวมทั้งหมด</b>			<b>17</b>	<b>ชุด</b>

### 2.3 เครื่องระบายความร้อน (Condensing Unit)

เป็นแบบเป่าลมร้อนขึ้นด้านบนหรือด้านข้าง ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ชนิด SEALED HERMATIC TYPE แบบ SCROLL หรือ ROTARY อย่างน้อย 1 ชุด และมีวงจรมอเตอร์เป็นแบบ SINGLE CIRCUIT ใช้กับระบบน้ำยา

R-410A การปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทุกชุดแบบ INVERTER เป็นไปโดยอัตโนมัติ และระบบไฟฟ้า 220V/50Hz/1-Phases หรือ 380V/50Hz/3-Phases ตามที่กำหนดในรายการอุปกรณ์ โดยห้ามทำการตัดแปลงหรือใช้หม้อแปลง แปลงแรงดันไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง รายละเอียดอื่นๆ มีดังต่อไปนี้

1. ตัวถังเครื่องระบายความร้อน ทำด้วยเหล็กอบสังกะสีหรือเหล็กดำ พ่นสีกันสนิมและสีภายนอกอย่างดี ซึ่งทนทาน สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ตัวโครงจะต้องมั่นคงแข็งแรง ไม่สั่นสะเทือน หรือเกิดเสียงดังเมื่อใช้งาน

2. คอมเพรสเซอร์สามารถควบคุมสมรรถนะของขนาดทำความเย็น โดยปรับการใช้กระแสไฟฟ้าตามการใช้งานในช่วงเวลาต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยอัตโนมัติ คอมเพรสเซอร์แต่ละชุดต้องติดตั้งอยู่บนฐานที่แข็งแรง และมีลูกยางกันกระเทือนรองรับ

3. พัฒลระบายความร้อนเป็นแบบ PROPELLER TYPE ขับด้วยมอเตอร์ชนิด WEATHER PROOF ได้รับการปรับสมดุลทั้งในขณะหยุดนิ่งและขณะทำงานมาแล้ว จากโรงงานผู้ผลิต

4. แผงระบายความร้อน ทำด้วยท่อทองแดง มีครีระบายความร้อนทำด้วยอลูมิเนียม อัดติดแน่นกับท่อด้วยวิธีกล และจะต้องเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อนทางเคมี และผ่านการทดสอบรอยรั่วและขจัดความชื้นมาจากโรงงานผลิต

5. อุปกรณ์อื่น ๆ ในเครื่องระบายความร้อนมีดังนี้.-

- INTERNAL THERMAL SWITCH PROTECTION AND OVERCURRENT PROTECTION DEVICE FOR COMPRESSOR.
- INVERTER OVERLOAD PROTECTION DEVICES FOR INVERTER CONTROL.
- THERMAL SWITCH PROTECTION DEVICE FOR FAN MOTOR.
- CHECK VALVE HIGH PRESSURE PROTECTION DEVICE FOR COMPRESSOR.
- HIGH / LOW PRESSURE SWITCH.
- SUCTION / LIQUID LINE SHUT OFF VALVE.
- REFRIGERANT CHARGING PORT (SERVICE PORT)
- SOLENOID VALVE CONTROL SUB COOL COIL BYPASS.
- ACCUMULATOR TANK FOR BUFFER AND RESERVE REFRIGERANT.
- OIL SEPARATOR AND AUTOMATIC OIL RECOVERY AND EQUALISATION OPERATIONS

#### 2.4 เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit)

1. ตัวถังเครื่องเป่าลมเย็นทำด้วยเหล็กอาบสังกะสี หรือเหล็กดำพ่นสีกันสนิมและสีภายนอกอย่างดี หรือ วัสดุที่ทนต่อการเป็นสนิม เช่น ไฟเบอร์กลาส พลาสติกอัดแรง ภายในตัวเครื่องบุด้วยฉนวนไม่ลามไฟชนิด CLOSED CELL INSULATION หรือ FIRE RETARDANT POLYURETHANE ความหนาเพียงพอที่ไม่ทำให้เกิดการเกาะของหยดน้ำ ภาตรองน้ำทิ้งบุด้วยฉนวนประเภทเดียวกัน ประกอบมาเสร็จเรียบร้อยจากโรงงานผู้ผลิต

2. พัดลมเป่าลมเย็นเป็นแบบ CENTRIFUGAL, TURBO FAN หรือ CROSS FLOW FAN ทำจากพลาสติกหรือเหล็กอาบสังกะสี พัดลมตัวเดียวหรือสองตัวตั้ง อยู่บนเพลาดียวกัน

3. เครื่องเป่าลมเย็นแต่ละชุด จะต้องสามารถส่งปริมาณลมและให้ความดันลมได้ ไม่น้อยกว่าที่ระบุในรายการอุปกรณ์
4. มอเตอร์ขับเคลื่อนแบบ DIRECT-DRIVE ตัวพัดลมจะต้องได้รับการตรวจหรือปรับสมดุลทั้งในขณะหยุดนิ่งและขณะทำงานมาแล้วจากโรงงานผู้ผลิต
5. แผงคอยล์เย็นทำด้วยท่อทองแดง มีครีบบระบายความร้อนทำด้วยอลูมิเนียม อัดติดแน่นกับท่อด้วยวิธีกล แผงคอยล์เย็นแต่ละชุด จะต้องสามารถจ่ายความเย็นได้ตามขนาดของเครื่องเป่าลมเย็นแต่ละชุด ตามข้อกำหนด และผ่านการทดสอบรอยรั่วจากโรงงานผู้ผลิต
6. อุปกรณ์ประกอบของเครื่องเป่าลมเย็นมีดังต่อไปนี้.-
  - RETURN AIR, REFRIGERANT ENTERING AND REFRIGERANT LEAVING THERMISTOR SENSORS ELECTRONIC
  - OR ELECTRIC EXPANSION VALVE
  - DRAIN PAN AND DRAIN PAN CONNECTION.
  - REFRIGERANT PIPE CONNECTIONS.
  - PRINTED CIRCUIT BOARD.
  - PID CONTROL FOR EXPANSION VALVE

## 2.5 เครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้น (Double Skin Air Handling Unit)

1. ส่วนโครงภายนอก ทำด้วยแผ่นเหล็กที่ผ่านกระบวนการเคลือบและอบสีหรือวัสดุที่ทนต่อการเป็นสนิม เช่น ไฟเบอร์กลาส พลาสติกอัดแรง โครงสร้างหลักของAHU เป็น Aluminum frame ภายในบริเวณที่จำเป็นให้บุด้วยฉนวนยางหรือฟองน้ำหรือวัสดุเทียบเท่า มีถาดน้ำทิ้งที่หุ้มด้วยฉนวนดังกล่าวในการใช้งานปกติจะต้องไม่เกิดหยดน้ำเกาะที่ภายนอกของตัวโครง
2. พัดลมส่งลมเย็น เป็นแบบ DOUBLE INLET, CENTRIFUGAL BLOWER ระบบขับเคลื่อนแบบขับเคลื่อนโดยตรงหรือขับเคลื่อนด้วยสายพาน
3. มอเตอร์ต้องเป็นชนิด INDUCTION MOTOR 380 V/ 3 PH/ 50 Hz โดยต้องเลือกให้มีขนาดเหมาะสมกับสภาวะการใช้งาน และต้องไม่เกิดการ OVER LOAD ที่มอเตอร์
4. คอยล์เย็น (EVAPORATOR COIL) เป็นท่อทองแดงที่ถูกอัดเข้ากับครีบอลูมิเนียม ซึ่งจะต้องเรียงเป็นระเบียบเรียบร้อยยึดแน่นกับท่อทองแดง และผ่านการทดสอบรอยรั่วจากโรงงานผู้ผลิต
5. อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็นเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์อิเล็กทรอนิกส์แบบขั้นวาล์ว (ELECTRONIC EXPANSION VALVE)

6. เครื่องส่งลมเย็น (AHU-Air Handling Unit) ต้องผลิตโดยผู้ผลิตเดียวกับคอยล์ร้อน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ คอยล์ร้อนที่นำมาต่อกับเครื่องส่งลมเย็นจะต้องเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและใช้สารทำความเย็นชนิด R-410A , R32
7. รูปแบบของเครื่องส่งลมเย็นต้องสามารถเลือกคุณสมบัติต่างๆได้ เช่น ชนิดของตัวกรองอากาศ, ทิศทางของช่องอากาศเข้าและออก, ตำแหน่งของประตูบริการ, ชนิดของคอมไพบริการ, รูปแบบของใบพัด และลักษณะของการขับเคลื่อน เป็นต้น
8. ผนังของเครื่องส่งลมเย็นต้องเป็นแบบผนังสองชั้น เพื่อให้เหมาะกับลักษณะการใช้งาน ดังนี้ ผนังสองชั้น ผนังเป็นแผ่นเหล็กที่ผ่านกระบวนการเคลือบและอบสีหรือวัสดุที่ทนต่อการเป็นสนิม เช่น ไฟเบอร์กลาส พลาสติกอัดแรง ประกะบโพนโพลียูรีเทนตรงกลาง ความหนาของโพนโพลียูรีเทนชนิดไม่ลามไฟ
9. เครื่องส่งลมเย็นต้องใช้คอยล์เย็นแบบขยายตัวโดยตรงหนึ่งหรือหลายชุดประกอบกัน คอยล์แต่ละชุดต้องต่อกับชุดวาล์วลดความดันที่ควบคุมโดยชุดควบคุม และคอยล์ทุกชุดที่อยู่ในเครื่องส่งลมเย็นชุดเดียวกันต้องสามารถควบคุมจากรีโมทคอนโทรลเพียงชุดเดียว
10. แผงกรองอากาศมี 2 ชั้น ชั้นแรก Pre filter และ ชั้นที่ 2 Medium filter ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในหมวดที่ 7
11. ที่ Return Air Chamber ก่อนเข้า AHU ผู้รับจ้างต้องติดตั้ง Duct Smoke Detector เพื่อตัดการทำงานของมอเตอร์พัดลม เมื่อได้รับสัญญาณ Fire Alarm หรือเมื่อมีควันเข้าไปใน AHU

## 2.6 ท่อน้ำยา (Refrigerant Pipe)

1. ท่อน้ำยา ใช้ท่อทองแดงชนิด Hard Drawn ตามมาตรฐาน ASTM B88 Type L หรือมีมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ข้อต่อใช้ชนิด Forged of Wrought Copper, Solder Type รอยต่อเชื่อมด้วย Silver Brazing Alloys ท่อ Suction จะต้องหุ้มฉนวน Closed Cell Foamed Electrometric EPDM หรือ NRB หนาไม่ต่ำกว่า 3/4 นิ้ว (19 มิลลิเมตร)
2. ในทุกครั้งที่มีการแยกจากท่อประธาน จะต้องใช้ข้อต่อสามทางของผู้ผลิต ที่ออกแบบมาให้ใช้กับการแบ่งปริมาณของสารทำความเย็นเท่านั้น ห้ามใช้ข้อต่อที่ดัดแปลงทำขึ้นมาเอง
3. การเชื่อมท่อน้ำยา ให้ใช้วิธี Nitrogen Replacement Blasing ภายหลังจากต่อท่อน้ำยาแล้ว ให้ทำความสะอาดระบบท่อด้วยการใช้ Nitrogen Flushing การทดสอบหารอยรั่วด้วย Nitrogen Gas ความดันไม่น้อยกว่า 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แล้วทำการไล่ความชื้นออกจากระบบท่อด้วยระบบสุญญากาศ โดยผ่าน Vacuum Pump โดยทำให้มีความดันประมาณ -755 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา

อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากระบบ และให้ทำการ Feed น้ำยาเข้าระบบท่อ ตามน้ำหนักน้ำยาที่ได้คำนวณไว้

## 2.7 ท่อน้ำทิ้ง (Drain Type)

ท่อน้ำทิ้ง ใช้ท่อ PVC แข็ง Class 8.5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 17-2524 อุปกรณ์ข้อต่อท่อ จะต้องใช้ชนิดที่มีความหนาตามประเภทท่อที่ใช้ และใช้น้ำยาต่อท่อตามคำแนะนำของผู้ผลิต ท่อน้ำทิ้งจะต้องหุ้มฉนวน Closed Cell Foamed Electrometric EPDM หรือ NRB หนาไม่ต่ำกว่า 1/2 นิ้ว (13 มิลลิเมตร) หรือตามที่ระบุในแบบ

## 2.8 ระบบควบคุม (Control System)

1. อุปกรณ์ควบคุมเป็นแบบ MICROPROCESSOR เป็นหลัก โครงข่ายของระบบควบคุมจะต้องเชื่อมต่อโดยตรงกับอุปกรณ์หรือระบบอื่นๆ ได้
2. เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะต้องเป็นชนิด ELECTRONIC ติดตั้งควบคุมจุดที่กำหนดให้ในแบบ หรือติดตั้งภายในส่วนลมกลับของเครื่องเป่าลมเย็น
3. กำหนดให้มีระบบควบคุมส่วนกลาง โดยมีความสามารถ
  - ควบคุมการเปิด - ปิดเครื่องปรับอากาศ ตั้งอุณหภูมิ ปรับอัตราการไหลของลม และการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่จำเป็นอย่างอื่นได้ โดยมีการแสดงสถานะของระบบทั้งหมดผ่านหน้าจอแบบ TOUCH SCREEN ของตัวควบคุมเอง หรือหน้าจอคอมพิวเตอร์
  - สามารถปรับตั้งเวลา เปิดปิด เครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมง
  - สามารถตั้งจำกัดค่าอุณหภูมิสูงสุด/ต่ำสุดของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องได้
  - สามารถดูข้อมูลประวัติ TROUBLE HISTORY ของเครื่องปรับอากาศได้
4. ท่อร้อยสายไฟจะต้องเป็นท่อเหล็ก โดยในส่วนที่ติดตั้งภายในสถานที่ปรับอากาศจะเป็นแบบ EMT และในส่วนที่อยู่นอกสถานที่ปรับอากาศเป็นแบบ IMC
5. จุดเชื่อมต่อของท่อจะต้องเป็น WATERPROOF ติดตั้งสวดวงสำหรับพื้นที่ภายนอก และพื้นที่ภายใน
6. การติดตั้ง SAFETY SWITCH ทั้งแบบที่มีฟิวส์ หรือไม่มีฟิวส์จะต้องติดตั้งให้ใกล้กับเครื่องระบายความร้อนให้ได้มากที่สุด และขนาดของอุปกรณ์ต้องเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ
7. การเดินสายไฟฟ้า (ซึ่งรวมถึงสายไฟสำหรับเครื่องปรับอากาศ) และสายสัญญาณจะต้องไม่วางอยู่ในท่อร้อยสายไฟเดียวกัน โดยสายไฟฟ้าและสายสัญญาณจะต้องเดินภายในท่อที่แยกกันต่างหาก

8. จะต้องมึระบบควบคุมเชื่อมโยงกัน (INTERLOCKING SYSTEM) ระหว่างเครื่องระบายความร้อนและเครื่องเป่าลมเย็น เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องระบายความร้อนทำงานเมื่อมอเตอร์พัดลมเป่าลมเย็นไม่ทำงาน หรือเครื่องระบายความร้อนทำงานก่อนเครื่องเป่าลมเย็น ในวงจรควบคุมจะต้องมีการใส่ฟิวส์ไว้ด้วย

### 3. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Inverter)

#### 3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนประกอบด้วย เครื่องส่งลมเย็น เครื่องระบายความร้อน ท่อสารทำความเย็น และอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ ทั้งชุดต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบสำเร็จมาจากโรงงานของผู้ผลิต หรือผลิตภายใต้ลิขสิทธิ์ของผลิตภัณฑ์นั้นภายในโรงงานที่มีคุณภาพ เครื่องระบายความร้อนเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ระบุในแบบหรือรายการอุปกรณ์ และเมื่อใช้คู่กับเครื่องส่งลมเย็น ตามรุ่นที่ผู้ผลิตแนะนำ จะต้องทำความเย็นรวมได้ไม่น้อยกว่าข้อกำหนดในแบบทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่เสนอ จะต้องมึตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย และศูนย์บริการของเจ้าของผลิตภัณฑ์อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือ เพื่อประโยชน์ของหน่วยงาน ในการบริการหลังการขายหรือบริการทางด้านอะไหล่เป็นที่เชื่อถือได้

#### 3.2 รายละเอียดและจำนวนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กประกอบด้วย

FU/CU Ceiling Exposed Type ขนาด 18,000 BTU/hr. จำนวน 2 ชุด

FU/CU Ceiling Exposed Type ขนาด 24,000 BTU/hr. จำนวน 1 ชุด

รวมทั้งหมด 3 ชุด

#### 3.3 เครื่องระบายความร้อน (Condensing Unit)

ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (AIR-COOLED CONDENSER )ชุดระบายความร้อนเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เป็นแบบเป่าลมร้อนขึ้นด้านบนหรือด้านข้าง ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ชนิด SEALED HERMATIC หรือ SEMI-HERMATIC แบบ ROTARY, SCROLL ใช้กับสารทำความเย็น R-410A ,R-32 หรือตามมาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต การปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทุกชุดแบบ INVERTER เป็นไปโดยอัตโนมัติ และระบบไฟฟ้า 220V/50Hz/1-Phases หรือ 380V/50Hz/3-Phases ตามที่กำหนดในรายการอุปกรณ์ โดยห้ามทำการดัดแปลงหรือใช้หม้อแปลง แปลงแรงดันไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง รายละเอียดอื่นๆ มีดังนี้

1. ตัวถังเครื่องระบายความร้อน ทำด้วยเหล็กอบสังกะสีหรือเหล็กดำ ฟันสีกันสนิมและสีภายนอกอย่างดี ซึ่งทน ทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ตัวโครงจะต้องมั่นคงแข็งแรง ไม่สั่นสะเทือนหรือเกิดเสียงดังเมื่อใช้งาน
2. คอมเพรสเซอร์สามารถควบคุมสมรรถนะของขนาดทำความเย็น โดยปรับการใช้กระแสไฟฟ้าตามการใช้งานในช่วงเวลาต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยอัตโนมัติ คอมเพรสเซอร์แต่ละชุดต้องติดตั้งอยู่บนฐานที่แข็งแรง และมีลูกยางกันกระเทือนรองรับ
3. พัฒนาระบายความร้อนเป็นแบบ PROPELLER TYPE ขับด้วยมอเตอร์ชนิด WEATHER PROOF ได้รับการปรับสมดุลทั้งในขณะหยุดนิ่งและขณะทำงานมาแล้วจากโรงงานผู้ผลิต
4. แผงระบายความร้อนทำด้วยท่อทองแดง มีครีระบายความร้อนทำด้วยอลูมิเนียม อัดติดแน่นกับท่อด้วยวิธีกล และจะต้องเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อนทางเคมี และผ่านการทดสอบรอยรั่วและขจัดความชื้นมาจากโรงงานผลิต
5. อุปกรณ์อื่น ๆ ในเครื่องระบายความร้อนมีดังนี้
  - THERMAL OVERLOAD PROTECTION DEVICES FOR COMPRESSOR
  - OVERLOAD PROTECTION DEVICE FOR FAN MOTOR
  - COMPRESSOR MAGNETIC CONTACTOR
  - HI/LOW PRESSURE SWITCH
  - SUCTION / LIQUID / HOT GAS LINE SHUT-OFF VALVE
  - REFRIGERANT FILTER DRIER
  - SIGHT GLASS
  - REFRIGERANT CHARGING PORT
  - CRANKCASE HEATER (สำหรับเครื่องขนาดความเย็น 35.2 KW ขึ้นไป)

### 3.4 เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit)

เครื่องเป่าลมเย็นในที่นี้ได้แก่ ชนิด CEILING EXPOSED ,WALL MOUNT, CEILING CONCEALED, FLOOR MOUNT และ CASSETTE ชนิดที่ติดตั้งในพื้นที่และจ่ายลมเย็นเข้าห้องโดยตรง ภายในตัวเครื่องบุด้วยฉนวนไม่ลามไฟ มีความหนาเพียงพอที่ไม่ทำให้เกิดการเกาะของหยดน้ำ ถาดรองน้ำทิ้งบุด้วยฉนวนประเภทเดียวกัน เครื่องเป่าลมเย็นแต่ละชุด จะต้องสามารถส่งปริมาณลมและให้ความดันลม ได้ไม่น้อยกว่าที่ระบุในรายการอุปกรณ์ และไม่ให้เกิดเสียงในขณะใช้งานดังเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ตัวพัดลมที่ติดตั้งในเครื่องเป่าลมเย็น จะต้องได้รับการตรวจหรือปรับสมดุล ทั้งในขณะหยุดนิ่งและขณะทำงาน มาแล้วจากโรงงานผู้ผลิต และอุปกรณ์ประกอบจะต้องเป็นของใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อน ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1. เครื่องส่งลมขนาดเล็กชนิดจ่ายลมตรงเข้าพื้นที่ การติดตั้งเป็นแบบ EXPOSE ชนิด WALL MOUNT, CEILING MOUNT, FLOOR MOUNT หรือ CASSETTE มีพัดลมหอยโข่งแกนยาวทำด้วยพลาสติกแข็ง หรือเหล็กอบสังกะสีต่อข้อเคลื่อนตรงตัวถึงเครื่องทำพลาสติกชนิดไม่ลามไฟและทาสีในเนื้อพลาสติก หรือเหล็กอบสังกะสีตามมาตรฐานของผู้ผลิต

2. อุปกรณ์ประกอบของเครื่องส่งลมเย็นมีดังต่อไปนี้
- อุปกรณ์ลดความดันของสารความเย็น ชนิด CAPILLARY TUBE หรือ ORIFICE ตามมาตรฐานผู้ผลิต
  - OVERLOAD PROTECTION DEVICE FOR FAN MOTOR
  - DRAIN AND DRAIN PAN CONNECTION
  - WASHABLE AIR FILTER ตามมาตรฐานของผู้ผลิต
  - REFRIGERANT PIPE CONNECTION

### 3.5 ท่อน้ำยา (Refrigerant Pipe)

ท่อน้ำยา ใช้ท่อทองแดงชนิด Hard Drawn ตามมาตรฐาน ASTM B88 Type L หรือมีมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ข้อต่อใช้ชนิด Forged of Wrought Copper, Solder Type รอยต่อเชื่อมด้วย Silver Brazing Alloys ท่อ Suction จะต้องหุ้มฉนวน Closed Cell Foamed Electrometric EPDM หรือ NRB หนาไม่น้อยกว่า 3/4 นิ้ว (19 มิลลิเมตร) หรือตามที่ระบุในแบบ

### 3.6 ท่อน้ำทิ้ง (Drain Type)

ท่อน้ำทิ้ง ใช้ท่อ PVC แข็ง Class 8.5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 17-2524 อุปกรณ์ข้อต่อท่อ จะต้องใช้ชนิดที่มีความหนาตามประเภทท่อที่ใช้ และใช้น้ำยาต่อท่อตามคำแนะนำของผู้ผลิต ท่อน้ำทิ้ง จะต้องหุ้มฉนวน Closed Cell Foamed Electrometric EPDM หรือ NRB หนาไม่ต่ำกว่า 1/2 นิ้ว (13 มิลลิเมตร) หรือตามที่ระบุในแบบ

### 3.7 ระบบควบคุม (Control System)

1. ระบบหน่วงเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (TIMER DELAY RELAY) จะติดตั้งอยู่ที่แผงควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ หรือติดตั้งที่แผงควบคุมการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น หรือติดตั้งที่ชุด REMOTE CONTROL ให้เป็นไปตามมาตรฐานผู้ผลิต

2. เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบ EXPOSE ชนิด WALL MOUNT, CEILING MOUNT, FLOOR MOUNT และ CASSETTE ใช้ชุดควบคุมที่เป็นมาตรฐานของผู้ผลิต ชุดควบคุมอย่างน้อยต้องสามารถควบคุมการทำงานและการ เปิด-ปิดเครื่อง ควบคุมความแรงของพัดลม (OFF-LOW-MED-HIGH) และควบคุมอุณหภูมิโดยที่

ค่าของอุณหภูมิแสดงเป็นตัวเลข ชุดควบคุมเป็นชนิดมีสายหรือไร้สาย กรณีเป็นชนิดไร้สายให้ติดตั้งกล่องเก็บชุดควบคุมไว้ใกล้เครื่องส่งลมเย็นเพื่อป้องกันการสูญหาย

#### 4. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

##### 4.1 การติดตั้งเครื่องระบายความร้อน

1. การติดตั้งบนพื้นคอนกรีต ให้ทำฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดสูงไม่น้อยกว่า 100 มม. จากระดับพื้นที่ติดตั้งขนาดมาตรฐานใหญ่กว่าขนาดของคอนกรีตของ Condensing Unit อย่างน้อย 200 มม. โดยรอบผิวให้ฉาบปูนขัดให้เรียบ ที่ฐานต้องรองรับด้วยระบบกันสะเทือนตามคำแนะนำของผู้ผลิต และต้องป้องกันไม่ให้น้ำขังค้างอยู่ที่ขาส่วนที่เป็นโลหะได้

2. การติดตั้งบนพื้นดิน ให้ฐานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดใหญ่ตลอดใต้เครื่องและโตกว่าเครื่องไม่น้อยกว่า 200 มม. รอบทุกด้าน ฐานสูงกว่าระดับดินไม่น้อยกว่า 100 มม. ฐานต้องทำให้เหมาะสมกับสภาพดิน และสามารถรับน้ำหนักเครื่องโดย ไม่ทรุด การติดตั้งให้ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.

3. การติดตั้งบนดาดฟ้าหรือกันสาด ต้องมีการตรวจสอบการรับน้ำหนักของอาคาร ตามหลักวิชาการ โดยช่างผู้มีความชำนาญ ที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมด้านนี้โดยตรง ระบบฐานรองรับเครื่องและการรองรับระบบ กันสะเทือน ให้ใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิต และผู้รับจ้างต้องควบคุมการติดตั้งไม่ให้เกิดการร้าวซึมของพื้นที่ดาดฟ้า

4. ผู้รับจ้างจะต้องมีวิศวกรเครื่องกล ที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ระดับ สามัญวิศวกรเครื่องกล หรือ เทียบเท่าเป็นผู้ดำเนินการติดตั้ง

##### 4.2 การติดตั้งเครื่องส่งลมเย็น

1. การติดตั้งเครื่องส่งลมเย็น ให้เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต ซึ่งแตกต่างออกไปตามแต่ชนิดและลักษณะของเครื่องส่งลมเย็น

2. ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการติดตั้งเครื่องส่งลมเย็น โดยก่อนทำการติดตั้ง ผู้รับจ้างจะต้องเสนอ Shop Drawing ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาก่อนการติดตั้ง

##### 4.3 การเดินท่อน้ำยา

1. การเดินท่อน้ำยา จะต้องเดินในแนวขนานและ/หรือตั้งฉากไปกับอาคาร ถ้าเดินผ่านทางเท้าที่มีคนเดิน ลานดินและ/หรือถนน ให้ทำรางคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมฝาครอบ เพื่อใส่ท่อน้ำยาและท่อร้อยสายไฟฟ้า ในกรณีจำเป็นเพื่อรับการขยายตัวของท่อที่ต่อเข้ากับ Compressor หรือเพื่อป้องกันท่อแตกเพราะการสั่นสะเทือน ต้องใช้ Flexible Hoven Metal Connector ท่อส่วนที่เจาะทะลุตัวอาคารให้ใส่ Pipe Sleeves

ทุกแห่ง และอุดช่องว่างด้วยวัสดุกันน้ำ ท่อน้ำยาและท่อสายไฟที่เดินทะลุขึ้นไปบนดาดฟ้า ให้ใช้ฝาครอบหรือก้ออิฐช่องที่ทะลุขึ้นไปเพื่อกันฝน ท่อน้ำยา Suction และ Liquid ให้เดินแยกจากกัน โดยมี Clamp รััดทุกๆ ระยะที่ห่างกัน ตามตาราง

ขนาดของท่อ OD	ระยะห่างในแนวระดับ (เมตร)	ระยะห่างในแนวตั้ง (เมตร)
3/8 นิ้ว	1.3	1.8
1/2 นิ้ว	1.3	1.8
5/8 นิ้ว	1.3	1.8
3/4 นิ้ว	1.8	2.4
7/8 นิ้ว	1.8	2.4
1-1/8 นิ้ว	1.8	2.4
1-3/8 นิ้ว	2.4	3
1-5/8 นิ้ว	2.4	3
2-1/8 นิ้ว	2.7	3
2-5/8 นิ้ว	3.0	3.6

2. ฉนวนหุ้มท่อส่วนที่รัด Clamp ให้สอดแผ่นสังกะสีกว้างไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร หรือใช้เป็นปลอกท่อPVC หุ้มรอบฉนวนก่อนรัด Clamp ท่อทั้งหมดที่เดินบนดาดฟ้า ให้รองรับด้วยเหล็ก U ขนาดไม่น้อยกว่า 75 มม. X 40 มม. X 5 มม. โดยเหล็กรับต้องอยู่ห่างกันตามระยะดังกล่าว ความยาวของเหล็กรองรับต้องมากพอที่จะรับ Clamp รอบท่อทั้งหมดได้

#### 4.4 การเดินท่อน้ำทิ้ง

ให้ต่อท่อน้ำทิ้งจากถาดรองน้ำของเครื่องส่งลมเย็น ไปหาท่อระบายน้ำที่ใกล้ที่สุด ตรงจุดที่ต่อออกจากเครื่อง ต้องมี Trap เพื่อดักผงและเปิดออกทำความสะอาดได้ง่าย การยึดติดกับผนัง ให้ใช้ประกับเหล็กอาบสังกะสีหรืออลูมิเนียมชนิดสำหรับใช้รัดท่อ

### 5. ระบบท่อส่งลมและอุปกรณ์ (DUCT WORK)

#### 5.1 ระบบท่อส่งลม

1. ผู้รับจ้างต้องหารื้อและ/หรือเป็นผู้กำหนดขนาด และตำแหน่งของช่องเปิดบนฝ้าเพื่อการตรวจสอบและบริการ ท่อลม โดยทั่วไปประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กชุบสังกะสี มีความหนาวิธีการประกอบ ติดตั้ง ตามที่

ระบุไว้ในแบบและรายละเอียดประกอบแบบ ส่วนใดที่ไม่ได้ระบุไว้ในแบบ หรือในรายละเอียดประกอบแบบ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ SMACNA

2. ผู้รับจ้างต้องตรวจสอบขนาดและแนวการเดินทางท่อลม ให้สอดคล้องกับงานติดตั้งระบบอื่น ๆ และจะต้องทำการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาขัดแย้งใด ๆ ก็ตาม ให้เรียบร้อย

3. ข้อโค้งงอ ต้องเป็นแบบ Full Radius และมีรัศมีความโค้งที่กลางท่อน้อยกว่า 1.5 เท่าของความกว้างท่อลม ถ้าไม่สามารถทำได้เนื่องจากสถานที่ติดตั้งจำกัด ให้ใช้ข้องอหักฉาก (Mitre bend) มี Turning Vane ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแบบ ข้อโค้งงอของท่อลมกลม (Round Duct) อาจใช้ Round Flexible Duct ขนาดเดียวกันแทนได้

4. ท่อลมสี่เหลี่ยมที่มีด้านใหญ่สุดเกินกว่า 12 นิ้ว จะต้องทำ Cross-Break และทุกทางแยกของท่อลม (Branch Duct) จะต้องติดตั้ง Splitter Damper หรือ Opposed Blade Volume Damper ณ จุดแยกท่อ

5. ท่อลมที่เดินทะลุผ่านพื้นหรือกำแพง ต้องมีวงกบ (Duct Sleeve) ทำด้วยเหล็กหรือวัสดุทนไฟ หน้ากว้างเท่ากับความหนาพื้นหรือกำแพง และอุดช่องว่างด้วยวัสดุทนไฟ พร้อมทั้งมีรอบปิดทั้งสองด้าน

6. ท่อลมที่ไม่ได้หุ้มฉนวน และปรากฏแก่สายตา ต้องทาสีกันสนิมตามกรรมวิธีและชนิดที่ผู้ผลิตแนะนำให้ใช้กับผิวชุบสังกะสีแล้วจึงทาสีจริง (Finishing Paint) ทับอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผู้ว่าจ้างจะเป็นผู้กำหนดในภายหลัง

7. ท่อลมที่ต่อกับพัดลมของเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (FCU) และขนาดใหญ่ (AHU) ต้องใช้ข้อต่ออ่อน (Flexible Duct Connection) ทำด้วยวัสดุ Polyester Fabric

8. ข้อต่ออ่อนที่ใช้ภายนอกอาคาร จะต้องเคลือบด้วย Neoprene ให้สามารถกันน้ำได้

9. ความยาวของช่วงข้อต่ออ่อน (Flexible Duct Connection) ประมาณ 15 เซนติเมตร (6 นิ้ว) ในกรณีที่ระบุให้ใช้ท่อลมกลมอ่อน (Round Flexible Duct) ที่ใช้ต่อ จะต้องมีความยาวไม่เกิน 2 เมตร

10. รอยต่อท่อลมตามแนวขวาง (Transverse Joint) ทั้งหมด จะต้องอุดตลอดแนวด้วยฟลีนโค้ดที่ภายนอกและ/หรือภายในท่อลม

11. รอยต่อท่อลมระหว่างท่อลมกลมอ่อนกับท่อลมกลมอ่อน หรือท่อลมกลมอ่อนกับท่อลมกลม จะต้องทำการติดตั้งตามที่แสดงในแบบหรือรายละเอียดประกอบแบบ หรือใช้อุปกรณ์ข้อต่อลมที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้ต่อท่อลมกลมอ่อนโดยเฉพาะ จากผู้ผลิตท่อลมกลมอ่อน และต้องติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิต

12. จะต้องมีท่อลมกลับ (Return Air Duct) ระหว่าง Return Air Grille กับเครื่อง หรือจะทำเป็นกล่อง Plenum ครอบตัวเครื่อง เพื่อให้สามารถกั้นอากาศในฝ้าเพดานส่วนนอกโซนปรับอากาศโซนนั้น ๆ ได้

13. จะต้องมีช่องเปิดบริการ (Access Door) ติดตั้งที่ด้านข้างหรือคานใต้ท่อลม ขนาดประมาณ 30 ซม. x 30 ซม. (12 x 12 นิ้ว) ตำแหน่งตามความเหมาะสม สำหรับเปิดบริการ Fire Damper ทุกชุด Splitter Damper และ Volume Damper

ที่มีขนาดใบโตกว่า 0.1 ตารางเมตรทุกชุด Access Door จะต้องทำเป็น 2 ชั้น ระหว่างชั้นบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดเดียวกับที่ใช้หุ้มท่อลม

14. การ ท่อลม ท่อน้ำยา เครื่องและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเสนอขออนุมัติก่อนการทำฝ้า โดยค่าใช้จ่ายในการทำช่องเปิดนั้น ให้อยู่ในความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

15. สกรู (Screw) สลักเกลียว (Bolt) น็อต (Nut) และหมุดย้า (Rivet) ที่ใช้กับงานท่อลม จะต้องทำด้วยวัสดุปลอดสนิม หรือชุบด้วยสังกะสี หรือแคดเมียม

## 5.2 การแขวนยึดท่อลม

1. การแขวนยึดท่อลม ให้ใช้ขนาดเหล็กแขวน (Hanger Rod) และเหล็กรอง (Support) ตามที่ระบุไว้ในแบบ การแขวนยึดท่อลม ห้ามใช้ลวดในการแขวนยึดท่อโดยเด็ดขาด

2. โครงเหล็กต่าง ๆ ที่ใช้ในการยึดแขวนท่อลม เหล็กเสริมคอนกรีต Insert Expansion Bolt และอื่น ๆ ที่ใช้ ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานติดตั้งระบบท่อลม

3. โครงโลหะที่แขวนยึดท่อลมทั้งหมดในห้องเครื่องส่วนกลาง (Central Machine Room) และส่วนที่ปรากฏแก่สายตา จะต้องนำไปชุบสังกะสี (Hot Dip Galvanizing) และนำมาประกอบตัดเชื่อมที่หน้างานได้ แต่ต้องทาห้ด้วย Zinc Chromate และทาภายนอกที่รอยตัดเชื่อมทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง ส่วนที่ซ่อนอยู่ในฝ้าและไม่ปรากฏแก่สายตา ให้ทาด้วยสีกันสนิม 2 ชั้น

## 5.3 Damper

1. Splitter Damper จะต้องทำขึ้นโดยมีรายละเอียดดังที่ระบุในแบบ ตัวใบทำด้วยแผ่นสังกะสีขนาดความหนาตามเบอร์เกจหนากว่าท่อลมช่วงนั้นอีกสองเบอร์ ความยาวของตัวใบอย่างน้อยเท่ากับความกว้างของท่อลมที่แยกออกมา ก้านเป็นทองเหลืองหรือเหล็กชุบสังกะสี (Push Rod) สำหรับปรับตำแหน่งใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

2. Volume Damper เป็นแบบใบเดี่ยว (Single Blade) หรือหลายใบ (Multiple Blade) โดยใบปรับแต่ละใบของ Multiple Blade จะต้องมีความกว้างไม่เกิน 1,000 มิลลิเมตร (40 นิ้ว) ส่วนใบปรับใบเดี่ยวกว้างได้ถึง 350 มิลลิเมตร (14 นิ้ว) ลักษณะเป็นแบบ Balance Type ตัวใบประกอบขึ้นจากแผ่นสังกะสีหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มม. ขอบใบพับรอย (Hemmed) เป็นแบบ Interlock king edge แกนปรับใบ (Damper Rod) จะต้องมียุติด้านหนึ่งเป็นหัวจตุรัสยึดทะลุตัวถึงสอดผ่าน Bearing Plate ชนิดที่เป็น Lever Type Locking Device แกนใบและมี Nylon Bushing หรือ Bronze Bearing Sleeve รองรับ Damper ชนิดที่มีหลายใบจะต้องจัดใบเป็นแบบ Opposed Blade แบบ Gang operated

#### 5.4 วัสดุท่อลม

1. ท่อลมรูปสี่เหลี่ยม และ ท่อลมกลม (Spiral Duct) ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กเรียบอบสังกะสี ปริมาณสังกะสีที่อบไม่น้อยกว่า 300 กรัมต่อตารางเมตร (0.06 ปอนด์ต่อตารางฟุต) รอยตัดรอยพับที่ทำให้สังกะสีที่อบไว้แตกหลุด จะต้องทาห้ด้วย Zinc Chromate และสีทาภายนอก
2. ความหนาของแผ่นสังกะสีที่ระบุใช้ตามขนาดเบอร์เกจ (Gauge Number) จะหมายถึง BWG ผู้รับจ้างสามารถเลือกใช้แผ่นสังกะสีตามมาตรฐานอื่น ๆ ได้ แต่จะต้องเทียบให้ได้ความหนาไม่ต่ำกว่าเบอร์ BWG เกจที่ระบุให้ใช้
3. ท่อลมแบบกลมชนิด Flexible Duct จะต้องทำด้วยวัสดุอลูมิเนียมยึดโดยวิธีทางกลแบบ Triple Lock Seam ประกอบสำเร็จรูปพร้อมหุ้มฉนวน Fiber Glass with Vapor Barrier หนาอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ความหนาแน่น 24 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) จากโรงงานผู้ผลิต

#### 5.5 หน้ากากลม

1. หน้ากากลมที่ติดตั้งภายในอาคารทุกตัว ต้องมีฟองน้ำหรือยางรองรอบด้านหลังปีก เพื่อป้องกันลมรั่ว การติดตั้งแนบสนิทกับผนังหรือฝ้าเพดาน
2. หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น หน้ากากลมต้องมีสีแบบ Natural Anodized ส่วนหน้ากากที่ติดตั้งภายนอกอาคาร ให้ทำสีขาวหรือสีอื่นที่ผู้ว่าจ้างกำหนดภายหลัง
3. Ceiling Diffuser เป็นแบบจ่ายลมได้ตั้งแต่ 1 ถึง 4 ทิศทางตามที่ระบุในแบบ Extruded Aluminum, Removable cores ติดตั้งแนบฝ้าเพดานแบบ Flush Mount หรือถ้าขอบหน้ากากเป็นแบบยกขอบสูง ให้ติดตั้ง Surface Mount มี Opposed Blade Volume Damper ทุกหัวจ่าย และมีก้านปรับปริมาณลมสามารถปรับแต่งได้โดยไม่ต้องถอดหน้ากาก
4. Supply Air Grille ทำด้วย Extruded Aluminum มีใบปรับทิศทางการจ่ายลมได้ ทั้งแนวตั้งและแนวนอน (Double Deflection) โดยปรับวางซ้อนกันและสามารถปรับทิศทางของแต่ละใบได้โดยอิสระ ใบปรับด้านหน้าติดตั้งในแนวนอน ส่วนด้านหลังติดในแนวตั้ง
5. Supply Air Register ลักษณะเหมือนกับ Supply Air Grille พร้อมทั้งมี Opposed Blade Volume Damper ติดตั้งด้านหลังหน้ากาก สามารถปรับแต่งปริมาณลมได้โดยไม่ต้องถอดหน้ากากออก
6. Return Air Grille ทำด้วย Extrude Aluminum มีใบยึดติดแน่นกับหน้ากากในแนวนอน ทำมุม 45 องศา
7. สำหรับหน้ากากลมกลับของเครื่องส่งลมเย็น (FCU) ที่ซ่อนใต้ฝ้า เป็นแบบมีบานพับและปิดล็อกได้สนิท สามารถวางแผงกรองอากาศไว้ด้านบนได้

8. Return Air Register ทำด้วย Extruded Aluminum มีใบติดในแนวนอน สามารถปรับมุมใบให้เงยขึ้นหรือกดลงได้ พร้อมทั้งมี Opposed Blade Volume Damper ติดตั้งด้านหลังหน้ากาก สามารถปรับแต่งปริมาณลมได้ โดยไม่ต้องถอดหน้ากากออก
9. Transfer Grille มีลักษณะเหมือน Return Air Grille ถ้าติดตั้งบนผนัง ต้องมีหน้ากากติดทั้งสองด้านของผนัง
10. Linear Slot Diffuser ทำด้วย Extrude Aluminum มีช่องจ่ายลมช่องเดียวหรือหลายช่องตามที่ระบุในแบบ ช่องจ่ายลมแต่ละช่อง ขนาดไม่เกิน 20 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)
11. Outside Air Louver ทำด้วย Extruded Aluminum มีใบติดแน่นกับโครงเอียงลงประมาณ 45 องศา ปลายใบทั้งด้านในและด้านนอก หักมุมป้องกันฝนสาด ความหนาของโครงจะต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ด้านในบุด้วยตาข่ายอลูมิเนียม หรือเหล็กปลอดสนิม มีขนาดรูตาข่ายไม่โต กว่า 5 ตารางเซนติเมตร (1 ตารางนิ้ว) สามารถถอดล้างได้ ช่องว่างระหว่างโครงสร้างกับผนังอาคาร อุดด้วยสารกันน้ำทั้งสองด้าน

## 5.6 ฉนวนหุ้มท่อลม (Duct Insulation)

1. ท่อส่งลมเย็น ทั้งหมดจะต้องหุ้มฉนวนใยแก้ว ท่อลมกลับที่เดินอยู่ในช่องลมกลับ (Return Air Chamber) ซึ่งอยู่เหนือฝ้าหรือในห้องเครื่อง ไม่ต้องหุ้มฉนวน แต่ท่อ Exhaust Duct ที่ดูดลมจากห้องปรับอากาศ ต้องหุ้มฉนวนเหมือนท่อส่งลมเย็น
2. ฉนวนใยแก้ว จะต้องใช้ฉนวนใยแก้วแบบมี Aluminum Foil (Sisalation เบอร์ 431 หรือ AHI เบอร์ 524 หรือเทียบเท่า) ปะหลัง ความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 24 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ความหนาไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว ยกเว้นฉนวนใยแก้วที่หุ้มท่อลมกลมอ่อน
3. ก่อนที่จะหุ้มฉนวนเข้ากับท่อลม จะต้องทาพื้นผิวภายนอกท่อลมทั้งหมดด้วยกาว Flexible Duct ด้วยกาว PL-1 ให้ทั่วเสียก่อน ตรงรอยต่อของฉนวน จะต้องคาดทับด้วยเทปอลูมิเนียมชนิดกาวในตัว ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 65 มิลลิเมตร ( 2-1/2 นิ้ว) คาดรัดด้วยสายรัดอลูมิเนียม ขนาดความกว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร รัดรอบฉนวนใยแก้วที่หุ้มท่อลมทุกๆ 1.2 เมตร ป้องกันไม่ให้ฉนวนใต้ท่อลมตกแอ่นลง ผู้รับจ้างจะต้องคาดแถบสายรัดในทันทีหลังการหุ้มฉนวน และจะต้องหาวิธีป้องกันตรงมุมต่อไม่ให้สายรัดบาด Aluminum Foil ของฉนวนจนฉีกขาด ส่วนถลอกฉีกขาดของ Aluminum Foil จะต้องปิดซ่อมด้วย Acrylic Aluminum Tape

## 5.7 การปรับปริมาณอากาศและการทดสอบ

1. เมื่อติดตั้งเมนท่อส่งลมเย็นแล้วเสร็จ ผู้รับจ้างต้องทำการทดสอบการรั่วของท่อลม ตามมาตรฐาน SMACNA โดยใช้แรงดันลมทดสอบที่ 2.0 นิ้วน้ำ ภายใต้การควบคุมโดยผู้ควบคุมงาน ผู้รับจ้างต้องส่งรายงานผล

การทดสอบ ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของเอกสารส่งมอบงาน เมื่อติดตั้งระบบปรับอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้ว ถ้ามีระบบท่อลมและหัวจ่ายลมแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องปรับปริมาณอากาศ ให้เท่ากับปริมาณที่กำหนดไว้ในแบบ โดยที่ยอมให้มีความแตกต่างได้ไม่เกินร้อยละ 10 และอากาศที่ออกมาจากแต่ละหัวจ่าย จะต้องสมดุลกันทุกทิศทาง การปรับปริมาณลมนั้น ให้ปรับที่แผ่นปรับลม หรืออาจจะปรับที่ชุดแผ่นรับปริมาณลมที่หัวจ่ายลมก็ได้ แต่ต้องไม่ให้เกิดเสียงดัง

2. การทดสอบ ให้กระทำโดยตรวจวัดข้อมูลต่าง ๆ ทางวิศวกรรมที่สำคัญๆ เช่น ความดันของสารทำความเย็น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ของมอเตอร์ทุกตัว ปริมาณลมที่หัวจ่ายลมทุกหัว อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิที่ออกจากคอยล์เย็น อุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิก่อนเข้าและออกจาก Condensing Unit การทำงานของ Thermostat และสวิตช์คอนโทรลต่าง ๆ เป็นต้น

โดยผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการทดสอบดังกล่าว โดยมีตัวแทนของผู้ผลิตและผู้ว่าจ้าง มาทำการควบคุมและลงนามกำกับแบบฟอร์มการทดสอบเพื่อเสนอต่อผู้ว่าจ้าง ในการส่งมอบงานระบบปรับอากาศงวดสุดท้าย โดยค่าใช้จ่ายในการทดสอบทั้งหมด ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

3. ให้ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของ Controller ในกรณีระบบไฟฟ้าดับ

## 6. พัฒนาระบายอากาศ (VENTILATION AND EXHAUST FANS)

### 6.1 ข้อกำหนดทั่วไป

พัฒนาระบายอากาศที่ใช้ในระบบปรับอากาศเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศญี่ปุ่น กลุ่มประเทศยุโรป หรือสหรัฐอเมริกา ที่ประกอบจากโรงงานภายใต้ลิขสิทธิ์ (License) ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งจะต้องมีเอกสารมาแสดง และจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันทั้งงาน ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่เสนอ จะต้องมีความสมบูรณ์ของเจ้าของผลิตภัณฑ์ อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือ เพื่อประโยชน์ของหน่วยงานในการบริการหลังการขาย

### 6.2 มาตรฐานพัฒนาระบายอากาศ

พัฒนาระบายอากาศที่เสนอ ต้องประกอบสำเร็จรูปเป็นชุดจากโรงงานที่ได้มาตรฐานอย่างน้อย ISO 9001 และ ISO 14001 ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 934-2533 และภายใต้มาตรฐาน RoHS (จำกัดสารต้องห้ามในการผลิต)

### 6.3 รายละเอียดและจำนวนพัฒนาระบายอากาศและเติมอากาศ

#### 6.3.1 พัฒนเติมอากาศชนิด Fan Filter Unit Duct Type

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า 580 CFM จำนวน 4 เครื่อง With Pre + Hepa Filter

ขนาดไม่น้อยกว่า	1,000 CFM	จำนวน	2 เครื่อง	With Pre + Medium + Hepa Filter
ขนาดไม่น้อยกว่า	1,600 CFM	จำนวน	2 เครื่อง	With Pre + Medium + Hepa Filter
ขนาดไม่น้อยกว่า	2,000 CFM	จำนวน	4 เครื่อง	With Pre + Medium + Hepa Filter
ขนาดไม่น้อยกว่า	2,500 CFM	จำนวน	2 เครื่อง	With Pre + Medium + Hepa Filter
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>14</b>	<b>เครื่อง</b>		

### 6.3.2 พัฒนเพิ่มเติมอากาศชนิด Fan Filter Unit Wall Type

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า	100 CFM	จำนวน	9 เครื่อง	With Coarse + Hepa Filter
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>9</b>	<b>เครื่อง</b>		

### 6.3.3 พัฒนระบายอากาศชนิด Centrifugal Fan

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า	150 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	250 CFM	จำนวน	3 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	300 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	700 CFM	จำนวน	6 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	800 CFM	จำนวน	2 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	850 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	900 CFM	จำนวน	3 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	1,200 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	1,400 CFM	จำนวน	3 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	1,500 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	1,600 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	2,300 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	12,000 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>25</b>	<b>เครื่อง</b>	

### 6.3.4 พัฒนระบายอากาศชนิด Axial Fan

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า	12,000 CFM	จำนวน	2 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	20,000 CFM	จำนวน	3 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	21,000 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
รวมทั้งหมด			6 เครื่อง

### 6.3.5 พัฒนาระบายอากาศชนิด Propeller Fan Industrial Type

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า	1,100 CFM	จำนวน	4 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	1,500 CFM	จำนวน	1 เครื่อง
รวมทั้งหมด			5 เครื่อง

### 6.3.6 พัฒนาระบายอากาศชนิดผนัง (Wall Type)

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า	200 CFM	จำนวน	7 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	500 CFM	จำนวน	2 เครื่อง
รวมทั้งหมด			9 เครื่อง

### 6.3.7 พัฒนาระบายอากาศชนิดฝ้า (Ceiling Mounted Type)

- ประกอบด้วย

ขนาดไม่น้อยกว่า	80 CFM	จำนวน	12 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	190 CFM	จำนวน	2 เครื่อง
ขนาดไม่น้อยกว่า	250 CFM	จำนวน	2 เครื่อง
รวมทั้งหมด			16 เครื่อง

## 6.4 รายละเอียดประเภทของพัฒนาระบายอากาศ

พัฒนาระบายอากาศในที่นี้ หมายถึง พัฒนาระบายอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air Fan) เป็นการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่ภายในอาคาร และ พัฒนาระบายอากาศเสีย (Exhaust Fan) เป็นการนำอากาศเสียออกจากภายในอาคาร เช่น ห้องน้ำพัฒนาระบายอากาศบริเวณ BASEMENT ห้องไฟฟ้า PRESSURIZED FAN และพัฒนาระบายอากาศ

ตามห้องต่าง ๆ ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาและติดตั้งพัดลมระบายอากาศทั้งหมด ตามจำนวนและขนาดที่กำหนดไว้ในแบบแปลน รายละเอียดและข้อมูลของพัดลมประเภทต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

#### 6.4.1 พัดลมแบบ CENTRIFUGAL

1. พัดลมเป็นแบบขับตรงหรือผ่านชุดสายพานตามข้อกำหนดในรายการอุปกรณ์
2. ตัวถัง (Housing) ทำด้วยแผ่นเหล็กผ่านกรรมวิธีพ่นสีป้องกันสนิมอย่างน้อย 2 ชั้น Undercoat Zinc Rich Primer และ Topcoat Polyester Coating หรือทำด้วยแผ่นเหล็กอบสังกะสี (Hot-Dipped Galvanized) ยกเว้นข้อกำหนดในรายการอุปกรณ์ ต้องการวัสดุอื่นๆ เช่น Stainless Steel หรือ Aluminum ความหนาของตัวถังให้เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต แต่ต้องไม่ทำให้เกิดความสั่นสะเทือนและเกิดการกระพือ Fan Scroll และ Side Plate ยึดต่อกันแบบ Lock Seam หรือ Weld Seam อย่างต่อเนื่องตลอดแนวตะเข็บ
3. เพลลาพัดลมทำด้วย Carbon มีค่า Tolerance เป็นไปตามมาตรฐาน มีการเคลือบสารป้องกันสนิม (Anti-Rusting) ที่ผิวจากโรงงานผู้ผลิต ตลับลูกปืน (Bearing) เป็นชนิด Ball Bearing หรือ Roller Bearing Self Alignment แบบ Adaptor Sleeve Locked ไม่นูนมิติให้ใช้แบบ Eccentric Locking Collar ตลับลูกปืนเป็นแบบ Lubricated Sealed สามารถใช้งานได้ตลอดโดยไม่ต้องอัตรจารบี (Maintenance Free)
4. มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนพัดลมเป็นแบบ TEFC (Totally Enclosed Fan Cooled) , Squirrel Cage, Induction Motor ขนาดของมอเตอร์ (Nameplate kW Rating) ของพัดลมที่มีใบพัดแบบ Backward Curve หรือ Airfoil จะต้องมากกว่ากำลังที่ต้องการขับพัดลมสูงสุด (Maximum Brake Horsepower) ที่จะเลือกใช้งานตามที่ระบุไว้ไม่น้อยกว่า 15% และสำหรับพัดลมที่มีใบพัดแบบ Forward Curve ขนาดของมอเตอร์จะต้องมากกว่ากำลังที่ต้องการขับพัดลมสูงสุด ที่จุดเลือกใช้งานตามที่ระบุไว้ไม่น้อยกว่า 30% การคำนวณการสูญเสียของชุดสายพาน (Belt Drive Loss) ให้เป็นไปตามมาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต Starting Torque ของมอเตอร์ ต้องเพียงพอสำหรับการ Start พัดลมและสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง
5. ถ้าพัดลมเป็นแบบขับผ่านชุดสายพาน จะถูกขับโดย Pulley ชนิดร่องตัววี แบบ Taper-Bushes Locked SPZ, SPA, SPB หรือ SPC ขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ที่ติดตั้ง ไม่นูนมิติให้ใช้ Pulley แบบ Conventional มอเตอร์และฝาครอบสายพานจะต้องติดตั้งอยู่บนโครงยึดขึ้นเดียวกับฐานพัดลม Pulley ของพัดลม
6. พัดลมแบบ Forward Curved ทุกเครื่อง ประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมต้องไม่ต่ำกว่า 50% แบบ Backward Curved หรือ Airfoil ประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมต้องไม่ต่ำกว่า 60%
7. ตัวถังพัดลมต้องมีรูระบายน้ำที่อาจขังอยู่ภายในและมีปลั๊กอุดไว้
8. ที่ตัวถังพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 300 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) ขึ้นไป ต้องมี Access Door ไว้สำหรับเปิดออกตรวจสอบ และทำความสะอาดภายในพัดลมได้โดยไม่ต้องถอดท่อลม

9. พัดลมแบบ Forward, Backward Curved หรือ Airfoil, SISW หรือ DIDW จะต้องได้ AMCA , Seal Air and Sound Certified Ratings สมรรถนะที่ส่งอนุมัติต้องได้รับการรับรองจากโรงงานผู้ผลิต
10. สมรรถนะที่ส่งอนุมัติต้องแสดงข้อมูลเกี่ยวกับ Altitude , Temperature, Fan Operating Speed, Bearing Life และ Fan Total Efficiency
11. ใบพัดต้องได้รับการปรับสมดุลทั้งทาง Static และ Dynamic ตามมาตรฐานตามมาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต
12. กรณีที่ TOTAL STATIC PRESSURE ตั้งแต่ 3.0 INCHES W.G. ขึ้นไปต้องใช้พัดลมเป็นแบบ Airfoil Backward Curve Blades.

#### 6.4.2 พัดลมแบบ AXIAL FLOW FAN

1. พัดลมเป็นแบบขับตรงหรือ ผ่านชุดสายพาน ตามข้อกำหนดในรายการอุปกรณ์
2. ตัวถัง (Casing) ทำด้วยแผ่นเหล็กผ่านกรรมวิธีพ่นสีป้องกันสนิม 2 ชั้น Undercoat Zinc Rich Primer และ Topcoat Polyester Coating หรือทำด้วยแผ่นเหล็กอาบสังกะสี (Hot-Dipped Galvanized) เพื่อให้ระยะห่าง (Clearance) ระหว่างใบพัดและตัวถังมีค่าน้อยที่สุดและเท่ากันทุกจุด ตัวถังควรทำจากแผ่นเหล็กขึ้นเดียว และทำให้เกิดหน้าแปลน (Flange) โดย ผ่านกรรมวิธี Bending ขอบขึ้น 90° ไม่อนุญาติให้ใช้ตัวถังที่มีการเชื่อมหน้าแปลน
3. ถ้าพัดลมเป็นแบบขับตรง มอเตอร์จะต้องติดตั้งอยู่บนฐานที่สามารถปรับ Shaft Center ของมอเตอร์ได้ เพื่อให้ระยะห่าง (Clearance) ระหว่างใบพัดและตัวถังมีค่าน้อยที่สุดและเท่ากันทุกจุด และฐานมอเตอร์ต้องสามารถปรับความสูงเพื่อรองรับขนาดของมอเตอร์ที่ใหญ่ขึ้นและเล็กลงได้ กรณีมีการปรับเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ที่หน้างาน โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงแก้ไขตัวถังหรือท่อลม
4. ถ้าพัดลมเป็นแบบขับผ่านชุดสายพาน จะถูกขับโดย Pulley ชนิดร่องตัววี แบบ Taper-Bushes Locked เท่านั้น ไม่อนุญาติให้ใช้ Pulley แบบ Conventional มอเตอร์จะต้องติดตั้งอยู่บนฐานที่สามารถปรับตั้งความตึงสายพานได้ มีฝาครอบสายพาน (Belt Guard) สำหรับป้องกันอันตราย
5. ผู้ผลิตพัดลมต้องจัดเตรียม Mounting Hanger สำหรับการติดตั้งแบบแขวนหรือสำหรับการติดตั้งแบบตั้งพื้น
6. Hubs ทำด้วยเหล็ก หรือ Cast Aluminum Alloy ใบพัดเป็นแบบ Airfoil Adjustable Pitch ชุดใบพัดจะต้องสามารถปรับ
7. มุมของใบพัดได้ทุกใบ ทำด้วยเหล็กหรือ Cast Aluminum
8. มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนพัดลมเป็นแบบ TEFC (Totally Enclosed Fan Cooled) , Squirrel Cage, Induction Motor มีการต่อสายไฟจาก Terminal Box ของมอเตอร์ออกมายัง Terminal Box ที่ด้านนอกของตัวถัง เพื่อให้สะดวกในการต่อไฟเมื่อมีการต่อท่อลมทั้ง 2 ด้าน

9. ใบพัดต้องได้รับการปรับสมดุลทั้งทาง Static และ Dynamic ตามมาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต

#### 6.4.3 พัฒนแบบ PROPELLER

1. พัดลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 315 มิลลิเมตร ขึ้นไป จะต้องได้ AMCA 'Seal' Air and Sound Certified Ratings สมรรถนะที่ส่งอนุมัติต้องได้รับการรับรองจาก AMCA โดยทดสอบตามมาตรฐาน AMCA 210-85 'Laboratory Methods of Testing Fans for Rating' และ AMCA 300 'Reverberant Room Method for Sound Testing of fans'
2. พัดลมต้องเป็นชนิดที่ออกแบบมาสำหรับติดตั้งที่ผนังโดยเฉพาะ ใบพัดลมและโครงทาด้วยเหล็ก อะลูมิเนียมหรือพลาสติก ประกอบและผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมมาจากโรงงานผู้ผลิต พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 315-630 มิลลิเมตร เป็นแบบ Sickle blades เพื่อให้ระดับเสียงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โครงจะต้องประกอบด้วย Bell Mouth ที่มีการออกแบบตามหลัก Aerodynamically ความเร็วรอบของพัดลมไม่เกิน 1,500 รอบต่อนาที
3. พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 315-630 มิลลิเมตร มอเตอร์เป็นแบบ External Rotor, Insulation Class F, IP 54
4. พัดลมเป็นชนิดขั้วตรง มอเตอร์เป็นแบบ Single Phase หรือ 3 Phase ภายในมอเตอร์จะต้องประกอบด้วย Thermal Protection เป็นอุปกรณ์มาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต ไม่นอนุมัติให้ใช้มอเตอร์แบบ Shaded Pole หรือ Centrifugal Switch
5. ใบพัดต้องได้รับการปรับสมดุลทั้งทาง Static และ Dynamic ตามมาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต
6. ตลับลูกปืน (Bearing) เป็นแบบ Lubricated Sealed สามารถใช้งานได้ตลอดโดยไม่ต้องอัดจากรปี (Maintenance Free) ผู้ผลิตพัดลมต้องจัดเตรียม Wire guards ป้องกันอันตราย, Gravity Shutter และ Rain Hood ตามข้อกำหนดในรายการอุปกรณ์ Gravity Shutter ต้องเป็นอุปกรณ์มาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต ใบเปิดเป็นแบบหลายใบเรียงซ้อนกัน (Multi Blade) มี Vertical Bar ประกอบยึดติดกับใบแต่ละใบ เพื่อให้ทุกใบเปิดเท่ากัน ขณะพัดลมหยุดหมุนปลายใบในส่วนที่ปิดซ้อนกันต้องแนบสนิท สามารถป้องกันลมและฝนภายนอกไม่ให้ผ่านเข้ามาในอาคารได้

#### 6.4.4 พัฒนแบบ CEILING FAN

1. พัดลมเป็นแบบขั้วตรง ใบพัดลมเป็นแบบ Forward
2. พัดลมต้องเป็นชนิดที่ออกแบบมาสำหรับติดตั้งที่ฝ้าเพดานโดยเฉพาะ และสามารถถอดออกซ่อมได้โดยไม่ต้องเปิดช่องบริการ

3. ตัวถัง (Body) ทำด้วย Impact ABS Plastic หรือ Galvanized Steel พร้อมทั้งมี Outlet Gravity Damper
4. มีสมรรถนะใกล้เคียงที่สุดกับที่กำหนดไว้ในแบบทั้งปริมาณลมและ STATIC PRESSURE รวมทั้งต้องมีระดับเสียงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เหมาะสมกับบริเวณที่ใช้งานด้วย
5. มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนพัดลมเป็นแบบ Single Phase 220-240 V / 50 Hz

#### 6.4.5 พัดลมแบบ CABINET FAN (FAN FILTER UNIT)

พัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์ ชนิด FAN FILTER UNIT TYPE เป็นพัดลมตู้เติมอากาศแบบ มีตัวกรอง 2 หรือ 3 ชั้นตามที่ระบุในข้อ 3 สามารถนำไปใช้กรองอากาศ เพื่อลดปริมาณฝุ่น PM2.5 ให้ได้ตามค่ามาตรฐานไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถนำไปใช้ในอาคารเรียน , โรงพยาบาล และอาคารสำนักงานทั่วไปเพื่อสร้างแรงดันบวกเล็กน้อย หรือ ใช้กรองอากาศเพื่อลดปริมาณเชื้อโรค ก่อนที่จะระบายออกสู่ภายนอกอาคาร เช่น ห้องปฏิบัติการ และ ห้องความดันลบ รายละเอียดและข้อมูลของพัดลม มีดังต่อไปนี้

1. พัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์ ชนิด Fan Filter Unit Duct Type CASING ทำด้วยแผ่นเหล็กหรือเหล็กอาบสังกะสี ภายในประกอบด้วย Pre filter มาตรฐาน ASHRAE 52.2 (MERV 8) / Medium Filter มาตรฐาน ASHRAE 52.2 (MERV 14) / HEPA filter มาตรฐาน EN1822 (H14), ประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 micron ขึ้นไป 99.99% และ และพัดลมระบายอากาศเป็นชนิด Centrifugal fan , Plug Fan หรือ EC. Fan ใช้กับระบบไฟ 220 V. /1 PHASE 50 Hz หรือ 380 V. /3 PHASE 50 Hz
2. พัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์ ชนิด Fan Filter Unit Wall Mount Type เป็นพัดลมเติมอากาศ ชนิดยึดติดกับผนัง มีตัวกรอง อย่างน้อย 2 ชั้น ภายในประกอบด้วย Coarse filter และ HEPA filter Class H13 ประสิทธิภาพในการกรอง 99.95% ใช้กับระบบไฟ 220 V. /1 PHASE 50 Hz

### 7. แผ่นกรองอากาศ (AIR FILTER)

#### 7.1 ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งแผงกรองอากาศ ตามรายละเอียดที่ปรากฏในแบบรายการและตามข้อกำหนดที่จะกล่าวต่อไปนี้แผงกรองอากาศต้องอยู่ในสภาพดีในขณะที่ทำการติดตั้ง ทดสอบและส่งมอบ แผงกรองอากาศที่ใช้ทดสอบจะต้องเป็นคนละชุดกับที่ใช้ส่งมอบ ผู้รับจ้างต้องจัดหาแผงกรองอากาศสำหรับทดสอบใน

จำนวนที่เพียงพอ สำหรับชุดที่ส่งมอบ หากตรวจพบภายหลังว่าแผงกรองอากาศอันใดอันหนึ่งรั่วหรือฉีกขาด ผู้รับ  
จ้างต้องเปลี่ยนอันใหม่ที่มีสภาพดีกว่าให้ทันที

## 7.2 ประเภทของแผงกรองอากาศ

ประเภทแผงกรองอากาศที่ใช้ให้เป็นไปตามที่มาตรฐานผู้ผลิตพัฒนาเติมอากาศ หรือระบุในแบบโดยแผง  
กรองอากาศแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ตามการใช้งานดังนี้

1. PRE – FILTER
    - ทำจาก FIBER GLASS มีความหนาไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร โดยมีค่า EFFICIENCY ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2 (MERV 8), EN779(G4) หรือ Coarse filter ตะแกรง Stainless ละเอียดสามารถถอดล้างได้
  2. MEDIUM – FILTER
    - ทำจาก FIBER GLASS มีหนาไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร โดยมีค่า EFFICIENCY ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2 (MERV 14), EN779 (F8)
  3. HEPA – FILTER
    - ทำจาก FIBER GLASS มีหนาไม่น้อยกว่า 290 มิลลิเมตร โดยมีค่า EFFICIENCY ตามมาตรฐาน EN1822 (H14)
    - สำหรับรุ่นติดผนัง ให้ใช้ HEPA Filter ตามมาตรฐานของผู้ผลิต
  4. CEILING FILTER MODULE (สำหรับใช้กับห้องผ่าตัดหรือห้องตามทีระบุในแบบ)
    - HEPA FILTER ทำจาก FIBER GLASS หนาไม่น้อยกว่า 110 มิลลิเมตร โดยมีค่า EFFICIENCY ตามมาตรฐาน EN1822 (H14)
- ผลิตภัณฑ์ที่แนะนำ AAF , CAMFIL , AIR GUARD