

**การออกแบบเครื่องเติมอากาศภายนอกชนิดอิสระ
ที่เหมาะสมสำหรับกรุงเทพมหานคร**
Optimum Design of a Dedicated Make-up Air Unit for Bangkok

เชาวนพันธ์ เหล็กขำ, ตุลย์ มณีวัฒนา *

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

*ผู้ติดต่อ: โทรศัพท์: 0-2218-6640 โทรสาร 0-2218-6640 E-mail: tul.m@chula.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องเติมอากาศภายนอกชนิดอิสระ (DOAS) เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เติมอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารขนาดใหญ่เพื่อให้เกิดการระบายอากาศตามมาตรฐาน และยังมีหน้าที่อื่นๆ อีกด้วยอาทิเช่น การอัดความดันในอาคาร และการจัดการกับความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการนำเอา DOAS เหล่านี้มาใช้ในอาคารประเภทต่างๆ ภายในกรุงเทพมหานครมากขึ้น แต่จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า การออกแบบ DOAS ที่เหมาะสม มีใช้เรื่องที่จะกระทำได้โดยง่าย เนื่องจาก DOAS เหล่านี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากและมีองค์ประกอบภายในที่หลากหลาย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการออกแบบ DOAS ที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในอาคาร 4 ประเภทที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร อันได้แก่ อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล และโรงแรม การออกแบบจะกระทำโดยการสร้างแบบจำลองของ DOAS จำนวน 9 รูปแบบแล้วใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน (EnergyPlus) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปีของ DOAS แต่ละรูปแบบ องค์ประกอบภายในของอุปกรณ์ที่ใช้ ครอบคลุมทั้ง คอยล์เย็น, ฮีตปั๊ม, รั่นอะราวต์คอยล์, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสแบบหมุน, วงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟ และวงล้อดูดความชื้นแบบแอคทีฟ

ผลจากการจำลองระบบสามารถสรุปได้ว่า DOAS ที่เหมาะสมกับการใช้งานในอาคาร 3 ประเภทคือ อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า และโรงแรม ควรจะมีองค์ประกอบภายในที่ประกอบไปด้วยวงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟ, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสแบบหมุนและคอยล์เย็น ซึ่งสามารถลดพลังงานที่ใช้ทั้งหมดเมื่อเทียบกับเครื่องเติมอากาศทั่วไปที่มีเพียงคอยล์เย็น ได้ประมาณ 25-30% ส่วนอาคารประเภทโรงพยาบาลไม่สามารถใช้วงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟกับอากาศที่ระบายได้ เพราะอากาศที่ระบายออกจากอาคารไม่สะอาด ดังนั้น เครื่องเติมอากาศจึงมีองค์ประกอบภายในเหลืออยู่เพียง ฮีตปั๊ม/รั่นอะราวต์คอยล์ และคอยล์เย็น ซึ่งสามารถลดพลังงานที่ใช้ทั้งหมดได้ประมาณ 10%

คำหลัก: เครื่องเติมอากาศภายนอกชนิดอิสระ, การระบายอากาศ, การจำลองการใช้พลังงาน

Abstract

A dedicated make-up air unit (DOAS) is a device that supplies outdoor air from outside into large building to meet the requirements of ventilation standards. It is also used to pressurize the building and remove building latent load. So far, there are many buildings in Bangkok that using them and many more will be using them in the near future. Preliminary study has shown that the design and selection for the appropriate DOAS for Bangkok is not quite straightforward. This is because these DOAS have many possible internal configurations and their energy consumption is large.

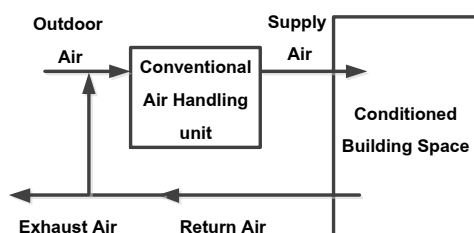
The objective of this research is to design the DOAS that suitable for use in four typical types of building in Bangkok, i.e., office buildings, department stores, hotels, and hospitals. The design will be done by constructing 9 DOAS models for each building type and run them through the energy simulation program (EnergyPlus) to obtain the yearly energy consumption for comparisons. The suitable internal configurations for each DOAS model are considered from all the possible devices, i.e., cooling coil, heat pipe, run around coil, sensible wheel, passive desiccant wheel, and active desiccant wheel.

The simulation results show that the suitable configurations of DOAS for office buildings, department stores and hotels consist of a passive desiccant wheel, a sensible wheel, and a cooling coil. The results show the reduction of around 25-30% energy consumption from the traditional cooling coil-only DOAS. For the hospital building, the passive desiccant wheel and the sensible wheel could not be used due to the possible contamination of the exhaust air. Therefore, the only possible configuration for this case is the combination of a cooling coil and a heat pipe or a run around coil. The reduction in energy consumption is only around 10%.

Keywords: Dedicated make-up air unit, ventilation, energy simulation

1. บทนำ

ระบบปรับอากาศของอาคารขนาดใหญ่นั้น ต้องการอากาศบริสุทธิ์เข้ามาระบายอากาศ เพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในไว้ในระดับที่ยอมรับได้ โดยในระบบปรับอากาศของอาคารทั่วไปจะรวมอากาศบริสุทธิ์ที่เติมเข้าสู่อาคารไปผสมอากาศที่หมุนเวียนอยู่ภายในก่อนที่จะผ่านเข้าไปที่เครื่องเป่าลมเย็น เพื่อจ่ายอากาศไปตามพื้นที่ที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 1

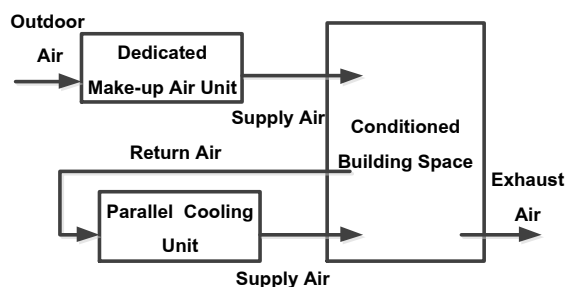


รูปที่ 1 การนำอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่อาคาร
ในระบบปรับอากาศทั่วไป

ระบบปรับอากาศที่ใช้กันมากในปัจจุบันจะมีการจ่ายลมจากเครื่องเป่าลมเย็นอยู่ 2 วิธีคือ จ่ายลมที่สามารถปรับปริมาตรอากาศได้หรือ VAV (Variable Air Volume) และจ่ายลมด้วยอัตราคงที่หรือ CAV (Constant Air Volume) โดยทั้ง 2 วิธีนี้มีประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ไม่ดี ในระบบ VAV นั้นภาระความร้อนและความต้องการการระบายอากาศไม่ได้แปรเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ระบบนี้ต้องการอัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าปกติเพื่อให้คุณภาพของอากาศในอาคารเป็นไปตามมาตรฐาน ส่วนในระบบ CAV นั้นจะพบความยากในการรักษาระดับความชื้นภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อภาระความร้อนสัมผัสลดลงแต่ภาระความร้อนแฝงยังคงสูงอยู่ ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวระบบจะมีปริมาตรลมจ่ายคงที่แต่จะปรับอุณหภูมิลมจ่ายที่สูงขึ้นกว่าปกติ ซึ่งจะ

ทำให้ความสามารถการลดความชื้นของอากาศลดลง ส่งผลให้อาคารมีความชื้นสูงกว่าที่ได้ออกแบบไว้ [1,2]

ระบบปรับอากาศที่มีเครื่องเติมอากาศอิสระ (DOAS) เป็นระบบที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ โดยระบบจะแยกอุปกรณ์สำหรับปรับอากาศออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือเครื่องเติมอากาศทำหน้าที่เติมอากาศภายนอกเข้าสู่แต่ละพื้นที่ในอาคารรวมถึงจัดการกับภาระความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของอากาศภายนอกและความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ด้วย ส่วนที่สองจะทำหน้าที่จัดการกับความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในแต่ละพื้นที่ ดังที่แสดงในรูปที่ 2 ระบบนี้สามารถควบคุมความชื้นได้ง่ายขึ้น และมั่นใจได้ว่าปริมาณอากาศภายนอกจะถูกนำเข้าสู่ระบบเป็นไปตามมาตรฐาน [3-4]



รูปที่ 2 ระบบปรับอากาศที่มีเครื่องเติมอากาศภายนอกอิสระ (DOAS)

เนื่องจากกรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น ทำให้มีภาระความร้อนจากการระบายอากาศสูงตลอดทั้งปี ส่งผลให้เครื่องเติมอากาศต้องใช้พลังงานสูงมาก และปัจจุบันเครื่องเติมอากาศนี้ยังไม่มี การศึกษารูปแบบขององค์ประกอบภายในที่เหมาะสม สำหรับการใช้งานในอาคารประเภทต่างๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งออกแบบเครื่องเติมอากาศที่ประหยัดพลังงานและมีเหมาะสมกับการใช้งานใน กรุงเทพมหานคร

2. การออกแบบเครื่องเติมอากาศ

การออกแบบขนาดของเครื่องเติมอากาศนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ การคำนวณหา

ขนาดของเครื่องเติมอากาศ และการเลือกองค์ประกอบภายในของเครื่องเติมอากาศ

2.1 การคำนวณขนาดของเครื่องเติมอากาศ

ขนาดของเครื่องเติมอากาศนั้นจะถูกกำหนดด้วย 2 ตัวแปร คือ ปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้าสู่อาคารหรืออัตราการระบายอากาศและอัตราส่วนความชื้นของลมจ่าย อัตราการระบายอากาศนั้น จะคำนวณตามวิธีการในมาตรฐานการระบายอากาศ ASHRAE Standard 62.1-2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality ดังสมการ (1) [5]

$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z \quad (1)$$

เมื่อ V_{bz} คือ อัตราการระบายอากาศ (L/s),

A_z คือ พื้นที่ที่ทำการระบายอากาศ (m^2),

P_z คือ จำนวนคนมากที่สุดในพื้นที่ (Person),

R_p คือ อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อจำนวนคน (L/s.person)

R_a คือ อัตราการไหลของอากาศภายนอกต่อหน่วยพื้นที่ (L/s. m^2)

อัตราส่วนความชื้นของลมจ่ายจากของเครื่องเติมอากาศนั้น พิจารณาจากระบบว่าต้องการให้เครื่องเป่าลมเย็นในพื้นที่ก่การจัดภาระความร้อนแฝงในพื้นที่หรือไม่ ถ้าต้องการกำจัดความร้อนแฝงที่เครื่องเติมอากาศเพียงอย่างเดียว จะสามารถคำนวณหาสำหรับอัตราส่วนความชื้นของอากาศได้จากสมการ (2) [6]

$$W_{sa} = W_{sp} - \frac{Q_L}{3,010 \times V_{bz}} \quad (2)$$

เมื่อ W_{sa} คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ออกจากเครื่องเติมอากาศ (kg/kg)

W_{sp} คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ในพื้นที่ (kg/kg)

Q_L คือ ความร้อนแฝงในพื้นที่ (W)

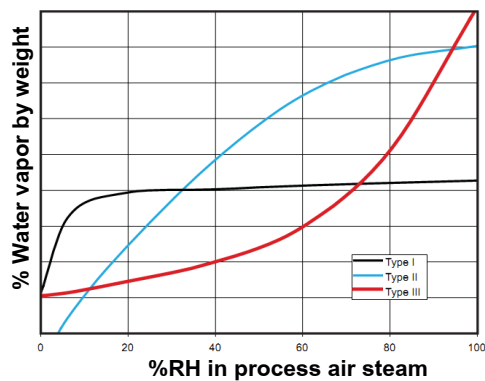
V_{bz} คือ อัตราการระบายอากาศ (L/s)

2.2 องค์ประกอบของเครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศที่ทำการออกแบบในงานวิจัยนี้ มีองค์ประกอบที่เลือกใช้จากอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. คอยล์เย็น (Cooling coil) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานในการทำความเย็นและลดความชื้น คอยล์เย็นทั่วไปมีสัดส่วนความร้อนสัมผัส (Sensible heat ratio: SHR) อยู่ที่ประมาณ (0.6-0.9)

2. รั้นอะรารด์คอยล์ (Coil around coil), ฮีตไปป์ (Heat pipe) และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสแบบหมุน (Sensible Wheel) ทั้ง 3 เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนเฉพาะความร้อนสัมผัสระหว่างกระแสอากาศ 2 กระแสโดยไม่ต้องใช้พลังงานภายนอกหรือใช้น้อย [7]



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพในการดูดความชื้นของ
วงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟ [8]

3. วงล้อดูดความชื้น (Desiccant Wheel) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยสารดูดความชื้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ วงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟ (Passive desiccant wheel) และวงล้อดูดความชื้นแบบแอคทีฟ (Active desiccant wheel) วงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟจะใช้อากาศที่ระบายออกจากอาคารที่มีความชื้นต่ำมาดูดความชื้นออกจากอากาศภายนอก ส่วนวงล้อดูดความชื้นแบบแอคทีฟนั้นจะต้องใช้แหล่งความร้อนภายนอกมาให้ความร้อนกับกระแสอากาศเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับความชื้นก่อนเข้าสู่วงล้อดูดความชื้น อุปกรณ์นี้ถูกใช้อย่างมากในระบบที่ต้องการความชื้นต่ำ เช่น ห้องสะอาดหรือห้องผ่าตัด เป็นต้น [9]

3. รูปแบบของเครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศที่ได้ออกแบบนั้น เกิดจากการจัดเรียงอุปกรณ์ที่ได้นำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ตามกระบวนการปรับอากาศเพื่อให้ได้ของสภาวะลมจ่ายตามที่ต้องการ สามารถออกแบบได้ 9 รูปแบบดังนี้ ตารางที่ 1 สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์ในการออกแบบ

CC	Cooling coil
HxCoil	Cooling coil with heat exchanger
EW	Enthalpy wheel
SW	Sensible Wheel
PDHC	Passive dehumidification component
ADesW	Active desiccant wheel

รูปแบบที่ 1 (CC) ใช้คอยล์เย็นอย่างเดียว เป็นรูปแบบมาตรฐาน อากาศภายนอกจะถูกทำให้เย็นและแห้ง เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้จะมีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 4

รูปแบบที่ 2 (HxCoil) ใช้รั้นอะรารด์คอยล์หรือฮีตไปป์รวมเข้าไปกับคอยล์เย็น อากาศภายนอกจะถูกทำให้เย็นลงด้วยรั้นอะรารด์คอยล์หรือฮีตไปป์ก่อนที่จะเข้าคอยล์เย็น จากนั้นจะให้ความร้อนซ้ำกับอากาศหลังจากออกจากคอยล์เย็น เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 5

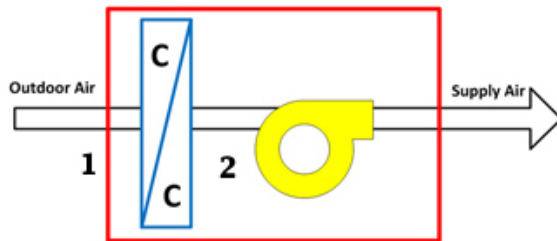
รูปแบบที่ 3 (EW+CC) การใช้วงล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟชนิดที่ 1 ที่มีประสิทธิภาพตามรูปที่ 3 หรือเรียกอีกอย่างว่าวงล้อเอนทัลปี (EW) ร่วมกับคอยล์เย็น โดยวงล้อเอนทัลปีจะนำความเย็นที่ระบายทิ้งออกจากอาคารมาลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอกก่อนที่จะเข้าคอยล์เย็น เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 6

รูปแบบที่ 4 (EW+HxCoil) เป็นการรวมเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 3 เข้าด้วยกัน เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 7

ตารางที่ 2 สัญลักษณ์แทนสถานะของอากาศในแผนภาพไซโครเมตรี

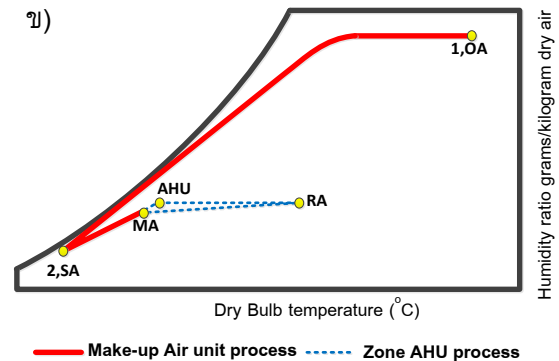
สัญลักษณ์	OA	SA	AHU	MA	RA	EA
คำอธิบาย	Outdoor air	Supply air from make-up air unit	Supply air from AHU	Mixed Air	Return air	Exhaust air

ก)



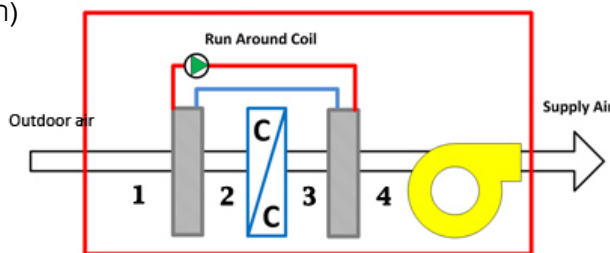
	1,OA	2,SA	MA	AHU	RA
DBT, °C	35.7	10	15.4	16	25
W, g/kg	18.5	7.6	9.6	9.9	9.9

ข)



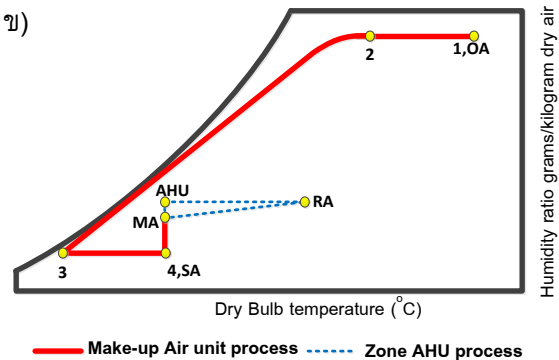
รูปที่ 4 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 1 (CC) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตรี

ก)



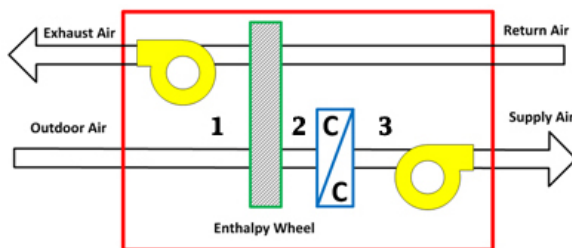
	1,OA	2	3	4,SA	MA	AHU	RA
DBT, °C	35.7	29.7	10	16	16.4	16.5	25
W, g/kg	18.5	18.5	7.6	7.6	9.6	9.9	9.9

ข)



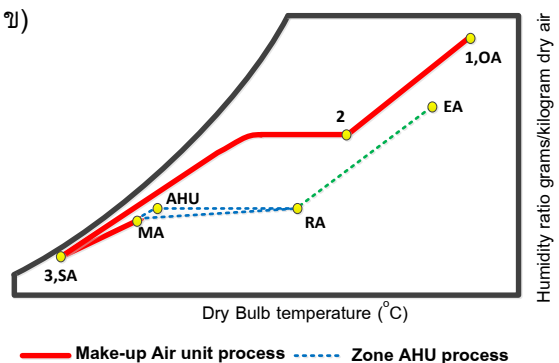
รูปที่ 5 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 2 (HxCoil) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตรี

ก)

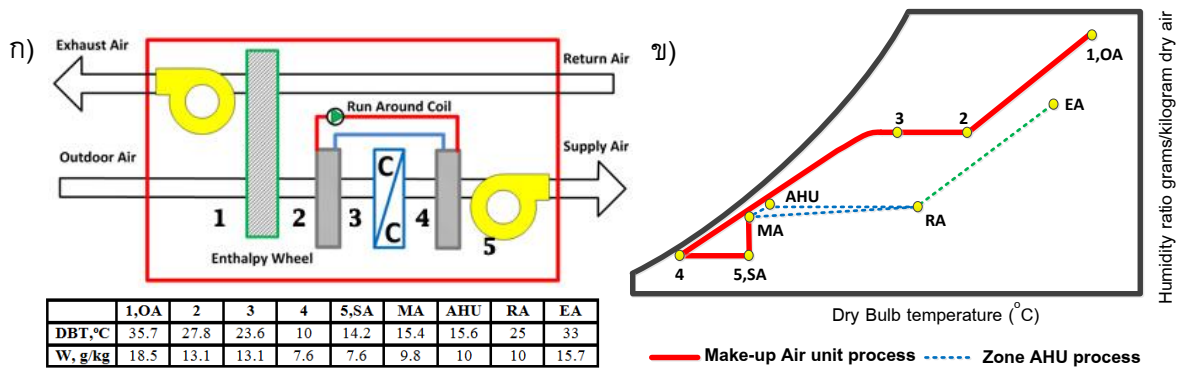


	1,OA	2	3,SA	MA	AHU	RA	EA
DBT, °C	35.7	27.8	10	15.4	16.5	25	33
W, g/kg	18.5	13.1	7.6	9.8	9.9	9.9	15.7

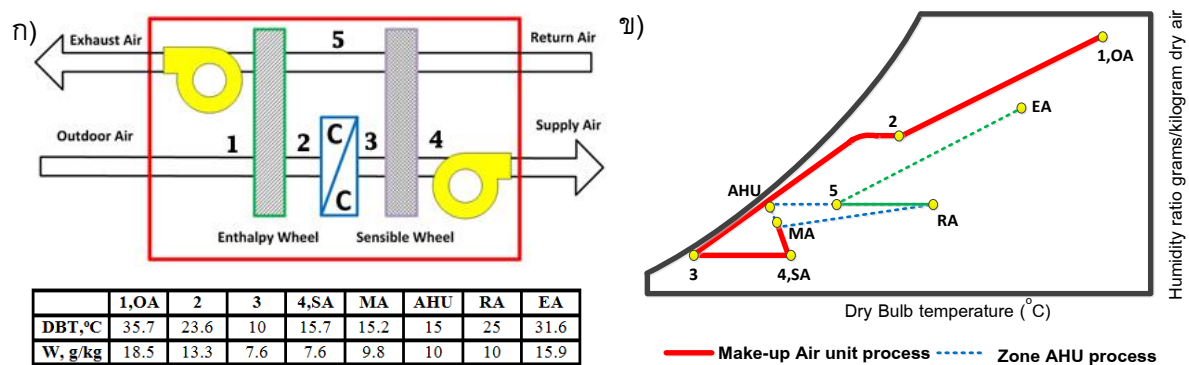
ข)



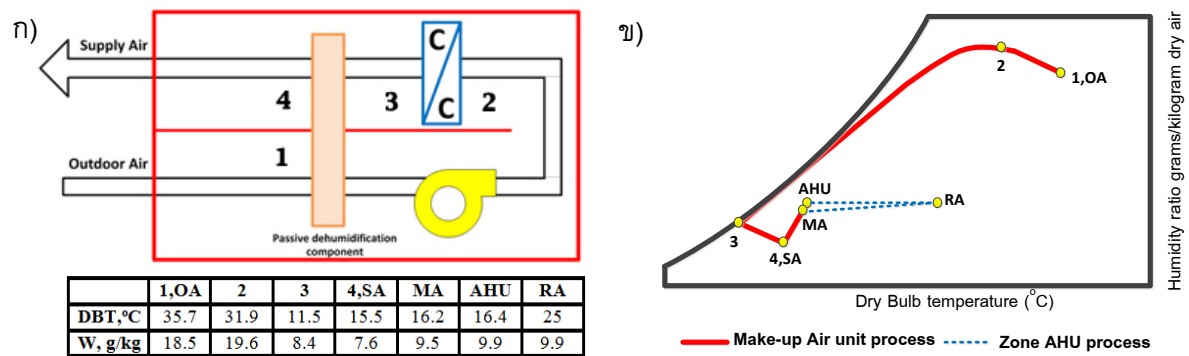
รูปที่ 6 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 3 (EW+CC) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตรี



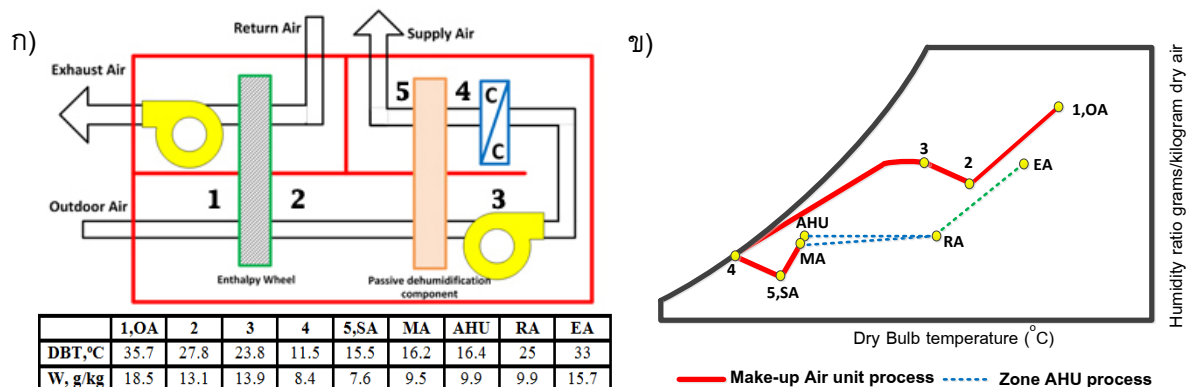
รูปที่ 7 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 4 (EW+HxCoil) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก



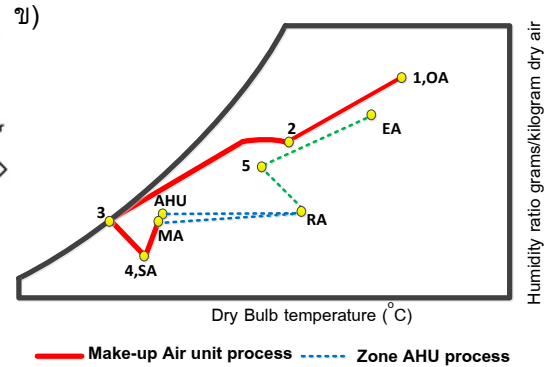
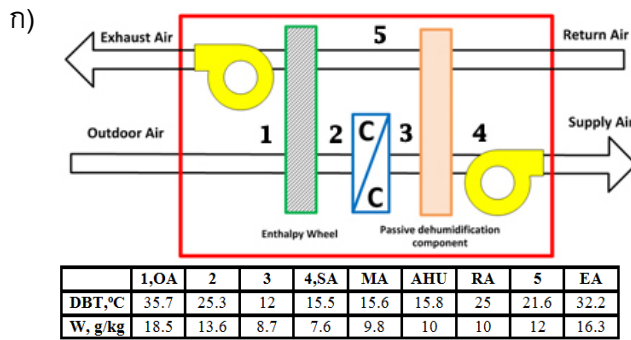
รูปที่ 8 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 5 (EW+CC+SW) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก



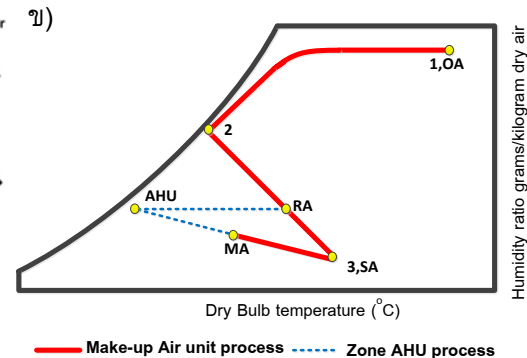
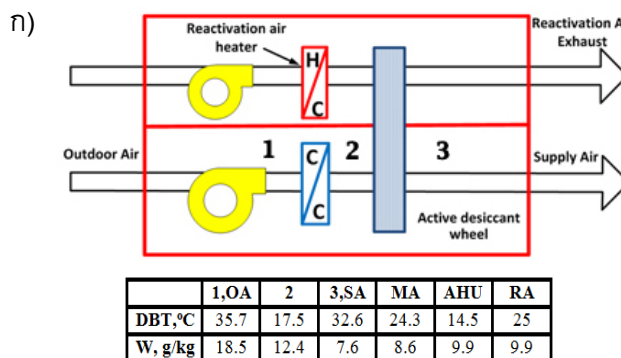
รูปที่ 9 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 6 (CC+PDHC) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก



รูปที่ 10 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 7 (EW+PDHC+CC) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก



รูปที่ 11 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 8 (EW+CC+PDHC) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก



รูปที่ 12 เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 9 (CC+ADesW) ก) การจัดเรียง ข) กระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก

รูปแบบที่ 5 (EW+CC+SW) เป็นการนำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสแบบหมุนมาใช้ร่วมกับเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 3 โดยจะนำความอากาศที่ระบายออกจากอาคารมาช่วยเพิ่มอุณหภูมิของลมจ่ายจากเครื่องเติมอากาศ ในกรณีที่ภาระความร้อนสัมผัสของพื้นที่มีค่าลดลง เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของห้องต่ำเกินไป เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 8

รูปแบบที่ 6 (CC+PDHC) เป็นการวางล้อดูดความชื้นแบบพาสซีฟชนิดที่ 3 (PDHC) ที่มีประสิทธิภาพตามรูปที่ 3 มาใช้ร่วมกับคอยล์เย็น วงล้อดูดความชื้นชนิดนี้จะมีสามารถในการดูดซับความชื้นสูง เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้ 100% คอยล์เย็นในเครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้จะมีลมจ่ายออกจากคอยล์เย็นในอุณหภูมิที่ต่ำลง เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 9

รูปแบบที่ 7 (EW+PDHC+CC) เป็นการรวมเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 3 และรูปแบบที่ 6 เข้าด้วยกัน โดยวงล้อเอนทาลปีจะช่วยลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการในเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 6 ต่อไป เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริก ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปแบบที่ 8 (EW+CC+PDHC) เป็นการนำเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 7 มาเรียงอุปกรณ์ใหม่ โดยจะมีผลให้ลมจ่ายมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่สูงขึ้น ทำให้เครื่องเป่าลมเย็นในพื้นที่มีการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการในแผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 11

รูปแบบที่ 9 (CC+ADesW) เป็นการนำวงล้อดูดความชื้นแบบแอคทีฟมาใช้ร่วมกับคอยล์เย็น อากาศจากภายนอกจะถูกทำให้เย็นและมีความชื้นต่ำลงด้วยคอยล์เย็นก่อนที่เข้าสู่วงล้อดูดความชื้นแบบแอคทีฟ ที่ใช้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำมาแลกเปลี่ยน

กับอากาศที่ออกมาจากคอยล์เย็น จนได้สภาวะของลม
จ่ายจากเครื่องเติมอากาศตามที่ต้องการแบบไว้ จะพบว่า
อุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ทำให้เครื่อง
เป่าลมเย็นในพื้นที่ที่มีภาระทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น เครื่อง
เติมอากาศรูปแบบนี้มีการจัดเรียงและกระบวนการใน
แผนภาพไซโครเมตริกดังแสดงในรูปที่ 12

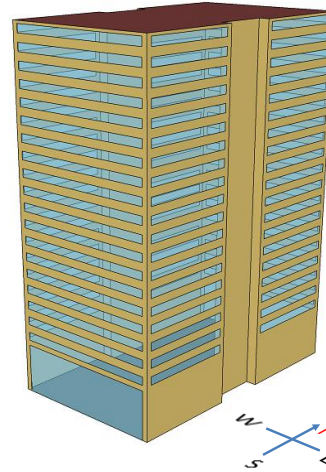
4. รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ในการวิเคราะห์ว่ารูปแบบเครื่องเติมอากาศ
รูปแบบใดเหมาะสมสำหรับอาคารแต่ละประเภท จะทำ
โดยสร้างแบบจำลองของเครื่องเติมอากาศที่ได้ออกแบบไว้
ร่วมกับอาคารตัวอย่างประเภทต่างๆ ด้วยโปรแกรม
จำลองการใช้พลังงาน EnergyPlus ซึ่งใช้ข้อมูลอากาศ
ของกรุงเทพมหานครตลอด 1 ปี สำหรับอาคารที่
นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ อาคารสำนักงาน
ห้างสรรพสินค้า โรงแรม และโรงพยาบาล โดย
แบบจำลองอาคารในแต่ละประเภทจะถูกสร้างโดย
อ้างอิงข้อมูลการออกแบบตามมาตรฐาน ASHRAE
90.1-2010, Energy Standard for Buildings Except
Low-rise Residential Buildings โดยมีพารามิเตอร์ที่
ใช้ในการสร้างแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 3 [10]

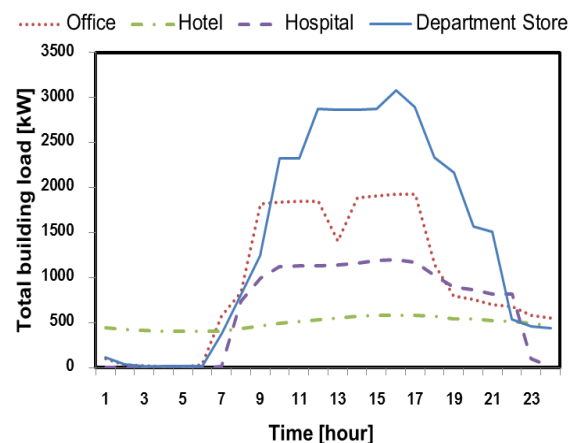
4.1 รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน

แบบจำลองอาคารสำนักงานที่ใช้ เป็นอาคารสูง
20 ชั้นมีพื้นที่ใช้งานรวม 29,200 ตารางเมตร ดังที่
แสดงในรูปที่ 13 เปิดทำงาน 7.00 น.-24.00 น.มีความ
หนาแน่นของผู้ใช้อาคารเปลี่ยนไปตามช่วงเวลา

โดยมีภาระทำความเย็นของอาคารตลอดวันตาม
รูปที่ 14 ระบบปรับอากาศที่ใช้จะมีเครื่องเติมอากาศ
4 เครื่อง และมีเครื่องเป่าลมเย็นชั้นละ 1 เครื่อง



รูปที่ 13 รูปแบบจำลองของอาคารสำนักงาน

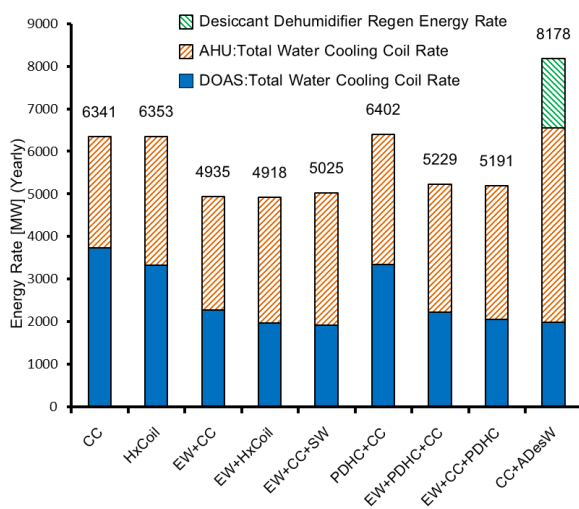


รูปที่ 14 ภาระทำความเย็นตลอดวันของอาคาร
ประเภทต่างๆ [10]

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของอาคารประเภทต่างๆ [5,10]

	สำนักงาน	ห้างสรรพสินค้า	โรงแรม	โรงพยาบาล
คนในพื้นที่				
ความหนาแน่นของคนในพื้นที่ (person/100 m ²)	10	40	10	25
ภาระความร้อนทั้งหมดต่อคน (W)	140	160	130	130
ภาระความร้อนสัมผัสต่อคน (W)	75	75	70	70
แสงไฟ				
กำลังไฟฟ้าของแสงไฟต่อพื้นที่ (W/m ²)	9.7	8.6	14	11
เครื่องใช้ไฟฟ้า				
กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ (W/m ²)	11	14	7.5	11

อาคารประเภทสำนักงานนี้ มีความหนาแน่นของ
ผู้ใช้อาคารไม่สูงมากนัก ทำให้ปริมาณอากาศ
ภายนอกที่จ่ายเข้าสู่อาคารเพียงพอต่อการกำจัด
ภาระความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นในอาคารได้ทั้งหมด โดย
เครื่องเติมอากาศทั้ง 9 รูปแบบที่ได้ออกแบบนั้น
สามารถนำมาจำลองการใช้พลังงานร่วมกับอาคารนี้
โดยได้ผลตามรูปที่ 15 ซึ่งแสดงพลังงานรวมตลอด
วันที่ใช้กับเครื่องเติมอากาศ เครื่องเป่าลมเย็น และ
ทั้ง 2 เครื่องรวมกัน



รูปที่ 15 การใช้พลังงานของเครื่องเติมอากาศและ
ระบบสำหรับอาคารสำนักงาน

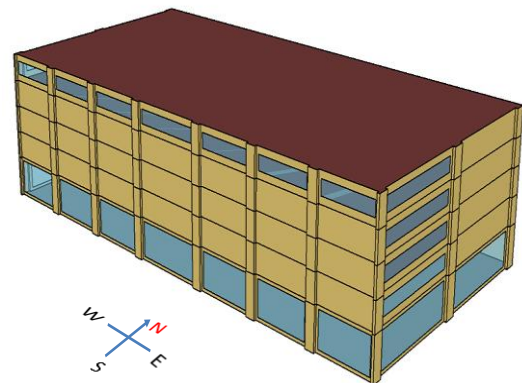
เมื่อนำเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 1 ที่มีแต่คอยล์
เย็นเป็นตัวอ้างอิงแล้ว จะพบว่าพลังงานที่ใช้เฉพาะ
เครื่องเติมอากาศในแต่ละรูปแบบ ใช้น้อยกว่ารูปแบบ
ที่ 1 อยู่ที่ 3-50% โดยรูปแบบที่ 5 (EW+CC+SW)
ใช้พลังงานที่เครื่องเติมอากาศต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานรวมทั้งระบบแล้ว
พบว่าเครื่องเติมอากาศกลุ่มแรกได้แก่รูปแบบที่ 1 2
และ 6 ใช้พลังงานรวมใกล้เคียงกัน เครื่องเติมอากาศ
กลุ่มที่ 2 ได้แก่รูปแบบที่ 3 4 5 7 และ 8 ใช้พลังงาน
รวมใกล้เคียงกัน ส่วนเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 9 ใช้
พลังงานรวมสูงสุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าขณะที่สามารถ
ลดพลังงานที่ใช้เครื่องเติมอากาศกลุ่มที่ 1 แต่ลมจ่าย
ที่ออกมาจากเครื่องเติมอากาศมีอุณหภูมิกระเปาะ
แห้งสูงขึ้น ทำให้เพิ่มภาระการทำงานของเครื่องเป่า
ลมเย็นในแต่ละพื้นที่ ส่วนสาเหตุที่เครื่องเติมอากาศ

ในกลุ่มที่ 2 ใช้พลังงานรวมน้อยกว่า เป็นเพราะมีการ
ใช้วงล้อเอนทาลปีนำพลังงานที่เหลือใช้จากอากาศที่
ระบายทิ้งมาช่วยลดพลังงานของอากาศภายนอก ส่วน
เครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 9 นั้นถึงแม้จะสามารถลด
พลังงานให้กับเครื่องเติมอากาศได้ แต่ทำให้อุณหภูมิ
ของลมจ่ายสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ทำให้เกิดภาระที่
เครื่องเป่าลมเย็นในแต่ละพื้นที่มาก

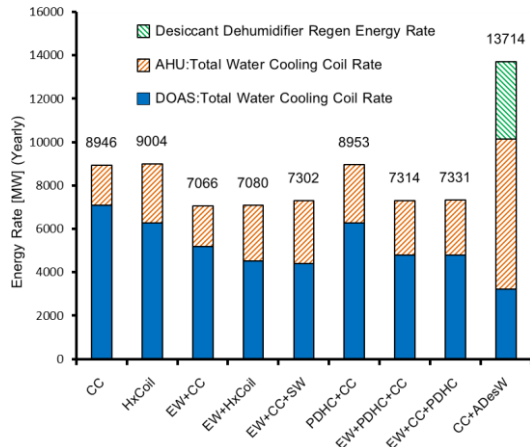
4.2 รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับห้างสรรพสินค้า

แบบจำลองห้างสรรพสินค้าที่ใช้ เป็นอาคารสูง 5
ชั้นมีพื้นที่ใช้งานรวม 24,500 ตารางเมตร ดังที่แสดง
ในรูปที่ 16 เปิดทำงาน 8.00 น.-21.00 น.โดยมีความ
หนาแน่นของผู้ใช้อาคารเปลี่ยนไปตามช่วงเวลา ซึ่งมี
ภาระทำความเย็นของอาคารตลอดวันตามรูปที่ 14
ระบบปรับอากาศที่ใช้ จะมีเครื่องเติมอากาศสำหรับ
จ่ายไปในแต่ละพื้นที่ 5 เครื่อง และมีเครื่องเป่าลมเย็น
ชั้นละ 1 เครื่อง



รูปที่ 16 รูปแบบจำลองของห้างสรรพสินค้า

อาคารประเภทห้างสรรพสินค้านี้ มีความ
หนาแน่นของผู้ใช้อาคารสูงมาก ทำให้ปริมาณอากาศ
ภายนอกที่จ่ายเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอต่อการกำจัด
ภาระความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นในอาคารได้ทั้งหมด
ดังนั้นเครื่องเป่าลมเย็นในแต่ละชั้นต้องจัดการความ
ร้อนแฝงที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ด้วย โดยเครื่องเติม
อากาศทั้ง 9 รูปแบบที่ได้ออกแบบนั้นสามารถนำมา
จำลองการใช้พลังงานร่วมกับอาคารนี้โดยได้ผลตาม
รูปที่ 17 ซึ่งแสดงพลังงานรวมตลอดวันที่ใช้กับเครื่อง
เติมอากาศ เครื่องเป่าลมเย็น และทั้ง 2 เครื่องรวมกัน

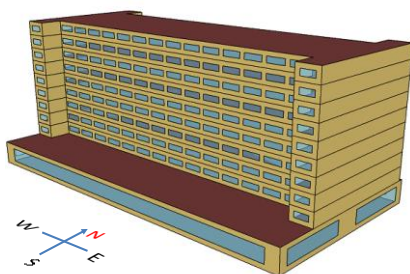


รูปที่ 17 การใช้พลังงานของเครื่องเติมอากาศและระบบสำหรับห้างสรรพสินค้า

จากการจำลองระบบจะพบว่าผลการใช้พลังงานที่เครื่องเติมอากาศและการใช้พลังงานรวมของระบบมีแนวโน้มเดียวกันกับอาคารประเภทสำนักงาน โดยมีข้อสังเกตว่าอาคารประเภทห้างสรรพสินค้ามีการเติมอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารมาก ดังนั้นถ้าลมจ่ายที่ออกมาจากเครื่องเติมอากาศมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงจะทำให้เกิดภาวะที่เครื่องเป่าลมเย็นในพื้นที่มาก ดังที่เห็นได้ชัดในเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 9

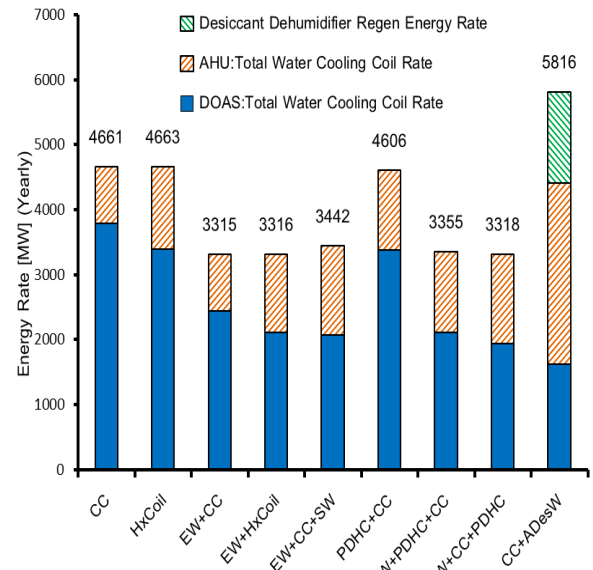
4.3 รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับโรงแรม

แบบจำลองโรงแรมที่ใช้ เป็นอาคารสูง 10 ชั้น มีพื้นที่ใช้งานรวม 18,500 ตารางเมตร ดังที่แสดงในรูปที่ 18 เปิดทำงานตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาซึ่งส่วนใหญ่จะหนาแน่นช่วงกลางวัน ซึ่งมีการทำความเย็นของอาคารตลอดวันตามรูปที่ 14 ระบบปรับอากาศที่ใช้จะมีเครื่องเติมอากาศ 4 เครื่อง และมีเครื่องเป่าลมเย็นชั้นละ 1 เครื่อง



รูปที่ 18 รูปแบบจำลองของโรงแรม

อาคารประเภทโรงแรมนี้ มีความหนาแน่นของผู้ใช้ต่ำและไม่แน่นอน ทำให้ต้องจ่ายอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารตลอดทั้งวัน โดยเครื่องเติมอากาศทั้ง 9 รูปแบบที่ได้ออกแบบนั้นสามารถนำมาจำลองการใช้พลังงานร่วมกับอาคารนี้โดยได้ผลตามรูปที่ 19 ซึ่งแสดงพลังงานรวมตลอดวันที่ใช้กับเครื่องเติมอากาศเครื่องเป่าลมเย็น และทั้ง 2 เครื่องรวมกัน

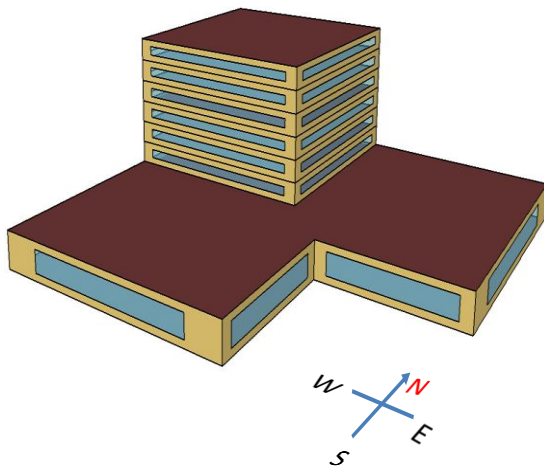


รูปที่ 19 การใช้พลังงานของเครื่องเติมอากาศและระบบสำหรับโรงแรม

จากการจำลองจะพบว่าผลการใช้พลังงานที่เครื่องเติมอากาศและการใช้พลังงานรวมของระบบสำหรับอาคารประเภทโรงแรมมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับอาคารประเภทสำนักงานและห้างสรรพสินค้า

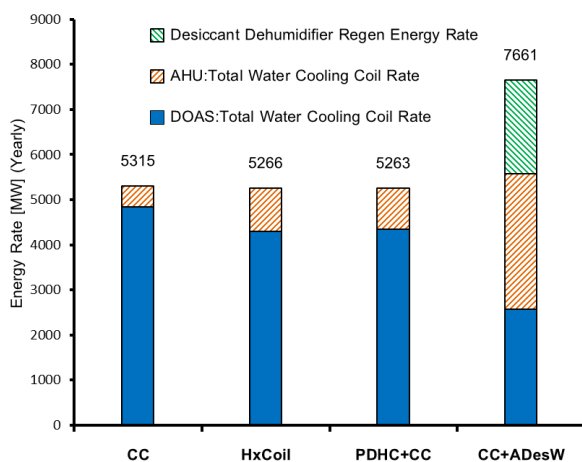
4.4 รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับโรงพยาบาล

แบบจำลองโรงพยาบาลที่ใช้ เป็นอาคารสูง 7 ชั้น มีพื้นที่ใช้งานรวม 15,000 ตารางเมตร ดังที่แสดงในรูปที่ 20 เปิดทำงาน 8.00 น.-21.00 น. โดยมีความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาซึ่งส่วนใหญ่จะหนาแน่นช่วงเช้าและบ่าย ซึ่งมีการทำความเย็นของอาคารตลอดวันตามรูปที่ 14 สำหรับระบบปรับอากาศที่ใช้จะมีเครื่องเติมอากาศสำหรับจ่ายไปในแต่ละพื้นที่ 3 เครื่อง และมีเครื่องเป่าลมเย็นชั้นละ 1 เครื่อง



รูปที่ 20 รูปแบบจำลองของโรงพยาบาล

อาคารประเภทโรงพยาบาลนี้ มีความหนาแน่นของผู้ใช้ค่อนข้างหนาแน่น แต่อากาศภายนอกเพียงพอที่จะจัดการกับภาระความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นในอาคารได้ทั้งหมด โดยเครื่องเติมอากาศที่ใช้นั้นจะไม่มีการใช้วงล้อเอนทาลปีนำเอาอากาศระบายทิ้งจากอาคารมาแลกเปลี่ยนพลังงานกับอากาศภายนอก เพราะอากาศที่ระบายทิ้งไม่สะอาด ดังนั้นเครื่องเติมอากาศที่นำมาจำลองระบบจึงเหลืออยู่เพียง 4 รูปแบบคือรูปแบบที่ 1, 2, 6 และ 9 ซึ่งสามารถให้ผลการจำลองระบบตามรูปที่ 21 ซึ่งแสดงพลังงานรวมตลอดวันที่ใช้กับเครื่องเติมอากาศ เครื่องเป่าลมเย็น และทั้ง 2 เครื่องรวมกัน



รูปที่ 21 การใช้พลังงานของเครื่องเติมอากาศและระบบสำหรับโรงพยาบาล

เมื่อนำเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 1 ที่มีแต่คอยล์เย็นเป็นตัวอ้างอิงแล้ว จะพบว่าพลังงานที่ใช้เฉพาะเครื่องเติมอากาศในแต่ละรูปแบบ ใช้น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 อยู่ที่ 4-11% แต่เมื่อคิดพลังงานที่ใช้รวมทั้งระบบ พบลดพลังงานที่ใช้ลงได้น้อยกว่า 1%

5. สรุป

จากงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่าเครื่องเติมอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคารประเภทสำนักงาน ห้างสรรพสินค้าและโรงแรม คือเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 5 (EW+CC+SW) โดยใช้พลังงานในระบบรวมลดลงมากกว่า 25-30% และในกรณีที่อยู่ในอาคารมีการทำความร้อนสัมผัสต่ำแต่ยังมีการทำความร้อนแฝงสูงอยู่ เครื่องเติมอากาศรูปแบบนี้จะสามารถจัดการกับภาระความร้อนแฝงได้โดยใช้พลังงานต่ำสุด และไม่ให้อุณหภูมิห้องที่สูงเกินไป

ส่วนเครื่องเติมอากาศสำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาลนั้น คือเครื่องเติมอากาศรูปแบบที่ 2 (HxCoil) ซึ่งแม้ลดการใช้พลังงานรวมได้ไม่มาก แต่สามารถลดพลังงานได้ในกรณีที่อาคารมีการทำความร้อนสัมผัสต่ำแต่ยังมีการทำความร้อนแฝงสูง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Dickmann, J., Roth, K., Brodiric, J., 2007. Dedicated outdoor air systems revisited, *ASHARE Journal*, vol. 49(12):127-129
- [2] Morris, W. 2003. The ABCs of DOAS: dedicated outdoor air systems, *ASHRAE Journal*, vol. 45(5): 24-29
- [3] Jeong, Mumman, and Bahnfletch. 2003, Energy conservation benefits of a dedicated outdoor air system with parallel sensible cooling by ceiling radiant panels, *ASHRAE Transactions* 109(2):627-636
- [4] Mumma, S.A. 2001. Overview of integrating dedicated outdoor air systems with parallel

terminal systems, *ASHRAE Transactions* 107(1):147-155.

[5] ASHRAE, 2007, *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007, Ventilation for acceptable indoor air quality*, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers INC, Atlanta, USA

[6] Jae-Weon Jeong and Mumma, S.A. 2006. Designing a Dedicated Outdoor Air System with Ceiling Radiant Cooling Panels. *ASHRAE Journal*, October, 2007.

[7] Gatley, D. P. 2000. Dehumidification Enhancements for 100-percent-Outside-Air AHUs. Part 2 of 3, *HPAC Heating/Piping/Air Conditioning Engineering*, Oct 2000.

[8] Mumma, S.A. 2007. DOAS and Desiccants. *Courtesy of Engineered Systems*, August, 2007.

[9] Kecha Thirakomen, OAU Dehumidification system Selection, URL: <http://www.eec-academy.com/> access on 25/03/2011.

[10] ASHRAE, 2010, *ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2010, Energy Standard for Buildings Except Low-rise Residential Buildings*, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers INC, Atlanta, USA