DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารสถานศึกษา
: กรณีศึกษาอาคาร 6 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ณัฐวุฒิ วุฒิเจริญถาวร

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี
และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ปีการศึกษา 2564

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ENERGY PERFORMANCE SIMULATION OF AN EDUCATIONAL BUILDING : A CASE STUDY OF BUILDING 6, DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY

NUTTHAWUT WUTTHICHAREANTHAWON

An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

Academic Year 2021

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารสถานศึกษา : กรณีศึกษาอาคาร 6 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เสนอโดย ณัฐวุฒิ วุฒิเจริญถาวร

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ชุมลักษณ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล
(รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....
(ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)
คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 21 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2565

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารสถานศึกษา: กรณีศึกษา อาคาร 6 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ชื่อผู้เขียน	ณัฐวุฒิ วุฒิเจริญถาวร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม SketchUp OpenStudioและ EnergyPlus สำหรับอาคาร 6 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 17 ชั้น พื้นที่ทำการศึกษาคือชั้น 6 ถึงชั้น 9 รวม 4 ชั้น ผลการประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองของอาคารตามมาตรการประหยัดพลังงานทั้ง 4 มาตรการ พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 21.85 - 62.43 kWh/m2/year ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีการใช้พลังงานสุทธิ (Net Consumption)จากแบบจำลองของอาคารประเภทอาคารสถานศึกษาที่กำหนดเท่ากับ 85 kWh/m^2/yearตามเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคาร และมาตรการที่สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อันดับ 1 คือ มาตรการที่ 3 (LED) การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยเท่ากับ 32.79% อันดับ 2 คือมาตรการที่ 1 (Set.T) ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24 °C เป็น 26 °C สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยเท่ากับ 23.41% อันดับ 3 คือมาตรการที่ 4 (A/C) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง(SEER) ทดแทนเครื่องปรับอากาศเครื่องเดิมใช้งานมายาวนานสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยเท่ากับ 20.28% และ อันดับที่ 4 คือ มาตรการที่ 2 (Film) การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจก สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยเท่ากับ 10.10% และมาตรการที่สนใจในการศึกษานี้ คือมาตรการ ที่ 1 โดยที่ไม่มีต้นทุนค่าใช้จ่าย ส่วนมาตรการที่ 2-4ต้องใช้เงินลงทุน ซึ่งเหมาะสำหรับอาคารที่สร้างใหม่หรืออาคารเก่าประเภทเดียวกันหรือใกล้เคียงกันได้ที่ต้องการปรับปรุง

คำสำคัญ: การจำลองการใช้พลังงานในอาคาร/การประหยัดพลังงาน/สมรรถนะการใช้พลังงาน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Individual Study Title	ENERGY PERFORMANCE SIMULATION OF AN EDUCATIONAL BUILDING : A CASE STUDY OF BUILDING 6, DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY
Author	Nutthawut Wutthichareanthawon
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2021

ABSTRACT

This study aims to create a computer-based energy consumption model concerning the results of the evaluation of the performance of electric power, using SketchUp, Open studio and EnergyPlus programs for Building 6,Dhurakij Pundit University which is a 17 storey building. The subject area of the study is from the 6 th to 9 th floors, totaling 4 floors of the building. From the model of the building and following the 4 energy-saving measures, it was found that the index of electric power was between 21.85 - 62.43 kWh/m2/year. which is considered to pass the Net Consumption Index criteria from the model of educational buildings at level equal to 85 kWh/m2/year which are according to the standard criteria for energy consumption in buildings. The first measure that can be implimented to save electricity is the measure 3 (LED). The replacement of electric light bulbs from the original high efficiency fluorescent lamps to LED bulbs can save an average of 32.79% of electricity. Number 2 is Measure 1 (Set.T) adjusting the temperature of the air conditioner from 24 °C to 26 °C, which is able to save a total of 23.41% of electricity. The third is the fourth measure (A/C). The placement of high-efficiency air conditioners (SEER) to replace the old building air conditioners that have been used for a long time can save an average of 20.28% of electricity. The 4th place is measure 2 (Film): Installation of a heat protection film on glass walls and glass pane windows which is able to save electricity by an average of 10.10%. Furthermore, the most interesting measure in this study is Measure 1 which reduces the electricity without cost. As for measures 2-4, investments are required which are suitable for new buildings or old buildings of the same or similar type that need improvement.

Keywords: Building energy simulation/Energy-savings/Energy Performance

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งในการอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แนวทาง คำปรึกษาตลอดจนข้อชี้แนะเกี่ยวกับงานการศึกษารายบุคคล ตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ ให้การศึกษารายบุคคลสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยา เพื่อนๆ และผู้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ในที่นี้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา คุณประโยชน์อันใดที่จะก่อเกิดจากการศึกษารายบุคคลฉบับนี้สืบไป ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐวุฒิ วุฒิเจริญถาวร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.3 ขอบเขตของงานศึกษา.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร.....	6
2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	7
2.3 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร.....	8
2.4 แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า.....	10
2.5 ระบบปรับอากาศ.....	18
2.6 มาตรฐานการกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ.....	21
2.7 หลอดไฟฟ้า.....	23
2.8 เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของหลอด LED.....	31
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
3. ระเบียบวิธีศึกษา.....	41
3.1 ข้อมูลทั่วไป.....	43
3.2 ข้อมูลที่ตั้งอาคาร 6 มหาวิทยาธุรกิจบัณฑิตย์.....	43
3.3 รูปแบบและลักษณะการใช้งานพื้นที่ของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9....	45

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 รูปแบบแปลนพื้นงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และ ระบบปรับอากาศ ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	50
3.5 วัสดุประกอบอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	54
3.6 การใช้พลังงานของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	55
3.7 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม SketchUp, OpenStudio และ EnergyPlus	62
3.8 การวิเคราะห์การใช้พลังงานตามแนวทางของการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน	66
4. ผลการศึกษา	69
4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	69
4.2 ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของแบบจำลองการใช้พลังงานกับข้อมูลจากการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	72
4.3 ผลการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	75
5. สรุปผลการศึกษา	81
5.1 สรุปผลการศึกษา	81
5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป	82
บรรณานุกรม	84
ภาคผนวก	87
ก. รูปแบบอาคาร ชนิด ขนาด ของระบบปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	88
ข. ข้อมูลการสร้างแบบจำลองของอาคารโดยใช้โปรแกรม SketchUp version 2017, OpenStudio version 3.3.0 และ EnergyPlus	96
ค. รายละเอียดของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	105
ประวัติผู้เขียน	109

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆแบ่งตามระบบต่าง ๆ……	8
2.2	รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ ในอาคารสำนักงาน…….	8
2.3	การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร……..…..	9
2.4	เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed Speed ปี ค.ศ. 2019……	21
2.5	เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ปี ค.ศ. 2019…….	22
2.6	การเปรียบเทียบปริมาณแสงและประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด T5 T8 และ T12……	26
2.7	เกณฑ์ความเปลี่ยนแปลงของสีของแสงที่กำหนดของมาตรฐานต่าง ๆ……...	35
2.8	สรุปที่มาของแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา……..……	40
3.1	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9…….……...……	43
3.2	ส่วนประกอบของกรอบอาคารทึบแสง (Opaque Component) ……..……	55
3.3	ส่วนประกอบของกรอบอาคารโปร่งแสง (Transparent Component) ……..…	55
3.4	จำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9……	55
3.5	จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่……..	56
3.6	จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6	57
3.7	จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7	58
3.8	จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8	59
3.9	จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9	60
3.10	ช่วงเวลาทำการและจำนวนผู้ใช้งานอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9……	60
3.11	แสดงเวลาการปิด-เปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6…..……	61
3.12	แสดงเวลาการปิด-เปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7……..……	61

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.13	แสดงเวลาการเปิด-ปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8	61
3.14	แสดงเวลาการเปิด-ปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9	62
3.15	แสดงคุณสมบัติของกระจกใส และ กระจกใสที่ทำการติดตั้งฟิล์มกรองแสง	66
3.16	แสดงชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้งจริง และ ชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองพลังงานตามมาตรการ	67
3.17	แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศเก่าที่ใช้งานมายาวนาน กับ เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ตามแบบจำลองพลังงานตามมาตรการ	68
4.1	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2562 ที่ได้จากการตรวจวัดภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	69
4.2	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2563 ที่ได้จากการตรวจวัดภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	70
4.3	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9	72
4.4	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า อาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 จากการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม OpenStudio	73
4.5	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารที่ตรวจวัดจริงกับแบบจำลองการใช้พลังงานโดยโปรแกรม OpenStudio และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	74
4.6	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลอง มาตรการที่ 1 ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24OC เป็น 26OC	76
4.7	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลอง มาตรการที่ 2 การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจก	76
4.8	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED	76

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 4 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงตามฤดูกาล (SEER)…….. 78

4.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการลดใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ตามมาตรการที่ 1-4 ……... 78

4.11 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 4 มาตรการ ของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9…… 80

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของทั้งประเทศตั้งแต่ปี 2545-2563 (2002-2020)..... 2

2.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานภายในอาคารของประเทศไทย..... 7

2.2 แสดงแนวทางการออกแบบทิศทางของอาคาร..... 10

2.3 แสดงแนวทางการปลูกต้นไม้เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร..... 11

2.4 แสดงแนวทางการสร้างบ่อน้ำเพื่อให้ลมพัดผ่านสร้างความเย็น..... 11

2.5 แสดงแนวทางการสร้างอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่น..... 12

2.6 แสดงแนวทางการออกแบบผนังทึบ..... 13

2.7 แสดงแนวทางการออกแบบผนังโปร่งแสง..... 14

2.8 แสดงแนวทางการออกแบบหลังคา..... 14

2.9 แสดงแนวทางการออกแบบอุปกรณ์บังแดด..... 15

2.10 แสดงแนวทางการเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5..... 15

2.11 แสดงแนวทางการเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงหรือหลอด LED..... 16

2.12 แหล่งความร้อนต่างๆ ของภาระการปรับอากาศ..... 17

2.13 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ..... 19

2.14 รูปแบบฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงาน..... 22

2.15 รายละเอียดฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงาน (ขนาดจริงกว้าง 72 มม. สูง 89 มม.) 23

2.16 โครงสร้างทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์..... 24

2.17 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอกรูปแบบต่าง ๆ..... 25

2.18 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ..... 27

2.19 ชนิดของหลอด LED..... 30

2.20 รูปทรงมาตรฐานของหลอดทั่วไป..... 32

2.21 ตัวอย่างขั้วหลอดมาตรฐานที่นิยมใช้..... 32

2.22 บรรยากาศตามอุณหภูมิสีของแสง..... 33

2.23 ตัวอย่างความถูกต้องของสีของวัตถุ..... 34

3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา..... 42

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.2 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของอาคาร 6..... 44

3.3 ด้านหน้าที่ตั้งของอาคาร 6..... 44

3.4 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6..... 45

3.5 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6..... 45

3.6 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6..... 46

3.7 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6..... 46

3.8 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7..... 47

3.9 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7..... 47

3.10 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7..... 48

3.11 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7..... 48

3.12 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8..... 49

3.13 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8..... 49

3.14 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9..... 50

3.15 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9..... 50

3.16 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ที่ชั้นที่ 6..... 51

3.17 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 7..... 51

3.18 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 8..... 52

3.19 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 9..... 52

3.20 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 6..... 53

3.21 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 7..... 53

3.22 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 8..... 54

3.23 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 9..... 54

3.24 ภาพตัวอย่างการสร้างแบบจำลองกรอบอาคารในโปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio ของอาคาร 6 ที่ชั้นที่ 9..... 63

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.25 %-ภาพตัวอย่างการแบ่งพื้นที่การใช้งานของแบบจำลองกรอบอาคารในโปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio ของอาคาร 6 ที่ชั้นที่ 9……..……...…… 63

3.26 ภาพตัวอย่างการบันทึกข้อมูลรายละเอียดของอาคารกับโปรแกรม OpenStudio ของอาคาร 6 ที่ชั้นที่ 9……..……...…… 64

3.27 ภาพตัวอย่างการรายงานแบบ OpenStudio Results ในส่วนของพลังงานไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี (Electricity Consumption) ในแบบสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 ชั้นที่ 9……..……...…… 65

3.28 ภาพตัวอย่างการรายงานแบบ OpenStudio Results ในส่วนของพลังงานไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี (Electricity Consumption) ในแบบตาราง ของอาคาร 6 ชั้นที่ 9 65

4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9……. 71

4.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา จากการสร้างแบบจำลองพลังงานโดยโปรแกรม OpenStudio…….... 74

4.3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของแบบจำลองอาคารโดยโปรแกรม OpenStudio 75

4.4 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของแต่ละชั้น และ ผลรวมการประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวมที่ได้จากแบบจำลองการใช้พลังงานตามมาตรการ 1-4……... 79

4.5 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ประเภทสถานศึกษา เปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงานจากผลการจำลองแบบการใช้มาตรการทั้ง 4 มาตรการ…….. 80

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

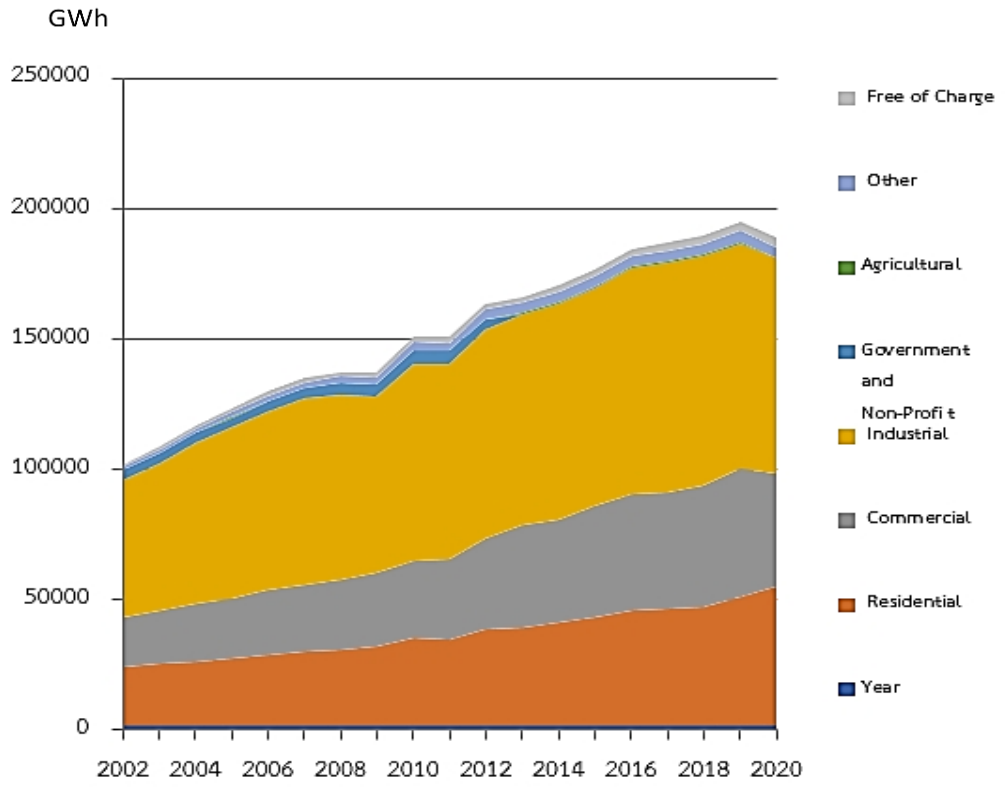
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโลกกำลังเจอความท้าทายที่ร้ายแรงในเรื่องของพลังงานรวมทั้งเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจ หลายประเทศได้ทำการเรียกร้องให้มีการปรับปรุงเรื่องประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของอาคารที่คาดว่าเป็นหนึ่งในสามของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก การใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงกลายเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญของหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยมีความต้องการในการใช้พลังงานมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่การใช้ทรัพยากรนั้นย่อมมีอยู่อย่างจำกัด จึงต้องมีการนำเข้าพลังงานจากประเทศต่างๆ ในปริมาณมากและยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงภายในประเทศ นอกเหนือจากราคาพลังงานมีแนวโน้มสูงมากขึ้นแล้วยังส่งผลต่อผู้ใช้พลังงานยังคงต้องแบกรับค่าใช้ที่สูงมากขึ้นอีกด้วย (พิมพ์จิตร์ ตันประดิษฐ์, 2558)

ดังภาพที่ 1.1 แสดงสถิติการใช้พลังงานในประเทศไทยในปีพ.ศ 2563 มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 187,047 GWh. ลดลง 3.1% จากปีก่อน ซึ่งลดลงในเกือบทุกสาขาโดยเฉพาะสาขาอุตสาหกรรมธุรกิจ และภาคการท่องเที่ยว เนื่องจากปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19ได้ส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยกลุ่มธุรกิจหลักที่มีการใช้ไฟฟ้าลดลงอย่างชัดเจนเนื่องจากมาตรการ Lock Down ได้แก่ โรงแรม ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคารและไนต์คลับ อย่างไรก็ตาม ในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2563 ภาคครัวเรือนมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ประกอบกับมาตรการอยู่บ้าน หยุดเชื้อ เพื่อชาติ และมาตรการทำงานจากที่บ้าน (Work From Home) (กระทรวงพลังงาน, 2564) แม้ว่าการใช้พลังงานของประเทศมีแนวโน้มลดลง แต่การประกอบกิจกรรมในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ทำให้สร้างมลพิษทางอากาศส่งผลให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) (คมสัน วิสาวะโท, 2560)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของทั้งประเทศตั้งแต่ปี 2545-2563 (2002-2020)

ที่มา: กระทรวงพลังงาน รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564 หน้า 98

การตระหนักถึงภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นส่งผลให้กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)ได้ออกกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานภาคอาคารที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานค่อนข้างสูง โดยกฎกระทรวงดังกล่าวได้กำหนดประเภทและขนาดของอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 9 ประเภทอาคาร ไม่ว่าจะเป็นอาคารที่จะยื่นขออนุญาตก่อสร้างใหม่ หรือดัดแปลงอาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป จะต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามกฎกระทรวง ซึ่งอาคารทั้ง 9 ประเภทประกอบด้วย

1. โรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
2. โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
3. สถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4. สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

5. สถานศึกษาตามกฎหมายว่าด้วยการศึกษาแห่งชาติ

6. สำนักงานหรือที่ทำการ

7. ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

8. อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

9. อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 13 มีนาคม 2564 ที่ผ่านมาซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ โดยระยะเริ่มแรกในปี 2564 จะใช้กับอาคารที่มีขนาด 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป ในปีที่ 2คือปี 2565 จะใช้กับอาคารที่มีขนาด 5,000 ตารางเมตรขึ้นไป และในปีที่ 3 คือปี 2566 จะใช้กับอาคารที่มีขนาด 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป โดยมีข้อกำหนดและประเด็นเกี่ยวกับค่ามาตรฐานและการคำนวณที่น่าสนใจ ดังนี้ (กระทรวงพลังงาน, 2564)

1. ระบบเปลือกอาคารต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV และ RTTV) เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

2. อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของอาคารไม่เกินค่ามาตรฐานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

3. ระบบปรับอากาศ ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล หรือค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

4. อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ และค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

5. การคำนวณในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

จากข้อกำหนดดังกล่าวจึงเป็นความท้าทายสำหรับผู้ที่เป็นเจ้าของอาคาร สถาปนิก และวิศวกร ที่จะต้องทำการออกแบบและคำนวณการใช้พลังงาน รวมถึงผ่านการตรวจประเมินจากผู้ตรวจรับรองแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประกอบการยื่นขออนุญาตก่อสร้างอาคารใหม่ หรือการปรับปรุงอาคารเดิมให้เป็นไปตามกฎกระทรวง เพื่อให้เจ้าของอาคารประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ประกอบกับยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับอาคารอีกด้วย หากอาคารนั้นสามารถได้รับการรับรองจากสถาบันต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น สถาบันอาคารเขียวของประเทศไทยตาม เกณฑ์ TREES (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) หรือมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาก็มีหน่วยงาน The U.S. Green Building Council (USGBC) ได้พัฒนาแบบประเมินอาคารที่เรียกว่า LEED หรือ Leadership in Energy & Environmental Design

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

อาคาร 6 เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 17 ชั้น เปิดใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 จนถึงปัจจุบันมีอายุการใช้งานมาไม่น้อยกว่า 28 ปี และจัดอยู่หนึ่งใน 9 ประเภทอาคารที่ต้องดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 ดังนั้น ในการปรับปรุงซ่อมแซมอาคารในแต่ละชั้นจะต้องออกแบบให้มีการใช้พลังตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้ศึกษาได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการลดใช้พลังงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามกฎกระทรวงที่กำหนดไว้ จึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารโดยการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณหรือประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารก่อนที่จะดำเนินการปรับปรุงอาคารจริง เนื่องจากแบบจำลองสามารถทดลองเปลี่ยนตัวแปรเพื่อดูผลการคำนวณเรื่องพลังงานที่ใช้ได้ ในการศึกษาในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้เลือกอาคาร 6 บริเวณชั้น 6 ถึงชั้น 9 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เป็นพื้นที่ใช้ทำการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานเปรียบเทียบผลจากการการตรวจวัดจริง โดยผลจากการศึกษาจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อทำการจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานและเสนอมาตรการการลดการใช้พลังงานของอาคาร 6 ในชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
2. เพื่อศึกษามาตรการหรือแนวทางการลดการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

1.3 ขอบเขตของงานศึกษา

1. อาคารที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ อาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ซึ่งมีขนาดพื้นที่จำนวน 3,633.47 ตารางเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2563 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ 2564
2. การศึกษานี้จะใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ ได้แก่โปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio และ EnergyPlus ในการสร้างแบบจำลองอาคารและพลังงาน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้คือ

1. สามารถปรับแต่งวัสดุและอุปกรณ์ของแบบจำลองการใช้พลังงานให้ใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดการใช้พลังงานของอาคารจริง รวมถึงปรับแต่งวัสดุและอุปกรณ์ของแบบจำลองเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563

2. ผลจากการศึกษาแบบจำลองการใช้พลังงานที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณาปรับปรุงอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 หรือใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารเก่าที่มีลักษณะและองค์ประกอบใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดการปรับใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

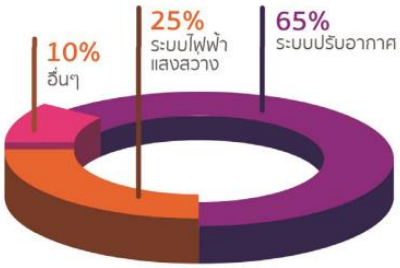
การจำลองแบบการใช้พลังงานในอาคาร (Building Energy Simulation) เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากในการทำนายปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารรวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งในขั้นตอนการออกแบบการปรับปรุงอาคาร ตลอดจนการวิเคราะห์ผลจากมาตรการประหยัดพลังงานซึ่งวิธีการจำลองแบบการใช้พลังงานในอาคารจะช่วยลดเวลาในการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากซับซ้อนในทฤษฎีในทางทฤษฎีต่างๆ และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงผลของการใช้พลังงานในอาคารได้ชัดเจนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆไปใช้ในการตัดสินใจที่จะเลือกวิธีการออกแบบอาคารเพื่อให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดเมื่อคำนึงถึงเงินลงทุนและผลประหยัดที่เกิดขึ้น

การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงาน หรือ Building Energy Similation Modeling เป็นการทำงานร่วมกันของโปรแกรม 3 โปรแกรม อย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการใช้ SketchUp ร่วมกับ OpenStudio เพื่อทำการกำหนดรูปแบบอาคาร ขนาดพื้นที่ ผนัง หลังคา และกระจก กำหนดพื้นที่ปรับอากาศ เมื่อดำเนินการสร้างกรอบอาคารและกำหนดพื้นที่ปรับอากาศแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการดำเนินการใน OpenStudio ซึ่งจะต้องทำการใส่ข้อมูลทิศทางของแกนอาคารเมื่อเทียบกับทิศเหนือจริง สภาพภูมิอากาศ (Weather & Design Data) ข้อมูลการใช้งานของพื้นที่อาคารของแต่ละส่วน เช่น วัสดุประกอบอาคารตารางการใช้งานอาคาร จำนวนผู้ใช้พื้นที่ อุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ข้อมูลอากาศระบาย อากาศรั่วไหลของอากาศ และระบบปรับอากาศ ในขั้นตอนสุดท้าย จะทำการตั้งค่าการการแสดงผลจากการจำลองแบบการใช้พลังงานของอาคารโดยสามารถกำหนดให้แสดงผลจากการการคำนวณผลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้แบบรายชั่วโมง รายวัน และ รายเดือน ซึ่งผลการคำนวณค่าพลังงานที่ได้นั้นจะเป็นการทำงานร่วมกับ OpenStudio และ EnergyPlus

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

จากข้อมูลของศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สถานการณ์พลังงานในภาคอาคาร ปี 2560 พบว่าสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นของระบบปรับอากาศ 65% ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 25% และระบบอื่นๆ 10% ดังภาพที่ 2.1 ดังนั้นการประหยัดพลังงานในอาคารส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การลดใช้พลังงานในการดำเนินกิจกรรมในอาคารการออกแบบระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพ รวมไปถึงความสามารถในการป้องกันความร้อนของกรอบอาคาร ทั้งนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น ประเภทของอาคารการออกแบบ รูปร่างอาคาร และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารตำแหน่งที่ตั้งอาคารความต้องการของผู้ใช้อาคาร ชั่วโมงการใช้งานของอาคาร



ภาพที่ 2.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานภายในอาคารของประเทศไทย

ที่มา: จากข้อมูลของศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สถานการณ์พลังงานในภาคอาคาร ปี 2560 การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

ปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารแตกต่างกันได้มาก อาคารบางประเภทมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ในขณะที่อาคารบางประเภทใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ จากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แต่จากการสำรวจจะพบว่าอาคารต่างๆ จะใช้พลังงานในกิจกรรมหลักๆ 3 ส่วน ได้แก่ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และใช้ในระบบอื่นๆ ซึ่งอาคารแต่ละประเภทก็มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน สัดส่วนการใช้พลังงานของระบบต่างๆ นั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเภทของอาคารดังแสดงในตารางที่ 2.1 และรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ในอาคารสำนักงานดังแสดงในตารางที่ 2.2 (ชลวิทย์ เผือกผาสุก, 2554, น. 10-11)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆแบ่งตามระบบต่าง ๆ

ประเภทอาคาร	ระบบปรับอากาศ(%)	ระบบแสงสว่าง (%)	ระบบอื่น ๆ (%)
โรงแรม	60 – 70	15 – 20	10 – 25
สำนักงาน	50 – 60	20 – 30	10 - 20
ศูนย์การค้า	60 – 65	20 – 25	10 – 20
โรงพยาบาล	50 – 60	20 – 30	10 - 30
สถานศึกษา	30 – 45	30 – 50	5 - 40

ที่มา: ชลวิทย์ เผือกผาสุก, 2554, น. 10

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ ในอาคารสำนักงาน

ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน 100%				
ระบบปรับอากาศ 50 - 60 %			**ระบบแสงสว่าง 20 – 30 %**	**ระบบอื่น ๆ 10 -20 %**
ชนิดแยกส่วน	ชนิดรวมศูนย์	ชนิดเป็นชุด	หลอดไฟชนิดต่าง ๆ	ปั๊มน้ำใช้สอย
	เครื่องทำน้ำเย็น	ปั๊มน้ำหล่อเย็น	บัลลาสต์	พัดลมระบายอากาศ
	ปั๊มน้ำเย็น	หอผึ่งน้ำ		ลิฟต์และบันไดเลื่อน
	ปั๊มน้ำหล่อเย็น			ระบบบำบัดน้ำเสีย
	หอผึ่งน้ำ			อุปกรณ์สำนักงาน
	เครื่องส่งลมเย็น			เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ

ที่มา: ชลวิทย์ เผือกผาสุก, 2554, น. 11

2.3 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีของอาคารประเภทต่างๆ หรือเรียกว่ากรณีอ้างอิง (Reference) ซึ่งใช้เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำในอาคาร (Building Energy Code, BEC) และเกณฑ์ที่สูงกว่านี้ในอนาคต โดยที่ค่าเฉลี่ยในกรณีอ้างอิงนั้น ได้มาจาก แบบจำลองการใช้พลังงานที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอาคารที่อาศัยข้อมูลการตรวจการใช้พลังงานของ ทางราชการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ส่วนเกณฑ์การใช้พลังงานในระดับที่สูงกว่า BEC มี 3 ระดับ ดังนี้

1. HEPS (High Energy Performance Standard) คือ ระดับเกณฑ์มาตรฐานขั้นสูงของระบบต่างๆ ซึ่งเป็นเป้าหมายที่บรรลุด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน

2. Econ (Economic building) คือ เป้าหมายในอนาคตอันใกล้เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยี ของอุปกรณ์และระบบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีกแต่ยังมีความคุ้มค่าในการลงทุน

3. ZEB (Zero Energy Building) คือ เป้าหมายในระยะยาวที่อาคารใช้พลังงานที่จ่ายเข้าจากภายนอกในระดับใกล้ศูนย์เนื่องจากความต้องการพลังงานของอาคารที่ต่ำมากและ ยังมีการผลิตพลังงานที่ใช้ในอาคารจากพลังงานหมุนเวียนด้วย

ระดับความสามารถในการอนุรักษ์ พลังงานตามแบบจำลองของอาคารแต่ละประเภท ที่แสดงตามตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าระดับการใช้พลังงานในกรณีที่มีประสิทธิภาพมาก (ZEB) มีค่าเพียง 1/4 ถึง 1/3 ของการใช้ พลังงานในกรณีอ้างอิงในปัจจุบัน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงโอกาสการอนุรักษ์พลังงานในกลุ่มอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.3 ค่าดัชนีการใช้พลังงานสุทธิจากแบบจำลองของอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	การใช้พลังงานภายใต้แต่ละระดับความสามารถในการอนุรักษ์พลังงาน ($kWh/m^2/y$)				
	Reference	BEC	HEPS	Econ	ZEP
อาคารสำนักงาน	219	171	141	82	57
อาคารห้างสรรพสินค้า	308	231	194	146	112
อาคารธุรกิจค้าปลีกค้าส่ง	370	298	266	161	126
โรงแรม	271	199	160	116	97
คอนโดมิเนียม	256	211	198	132	95
สถานพยาบาล	244	195	168	115	81
สถานศึกษา	102	85	72	58	39
อาคารทั่วไป	182	134	110	66	53

ที่มา: กระทรวงพลังงาน แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554-2573) น.3-6

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ดังนั้นเจ้าของอาคารหรือผู้ออกแบบอาคารควรให้ความสำคัญของการจำลองแบบการใช้พลังงานในอาคาร ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบการเลือกวัสดุ อุปกรณ์ ที่มีประสิทธิภาพพลังงานตั้งแต่ยังไม่ทำการก่อสร้างสามารถทำได้ง่ายและสิ้นเปลืองงบประมาณน้อย ส่วนอาคารที่มีอยู่เดิมหากจะดำเนินการปรับปรุงอาคาร สิ่งที่เจ้าของอาคารต้องพิจารณาคือสัดส่วนการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยทั้งปีหรือดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปีโดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม } (kWh/m^2/y) = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อปี } (kWh/y)}{\text{พื้นที่ใช้สอยอาคาร ไม่รวมที่จอดรถ } (m^2)} \qquad (2.1)$$

2.4 แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้จัดทำคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมิได้ให้ความสำคัญที่การลดใช้พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และการเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ซึ่งอยู่ภายในอาคาเพียงอย่างเดียว แต่หากการออกแบบกรอบอาคาร หรือทิศทางของอาคารไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ก็จะเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศและสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

2.4.1 ปัจจัยภายนอกอาคาร ได้แก่

2.4.1.1 ทิศทางแสงแดด ควรออกแบบให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก-ทิศตะวันตกเพื่อให้ด้านที่มีพื้นที่ผนังน้อยรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ โดยเฉพาะช่วงบ่ายที่มีรังสีอาทิตย์ร้อนจัดจะช่วยให้ความร้อนเข้าอาคารลดลงและลดการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศด้วย ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 แสดงแนวทางการออกแบบทิศทางของอาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 7

2.4.1.2 พืชพันธุ์ธรรมชาติ การปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างและพุ่มใบโปร่งรอบๆอาคารเพื่อให้ร่มเงาจะช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์หรือการปลูกไม้พุ่มและการสร้างบ่อน้ำเพื่อสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมหรือการปลูกหญ้าและพืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนให้กับพื้นดิน ดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 แสดงแนวทางการปลูกต้นไม้เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 7

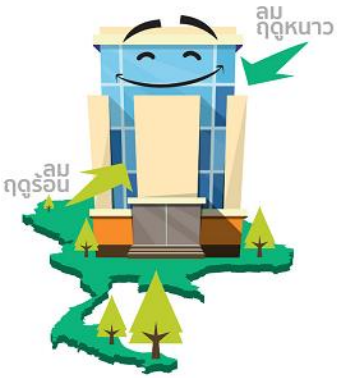
2.4.1.3 สภาพภูมิประเทศ การออกแบบสภาพภูมิประเทศให้เหมาะสมกับอาคาร เช่น การปรับแต่งเนินดินรอบอาคารเพื่อช่วยส่งเสริมให้กระแสลมเย็นสามารถพัดผ่านตัวอาคารได้สะดวกยิ่งขึ้น หรือการสร้างบ่อน้ำขนาดใหญ่เพื่อให้ลมพัดผ่านสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 แสดงแนวทางการสร้างบ่อน้ำเพื่อให้ลมพัดผ่านสร้างความเย็น

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์ กระทรวงพลังงาน น. 8

2.4.1.4 สภาพภูมิอากาศ การสร้างอาคารควรคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นๆ เนื่องจากการสร้างอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ เช่น การใช้ประโยชน์จากลมประจำถิ่น ด้วยการวางแนวอาคารและเปิดช่องเพื่อรับลม สำหรับประเทศไทยมีลมประจำถิ่น ได้แก่ลมฤดูร้อนพัดจากทางทิศใต้หรือตะวันตกเฉียงใต้และลมฤดูหนาวพัดจากทางทิศเหนือหรือตะวันออกเฉียงเหนือ ดังภาพที่ 2.5



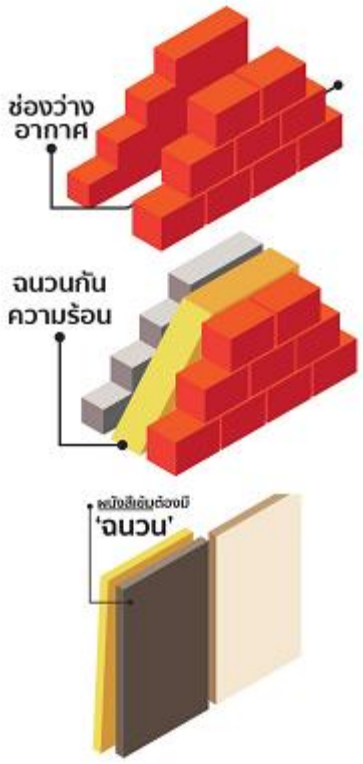
ภาพที่ 2.5 แสดงแนวทางการสร้างอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่น

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 8

2.4.2 ปัจจัยภายใน ได้แก่

2.4.2.1 ผนังทึบ ผนังทึบเป็นส่วนสำาคัญในการช่วยให้อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในอาคารใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการทำากิจกรรมต่าง ๆของผู้ใช้อาคารดังนั้นการเลือกใช้ผนังทึบที่เหมาะสมจึงเป็นส่วนสำคัญในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารและลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ เช่น การเพิ่มความสามารถการต้านทานความร้อนให้สูง (R-value) ด้วยการติดฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกหรือใช้ผนัง 2 ชั้น ที่มีช่องว่างอากาศระหว่างชั้นเพื่อกันความร้อนจากภายนอก หรือ สีของผนังทึบภายนอกควรเป็นสีโทนอ่อน เช่น สีขาวสีครีม เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์น้อยกว่าสีโทนเข้มแต่ถ้าต้องการใช้สีโทนเข้มควรทาสีผนังทึบในตำแหน่งที่โดนแสงอาทิตย์น้อยหรือมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติมด้วย ดังภาพที่ 2.6

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

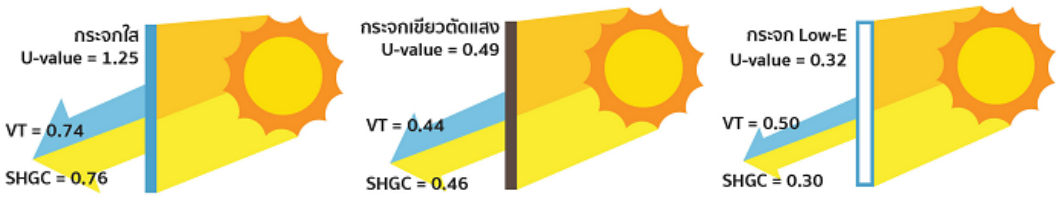


ภาพที่ 2.6 แสดงแนวทางการออกแบบผนังทึบ

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 10

2.4.2.2. ผนังโปร่งแสง ผนังโปร่งแสงหรือกระจกเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้มากกว่าผนังทึบ 5-10 เท่า การเลือกชนิดกระจกและเทคนิคการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้ ดังนั้นคุณสมบัติของกระจกที่เหมาะสม ค่าการส่องผ่านของแสง(Visible Transmittance :VT)ไม่ควรน้อยกว่า 20% เพื่อสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ควรน้อยเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น กระจกเขียวตัดแสง กระจกสะท้อนแสงหรือกระจก Low-E และ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient : SHGC) ควรมีค่าน้อยเพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์และเพื่อความสบายตาของผู้ใช้อาคาร ดังภาพที่ 2.7

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 2.7 แสดงแนวทางการออกแบบผนังโปร่งแสง

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 11

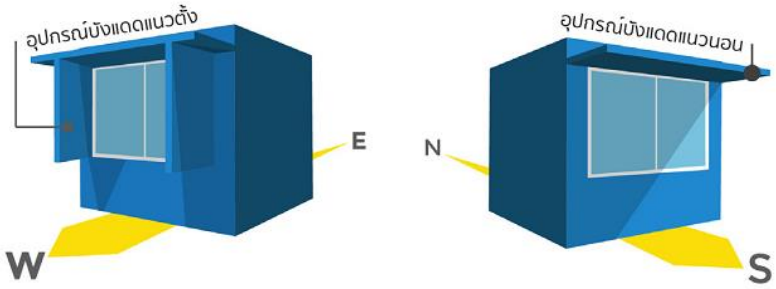
2.4.2.3 หลังคา หลังคาควรติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพื่อทำให้อาคารสามารถกันความร้อนได้ดีขึ้น เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวน PU แผ่นยิปซั่มบอร์ดและแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 แสดงแนวทางการออกแบบหลังคา

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 11

2.4.2.4 อุปกรณ์บังแดดภายนอก อุปกรณ์บังแดดแบบภายนอกมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารดีกว่าแบบภายในดังนั้นการออกแบบช่องเปิดและช่องผนังโปร่งแสงของอาคารควรมีอุปกรณ์บังแดดติดตั้งด้วยเสมอโดยการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ดีควรคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน เช่นทิศทางตัวอาคารขนาดช่องเปิดและช่องว่างระหว่างอุปกรณ์บังแดดกับผนังอาคาร เช่น อาคารด้านทิศใต้และทิศเหนือควรติดตั้งแบบแนวนอน และ อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกควรติดตั้งแบบแนวตั้ง ดังภาพที่ 2.9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 2.9 แสดงแนวทางการออกแบบอุปกรณ์บังแดด

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 12

2.4.2.5 ระบบปรับอากาศต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดทำความเย็นเหมาะสมกับภาระการทำความเย็นและมีประสิทธิภาพสูงหรือเป็นรุ่นประหยัดไฟเบอร์ 5 ดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 แสดงแนวทางการเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 12

2.4.2.6 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การลดการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือการประหยัดไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟให้ได้มากที่สุดแต่ยังคงความสว่างเพียงพอกับการใช้งานแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้แก่ การเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงหรือหลอด LED และการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในเวลากลางวันด้วยเทคนิคการติดตั้งสวิตซ์เปิด-ปิดแบบแยกสำหรับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารด้านที่มีแสงสว่างจากภายนอก ดังภาพที่ 2.11

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 2.11 แสดงแนวทางการเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงหรือหลอด LED

ที่มา: คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน น. 13

จากปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน สำหรับอาคารที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ภาระการทำความเย็น เกิดได้จากจากทั้ง 2 ปัจจัย ปัจจัยภายนอกได้แก่ความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคารและจากปัจจัยภายในอันได้แก่ความร้อนที่เกิดจากภายในตัวอาคารเอง โดยปกติแล้วความร้อนจากที่ถ่ายเทจากภายนอกจะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในคือคิดเป็นร้อยละ 60 ของภาระการปรับอากาศดังรูปที่ 2.12 แสดงแหล่งความร้อนต่าง ๆของภาระการปรับอากาศซึ่งประกอบด้วย

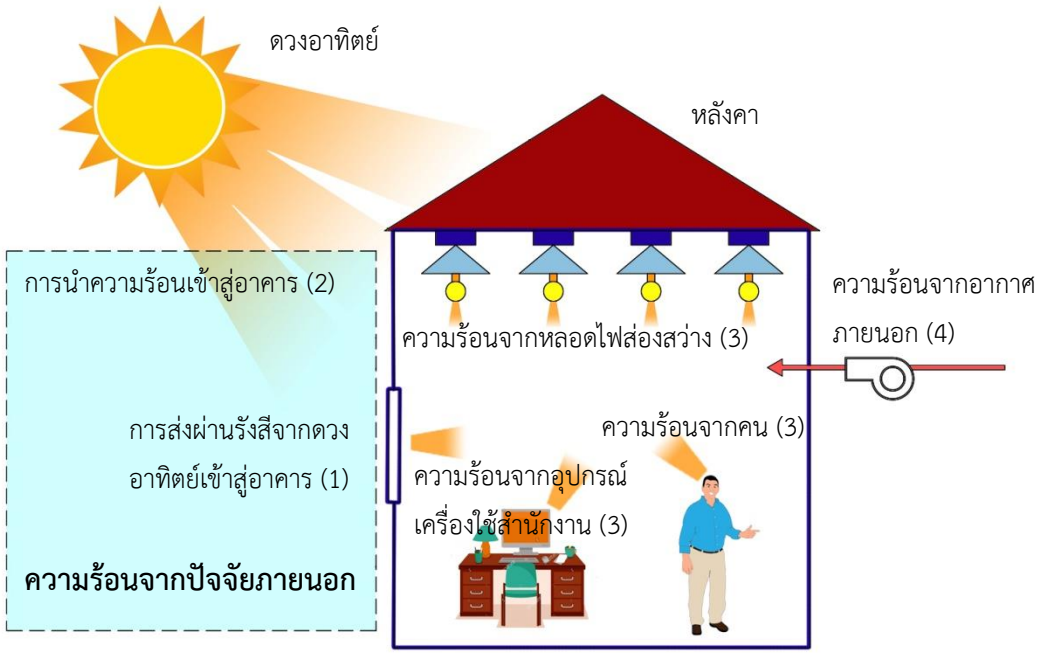
1. การส่งผ่านรังสีจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรงผ่านพื้นผิวที่โปร่งแสงเช่น หน้าต่าง หลังคาโปร่งแสง (skylight)

2. การนำความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านทางผนังภายนอก (ผนังทึบและผนังกระจก) พื้นและหลังคา

3. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากตัวคน หลอดไฟส่องสว่าง และ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่อยู่ภายในอาคาร

4. ความร้อนที่เกิดจากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาเพื่อการระบายอากาศภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่อาคาร (เช่นอากาศที่ผ่านเข้าทางประตูหรือหน้าต่างในส่วนที่เปิดไว้)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 2.12 แหล่งความร้อนต่างๆ ของภาระการปรับอากาศ

ที่มา: คมสัน วิสาวะโท (2559)

สำหรับกระจกใสซึ่งนิยมใช้ในอาคารเก่าความร้อนจากภายนอกจะผ่านทะลุเข้าตัวอาคารได้มาก (ร้อยละ 83) และมีแสงสว่างที่ตามองเห็นทะลุผ่านสูง (ร้อยละ 88) ดังนั้นกระจกใสจะให้แสงสว่างเข้ามามากแต่ในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนผ่านเข้ามามากด้วยดังนั้นวิธีป้องกันความร้อนที่ผ่านกระจกใสคือติดฟิล์มกรองแสงที่ผิวกระจกด้านในซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้สูง (พรเทพ พินัยนิติศาสตร์, 2554,น. 33)

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติได้เสนอแนะให้มีการตั้งอุณหภูมิที่25OCในบริเวณที่ทำงานทั่วไปและพื้นที่ส่วนกลางตั้งอุณหภูมิที่24OCในบริเวณพื้นที่ทำงานใกล้หน้าต่างกระจกตั้งอุณหภูมิที่22OCในห้องคอมพิวเตอร์ซึ่งการปรับเพิ่มอุณหภูมิทุก ๆ 1OC จะช่วยประหยัดพลังงานประมาณร้อยละ 10 ของเครื่องปรับอากาศอุณหภูมิที่เหมาะสมของการใช้งานระบบปรับอากาศสำหรับอาคารทั่วไปในประเทศไทยคือ24.5 – 26.5OCดังนั้นถ้าตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทไว้ที่25OCจะช่วยประหยัดพลังงานได้ดีที่สุด (พรเทพ พินัยนิติศาสตร์, 2554, น. 31)

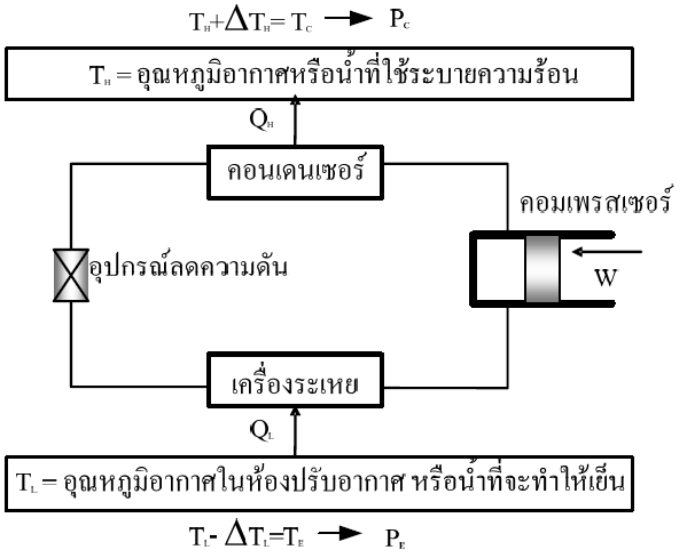
DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.5 ระบบปรับอากาศ

โดยส่วนใหญ่ระบบปรับอากาศจะใช้หน่วยทำความเย็น (Refrigeration Unit) ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression Cycle) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นเครื่องปรับอากาศฮีตปั๊มตู้เย็นตู้แช่เครื่องทำน้ำแข็งและอีกหลายอย่างจะมีหลักการเดียวกันหมดดังแสดงในภาพที่ 2.13 คืออาศัยกฎธรรมชาติทำให้สารเปลี่ยนแปลงสถานะเช่นถ้าเป็นของเหลวที่มีความดันสูงอยู่ก็ทำให้ความดันลดลงถึงค่าหนึ่งสารทำความเย็นจะกลายเป็นไอวิธีการลดความดันก็ให้ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันเช่นท่อทองแดงขนาดเล็กเรียกว่าหลอดรูเล็ก(Capillary Tube) หรือวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) มวลที่กลายเป็นไอส่วนหนึ่งเช่นในเครื่องปรับอากาศพลังงานความร้อนจะประมาณ 20-30% สารทำความเย็นจะต้องเอาความร้อนแฝงใส่ตัวเองจำนวนมากโดยการดูดจากมวลส่วนที่ยังเป็นของเหลวอยู่ประมาณ 70-80%ทำให้ของเหลวเย็นลงอย่างมาก (ไอก็เย็นตามไปด้วย) ของเหลวที่เหลือซึ่งมีความเย็นนี้คือส่วนที่ใช้ในการทำความเย็นโดยจะให้ไหลเข้าไปในเครื่องระเหย (Evaporator) หรือคอยล์ทำความเย็นของเหลวที่เย็นนี้จะดูดความร้อนจำนวน QL จากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็นจนตัวเองกลายเป็นไอไปหมด

โดยอาศัยกฎธรรมชาติในทางกลับกันคือถ้าสารนั้นเป็นไออยู่เมื่อเพิ่มความดันถึงค่าหนึ่งสารทำความเย็นต้องกลายเป็นของเหลวการเพิ่มความดันก็โดยใช้คอมเพรสเซอร์อัดการอัดคือการเพิ่มพลังงานให้กับไอไอจะร้อนขึ้นมากจะยังเปลี่ยนเป็นของเหลวไม่ได้จึงต้องปล่อยไอร้อนนี้เข้าไประบายความร้อนออกทิ้งที่คอนเดนเซอร์จนอุณหภูมิไอร้อนลดลงถึงจุดจุดหนึ่งธรรมชาติจะบังคับให้เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวการเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลวได้จะต้องคายความร้อนแฝงออกมามากซึ่งความร้อนทั้งหมดที่คอนเดนเซอร์นี้คือที่ต้องระบายทิ้งจำนวน Q_Hของเหลวความดันสูงก็จะไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันอีกวนเวียนเป็นวัฏจักร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 2.13 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ที่มา: สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 2553, ตอนที่ 3 บทที่ 4 ระบบปรับอากาศ

จะเห็นว่าระบบทำความเย็นเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นคือความดันสูงก็จะกลายเป็นของเหลวแม้จะร้อน (อุณหภูมิสูง) สำหรับความดันต่ำก็จะกลายเป็นไอได้แม้จะเย็น (อุณหภูมิต่ำ) นั่นคือในวัฏจักรทำความเย็นจะมีส่วนความดันต่ำและส่วนความดันสูงซึ่งคอมเพรสเซอร์คือหัวใจในการดูดสารทำความเย็นจากความดันต่ำอัดให้เป็นความดันสูงซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ใช้พลังงานส่วนใหญ่ถ้าต้องการอัดมวลจำนวนเดียวกันความดันด้านสูงยิ่งสูงก็จะใช้พลังงานในการอัดยิ่งมากหรือความดันด้านต่ำหรือความดันระเหยยิ่งต่ำก็จะใช้พลังงานในการอัดยิ่งมากเช่นกัน

การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้งานจะประเมินด้วยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (Coefficient of Performance, COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (COP) เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพของวัฏจักรในการทำความเย็นคืออัตราส่วนระหว่างปริมาณความเย็นของระบบอัดของเครื่องทำความเย็นที่สามารถทำได้มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ความเย็นต่อพลังงานกำลังเพลาที่เครื่องอัดต้องการมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์โดยทั่วไปจะพิจารณาสำหรับเครื่องปรับอากาศหรือระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ได้แก่ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(Water Cooled Water Chiller) ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) เป็นต้นซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$COP = \frac{Q_L}{Ecomp} \quad (2.2)$$

เมื่อ Q_L= อัตราการทำความเย็น (kW)

Ecomp= ความต้องการไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพของวัฏจักรในการทำความเย็นคืออัตราส่วนระหว่างปริมาณความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมงต่อพลังงานที่กำลังเพลาที่เครื่องอัดต้องการมีหน่วยเป็นวัตต์โดยทั่วไปจะแสดงในรูปของประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กชนิดหน่วยเดียว (Unity) ได้แก่ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบติดหน้าต่าง (Window Type) และแบบชุดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package) เป็นต้นซึ่งอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$EER = 3.415 \times COP \quad (2.3)$$

เมื่อ COP = สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

พลังงานไฟฟ้าจะรวมทั้งพลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์พัดลมอุปกรณ์ควบคุมที่เครื่องปรับอากาศใช้ทั้งหมดดังนั้นการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงมีความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าต่อตันความเย็นต่ำโดยการกำหนดค่าเป็นหมายเลขเพื่อแสดงการใช้พลังงานเช่นเบอร์ 1 ถึงเบอร์ 5 ความหมายคือเบอร์ 1 สิ้นเปลืองพลังงานมากและเบอร์ 5 จะสิ้นเปลืองพลังงานน้อยสุดหมายเลข 1-5 ที่บอกถึงความประหยัดพลังงานนั้นโดยกำหนดจากค่า EER ค่า EER ยิ่งมากยิ่งประหยัดไฟฟ้าได้มาก (พรเทพ พินัยนิติศาสตร์, 2554, น. 23-26; สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 2553, ตอนที่ 3 บทที่ 4 ระบบปรับอากาศ)

ระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีขนาดพิกัดใหญ่เกินกว่าภาระทำความเย็นจริงเพื่อสำรองไว้สำหรับความไม่แน่นอนของสภาพอากาศจำนวนผู้อาศัยหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดภาระต่อการทำความเย็นดังนั้นถ้าสามารถควบคุมระบบปรับอากาศให้ทำงานได้เหมาะสมกับ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ความต้องการจริงก็จะช่วยประหยัดพลังงาน (พรเทพ พินัยนิติศาสตร์, 2554, น. 30)

2.6 มาตรฐานการกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ตามประกาศราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2564 ได้เผยแพร่ประกาศของกระทรวงพลังงานเรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2564 หมวด 3 ค่าประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศข้อ 9(1) เครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 12,000 วัตต์ต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลเป็นไปตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเบอร์5(ขั้นต่ำ) ที่เป็นปัจจุบันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้กำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ เบอร์ 5, เบอร์ 5★□ เบอร์ 5 ★★□ □ และ เบอร์ 5★★★□□□ โดยเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพพลังงานสูง ตามจำนวนดาวที่ได้รับสูงสุดที่ 3 ดาวเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ พิจารณาจากค่าประสิทธิภาพหรือค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio : SEER) มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ โดยแบ่งเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานตามชนิด และขนาดเครื่องปรับอากาศ โดยเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศปีค.ศ. 2019 เริ่มใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 ดังตารางที่ 2.4 และ 2.5

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed Speed ปี ค.ศ. 2019

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★★	เบอร์ 5 ★★★
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (≤ 27,296 บีทียู/ชั่วโมง)	12.85 - 13.84	13.85 - 14.85	14.85 - 15.84	≥ 15.85
มากกว่า 8,000 - 12,000 วัตต์ (> 27,296 - 40,944 บีทียู/ชั่วโมง)	12.40 - 13.39	13.40 - 14.39	14.40 - 15.39	≥ 15.40

ที่มา: ข้อกำหนดโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ปี ค.ศ. 2019

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★★	เบอร์ 5 ★★★
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (≤ 27,296 บีทียู/ชั่วโมง)	15.00 - 17.49	17.50 - 19.99	20.00 - 22.49	≥ 22.50
มากกว่า 8,000 - 12,000 วัตต์ (> 27,296 - 40,944 บีทียู/ชั่วโมง)	14.00 - 16.49	16.50 - 18.99	19.00 - 21.49	≥ 21.50

ที่มา: ข้อกำหนดโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้กำหนดรูปแบบฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงานมี 4 ระดับ ตั้งแต่ เบอร์ 5, เบอร์ 5★ เบอร์ 5 ★★ และ เบอร์ 5★★★ดังภาพที่ 2.14 และ 2.15

ภาพที่ 2.14 รูปแบบฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงาน

ที่มา: ข้อกำหนดโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 2.15 รายละเอียดฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงาน (ขนาดจริงกว้าง 72 มม. สูง 89 มม.)

ที่มา: ข้อกำหนดโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553, ตอนที่ 3 บทที่ 4 ระบบปรับอากาศ

2.7 หลอดไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆคือหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp)หลอดปล่อยประจุก๊าซหรือหลอดดีสชาร์จ (Discharge Lamp) และหลอดประเภทเรืองแสงในตัว (Luminescence Lamps)(สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 2553, บทที่ 3, น.4-22)

2.7.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp)

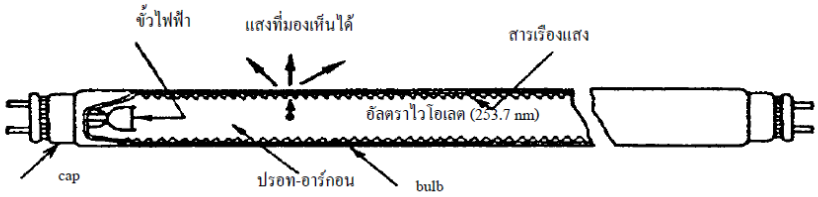
หลอดประเภทนี้อาศัยหลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดทั่วไปทำจากทังสเตนซึ่งทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างขึ้นหลอดไส้เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างน้อยที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมดรวมทั้งมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้นคือประมาณ1, 000 – 3,000 ชั่วโมงแต่หลอดชนิดนี้ยังเป็นหลอดที่นิยมใช้เป็นอย่างมากเนื่องจากง่ายต่อการติดตั้งและค่าติดตั้งเริ่มต้นมีราคาถูกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ หลอดไส้แบบธรรมดา (Normal Incandescent Lamp) ไส้หลอดมีลักษณะเป็นขดลวดส่วนใหญ่ทำจากทังสเตน และ หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp)ที่พัฒนาจากหลอดเผาไส้ธรรมดานี้โดยบรรจุธาตุตระกูลฮาโลเจนเข้าไปกับแก๊สที่บรรจุในหลอด

2.7.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

เป็นหลอด Discharge lamp ที่กำเนิดแสงที่มองเห็นได้ด้วยการที่รังสีอัลตราไวโอเลตที่

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เกิดจากการคายประจุของไอปรอทความดันต่ำไปกระตุ้นสารเรืองแสงโครงสร้างของหลอดแสดงไว้ในภาพที่ 2.16 โดยภายในผิวหลอดแก้วจะมีสารเรืองแสงเคลือบอยู่และที่ไส้หลอดรูปคอยล์ที่ขั้วหลอดจะมีสาร Emitter เคลือบอยู่ในหลอดจะมีปรอทจำนวนเล็กน้อยกับก๊าซอาร์กอนบรรจุอยู่เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าจะเกิดการคายประจุขึ้นขั้วหลอดจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนร้อนออกมาอิเล็กตรอนจะไปชนกับอะตอมของปรอทเกิดรังสีอัลตราไวโอเลตขึ้นรังสีอัลตราไวโอเลตจะไปกระตุ้นสารเรืองแสงและถูกแปลงเป็นแสงที่มองเห็นได้ (ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Photoluminescence)



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ที่มา: คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553, ตอนที่ 2 บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(2553, น. 9)

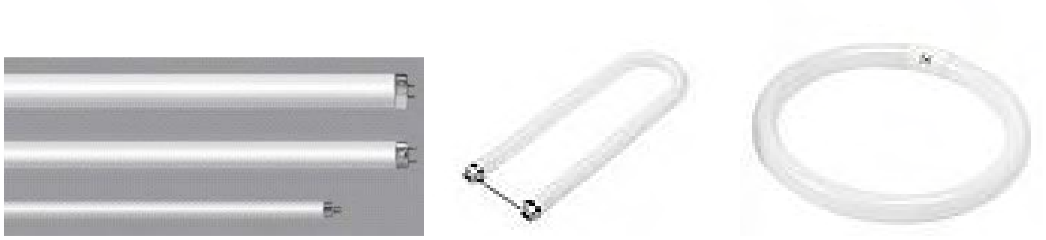
การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยบัลลาสต์จะต่ออนุกรมกับหลอดทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่ไหลเข้าสู่ขั้วหลอดส่วนสตาร์ทเตอร์ (Starter) จะต่อขนานกับขั้วหลอดทั้งสองข้างทำหน้าที่จุดหลอดและถูกตัดออกมาจากวงจรเมื่อหลอดติดแล้วสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ส่วนมากที่ไส้หลอดจะต้องทำการอุ่นก่อนการจุดหลอดซึ่งการอุ่นจะอาศัยสตาร์ตเตอร์อย่างไรก็ตามหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบจุดติดเร็วซึ่งมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลาและหลอดแบบจุดติดทันที (Instant Start) ซึ่งไม่ต้องอุ่นไส้หลอดหลอดทั้ง 2 แบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีสตาร์ตเตอร์

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์อาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่

2.7.2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอก (Tubular Fluorescent) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นแรกที่ผลิตออกมาได้รับความนิยมมากเนื่องจากมีประสิทธิผลสูงและมีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้รูปร่างของหลอดมีลักษณะแตกต่างกัน 3 แบบได้แก่แบบทรงกระบอกตรงแบบทรงกระบอกรูปตัวยู (U-shape)และแบบทรงกระบอกรูปวงกลมดังแสดงในภาพที่ 2.17

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หลอดฟลูออเรสเซนต์มีวิวัฒนาการและเริ่มผลิตมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2482 หลอดฟลูออเรสเซนต์ยุคแรกมีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 38 mm (หรือ 1.5 นิ้ว) มีรหัสเรียกว่า T12 (ปัจจุบันเลิกผลิตจำหน่ายแล้ว) ต่อมาหลอดประเภทนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีประสิทธิผลสูงขึ้นและใช้กำลังไฟลดลงโดยหลอดประเภทนี้เรียกว่าหลอดผอมทั่วไปมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 26 mm (หรือ 1 นิ้ว) มีรหัสเรียกว่า T8 ซึ่งขนาดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ 18 W 36 W และ 58W



(ก) แบบทรงกระบอกตรง (ข)แบบทรงกระบอกรูปตัวยู (ค) แบบทรงกระบอกรูปวงกลม

ภาพที่ 2.17 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอกรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา: คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553, ตอนที่ 2 บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (2553, น. 10)

ปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบฟลักซ์การส่องสว่างสูงได้พัฒนาเทคโนโลยีสารเรืองแสงที่เคลือบด้านในใหม่เรียกว่าไตรฟอสเฟอร์ (Tri-phosphor) โดยมีชื่อเรียกทางการค้าว่าหลอดขั้วเขียวเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควบคุมปริมาณสารปรอทให้ต่ำเพียง 3-5 มิลลิกรัมต่อหลอด (ขณะที่ของเดิมมีปริมาณปรอทถึง 15-40 มิลลิกรัมต่อหลอด) ซึ่งใช้หลักการผสมแม่สี 3 สีคือแดงเขียวน้ำเงินเคลือบสารเป็นสารเรืองแสงภายในทำให้แสงสีที่เปล่งออกมามีครบทุกเฉดสีผลทำให้ดัชนีบอกความถูกต้องของสีของหลอดสูงขึ้นและทำให้ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างเพิ่มขึ้นถึง 30% มีประสิทธิผลการส่องสว่างสูงขึ้นและอายุการใช้งานนานขึ้น

ต่อมาได้มีการพัฒนาหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่คือหลอดฟลักซ์การส่องสว่างสูงประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Lamps: HE Lamps) หรือหลอด T5 หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่นี้มีขนาดเล็กมากคือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 16 mm (หรือ 5/8 นิ้ว) มีรหัสเรียกว่า T5 แต่หลอดประเภทนี้จะต้องใช้ร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์โดยขนาดมีทั้งที่เป็นแบบมาตรฐาน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(Standard) ที่มีขนาดต่าง ๆ ได้แก่ 14 W 21W 28 W และ 35W และแบบความเข้มสูง (High Output, HO) ที่มีขนาดต่าง ๆ ได้แก่ 24W 39W 54W และ 80W หากจะเปรียบเทียบปริมาณแสงและประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด T5 T8 และ T12 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าพัฒนาการของ T5 ทำให้ได้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบปริมาณแสงและประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด T5 T8 และ T12

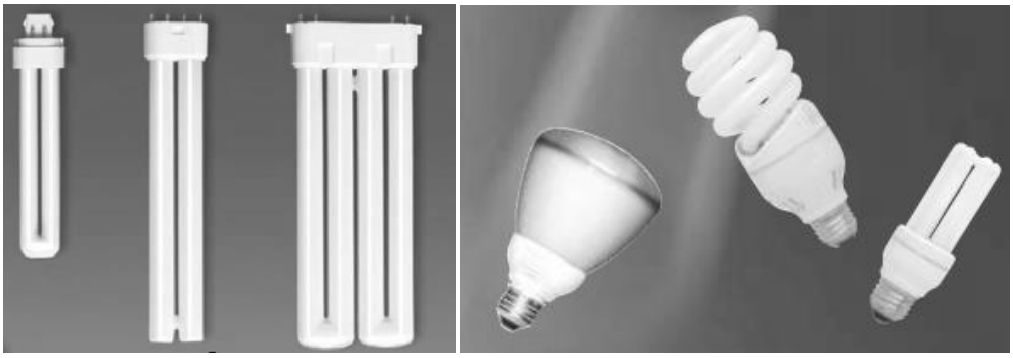
ประเภทหลอด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความยาว (นิ้ว)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมนต่อวัตต์)
			เริ่มต้น	ค่าเฉลี่ยตลอดอายุการใช้งาน	
T5 มาตรฐาน	14	22	1,350	1,269 – 1,275	96
	21	34	2,100	1,974 – 2,000	100
	28	46	2,900	2,726 – 2,750	104
	35	58	3,650	3,431 – 3,450	104
T5 ความเข้มสูง	24	22	2,000	1,800 – 1,895	83
	39	34	3,500	3,290 – 3,320	90
	54	46	5,000	4,700 – 4,740	93
	80	58	7,000	6,580 – 6,650	88
T12	40	48	3,050 – 3,250	2,775 – 2,950	81
	34	48	2,650 – 2,800	2,430 – 2,520	82
T8	32	48	2,700 – 2,850	2,550 – 2,710	89

ที่มา: คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553, ตอนที่ 2 บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(2553, น. 11)

2.7.2.2 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) หลอดประเภทนี้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์โดยหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์นี้มีอายุการใช้งานประมาณ 8,000 ชั่วโมงและประหยัดไฟได้มากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์เนื่องจากหลอดประเภทนี้มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ ดังนั้นจึงสามารถใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ได้ในบางพื้นที่หรือบางกิจกรรมโดยเฉพาะ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บริเวณที่ต้องมีการเปิดไฟทิ้งไว้เป็นเวลานานเช่นไฟส่องสว่างทางเดินเป็นต้น



ก) แบบบัลลาสต์แยกภายนอกข) แบบบัลลาสต์ในตัว

ภาพที่ 2.18 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ

ที่มา: คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553, ตอนที่ 2 บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(2553, น. 12)

2.7.2.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ (Induction Fluorescent) หลอดประเภทนี้มีหลักการทำงานคือเมื่อรับไฟผ่านจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดพิเศษเข้ามาที่ขดลวดปฐมภูมิที่พันอยู่บนแกนเฟอร์ไรต์ตัวหลอดที่คล้องอยู่ในแกนเฟอร์ไรต์เสมือนเป็นทุติยภูมิไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงจากขดลวดปฐมภูมิจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นที่รอบตัวหลอดทำให้เกิดแรงดันสูงเหนี่ยวนำขึ้นที่หลอดส่งผลให้อิเล็กตรอนภายในหลอดเกิดการแตกตัวและวิ่งไปกระทบกับอะตอมปรอทปล่อยรังสียูวีและผ่านสารเรืองแสงที่เคลือบด้านในผิวหลอดกลายเป็นแสงที่มองเห็นได้ซึ่งหลักการเปล่งแสงคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไปเนื่องจากหลอดประเภทนี้ไม่มีขั้วหลอดจึงมีอายุการใช้งานนานเช่นหลอดขนาด 100-150 วัตต์ มีอายุการใช้งานนานถึง 60,000 ชั่วโมงมีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 8,000-12,000 ลูเมน และประสิทธิภาพ 80 ลูเมนต่อวัตต์

2.7.3 หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low Pressure Sodium) เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างสูงที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมดคือจะมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง 100 – 189 ลูเมนต่อวัตต์ หลอดโซเดียมความดันต่ำจะใช้ก๊าซนีออน (Neon) และก๊าซอาร์กอน (Argon) ช่วยในการจุดติดหลอดโดยในการดีสชาร์จจะทำให้ผนังหลอดแก้วร้อนขึ้นซึ่งจะทำให้โซเดียมกลายเป็นไอให้แสงสีเหลืองหลอดนี้มีช่วงเวลาที่ใช้ในการจุดติดหลอดและช่วงเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) 12-15 นาที

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เนื่องด้วยประสิทธิผลการส่องสว่างที่สูงของหลอดโซเดียมความดันต่ำหลอดชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ต้องเปิดไฟไว้เป็นระยะเวลานานอาทิเช่นไฟส่องบริเวณหลอดให้ความเพี้ยนสีสูงจึงไม่ควรนำไปใช้กับกิจกรรมหรือบริเวณที่ต้องความถูกต้องของสีสูง

2.7.4 หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury) หรือหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดดีสชาร์จความดันสูงชนิดแรกที่มีการผลิตขึ้นมาใช้งานเพื่อใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดชนิดนี้ที่ใช้เป็นไฟส่องสว่างสำหรับไฟถนนในซอยหลักการทำงานของหลอดไอปรอทความดันสูงอาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วงดังนี้คือช่วงจุดหลอด (Ignition) ช่วงกำลังเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) และช่วงสภาวะคงตัว (Stabilization)โดยช่วงจุดหลอด (Ignition) เกิดจากการทำงานของขั้วไฟฟ้าช่วย (Auxiliary Electrode) ของหลอดโดยเมื่อเริ่มจุดหลอดจะเกิดแรงดันคร่อมระหว่างขั้วไฟฟ้าหลักและขั้วไฟฟ้าช่วยซึ่งทำให้เกิดการดีสชาร์จของก๊าซตัวต้านทานที่ต่ออยู่ที่ขั้วไฟฟ้าจะเป็นตัวจำกัดกระแสจนสุดท้ายจะเกิดเป็นอาร์กดีสชาร์จระหว่างขั้วไฟฟ้าหลักซึ่งในช่วงจุดหลอดนี้หลอดจะทำงานที่สภาวะความดันต่ำและหลอดจะเกิดแสงสีฟ้าขึ้นช่วงกำลังเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) หลังจากจุดหลอดแล้วอาร์กดีสชาร์จที่เกิดขึ้นในหลอดจะเป็นตัวทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งจะทำให้ปรอทกลายเป็นไอโดยแสงที่ได้จากหลอดจะยังมีค่าไม่เต็มที่จนกว่าปรอทในหลอดดีสชาร์จจะกลายเป็นไอทั้งหมดเมื่อความดันไออยู่ในช่วงประมาณ 2-15 kpa แสงจะเริ่มมีสีขาวซึ่งระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่จุดไส้หลอดจนถึงเวลาที่หลอดให้แสงสว่าง 80% จะมีค่าประมาณ 4 นาทีช่วงท้ายเป็นช่วงสภาวะคงที่ (Stabilization) เป็นช่วงที่หลอดให้ความสว่างเต็มที่ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 5 นาที

2.7.5 หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium) เป็นหลอดที่ให้ประสิทธิภาพการมองเห็นที่ดีที่สุดเนื่องจากหลอดให้เปล่งแสงสีทองเหลืองซึ่งเป็นสีที่ไวต่อการมองเห็นของมนุษย์หลอดประเภทนี้มีอายุการใช้งานยาวนานจึงนิยมใช้สำหรับการให้แสงสว่างภายนอกอาคารอาทิเช่นที่จอดรถลานรับ-ส่งสินค้าไฟสนามกีฬา หลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างค่อนข้างสูง 70 – 140 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ให้ความถูกต้องของสีค่อนข้างต่ำ (CRI 23) ยกเว้นรุ่นที่มีการปรับปรุงคุณภาพของแสงซึ่งจะให้ความถูกต้องของสีประมาณ 60 – 85 หลอดไฟประเภทนี้ต้องจุดไส้หลอดด้วยพัลส์แรงดันสูงประมาณ 1.8-5 kV และต้องใช้เวลาในการอุ่นไส้หลอดประมาณ 3 – 7 นาทีแสงที่ออกมาจากหลอดจึงจะสว่างเต็มที่

2.7.6 หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide) มีลักษณะการทำงานคล้ายหลอดไอปรอทความดันสูงแต่แตกต่างกันตรงที่ภายในหลอดประเภทนี้จะเติมสารประกอบเมทัลฮาไลด์เข้าไปกับปรอทเพื่อทำให้ได้สีของแสงดีขึ้นดังนั้นหลอดเมทัลฮาไลด์นี้จึงมีคุณสมบัติทางสีที่ดีเหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการแสงสีที่ดีเช่นสนามกีฬาและโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการเห็นแสงสีของวัสดุเป็นต้น

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดเมทัลฮาไลด์ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้าแต่โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าประมาณ 65 - 95 ลูเมนต่อวัตต์อายุการใช้งานหลอดประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานน้อยกว่าหลอดไอปรอทความดันสูงคือมีอายุการใช้งานประมาณ 9,000-20,000 ชั่วโมง

2.7.7 หลอดแอลอีดี (Ligh Emitting Diode , LED) หลอด LED ในท้องตลาดปัจจุบันมีความหลากหลายและอาจทำให้เกิดความสับสนกับผู้บริโภคจึงสามารถแยกชนิดของหลอด LED อย่างกว้าง ๆดังแสดงตามภาพ 2.8 (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.)

2.7.7.1 หลอด LED รูปทรงมาตรฐานแบบไม่บังคับทิศทางแสง(Non-directional light) หมายถึงหลอด LED ที่มีรูปทรงและขั้วหลอดเช่นเดียวกับหลอดทั่ว ๆไปเช่นรูปทรงกลมรูปทรงลูกแพร์รูปทรงปิงปองรูปทรงเทียนเป็นต้นมีขั้วหลอดที่พบได้ทั่วไปเช่นขั้วเกลียวขนาด E14 และ E27 หรือขั้วบิดขนาด B22 และมีลักษณะการให้แสงกระจาย (เกือบ) รอบทิศทางหลอด LED ประเภทนี้มักใช้แทนหลอดไส้หรือหลอดประหยัดไฟทั่วไปได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริม

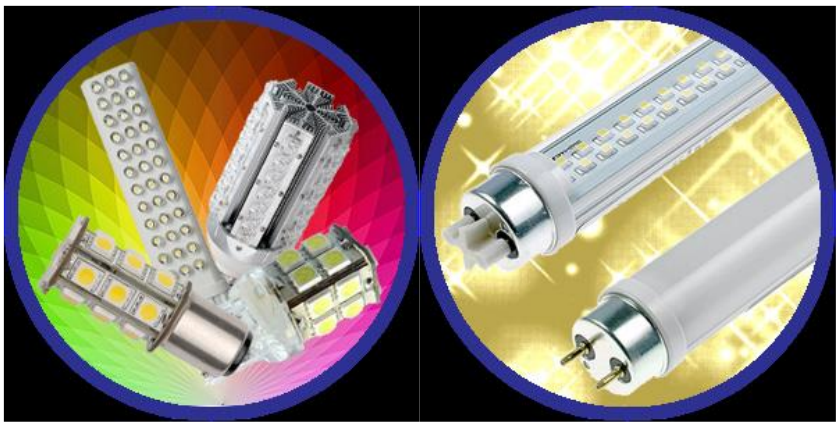
2.7.7.2 หลอด LED รูปทรงมาตรฐานแบบบังคับทิศทางแสง(Directional light)หมายถึงหลอด LED ที่มีรูปทรงและขั้วหลอดเช่นเดียวกับหลอดทั่ว ๆไปที่มีตัวสะท้อนแสงในตัวเช่นหลอดรูปทรงถ้วย (MR) รูปทรงพาร์ (PAR) หรือรูปทรงดอกเห็ดขั้วหลอดที่พบได้ทั่วไปเช่นขั้วเกลียวขนาด E14 และ E27 หรือขั้วเข็มเสียบชนิด GU5.3 และ GU10 และมีลักษณะการให้แสงแบบบังคับทิศทางหลอด LED ประเภทนี้มักใช้แทนหลอดไส้หรือหลอดฮาโลเจนรูปทรงดังกล่าวโดยหลอดฮาโลเจนบางชนิดจำเป็นต้องใช้ร่วมกับหม้อแปลงลดแรงดันดังนั้นหลอด LED ที่จะนำมาแทนหลอดฮาโลเจนชนิดนี้จำเป็นต้องพิจารณาชนิดของหม้อแปลงที่ใช้ว่าสามารถใช้ร่วมกันได้หรือไม่

2.7.7.3 หลอด LED รูปทรงไม่มาตรฐานหมายถึงหลอด LED ที่มีรูปทรงแตกต่างจากหลอดทั่ว ๆไปแต่อาจมีขั้วหลอดเหมือนหรือแตกต่างออกไปและอาจใช้ทดแทนหลอดทั่วไปได้หรือไม่ก็ตามการใช้หลอดประเภทนี้ต้องมีความระมัดระวังและจำเป็นต้องสอบถามข้อมูลจากผู้ผลิต/ผู้จำหน่ายถึงวิธีการใช้งานและอุปกรณ์ประกอบ

2.7.7.4 หลอด LED รูปร่างท่อตรง(Tube)หมายถึงหลอด LED ที่มีรูปทรงเป็นท่อตรงลักษณะเช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดท่อตรงซึ่งอาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 หุน (T8) หรือขนาด 5 หุน (T5) โดยมีขั้วหลอดเป็นแบบเขี้ยวชนิด G13 (สำหรับหลอดขนาด T8) หรือชนิด G5 (สำหรับหลอดขนาด T5)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หลอด LED รูปทรงมาตรฐานหลอด LED รูปทรงมาตรฐาน
แบบไม่บังคับทิศทางแสงแบบบังคับทิศทางแสง



หลอด LED รูปทรงไม่มาตรฐานหลอด LED รูปร่างท่อตรง

ภาพที่ 2.19 ชนิดของหลอด LED

ที่มา: คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค (2556, น. 5) วิธีการเลือกซื้อ/เลือกใช้หลอด LED

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาโคมไฟที่ใช้ว่าสามารถใส่หลอดชนิดใดมีขั้วรับหลอดเป็นแบบใดและพิจารณาระบบไฟฟ้าว่ามีการต่อวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไรและมีอุปกรณ์ประกอบใดบ้าง (เช่น หม้อแปลงสวิตช์หรี่ไฟเป็นต้น) โคมไฟบางรุ่นมีอุปกรณ์ประกอบมาพร้อมกับโคมหรือบางครั้งติดตั้งแยกไว้ต่างหาก

ขั้นตอนที่ 2 เลือกหลอด LED ที่มีรูปทรงขนาดรวมทั้งขั้วหลอดที่สามารถใส่ในโคมไฟ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ได้โดยรูปทรงขนาดและขั้วหลอดควรเป็นไปตามมาตรฐานพร้อมทั้งศึกษาข้อจำกัดของหลอด LED ซึ่งอาจระบุบนผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์หรือสอบถามจากพนักงานว่าสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบหรือวงจรไฟฟ้าที่มีอยู่ได้หรือไม่สามารถปรับหรี่ได้หรือไม่หรือมีข้อจำกัดใดบ้าง

ขั้นตอนที่ 3พิจารณาคุณภาพของหลอดว่าได้มาตรฐานหรือสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและไม่เกิดปัญหาในการใช้งาน

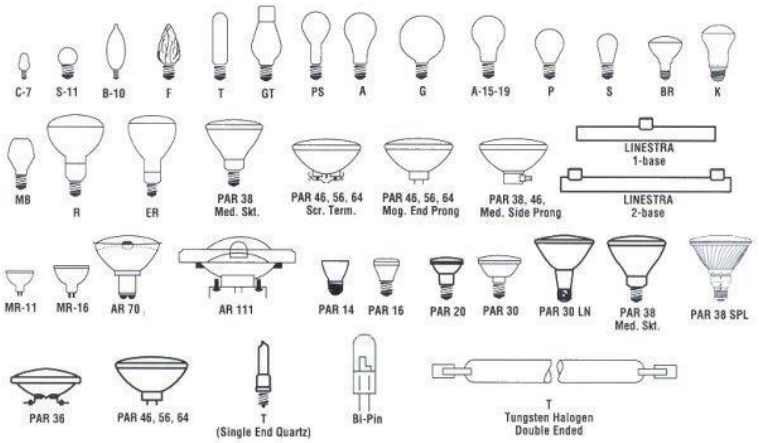
ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาคุณภาพของแสงว่าใกล้เคียงกับหลอดทั่วไปที่ต้องการใส่แทนหรือเป็นไปอย่างที่ต้องการหรือไม่โดยพิจารณาจากปริมาณแสงหรือความเข้มแสงตามแต่ชนิดของหลอดลักษณะการกระจายแสงของหลอดสีของแสงและความถูกต้องของสีของวัตถุ

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาคุณสมบัติอื่น ๆเช่นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ประสิทธิภาพของหลอดอายุการใช้งานและการคงความสว่างความคงทนของหลอดความคงเส้นคงวาของสีและปัญหาสีผิดเพี้ยนเมื่อใช้เป็นเวลานานประกอบการตัดสินใจเพียงเท่านี้เราก็สามารถใช้งานหลอด LED ได้อย่างสบายใจและเต็มประสิทธิภาพ

2.8 เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของหลอด LED

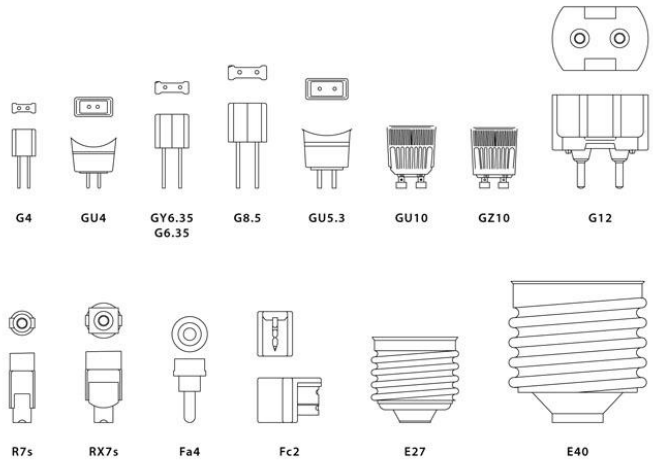
แม้ว่าหลอด LED ส่วนใหญ่จะมีรูปทรงคล้ายกับหลอดทั่ว ๆไปและสามารถใส่ทดแทนกันได้แต่เพื่อให้ได้แสงสว่างที่มีความปลอดภัยและมีคุณภาพในการเลือกใช้หลอด LED จึงควรพิจารณาเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น รูปร่างและขนาด(Shape and Size) ควรมีรูปทรงมาตรฐานดังแสดงตามภาพที่ 2.10 และขนาดไม่เกินกว่าขนาดของหลอดทั่วไปที่นำมาทดแทนทั้งนี้เพื่อให้สามารถใส่ในโคมไฟเดิมได้อย่างปลอดภัย ขั้วหลอดควรเป็นชนิดและมีขนาดเป็นไปตามมาตรฐานดังแสดงตามภาพที่ 2.11 และสามารถรับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ขั้วหลอดที่พบได้ทั่วไป

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 2.20 รูปทรงมาตรฐานของหลอดทั่วไป

ที่มา: คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค (2556, น. 12)



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างขั้วหลอดมาตรฐานที่นิยมใช้

ที่มา: คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค (2556, น. 13)

ปริมาณแสง (Light Output) เป็นปริมาณที่จะบอกว่าหลอด LED ให้แสงสว่างมากน้อยเพียงใด (ทางเทคนิคเรียกปริมาณนี้ว่า ฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็น “ลูเมน (lumen)”) ดังนั้นในการเลือกหลอด LED ที่ไม่มีการบังคับทิศทางแสงเพื่อนำไปทดแทนหลอดไฟเดิมทั่วไปจึงต้องเลือกหลอด LED ที่มีค่าลูเมนใกล้เคียงกับหลอดเดิม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ความเข้มศูนย์กลางลำแสง (Center Beam Intensity)เป็นปริมาณความเข้มของแสงที่ส่องออกไปในทิศทางหนึ่งว่าสามารถส่องไปได้ไกลหรือมีความสว่างเพียงใดมีหน่วยเป็น “แคนเดลา (cd)” ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความสว่างจากหลอดที่มีลักษณะบังคับทิศทางแสงดังนั้นหลอด LED ที่มีการบังคับทิศทางแสงหากต้องการนำไปเปลี่ยนแทนหลอดทั่วไปควรต้องมีความเข้มแสงใกล้เคียงกับของเดิม

อุณหภูมิสีของแสง (Correlated Color Temperature หรือ CCT)เป็นค่าที่บ่งบอกความขาวของแสงที่ได้จากหลอดไฟว่ามีโทนสีเป็นเช่นไรมีหน่วยวัดเป็น “เคลวิน (K)” โดยแสงที่มีค่าเคลวินต่ำจะให้แสงขาวโทนอุ่นเช่นหลอดไส้ให้แสงที่มีอุณหภูมิสีของแสงในช่วง 2700-3000 เคลวิน ในขณะที่แสงที่มีค่าเคลวินสูงจะให้แสงขาวโทนเย็นเช่นหลอดฟลูออเรสเซนต์ตามบ้านจะให้แสงที่มีอุณหภูมิสีของแสงในช่วง 5000–6500 เคลวินเป็นต้นซึ่งสามารถแสดงบรรยากาศตามอุณหภูมิสีของแสงดังภาพ 2.22 สำหรับหลอด LED อาจมีอุณหภูมิสีของแสงให้เลือกหลากหลายดังนั้นผู้บริโภคควรเลือกอุณหภูมิสีของแสงให้เหมาะกับบรรยากาศที่ต้องการ

ภาพที่ 2.22 บรรยากาศตามอุณหภูมิสีของแสง

ที่มา: คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค (2556, น. 18)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ความถูกต้องของสีของวัตถุ (Color Rendering) ดัชนีสีที่ปรากฏ (Color Rendering Index, CRI) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าแสงจากหลอดไฟสามารถส่องวัตถุแล้วทำให้เกิดสีเหมือนธรรมชาติได้ดีเพียงใดดัชนีสีที่ปรากฏจะแบ่งเป็นดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป (Ra) และดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษ (R9, R10, R14) สำหรับหลอด LED ซึ่งมักมีปัญหาในการส่องวัตถุสีแดงแล้วไม่สามารถเห็นสีแดงได้ชัดเจนดังนั้นนอกเหนือจากค่า Ra แล้วบางครั้งยังต้องพิจารณาค่า R9 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถในการตอบสนองต่อสีแดงด้วยซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างความถูกต้องของสีของวัตถุดังภาพ 2.23

ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างความถูกต้องของสีของวัตถุ

ที่มา: คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค (2556, น. 20)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Power) เป็นค่าที่บอกว่าหลอดไฟต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำงานซึ่งมีหน่วยเป็น “วัตต์ (W)” โดยหลอดใดที่มีค่าวัตต์มากคือเป็นหลอดที่กินไฟมากแต่ไม่ได้หมายความว่าเป็นหลอดที่มีความสว่างมาก จึงต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของหลอดด้วยมาตรฐานต่าง ๆยังไม่ระบุค่ากำลังไฟของหลอด LED ชนิดต่าง ๆ

ประสิทธิภาพของหลอด (Lamp Eff iciency) ควรพิจารณาว่าหลอดใดมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหนจะตรวจสอบได้จากค่าที่เรียกว่า “ประสิทธิศักย์ของหลอด” (Lamp Efficacy) มีหน่วยเป็น “ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)” โดยหลอดที่มีค่าประสิทธิศักย์มากหมายถึงหลอดที่ให้แสงมากในขณะที่กินไฟน้อยดังนั้นหลอดที่มีค่าประสิทธิศักย์มากก็จะประหยัดไฟได้มากกว่าเมื่อคิดที่ความสว่างเท่า ๆกันกับหลอดที่มีค่าประสิทธิศักย์ต่ำกว่าหรืออาจพิจารณาได้จากค่าดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency Index) หรือ EEI ซึ่งหลอดที่มีค่า EEI ต่ำหมายความว่าเป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

อายุการใช้งานและการคงความสว่าง (Lifetime and Lumen Maintenance) ของหลอด LED มีความหมายแตกต่างจากอายุการใช้งานของหลอดไฟทั่วไปคืออายุการใช้งานของหลอด LED จะดูจากจำนวนชั่วโมงที่หลอด LED ยังสามารถคงความสว่างได้ตามที่กำหนด โดยทั่วไปกำหนดการคงความสว่างที่ 70% ซึ่งสามารถระบุเป็น L70 โดยไม่ได้คำนึงว่ามีการชำรุดไปมากน้อยเพียงใดในขณะที่อายุการใช้งานของหลอดไฟทั่วไปจะดูจากจำนวนชั่วโมงที่หลอดจำนวนครึ่งหนึ่งยังคงทำงานได้โดยไม่ได้คำนึงว่ามีแสงลดลงไปมากน้อยเพียงใด

ความคงทน (Endurance) ของหลอด LED อาจมีอายุการใช้งานสั้นลงจากที่ระบุอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆเช่นการเปิด-ปิดบ่อย ๆการใช้งานที่อุณหภูมิสูง ๆหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างมากดังนั้นหลอด LED ที่ดีจึงควรผ่านการทดสอบด้านความคงทน

ความเปลี่ยนแปลงของสีของแสง (Change of Chromaticity) ของหลอด LED เมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลานานอาจมีความเปลี่ยนแปลงผิดเพี้ยนจากสีที่ระบุไว้ตอนเริ่มต้นโดยพิจารณาจากค่า Du'v' ซึ่งถ้า Du'v' มีค่ามากแสดงว่าสีของหลอด LED มีความผิดเพี้ยนไปมากโดยเกณฑ์มาตรฐานของความเปลี่ยนแปลงของสีของแสงของหลอด LED สามารถแสดงได้ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์ความเปลี่ยนแปลงของสีของแสงที่กำหนดของมาตรฐานต่าง ๆ

<table>
<tr><th>ชนิดหลอด LED</th><th colspan="2">รูปทรงมาตรฐาน
ไม่บังคับทิศทางแสง</th><th>รูปทรงมาตรฐาน
บังคับทิศทางแสง</th><th>รูปทรงไม่มาตรฐาน</th><th>รูปร่างท่อตรง</th></tr>
<tr><td>Eco Design (ยุโรป)</td><td colspan="2">ไม่ระบุ</td><td colspan="2">ไม่ครอบคลุม</td></tr>
<tr><td>Energy Star
(อเมริกา)</td><td colspan="3">Du'v' ไม่เกิน 0.007 ที่อายุการใช้งาน 6,000 ชั่วโมง</td><td>ไม่ครอบคลุม</td></tr>
<tr><td>เกณฑ์ฉลากเบอร์ 5
(กฟผ.)</td><td colspan="4">Du'v' ไม่เกิน 0.007 ที่อายุการใช้งาน 1,000 ชั่วโมง</td></tr>
</table>

ที่มา: คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค (2556, น. 26)

ข้อจำกัดในการใช้งาน (Operating Condition) ของหลอด LED อาจมีคุณสมบัติอื่นแตกต่างจากหลอดทั่วไปทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งานดังนั้นในการเลือกใช้นอกเหนือจากคุณสมบัติข้างต้นควรพิจารณาข้อจำกัดอื่น ๆ เช่น ระบบไฟฟ้าเนื่องจากหลอด LED ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดอาจนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีระบบไฟฟ้าแตกต่างจากที่ใช้ในประเทศไทย (ซึ่งใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ 50 เฮิรตซ์) ดังนั้นหลอด LED จึงต้องระบุระบบไฟฟ้าที่สามารถ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ใช้ได้สำหรับหลอด LED ที่ไม่สามารถใช้กับวงจรไฟฟ้าเดิมหรือมีข้อควรระวังต้องระบุเป็นหมายเหตุพร้อมทั้งมีคู่มือคำแนะนำในการต่อวงจรไฟฟ้าที่ชัดเจน

อุปกรณ์ประกอบหลอด LED บางชนิดที่มีรูปร่างและขนาดเช่นเดียวกับหลอดทั่วไปแต่ไม่สามารถใช้กับอุปกรณ์ประกอบ (เช่นหม้อแปลง) หรือวงจรไฟฟ้าเดิมของหลอดนั้นๆ ได้หรือสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ประกอบบางชนิด/รุ่นเท่านั้นหลอด LED เหล่านี้ต้องระบุชนิดของอุปกรณ์ประกอบที่สามารถใช้ได้ไว้บนตัวผลิตภัณฑ์และ/หรือบรรจุภัณฑ์ไว้อย่างชัดเจน

ความสามารถในการปรับหรี่แสง (Dimming) หลอด LED บางชนิดสามารถปรับหรี่แสงได้แต่บางชนิดไม่สามารถปรับหรี่แสงได้และแม้ในกรณีหลอดที่สามารถปรับหรี่แสงได้การปรับหรี่แสงยังอาจต้องใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ที่แตกต่างจากหลอดทั่วไปดังนั้นหลอด LED จึงต้องระบุความสามารถในการปรับหรี่แสงและเทคนิค/อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ไว้บนผลิตภัณฑ์และ/หรือบรรจุภัณฑ์ไว้อย่างชัดเจน

ข้อจำกัดอื่น ๆเนื่องจากสมรรถนะของหลอด LED ขึ้นกับประสิทธิภาพการระบายความร้อนเป็นสำคัญดังนั้นบนผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ควรระบุข้อจำกัดและคำแนะนำในการใช้งานให้ชัดเจนเช่นลักษณะการติดตั้งขนาดของโคมไฟที่สามารถใช้ได้อุณหภูมิแวดล้อมที่เหมาะสมเป็นต้น

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคาร โดยใช้โปรแกรม OpenStudio และ EnergyPlus มีดังนี้

ทสพล เขตเจนการ พงษศิริ จรุยนนท วิชุดา เมตตานันท พงษ์นรินทร ชมชื่น และภาณุวัตร เกษรทอง (2550) ได้ทำการศึกษาการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษาด้วยการจำลองแบบการใช้พลังงานด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งเป็นอาคาร 9 ชั้นพื้นที่รวม 27,776 ตารางเมตรโดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากแบบจำลอง 742,919 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี กับผลการตรวจวัดการใช้พลังงานจริง 727,716 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี โดยจำลองแบบการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม EnergyPlus ตามมาตรการประหยัดพลังงานจำนวน 11 มาตรการ และพบว่ามาตรการที่ 7 ซึ่งประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิควบคุมของเครื่องปรับอากาศขึ้น 1°C การใช้มู่ลี่ป้องกันแสงแดด และการปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นเงินได้เท่ากับ 495,037 บาท/ปี แต่การปิดเครื่องปรับอากาศตอนพักกลางวันอาจสร้างความไม่สะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นหากพิจารณาด้านความสะดวกสบาย มาตรการที่ 6 คือการปรับเพิ่มอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเพิ่ม 1°C และการใช้มู่ลี่ป้องกันแสงแดด มีความน่าสนใจมากกว่าเนื่องจากสามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นเงินได้เท่ากับ 479,842 บาท/ปี ซึ่งแตกต่างจากมาตรการที่ 7 เพียงไม่ถึง 1% และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ส่วนมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนที่ประหยัดพลังงานได้มากที่สุด พบว่ามาตรการที่ 11 คือ ปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง ปรับอุณหภูมิควบคุมของ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เครื่องปรับอากาศขึ้น1°C เปลี่ยนโคมไฟจากแบบธรรมดาเป็นแบบสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนบัลลาสต์จากแบบแกนเหล็กธรรมดาเป็นแบบอิเล็กทรอนิคส์ ใช้งานมู่ลี่ป้องกันแสงแดด สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นเงินได้เท่ากับ 744,337 บาท/ปี ใช้เงินลงทุนเท่ากับ 2,277,699 บาท

คมสัน วิสาวะโท และ อำนาจ ผดุงศิลป์ (2559) จำลองการใช้พลังงานอาคารห้องสมุดรูปแบบมาตรฐาน 2549 สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว กรุงเทพมหานครจำนวน 8 แห่ง โดยอาคารมีลักษณะเดียวกันคือ เป็นอาคารสูง 3 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 800 ตารางเมตร นำไปเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ตามใบเสร็จค่าไฟฟ้า และนำมาตรการการประหยัดพลังงานทั้ง 16 มาตรการประมวลผลในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร EnergyPlus เพื่อหามาตรการที่ดีที่สุด จากการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารตามแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม EnergyPlus มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารตามใบเสร็จค่าไฟฟ้า โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.03 - 7.30 ซึ่งร้อยละของความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเพียง 0.03 คือห้องสมุดห้วยขวางและสูงสุด 7.30 คือห้องสมุดทุ่งครุ จึงใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของอาคารห้องสมุดที่สร้างขึ้นเป็นตัวแทนการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของอาคารประเภทห้องสมุด กรณีศึกษานี้ได้ และยังพบว่า มาตรการที่ 16 (Set T. + LED + Film + A/C + PV) เป็นมาตรการที่สามารถลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ มากที่สุดในทุกห้องสมุดที่ทำการศึกษา

อัครพล ภู่มหภิญโญ (2557) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีสำหรับประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นหลัก และนำผลการคำนวณที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรม EnergyPlus ในวัน สถานที่ และสภาวะเดียวกัน จำนวน 12 เดือน สาเหตุที่เลือกเปรียบเทียบผลการคำนวณโปรแกรม EnergyPlus เนื่องจาก ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมคำนวณภาระการทำความเย็นที่นิยมใช้กัน คือ DOE-2, BLAST, IBLAST, และ EnergyPlus พบว่า EnergyPlus มีความสามารถในการคำนวณภาระการทำความเย็นได้มากที่สุด ผลจากศึกษาพบว่า เมื่อนำผลของการคำนวณภาระการทำความเย็นที่ได้จากโปรแกรมคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีสำหรับประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ไปเปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรม EnergyPlus มีแนวโน้มภาระการทำความเย็นไปในทิศทางเดียวกันในทุกๆเดือน

อุกฤษฏ์ ใจงาม (2562) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงานระบบปรับอากาศในอาคารสูงที่อยู่ในสภาพอากาศร้อนชื้นโดยการทำการจำลองแบบการใช้พลังงานระบบ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปรับอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา ซึ่งอาคารแห่งนี้มีจำนวน 20 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 11,636.56 ตารางเมตร ตั้งอยู่กรุงเทพมหานคร และมีการติดตั้งระบบปรับอากาศ VRF ที่มีการใช้งานจริง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม EnergyPlus และโปรแกรม OpenStudio ทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบปรับอากาศ VRF และระบบปรับอากาศ Water-cooled Chiller System ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารสูง ในการคำนวณการทำงานของระบบปรับอากาศทั้งปี ผลการศึกษาพบว่าระบบปรับอากาศ Water-cooled Chiller System ใช้พลังงานรวมทั้งปีแตกต่างจากระบบปรับอากาศ VRF ได้ตั้งแต่ -7.20% ถึง +19.33% ขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงาน โดยระบบปรับอากาศ Water-cooled Chiller System ที่ทำงานแบบ Optimal และใช้ปั๊มแบบ Variable Flow จะใช้พลังงานน้อยที่สุดและน้อยกว่าระบบปรับอากาศ VRF แต่เมื่อเปิดใช้งานเพียงบางชั้นและพื้นที่ปรับอากาศน้อยกว่า 8,870.04 ตารางเมตร ระบบปรับอากาศแบบ VRF จะใช้พลังงานน้อยกว่า จากการศึกษาการประหยัดพลังงานด้วยการปิดใช้ระหว่างวันพบว่าหากปิดการใช้งานเพียงแค่ 30 นาที ระบบปรับอากาศ 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%

ชลากร เชาวนพานิช (2563) ได้ทำการศึกษาผลการประหยัดพลังงานจากการใช้สีที่มีคุณสมบัติสะท้อนความร้อนเทียบกับสีธรรมดาทั่วไป โดยสร้างสร้างห้องทดสอบขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.16 เมตร คิดเป็นพื้นที่ ใช้สอย 24 ตารางเมตร จำนวนสองห้อง ในจังหวัดสมุทรปราการ ประเทศไทย โดยห้องทดสอบแรกทาสีสะท้อนความร้อน ห้องทดสอบที่สองทาสีทั่วไป โดยสีที่ใช้เป็นสีโทนน้ำตาลเข้ม ภายในห้องทดลองแต่ละห้องจะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อตรวจวัดการใช้พลังงาน ช่วงเวลาในการทดลองอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2562 และช่วง เดือนเมษายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 และการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังภายนอก ผนังภายใน ฟลักซ์ความร้อน และข้อมูลการใช้ไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างการใช้สีสะท้อนความร้อนกับการใช้สีทั่วไป และการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม EnergyPlus เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจวัดจริง ผลการศึกษาพบว่าห้องทดลองที่ใช้สีสะท้อนความร้อนมีอุณหภูมิผนังภายนอกต่ำกว่าห้องทดลองที่ใช้สีทั่วไป โดยสีสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 8.1°C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 2.9°C และ อุณหภูมิผนังภายในต่ำกว่าห้องทดลองที่ใช้สีทั่วไป โดยสีสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 4.3 °C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 2.3°C จากการสร้างแบบจำลอง พบว่าห้องทดลองที่ใช้สีสะท้อนความร้อนมีอุณหภูมิผนังภายนอกต่ำกว่า

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ห้องทดลองที่ใช้สีทั่วไป โดยสีสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 9.7°C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 3.5°C และ ห้องทดลองที่ใช้สีสะท้อนความร้อนมีอุณหภูมิผนังภายในต่ำกว่าห้องทดลองที่ ใช้สีทั่ วไป โดยสีสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 4.9°C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 2.0°C ผลการประหยัดพลังงานพบว่าการใช้สีสะท้อนความร้อนสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 31.24% จากการลดภาระการปรับอากาศจากความร้อนผ่านกรอบอาคารที่ลดลง และผลจากการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม EnergyPlus ให้ผลการประหยัดพลังงาน 32.69% ซึ่งสอดคล้องกับผลตรวจวัดจริง

บำรุง ชมตา อำนาจ ผดุงศิลป์ และ ประศาสน์ จันทราทิพย์(2561) ได้ทำการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารเพื่อป้องกันอาการเจ็บป่วยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมในอาคาร CAT TOWER บางรัก กรุงเทพมหานคร ผู้ศึกษาใช้วิธีทำการศึกษาเชิงสำรวจ(Survey Research) โดยใช้ 1) แบบสอบถาม (Questionnaire) ทีมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) 2) เครื่องมือวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร โดยทำการสำรวจกลุ่มพนักงาน CAT และกลุ่มผู้เช่าอาคาร จำนวนทั้งสิ้น 1,732 คน (ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2559) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ หาค่าความถี่ (Frequency) และสรุปเป็นร้อยละ (Percentage) ประกอบกับการตรวจวัดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ สภาวะของผู้ที่ทำงานในอาคารด้วยเครื่องมือวัด และวิเคราะห์ดัชนีสภาวะความสะดวกสบายเชิงความร้อน คือ ดัชนี Predicted Mean Vote (PMV) และดัชนี Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) ด้วยโปรแกรม CBE Thermal Comfort Tool for ASHRAE-55 ผลการศึกษาวิจัยพบว่ากลุ่มพนักงาน CAT และกลุ่มผู้เช่าอาคาร มีการรับรู้คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารและอาการเจ็บป่วยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมในอาคารโดยรวมทุกด้านในระดับ “ปานกลาง” สำหรับการวิเคราะห์ดัชนีสภาวะความสะดวกสบายเชิงความร้อน พบว่าผู้ที่ทำงานในอาคารมีความรู้สึกต่อสภาวะความสบายด้านอุณหภูมิ ในระดับ “เย็นเล็กน้อย” (PMV > - 1 / PPD > 17%) ดังนั้น เพื่อให้ผู้ที่ทำงานในอาคารรู้สึกสบายไม่รบกวน การทางานควรควบคุมอุณหภูมิ (Air Temperature) ให้อยู่ระหว่าง 23 °C - 26 °C ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) ระหว่างร้อยละ 30 - 60 และปรับความเร็วลม (Air Speed) ให้อยู่ระหว่าง 0.51 - 1.02 เมตรต่อวินาที เพื่อให้ผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่รู้สึกสบายไม่รบกวนการทำงาน

สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรมในครั้งนี้พบว่างานมีงานวิจัยที่ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร OpenStudio และ EnergyPlus เพื่อจำลองแบบการใช้พลังงานในอาคาร เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานจริงที่ได้จากการตรวจวัด และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการจำลองแบบการใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรม EnergyPlus เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่ได้จากการตรวจวัด มีความคลาดเคลื่อนต่ำมาก จึงสามารถ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

แบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวเป็นตัวแทนเพื่อใช้ปรับแต่งค่าการใช้พลังงานตามมาตรการประหยัดพลังงานเพื่อหาแนวทางการประหยัดงานที่เหมาะสมกับอาคารนั้นๆได้อีกด้วย จึงทำให้ผู้ศึกษาสนใจที่จะทำการจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารสถานศึกษา กรณีศึกษาอาคาร 6 โดยใช้โปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio และ EnergyPlus เพื่อการจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ และจากการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ผู้ศึกษาจะนำแนวทางการดำเนินงานและศึกษามาตรการแนวทางการลดการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 สรุปที่มาของแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา

มาตรการ	ผลจากงานวิจัยของ
1. มาตรการที่ใช้ในการประหยัดพลังงานในอาคารที่ไม่มีค่าใช้จ่าย	
มาตรการที่ 1. (Set Temp.)	คมสัน วิสาวะโท และ อำนาจ ผดุงศิลป์ (2559) การศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารประเภทห้องสมุด : กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ของกรุงเทพมหานคร. บำรุง ชมตา อำนาจ ผดุงศิลป์ และ ประศาสน์ จันทราทิพย์(2561) การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารเพื่อป้องกันอาการเจ็บป่วยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมในอาคา: กรณีศึกษาอาคาร CAT TOWER บางรัก กรุงเทพมหานคร.
2. มาตรการที่ใช้ในการประหยัดพลังงานในอาคารที่มีค่าใช้จ่าย	
มาตรการที่ 2. (Film)	คมสัน วิสาวะโท และ อำนาจ ผดุงศิลป์ (2559) การศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารประเภทห้องสมุด : กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ของกรุงเทพมหานคร
มาตรการที่ 3. (LED)	
มาตรการที่ 4.(A/C)	

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 3
ระเบียบวิธีศึกษา

การศึกษาการจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคาร 6 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานบริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 จากฝ่ายอาคารของมหาวิทยาลัย ได้แก่ แบบแปลน พื้นที่ใช้สอยของอาคาร งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง งานระบบปรับอากาศ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงาน พฤติกรรมการใช้งานพื้นที่อาคาร และข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 โปรแกรม โดยเริ่มดำเนินการสร้างแบบจำลองของอาคารโดยใช้โปรแกรม SketchUp ที่มี Plugin ติดตั้งโปรแกรม OpenStudio ให้มีความใกล้เคียงกับสภาพอาคารจริงมากที่สุด จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้มาทำการบันทึกข้อมูล สภาพภูมิอากาศตามพิกัดที่ตั้งของอาคาร การใช้งานอาคารตามช่วงเวลา วัสดุและสร้างองค์ประกอบของกรอบอาคาร ภาระการใช้พลังงานของอาคารที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร ระบบแสงสว่าง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ลักษณะพื้นที่การใช้งานภายในอาคาร ข้อมูลของระบบปรับอากาศ เมื่อทำการบันทึกข้อมูลครบถ้วนแล้วจึงทำการประมวลผลการใช้พลังงานรวมภายใต้การทำงานของโปรแกรม EnergyPlus แล้วนำผลการใช้พลังงานที่ได้จากแบบจำลองมาทำการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนกับผลการใช้พลังงานที่ได้จากการตรวจวัด เพื่อนำแบบจำลองการใช้พลังงานมาเป็นตัวแทนในการดำเนินปรับตั้งค่าต่างๆการตามแนวทางประหยัดพลังงานโดยมุ่งเน้นในส่วนของระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีรายละเอียดวิธีการศึกษา ดังภาพที่ 3.1

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.1 ข้อมูลทั่วไป

อาคาร 6 เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 17 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งสิ้น 15,166.13 ตารางเมตร โดยมีการใช้งานพื้นที่ในแต่ละชั้นดังนี้ ชั้นที่ 1 เป็นพื้นที่เช่าและห้องเครื่องระบบไฟฟ้า ชั้นที่ 2-5 เป็นห้องสมุด มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ชั้นที่ 6 เป็นสำนักงานคณะนิติศาสตร์ปรีดี พนมยงค์ และห้องพักอาจารย์ ชั้นที่ 7 เป็นหอประวัติ ดร.ไสว สุทธิพิทักษ์ และหอประชุมชั้นที่ 8 ถึงชั้นที่ 17 เป็นสำนักงานที่ทำการของภาควิชาและห้องพักอาจารย์ โดยมีพื้นที่ใช้สอยตามตารางที่ 3.1

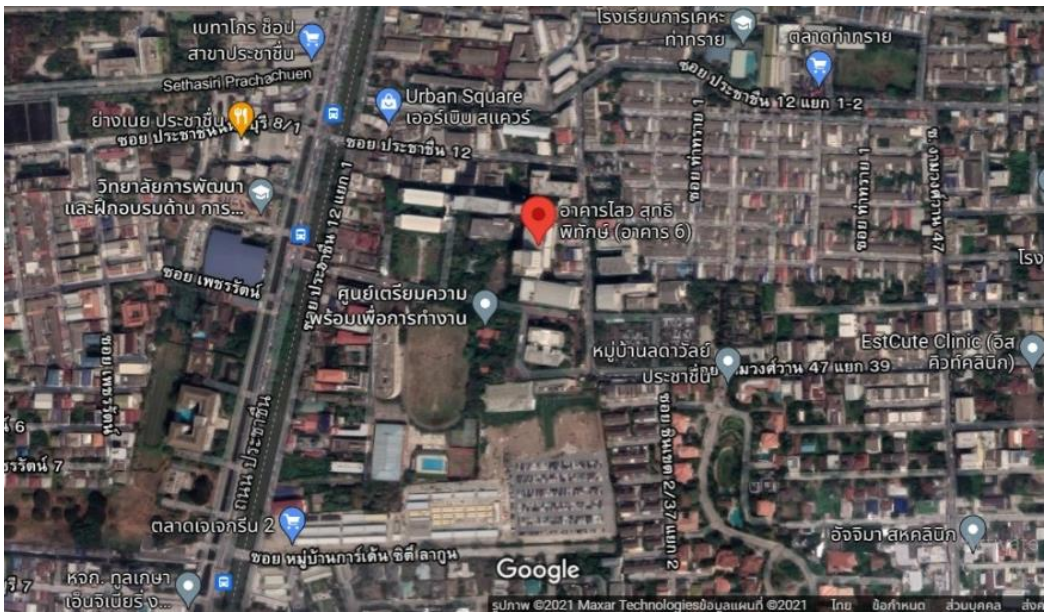
ตารางที่ 3.1 พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ชั้นที่	หน่วยงาน/การใช้พื้นที่	พื้นที่ไม่ปรับอากาศ (ตร.ม.)	พื้นที่ปรับอากาศ (ตร.ม.)	รวมพื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)
6	คณะนิติศาสตร์ปรีดี พนมยงค์	85.65	1,279.90	1,365.55
7	หอประวัติ ดร.ไสว และหอประชุม	47.20	1,187,22	1,234.42
8	สำนักงานบัณฑิตศึกษา IT	62.85	453.90	516.75
9	การท่องเที่ยวและการโรงแรม	62.85	453.90	516.75
	รวม	258.55	3,374.92	3,633.47

3.2 ข้อมูลที่ตั้งอาคาร 6 มหาวิทยาธุรกิจบัณฑิตย์

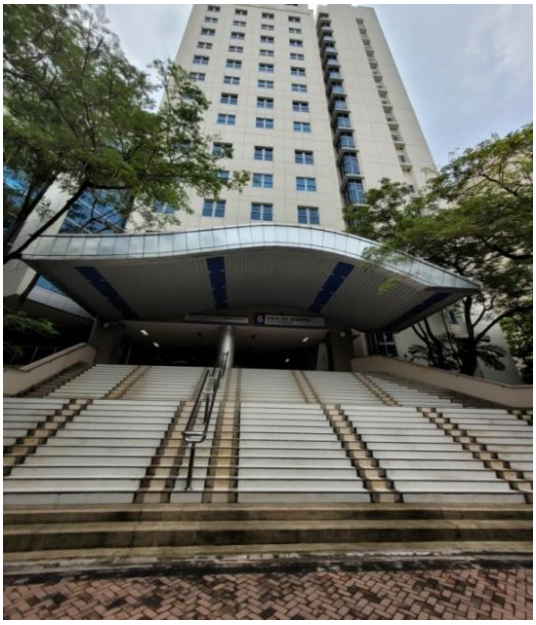
อาคาร 6 ตั้งอยู่ภายใน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เลขที่ 110/1-4 ถ. ประชาชื่น แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 สามารถสืบค้นที่ตั้งตามแผนที่จากโปรแกรม Google Map Latitude = 13.871274477156415, Longitude = 100.55137907398519 ดังภาพที่ 3.2 และ 3.3

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 3.2 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของอาคาร 6

ที่มา: https://www.google.co.th



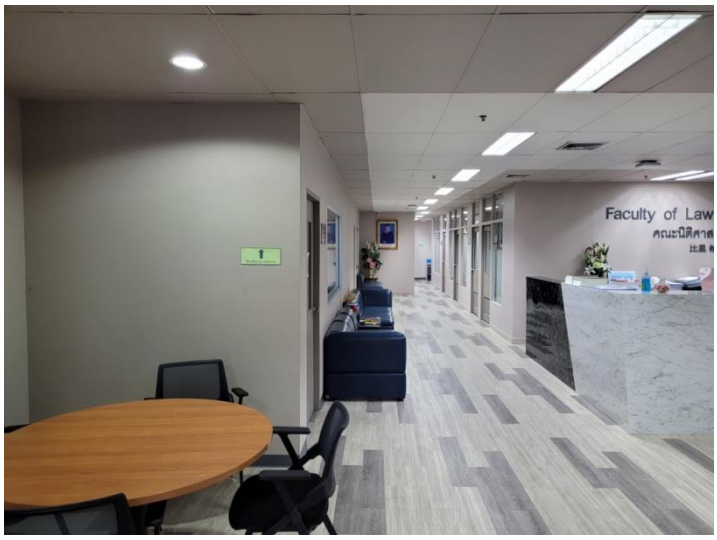
ภาพที่ 3.3 ด้านหน้าที่ตั้งของอาคาร 6

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.3 รูปแบบและลักษณะการใช้งานพื้นที่ของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

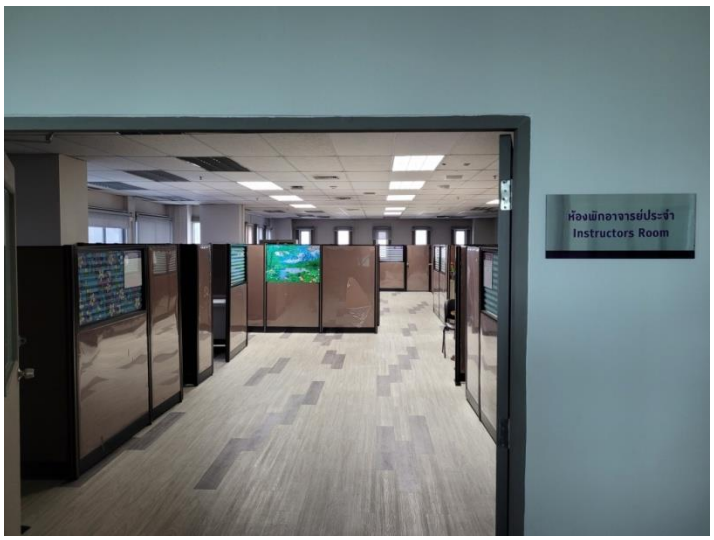
ภาพถ่ายบริวณพื้นที่ชั้นที่ 6 เป็นที่ทำการของสำนักงานคณะนิติศาสตร์ หอจดหมายเหตุ พื้นที่ส่วนกลางและห้องพักสำหรับอาจารย์ ดังภาพที่ 3.4 - 3.7

ภาพที่ 3.4 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6



ภาพที่ 3.5 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 3.6 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6

ภาพที่ 3.7 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6

ภาพถ่ายบริวณพื้นที่ชั้นที่ 7 เป็นหอประวัติ ดร.ไสว สุทธิพิทักษ์ หอประชุมขนาดใหญ่ และ สำนักงาน ดังภาพที่ 3.8 - 3.11

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.8 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7

ภาพที่ 3.9 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

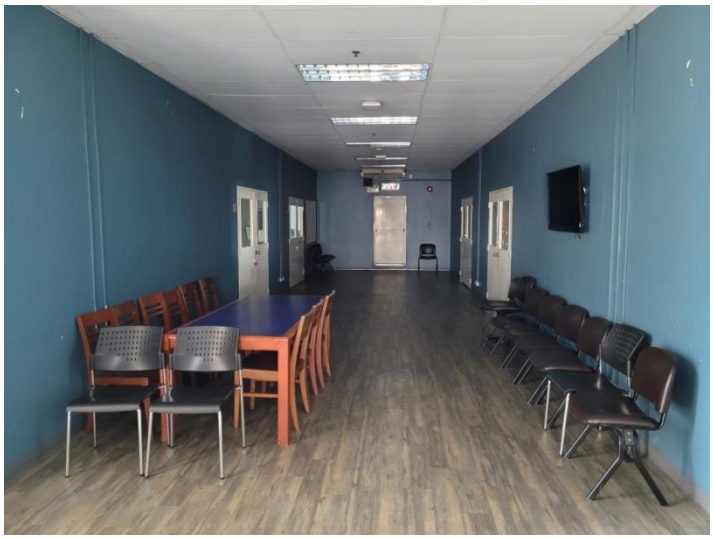
ภาพที่ 3.10 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7

ภาพที่ 3.11 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7

ภาพถ่ายบริวณพื้นที่ชั้นที่ 8 สำนักงานที่ทำการบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ดังภาพที่ 3.12 - 3.13

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.12 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8



ภาพที่ 3.13 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8

ภาพถ่ายบริวณพื้นที่ชั้นที่ 9 ที่ทำการสำนักงานภาคต่างประเทศเพื่อการท่องเที่ยวและการโรงแรม และห้องพักอาจารย์ ดังภาพที่ 3.14 - 3.15

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

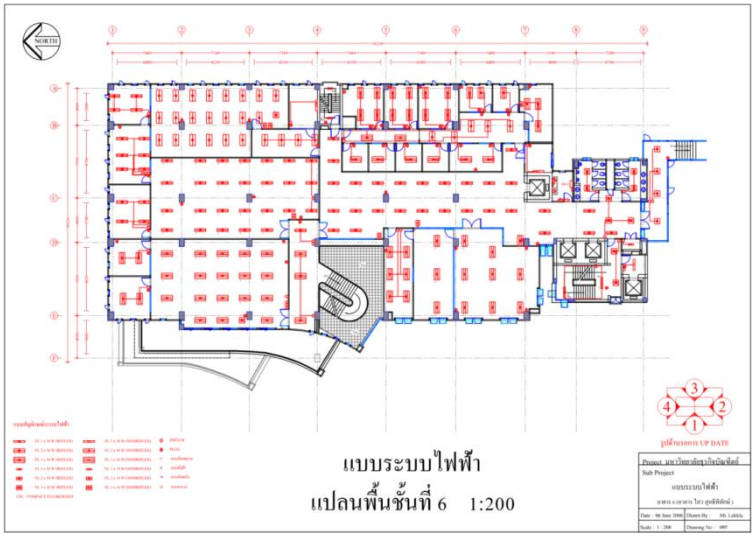
ภาพที่ 3.14 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9

ภาพที่ 3.15 พื้นที่ภายในอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9

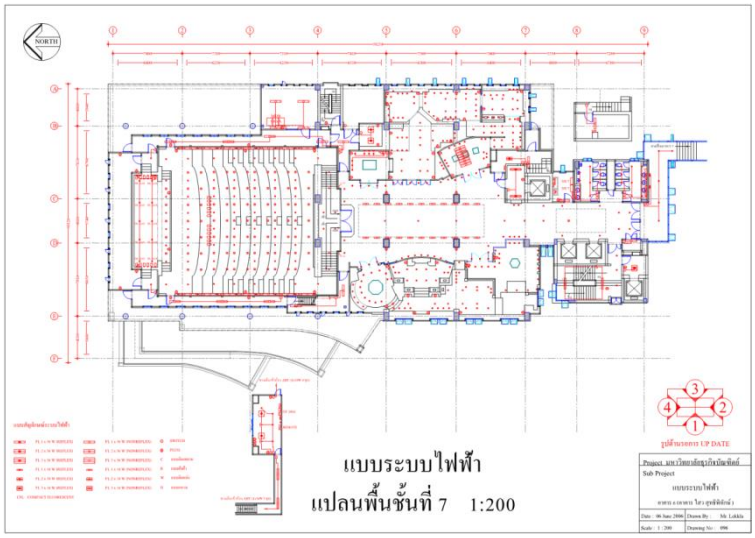
3.4 รูปแบบแปลนพื้นงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และ ระบบปรับอากาศ ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

แบบแปลนพื้นงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และ ระบบปรับอากาศ ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ที่ใช้สำหรับการจำลองกรอบอาคาร และพลังงาน ดังแสดงตามภาพที่ 3.16 ถึง 3.23

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

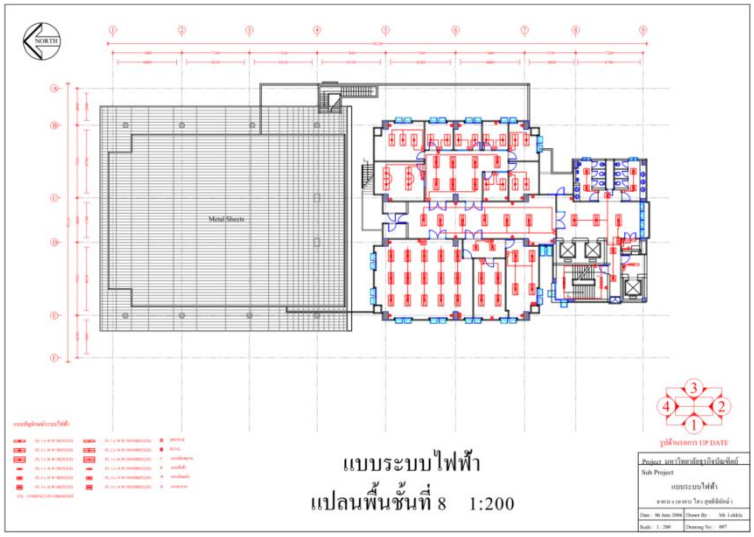


ภาพที่ 3.16 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ที่ชั้นที่ 6

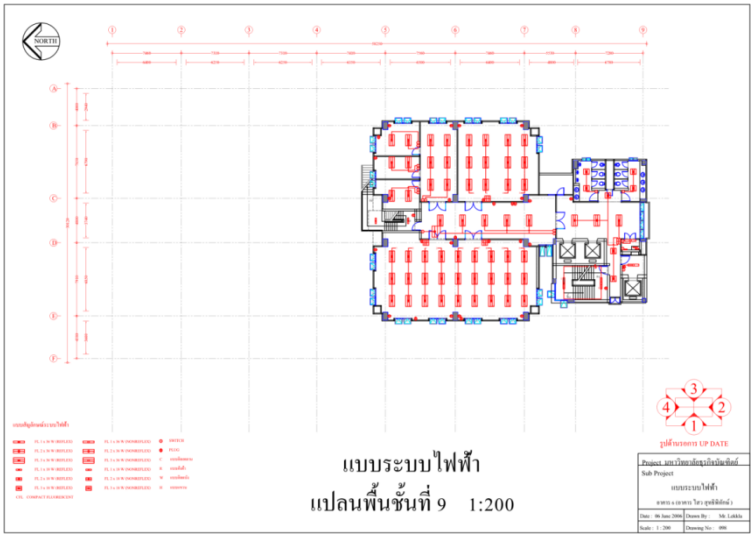


ภาพที่ 3.17 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 7

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

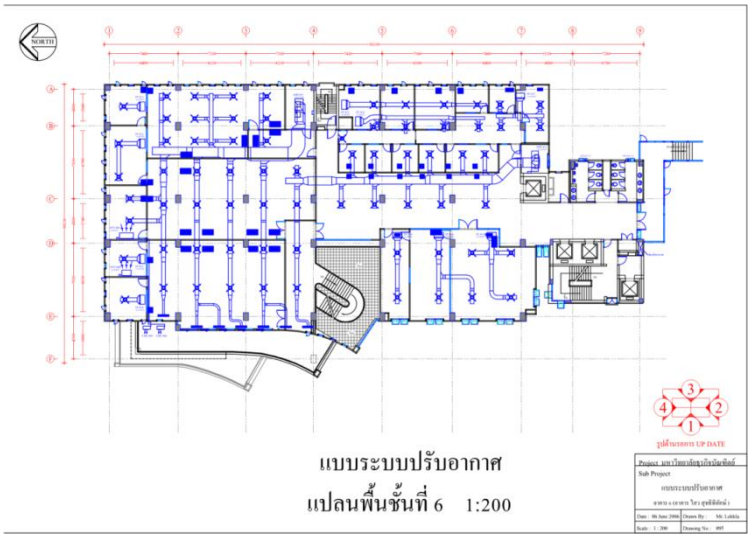


ภาพที่ 3.18 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 8

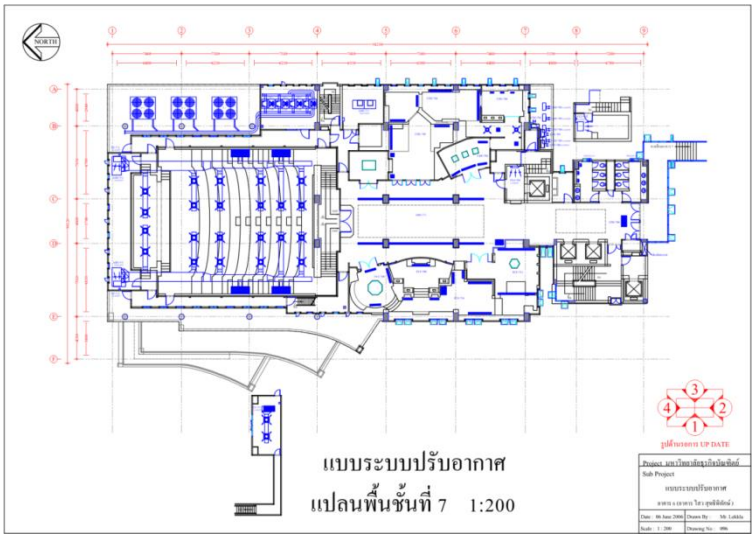


ภาพที่ 3.19 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

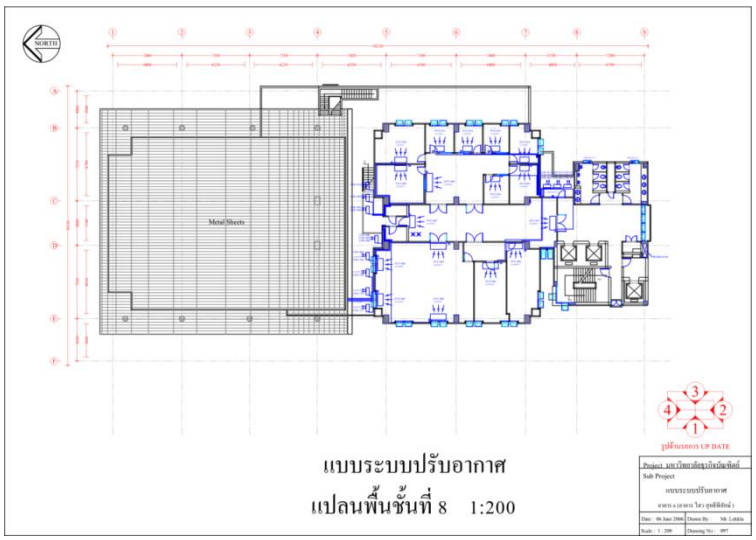


ภาพที่ 3.20 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 6

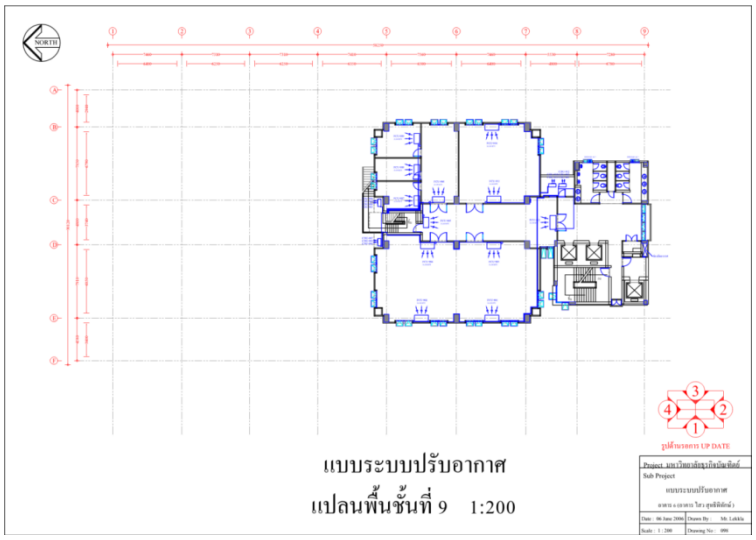


ภาพที่ 3.21 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 7

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 3.22 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 8



ภาพที่ 3.23 แบบแปลนระบบปรับอากาศอาคาร 6 ชั้นที่ 9

3.5 วัสดุประกอบอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ในการใส่ข้อมูลวัสดุประกอบอาคาร (Construction Sets) ในโปรแกรม OpenStudio จำเป็นที่จะต้องทราบและสืบค้นข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้กับอาคารทั้งหมดของอาคารทั้งส่วนประกอบที่เป็นวัสดุทึบแสงและวัสดุโปร่งแสง โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2 และ 3.3

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของกรอบอาคารทึบแสง (Opaque Component)

ชื่อ	องค์ประกอบ	ความหนา(ม.)
ผนัง Precast หนา 0.075ม.	คอนกรีตเสริมเหล็ก	0.075
ผนัง Precast หนา 0.075 ม. ฉนวนกันความร้อน	คอนกรีตเสริมเหล็ก ฉนวนกันความร้อน	0.075
หลังคา Metal Sheet บุฉนวนมีฝ้าเพดาน (บริเวณหอประชุม)	Metal Sheet ชั้นที่ 1 ช่องว่างอากาศ ชั้นที่ 2 ฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 3 ผ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด ชั้นที่ 4	0.0004 1.50 0.075 0.009

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของกรอบอาคารโปร่งแสง (Transparent Component)

ชื่อ	องค์ประกอบ	ความหนา(ม.)
กระจกใส 6 mm.	กระจกใส	0.006

3.6 การใช้พลังงานของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

อาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 มีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันตามความต้องการใช้พื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้ใช้งานในแต่ละชั้นและช่วงระยะเวลาของการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องปรับอากาศ ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการสำรวจข้อมูลอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามแบบแปลนระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ และเดินทำการสำรวจภายในพื้นที่อาคาร รายละเอียดตามตารางที่ 3.4 - 3.14

ตารางที่ 3.4 จำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	จำนวนหลอดไฟฟ้า (หลอด)			
	ชั้นที่ 6	ชั้นที่ 7	ชั้นที่ 8	ชั้นที่ 9
หลอดส่องทอง 12โวลต์ 50 วัตต์	-	245	-	-
หลอดแสงจันทร์ 70 วัตต์	-	89	-	-

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	จำนวนหลอดไฟฟ้า (หลอด)			
	ชั้นที่ 6	**ชั้นที่ 7**	**ชั้นที่ 8**	**ชั้นที่ 9**
หลอดดาวไลท์2 x 13 วัตต์	-	80	-	-
หลอดดาวไลท์2 x 18 วัตต์	-	10	-	-
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 x 18 วัตต์ (Reflex)	3	36	-	2
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 x 18 วัตต์ (Reflex)	-	1	-	-
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 3 x 18 วัตต์ (Reflex)	14	1	6	6
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 x 28 วัตต์ (Reflex)	5	42	4	4
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 x 28 วัตต์ (Reflex)	94	2	19	-
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 3 x 28 วัตต์ (Reflex)	69	-	39	59

ตารางที่ 3.5 จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ชนิดของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวนเครื่อง (เครื่อง)			
	ชั้นที่ 6	**ชั้นที่ 7**	**ชั้นที่ 8**	**ชั้นที่ 9**
คอมพิวเตอร์ PC 300 วัตต์	24	1	36	15
คอมพิวเตอร์ MAC 150 วัตต์	-	-	34	-
ตู้เย็นขนาด 6 คิว 90 วัตต์	3	1	1	1

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.6 จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6

รหัส	**Btu/H**	**แปลงหน่วยเป็นวัตต์ (Btu/3.412142)**
FC-6-1	16,040	4,700.86
FC-6-2	16,040	4,700.86
FC-6-3	16,040	4,700.86
FC-6-4	20,785	6,091.48
FC-6-5	46,380	13,592.63
FC-6-6	39,000	11,429.77
FC-6-7	54,000	15,825.84
FC-6-8	32,160	9,425.16
FC-6-9	47,830	14,017.59
FC-6-10	47,830	14,017.59
AHU-6-1	41,6015	12,1921.95
AHU-6-2	223,208	65,415.80

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.7 จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7

รหัส	**Btu/H**	**แปลงหน่วยเป็นวัตต์ (Btu/3.412142)**
FC-7-1	14,120	4,138.16
FC-7-2	14,120	4,138.16
FCU-701	13,000	3,809.92
FCU-702	45,000	13,188.20
FCU-703	40,000	11,722.84
FCU-704	56,000	16,411.98
FCU-705	45,000	13,188.20
FCU-706	20,000	5,861.42
FCU-707	25,000	7,326.78
FCU-708	25,000	7326.78
FCU-709	45,000	13,188.20
FCU-710	13,000	3,809.92
FCU-711	25,000	7,326.78
FCU-712	9,000	2,637.64
AHU-7-1	204,477	59,926.29
AHU-7-2	180,606	52,930.39
AHU-7-3	180,606	52,930.39

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.8 จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8

รหัส	**Btu/H**	**แปลงหน่วยเป็นวัตต์ (Btu/3.412142)**
FCU-801	36,000	10,550.56
FCU-802	30,000	8,792.13
FCU-803	36,000	10,550.56
FCU-804	36,000	10,550.56
FCU-805	36,000	10,550.56
FCU-806	36,000	10,550.56
FCU-807	25,000	7,326.78
FCU-808	30,000	8,792.13
FCU-809	25,000	7,326.78
FCU-810	25,000	7,326.78
FCU-811	13,000	3,809.92
FCU-812	13,000	3,809.92
FCU-813	13,000	3,809.92
FCU-814	13,000	3,809.92
FCU-815	19,000	5,568.35
FCU-816	19,000	5,568.35
FCU-817	36,000	10,550.56

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.9 จำนวนและพิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9

รหัส	Btu/H	แปลงหน่วยเป็นวัตต์ (Btu/3.412142)
FCU-901	36,000	10,550.56
FCU-902	36,000	10,550.56
FCU-903	36,000	10,550.56
FCU-904	36,000	10,550.56
FCU-905	25,000	7,326.78
FCU-906	25,000	7,326.78
FCU-907	19,000	5,568.35
FCU-908	19,000	5,568.35
FCU-909	19,000	5,568.35
FCU-910	36,000	10,550.56
FCU-911	36,000	10,550.56
FCU-912	36,000	10,550.56

ตารางที่ 3.10 ช่วงเวลาทำการและจำนวนผู้ใช้งานอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

เวลาเปิดทำการ		ชั้นที่	จำนวนผู้ใช้งาน(คน)	Work From Home
วันจันทร์ – วันอาทิตย์	8:30–16:30	6	41	50%
		7	1	0%
		8	70	50%
		9	15	50%

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.11 แสดงเวลาการปิด-เปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6

ประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	**วันจันทร์ - วันอาทิตย์**
	เวลาเปิด-ปิด
ไฟฟ้าแสงสว่าง	8:30-16:30
เครื่องปรับอากาศ	7:30-16:30
เครื่องคอมพิวเตอร์	8:30-16:30
ตู้เย็น	24 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.12 แสดงเวลาการปิด-เปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 7

ประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	วันจันทร์ - วันอาทิตย์
	เวลาเปิด-ปิด
ไฟฟ้าแสงสว่าง	8:30-16:30
เครื่องปรับอากาศ	7:30-16:30
เครื่องคอมพิวเตอร์	8:30-16:30
ตู้เย็น	24 ชั่วโมง

หมายเหตุ: ในปี 2562-2563 ไม่มีการเปิดใช้พื้นที่หอประชุมอันเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19)

ตารางที่ 3.13 แสดงเวลาการเปิด-ปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 8

ประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	**วันจันทร์ - วันอาทิตย์**
	เวลาเปิด-ปิด
ไฟฟ้าแสงสว่าง	8:30-16:30
เครื่องปรับอากาศ	8:00-16:30
เครื่องคอมพิวเตอร์	8:30-16:30
ตู้เย็น	24 ชั่วโมง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

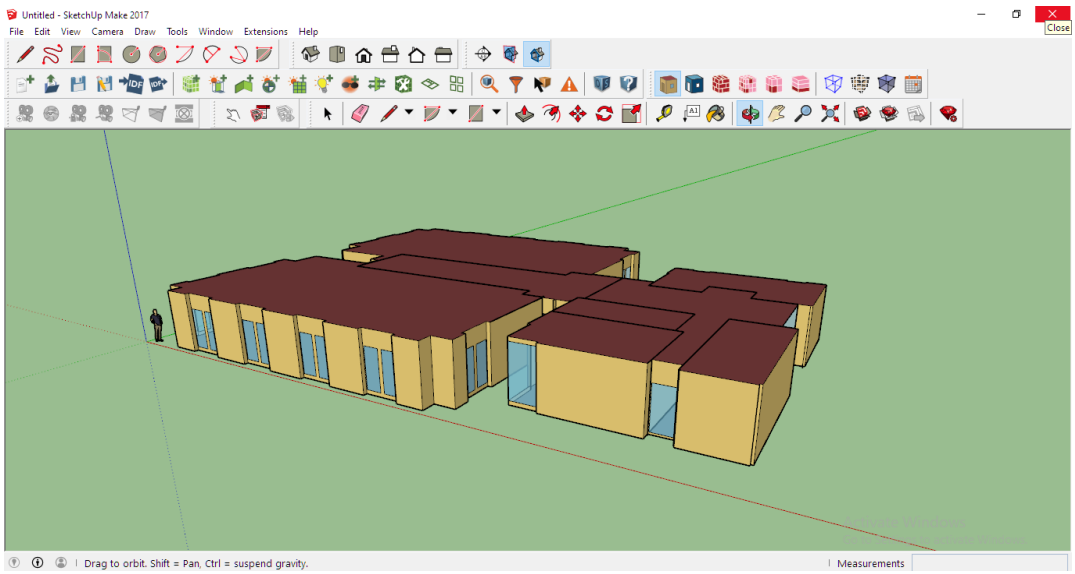
ตารางที่ 3.14 แสดงเวลาการเปิด-ปิดประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 9

ประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	วันจันทร์ - วันอาทิตย์
	เวลาเปิด-ปิด
ไฟฟ้าแสงสว่าง	8:30-16:30
เครื่องปรับอากาศ	8:00-16:30
เครื่องคอมพิวเตอร์	8:30-16:30
ตู้เย็น	24 ชั่วโมง

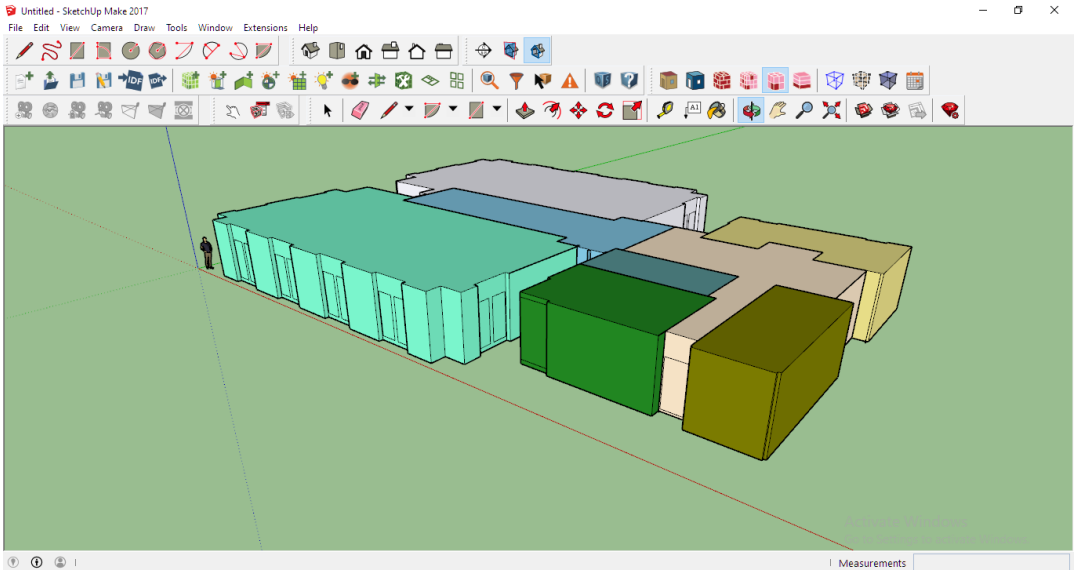
3.7 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม SketchUp, OpenStudio และ EnergyPlus

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาใช้โปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio ในการสร้างแบบจำลองอาคารและการใช้พลังงาน อาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 มหาวิทยาธุรกิจบัณฑิตย์ โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการดำเนินการในโปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio เพื่อการสร้างและบันทึกแบบจำลองกรอบอาคาร ดังภาพที่ 3.24 และแบ่งพื้นที่การใช้งานโดยจะทำการสร้างแบบจำลองกรอบอาคารทีละชั้นแยกกันเพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการประมวลผลดังภาพที่ 3.25

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



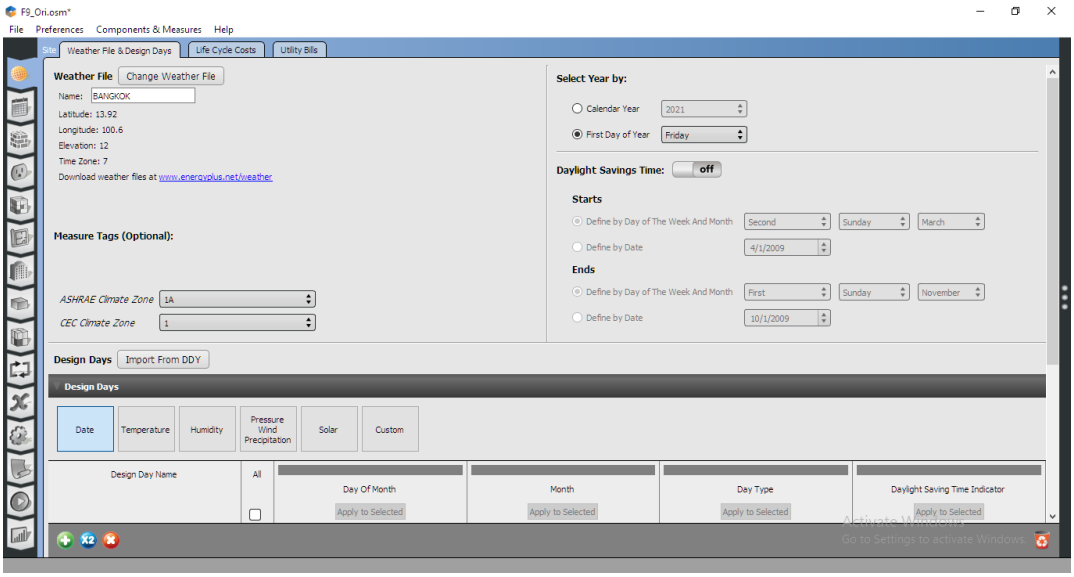
ภาพที่ 3.24 ภาพตัวอย่างการสร้างแบบจำลองกรอบอาคารในโปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio ของอาคาร 6 ที่ชั้นที่ 9



ภาพที่ 3.25 %-ภาพตัวอย่างการแบ่งพื้นที่การใช้งานของแบบจำลองกรอบอาคารในโปรแกรม SketchUp version 2017 ที่มี Plugin กับโปรแกรม OpenStudio ของอาคาร 6 ที่ชั้นที่ 9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

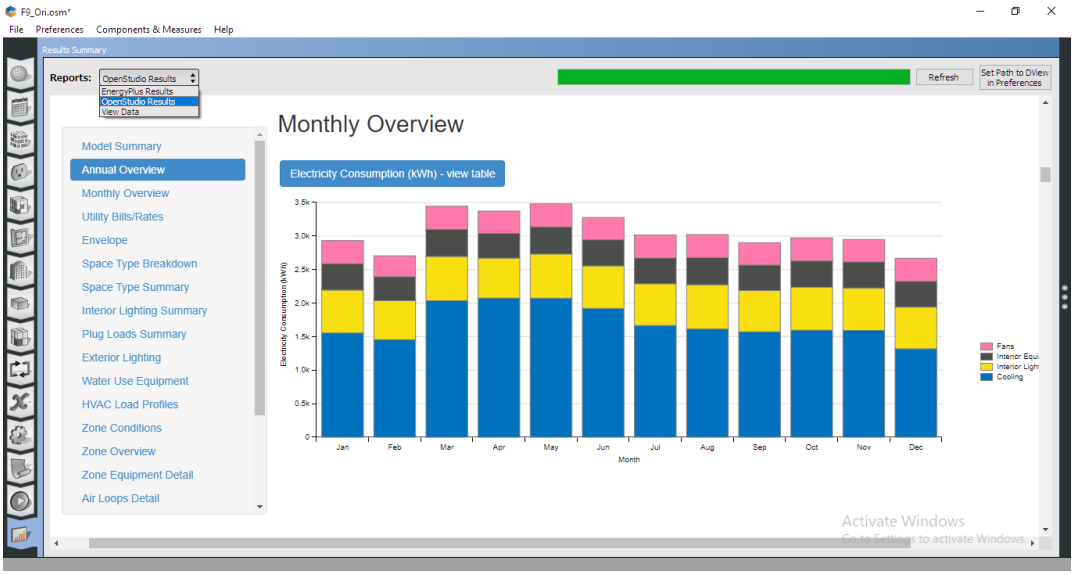
เมื่อดำเนินการสร้างกรอบอาคารและแบ่งพื้นที่ตามลักณะการใช้งานเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนที่สอง คือการดำเนินการโปรแกรม OpenStudio ทำการบันทึกข้อมูลรายละเอียดของอาคาร ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของที่ตั้งอาคาร (Site) รายละเอียดตารางเวลาการใช้งาน (Schedules), โครงสร้างวัสดุสำหรับกรอบอาคาร (Constructions) ภาระความร้อน (Loads) ประเภทของพื้นที่ใช้งาน (Space Types) จำนวนชั้นของอาคาร (Building Stories) ข้อมูลรวมของอาคาร (Facility) โซนอุณหภูมิ (Thermal Zone) ข้อมูลระบบปรับอากาศ (HVAC System) การตั้งค่าการแสดงผล (Output Variables) การตั้งค่าการประมวลผล (Simulation Settings) ดังภาพที่ 3.26



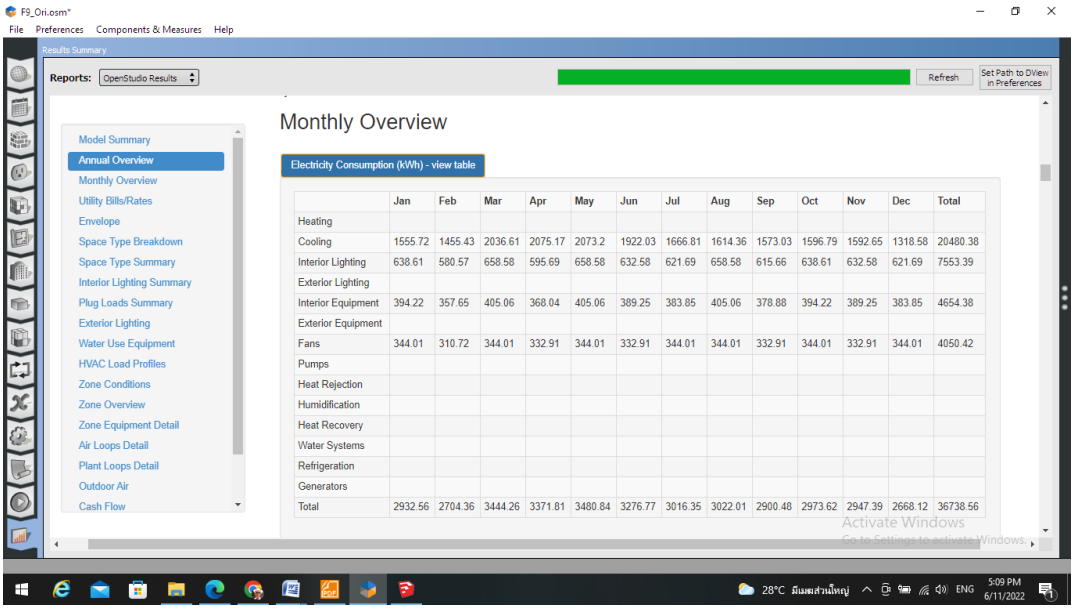
ภาพที่ 3.26 ภาพตัวอย่างการบันทึกข้อมูลรายละเอียดของอาคารกับโปรแกรม OpenStudio ของอาคาร 6 ที่ชั้นที่ 9

เมื่อทำการบันทึกข้อมูลในขั้นตอนที่สองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนที่สามหรือขั้นตอนสุดท้ายคือทำการประมวลผลสมรรถนะด้านใช้พลังงานของอาคาร โดยโปรแกรม EnergyPlus เมื่อทำการประมวลผลเสร็จสิ้นแล้ว การแสดงรายงานการใช้พลังงานสามารถเลือกแสดงรายงานได้ 3 รูปแบบคือ รายงานแบบ OpenStudio Results รายงานแบบ EnergyPlus Results และ View Data ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้เลือกพิจารณารายงานแบบ OpenStudio Results ในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี (Electricity Consumption) ดังภาพที่ 3.27 และ 3.28

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 3.27 ภาพตัวอย่างการรายงานแบบ OpenStudio Results ในส่วนของพลังงานไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี (Electricity Consumption) ในแบบสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า ของอาคาร 6 ชั้นที่ 9



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling	1555.72	1455.43	2036.61	2075.17	2073.2	1922.03	1666.81	1614.36	1573.03	1596.79	1592.65	1318.58	20480.38
Interior Lighting	638.61	580.57	658.58	595.69	658.58	632.58	621.69	658.58	615.66	638.61	632.58	621.69	7553.39
Exterior Lighting													
Interior Equipment	394.22	357.65	405.06	368.04	405.06	389.25	383.85	405.06	378.88	394.22	389.25	383.85	4654.38
Exterior Equipment													
Fans	344.01	310.72	344.01	332.91	344.01	332.91	344.01	344.01	332.91	344.01	332.91	344.01	4050.42
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	2932.56	2704.36	3444.26	3371.81	3480.84	3276.77	3016.35	3022.01	2900.48	2973.62	2947.39	2668.12	36738.56

ภาพที่ 3.28 ภาพตัวอย่างการรายงานแบบ OpenStudio Results ในส่วนของพลังงานไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี (Electricity Consumption) ในแบบตาราง ของอาคาร 6 ชั้นที่ 9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.8 การวิเคราะห์การใช้พลังงานตามแนวทางของการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ตามแนวทางของการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานโดยนำ มาตรการ ทั้ง 4 มาตรการ มาทำการปรับแต่งค่าในแบบจำลองการใช้พลังงานที่ได้สร้างขึ้น เพื่อประเมินสมรรถนะการใช้พลังงาน ประเภทอาคารสถานศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

มาตรการที่ 1. ปรับเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24 °C เป็น 26 °C โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และเพื่อให้ผู้ที่ทำงานในอาคารรู้สึกสบายไม่รบกวนการทำงาน

มาตรการที่ 2. การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่าน โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient : SHGC) และร้อยละของค่าแสงส่องผ่าน (Visible Light Transmittance) ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 แสดงคุณสมบัติของกระจกใส และ กระจกใสที่ทำการติดตั้งฟิล์มกรองแสง

วัสดุที่เป็นผนังโปร่งแสง	**สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Factor) (W/m2K)**	**สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)**	**ร้อยละของค่าแสงส่องผ่าน (Visible Transmitance)**
กระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร	5.80	0.81	0.88
กระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร ติดตั้งฟิล์มกรองแสง (SmartTec รุ่น Elegance Series : B-7905)	5.423	0.34	0.70

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

มาตรการที่ 3. การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED วัตถุประสงค์เพื่อการลดใช้พลังงานไฟฟ้า โดยพิจารณาการใช้หลอด LED ทดแทนหลอดไฟฟ้ารุ่นเก่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ชุดโคมไฟฟ้า ดังตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 แสดงชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้งจริง และ ชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองพลังงานตามมาตรการ

ชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้งจริง	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองพลังงานตามมาตรการ	กำลังไฟฟ้า (Watt)
หลอด ส่องทอง 12โวลต์	50	หลอดเอสเซนเซียล LED MR 16	5.5
หลอด แสงจันทร์	70	หลอด LED MERCURY	35
หลอดดาวไลท์	13	หลอดแอลอีดี LED BULB	7
หลอดดาวไลท์	18	หลอดแอลอีดี LED BULB	9
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 600 มิลลิเมตร	18	หลอดแอลอีดี ทิวป์ 600 มิลลิเมตร	8
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1,200 มิลลิเมตร	28	หลอดแอลอีดี ทิวป์ 1,200 มิลลิเมตร	18

มาตรการที่ 4. การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง(SEER) ทดแทนเครื่องปรับอาคารเครื่องเดิมใช้งานมายาวนาน โดยพิจารณาระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 และค่าระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศตามฤดูกาล (SEER) ตามที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ประกาศกำหนด ดังตารางที่ 3.17

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศเก่าที่ใช้งานมายาวนาน กับ เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ตามแบบจำลองพลังงานตามมาตรการ

ชนิดของเครื่องปรับอากาศ	**ประสิทธิภาพพลังงาน เครื่องปรับอากาศ**	
	COP	**SEER (บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)**
เครื่องปรับอากาศเก่าที่ใช้งานมายาวนาน	2.0	7.58
เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ตามแบบจำลองพลังงานตามมาตรการ	3.692	14.00

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ผู้ศึกษาได้ทำการสำรวจพื้นที่ รวบรวมข้อมูล และทำการสัมภาษณ์ผู้บริหารฝ่ายอาคารและสถานที่ของของอาคาร 6 เพื่อจะได้ทราบถึงพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร และข้อมูลการใช้อาคาร การใช้พลังงานของชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ในช่วงปี พ.ศ.2462 - พ.ศ.2563 เนื่องจากช่วงวันและเวลาดังกล่าว ชั้นที่ 8 มีการปิดปรับปรุงสำนักงาน และเป็นช่วงที่ไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ หรือโควิด-19 (COVID-19) เริ่มมีการแพร่ระบาดเป็นวงกว้างในประเทศไทยครั้งนี้ผู้ศึกษาได้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานจากการตรวจวัดจากมิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งแยกในแต่ละชั้น ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2562 ที่ได้จากการตรวจวัดภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ชั้นที่	หน่วยงาน/การใช้พื้นที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
6	คณะนิติศาสตร์ปรีดีพนมยงค์	5,622	8,858	8,756	7,539	5,979	8,074
7	หอประวัติ ดร.ไสวและหอประชุม	2,566	5,230	5,323	4,778	5,627	4,770
8	สำนักงานบัณฑิตศึกษา IT	0	0	0	0	0	0
9	สำนักงานการท่องเที่ยวและการโรงแรม	2,010	3,354	3,285	3,384	2,805	3,873

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ชั้นที่	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวมปริมาณการใช้พลังงาน 12 เดือน (kWh)
6	8,759	8,540	9,703	9,055	5,297	4,755	90,936
7	7,340	5,399	7,078	7,783	4,555	4,034	64,483
8	0	0	0	165	722	1,115	2,002
9	3,693	3,031	3,291	3,476	2,401	2,106	36,709
รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าชั้นที่ 6-9 ในปี 2562 ทั้งสิ้น							194,129.51

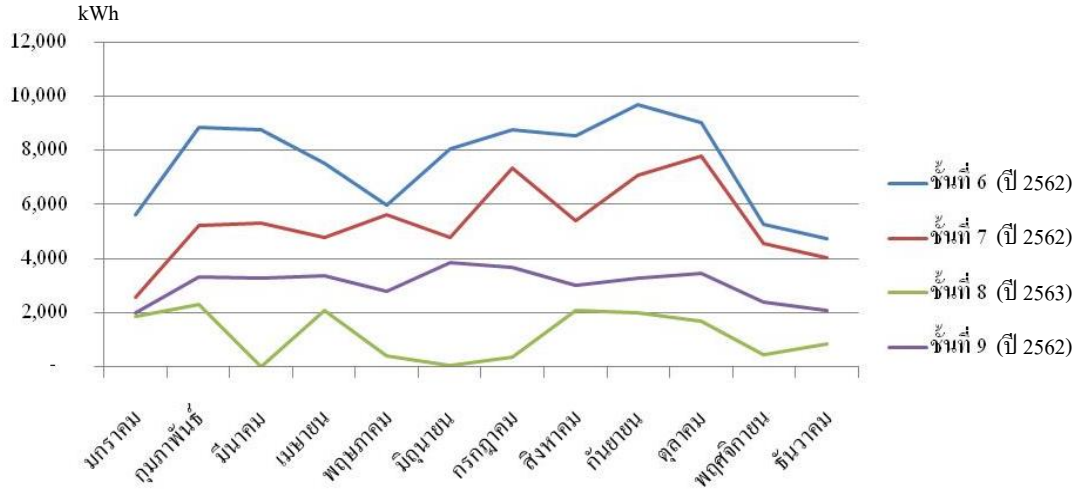
ตารางที่ 4.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2563 ที่ได้จากการตรวจวัดภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ชั้นที่	หน่วยงาน/การใช้พื้นที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
6	คณะนิติศาสตร์ปรีดีพนมยงค์	7,615	7,255	0	6,452	3,732	4,285
7	หอประวัติ ดร.ไสวและหอประชุม	5,870	6,733	0	8,203	3,989	4,521
8	สำนักงานบัณฑิตศึกษา IT	1,864	2,326	0	2,107	402	58
9	สำนักงานการท่องเที่ยวและการโรงแรม	3,417	3,421	0	6,072	3,467	3,130

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ชั้นที่	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวมปริมาณการใช้พลังงาน 12 เดือน (kWh)
6	3,849	9,862	7,449	7,449	7,983	4,520	67,654
7	4,578	6,322	4,599	4,815	3,197	4,214	57,041
8	373	2,121	2,009	1,708	435	865	14,268
9	2,276	3,935	2,711	3,147	1,894	2,240	35,710
รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าชั้นที่ 6-9 ในปี 2563ทั้งสิ้น							174,138.97

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการตรวจวัดของปี พ.ศ.2562 และ ปี พ.ศ.2563 ผู้ศึกษาเลือกใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการตรวจวัดของปี พ.ศ.2562 เป็นตัวแทนการใช้พลังงานของชั้นที่ 6 ชั้นที่ 7 และชั้นที่ 9 เนื่องจากช่วงวันและเวลาดังกล่าวมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ยังไม่ได้ใช้มาตรการ Work From Home เข้มข้นเท่าปีกับ ปี พ.ศ.2563 ส่วนข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการตรวจวัดของปี พ.ศ.2563 เป็นตัวแทนการใช้พลังงานของชั้นที่ 8 เนื่องจากในช่วงปี 2562 ชั้นที่ 8 มีการปิดปรับปรุง และผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม จะได้ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมตามตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ที่จะทำการศึกษามีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกินเกณฑ์ค่าดัชนีของอาคารอ้างอิงที่มีค่า 102 kWh / m2 / year ดังตารางที่ 3.15

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.3 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

ชั้นที่	หน่วยงาน	รวมปริมาณการใช้พลังงาน 12 เดือน (kWh)	พื้นที่ใช้สอยอาคาร(ตร.ม.)	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/m^2-y)
6	คณะนิติศาสตร์ปรีดีพนมยงค์	90,936	1,365.55	66.59
7	หอประวัติ ดร.ไสวและหอประชุม	64,483	1,234.42	52.24
8	สำนักงานบัณฑิตศึกษา IT	14,268	516.75	27.61
9	สำนักงานการท่องเที่ยวและการโรงแรม	36,709	516.75	71.04

4.2 ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของแบบจำลองการใช้พลังงานกับข้อมูลจากการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

การจำลองการใช้พลังงานในอาคารโดยโปรแกรม OpenStudio อาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของอาคารไม่ว่าจะเป็น ตำแหน่งที่ตั้งตัวอาคารข้อมูลของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างผนังภายนอกอาคาร ผนังภายในอาคาร พื้น ฝ้า เพดานชนิดของประตูหน้าต่างข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคาร ชนิด จำนวน ขนาด และช่วงระยะเวลาของการใช้ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ตลอดจนจำนวนของผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ของอาคารในแต่ละช่วงเวลา รวมถึงข้อมูลด้านภูมิอากาศ ซึ่งแสดงในภาคผนวก ข. เมื่อได้ผลการใช้ปริมาณไฟฟ้าของอาคารตามแบบจำลองดังแสดงตามตารางที่ 4.4 แล้วจึงนำไปเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ของอาคาร 6 อ.ไสว สุทธิพิทักษ์ กับค่าที่ทำการตรวจวัดจริง ดังแสดงตามตารางที่ 4.5 ผลปรากฏว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารตามแบบจำลองการใช้พลังงานมีค่าคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารตามค่าที่ตรวจวัดจริง ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ที่สร้างขึ้นเป็นตัวแทนการศึกษาสมรรถนะการใช้พลังงาน และศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานกรณีศึกษานี้ได้ อีกทั้งโปรแกรม OpenStudio ยังสามารถแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา ตามภาพที่ 4.2 และแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารได้ ตามภาพที่ 4.3 เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการ การประหยัดพลังงานต่อไป

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า อาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 จากการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม OpenStudio

ชั้นที่	หน่วยงาน/การใช้พื้นที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
6	คณะนิติศาสตร์ปรีดี พนมยงค์	7,131.91	6,503.12	8,463.62	8,433.34	8,835.51	8,294.04
7	หอประวัติ ดร.ไสว และหอประชุม	5,073.35	4,600.13	6,127.95	6,125.74	6,332.29	5,865.62
8	สำนักงาน บัณฑิตศึกษา IT	1,195.5	1,087.29	1,379.45	1,341.2	1,353.46	1,259.13
9	สำนักงานการท่องเที่ยวและการโรงแรม	2,932.56	2,704.36	3,444.26	3,371.81	3,480.84	3,276.77

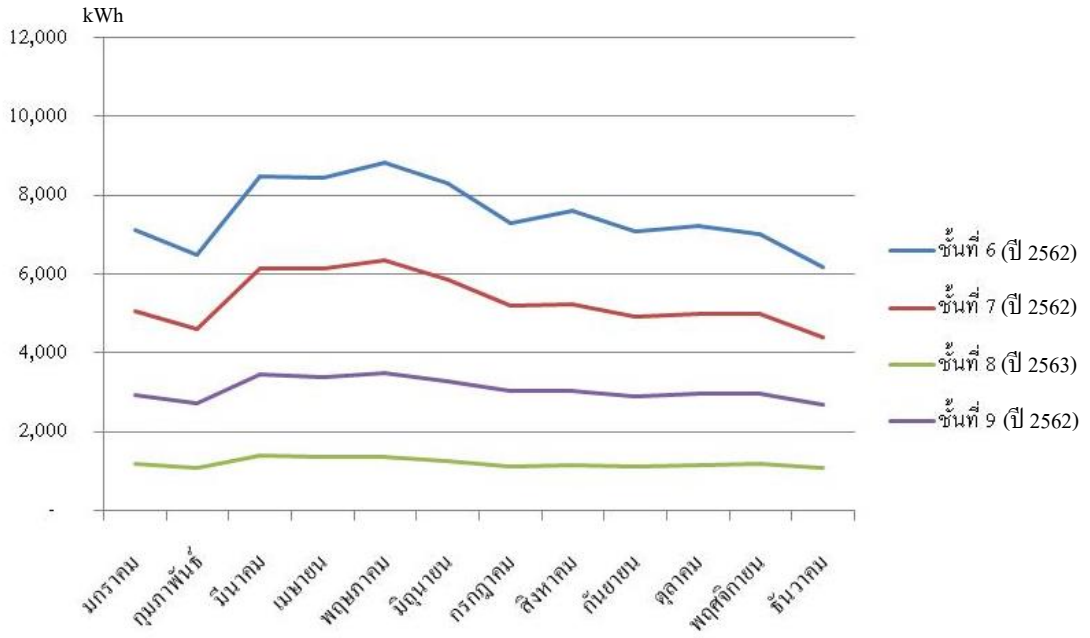
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ชั้นที่	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวมปริมาณการใช้พลังงาน12 เดือน (kWh)
6	7,303.74	7,592.09	7,067.19	7,213.68	7,002.93	6,186.05	90027.22
7	5,211.8	5,239.5	4,918.52	4,995.91	5,000.48	4,403.87	63895.16
8	1,125.01	1,146.54	1,095.11	1,139.01	1,179.6	1,077.52	14378.82
9	3,016.35	3,022.01	2,900.48	2,973.62	2,947.39	2,668.12	36738.57
รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าชั้นที่ 6-9 ในปี จากการสร้างแบบจำลองทั้งสิ้น							205039.77

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

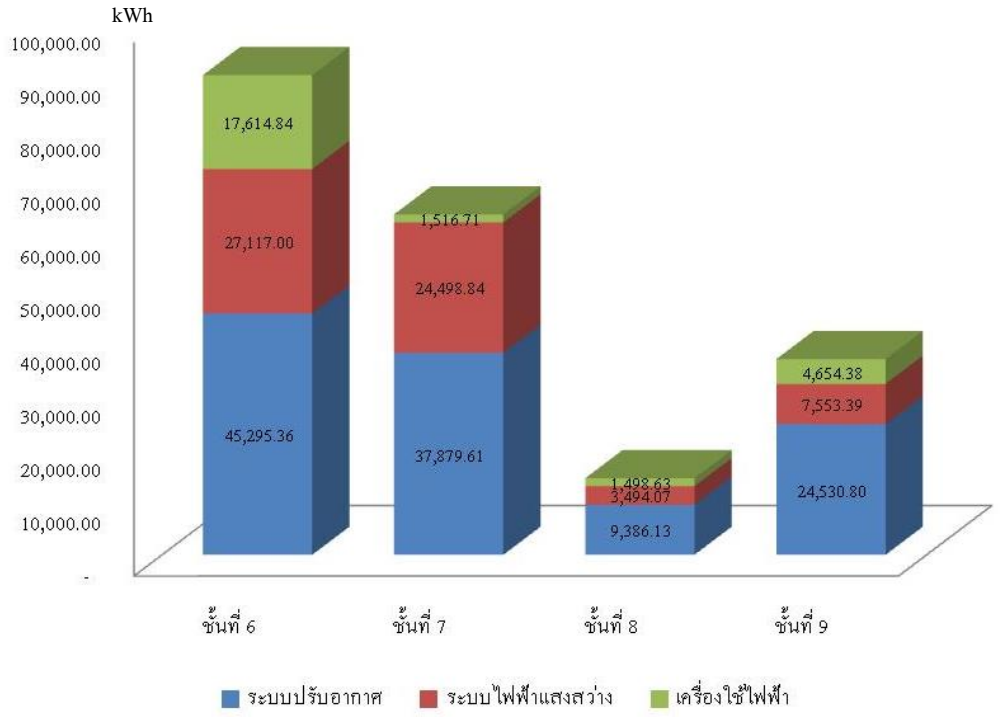
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารที่ตรวจวัดจริงกับแบบจำลองการใช้พลังงานโดยโปรแกรม OpenStudio และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ชั้นที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลอง (kWh)				% ความคลาดเคลื่อน
		ระบบปรับอากาศ	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	เครื่องใช้ไฟฟ้า	รวม	
6	90,936.00	45,295.36	27,117.00	17,614.84	90,027.20	1.0%
7	64,483.00	37,879.61	24,498.84	1,516.71	63,895.16	0.9%
8	14,268.00	93,86.13	3,494.07	1,498.63	14,378.83	-0.8%
9	36,709.00	24,530.80	7,553.39	4,654.38	36,738.57	-0.1%



ภาพที่ 4.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา จากการสร้างแบบจำลองพลังงานโดยโปรแกรม OpenStudio

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 4.3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของแบบจำลองอาคารโดยโปรแกรม OpenStudio

4.3 ผลการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

มาตรการการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้มาตรการจากที่ไม่มีค่าใช้จ่ายจนถึงมาตรการที่ต้องมีค่าใช้จ่าย โดยเริ่มจากมาตรการปรับอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ มาตรการติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่หน้าต่างมาตรการปรับเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง และมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง โดยมีรายละเอียดดังนี้

มาตรการที่ 1 ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24^{O}C เป็น 26^{O}C เนื่องจากการปรับเพิ่มอุณหภูมิทุกๆ 1 ^{O}C จะช่วยประหยัดพลังงานประมาณร้อยละ 10 ของเครื่องปรับอากาศ สำหรับสภาวะน่าสบายของมนุษย์ คือสภาวะแวดล้อมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบาย ควรอยู่ในช่วง 22-27^{O}C ดังนั้นถ้าตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทไว้ที่ 26^{O}C จะช่วยประหยัดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.6

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลอง มาตรการที่ 1 ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24^{O}C เป็น 26^{O}C

ชั้นที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 1 (kWh)				% การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง
		ระบบปรับอากาศ	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	เครื่องใช้ไฟฟ้า	รวม	
6	90,027.20	19,592.95	25,988.65	17,614.84	63,196.44	29.8%
7	63,895.16	26,543.82	22,334.8	1,516.71	50,395.33	21.1%
8	14,378.83	4,192.42	4,361.24	2,737.16	11,290.82	21.5%
9	36,738.57	12,069.61	16,209.86	663.12	28,942.59	21.2%

มาตรการที่ 2 การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจก เนื่องจากผนังกระจกใสจะให้แสงสว่างเข้ามามากแต่ในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนผ่านเข้ามามากด้วยดังนั้นวิธีป้องกันความร้อนที่ผ่านกระจกใสคือติดฟิล์มกรองแสงที่ผิวกระจกด้านในอาคาร ซึ่งในกาศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำคุณสมบัติของฟิล์มกรองแสงยี่ห้อหนึ่งซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค. จะช่วยประหยัดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลอง มาตรการที่ 2 การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจก

ชั้นที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 2 (kWh)				% การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง
		ระบบปรับอากาศ	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	เครื่องใช้ไฟฟ้า	รวม	
6	90,027.20	40,520.42	27,117	17,614.84	85,252.26	5.3%
7	63,895.16	31,188.32	24,498.84	1,516.71	57,203.87	10.5%
8	14,378.83	7,318.47	3,494.07	1,498.63	12,311.17	14.4%
9	36,738.57	20,766.11	7,553.39	4,654.38	32,973.88	10.2%

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

มาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED เนื่องจากปัจจุบันผู้ผลิตหลอดไฟฟ้ามีการพัฒนาเทคโนโลยีหลอด LED ให้มีความเข้มการส่องสว่างสูงจนสามารถใช้กับงานด้านแสงสว่างได้ซึ่งมีข้อดีเมื่อเทียบกับหลอดประเภทอื่นคือประหยัดพลังงาน ขนาดเล็กกะทัดรัดทนการสั่นสะเทือนสูงเปิดปิดได้บ่อยครั้งอายุยาวนานมีประสิทธิผลด้านแสงสูงไม่มีการแผ่รังสียูวีและอินฟราเรดอีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งแสดงในภาคผนวก ค. จะช่วยประหยัดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED

ชั้นที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 3 (kWh)				% การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง
		ระบบปรับอากาศ	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	เครื่องใช้ไฟฟ้า	รวม	
6	90,027.20	34,989.37	1,6476	17,614.84	69,080.21	23.3%
7	63,895.16	19,642.41	3,935.01	1,516.71	25,094.13	60.7%
8	14,378.83	6,220.3	2,718.49	2,737.16	11,675.95	18.8%
9	36,738.57	15,467.24	10,178.74	663.12	26,309.1	28.4%

มาตรการที่ 4 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง(SEER) ทดแทนเครื่องปรับอาคารเครื่องเดิมใช้งานมายาวนาน เนื่องจากระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสูงสุด ดังนั้นการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงมีความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าต่อตันความเย็นต่ำซึ่งในกาศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ใช้ค่าประสิทธิภาพหรือค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio : SEER) เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter เท่ากับ 14.0 บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ หรือ ค่า COP เท่ากับ 3.692 จะช่วยประหยัดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 4 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงตามฤดูกาล (SEER)

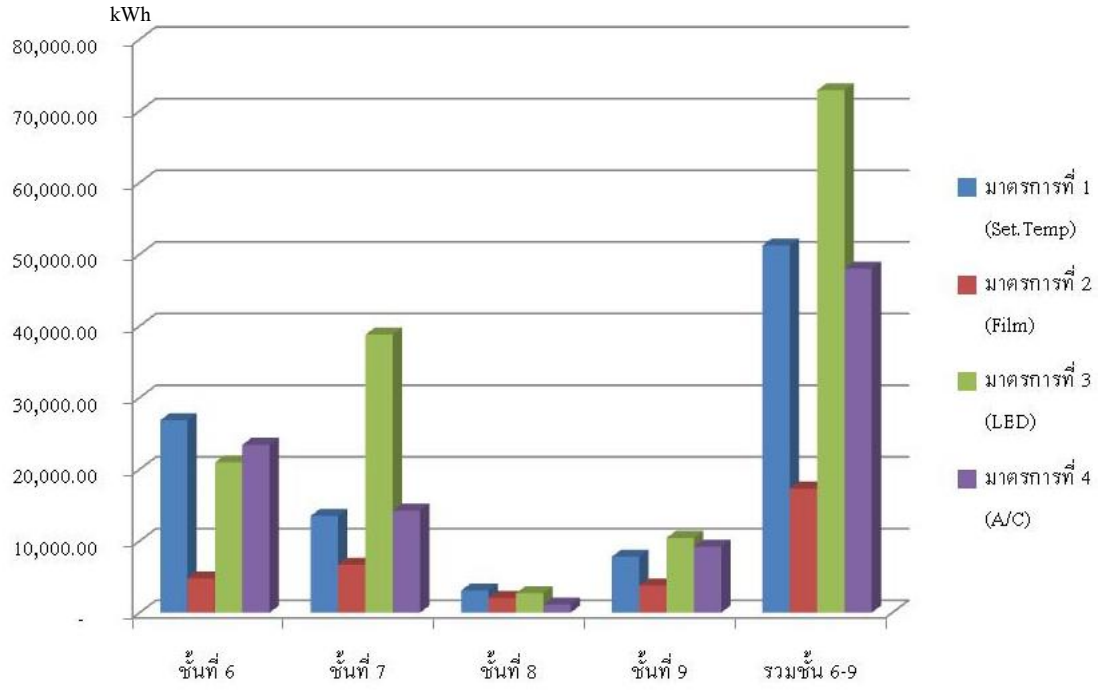
ชั้นที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองมาตรการที่ 4 (kWh)				% การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง
		ระบบปรับอากาศ	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	เครื่องใช้ไฟฟ้า	รวม	
6	90,027.20	21,887.26	27,117	17,614.84	66,619.1	26.0%
7	63,895.16	23,640.12	24,498.84	1,516.71	49,655.67	22.3%
8	14,378.83	8,268.34	3,494.07	1,498.63	13,261.04	7.8%
9	36,738.57	15,318.86	7,553.39	4,654.38	27,526.63	25.1%

จากผลการจำลองแบบการใช้พลังงานตามมาตรการทั้ง 4 มาตรการ ดังตารางที่ 4.10 จะพบว่ามาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด แต่หากพิจารณาผลการประหยัดพลังงานของแต่ละชั้นก็พบว่า ชั้นที่ 6 มาตรการที่ 1 การปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24OC เป็น 26OC มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ตามภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการลดใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 6 บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ตามมาตรการที่ 1-4

ชั้นที่	มาตรการที่ 1 (Set.Temp)	มาตรการที่ 2 (Film)	มาตรการที่ 3 (LED)	มาตรการที่ 4 (A/C)
6	26,830.76	4,774.94	20,946.99	23,408.10
7	13,499.83	6,691.29	38,801.03	14,239.49
8	3,088.01	2,067.66	2,702.88	1,117.79
9	7,795.98	3,764.69	10,429.47	9,211.94
รวมทุกมาตรการ (kWh)	51,214.58	17,298.58	72,880.37	47,977.32

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



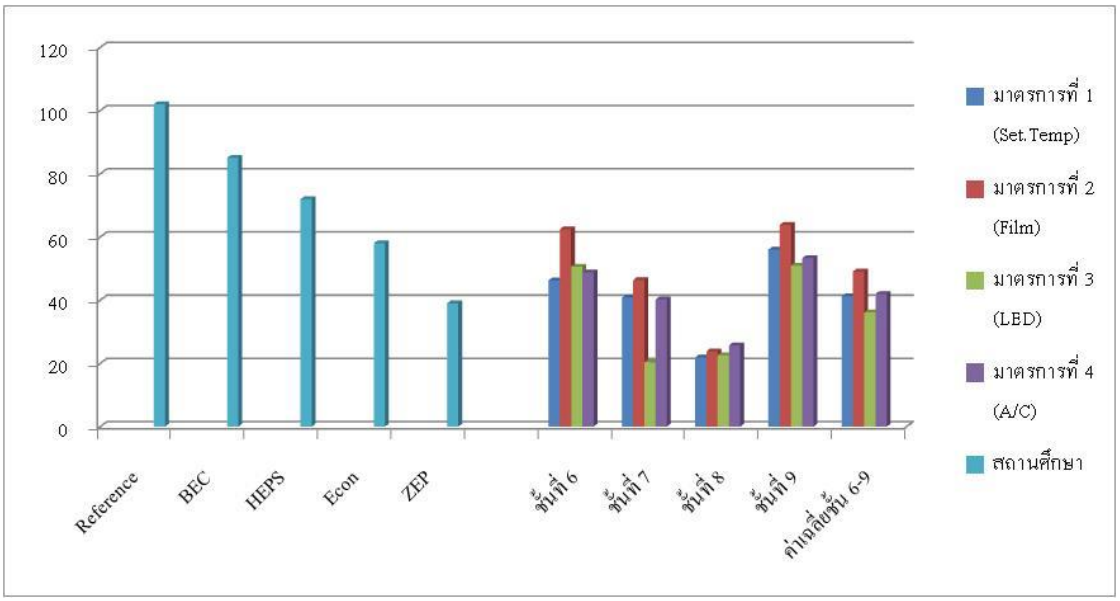
ภาพที่ 4.4 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของแต่ละชั้น และ ผลรวมการประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวมที่ได้จากแบบจำลองการใช้พลังงานตามมาตรการ 1-4

เมื่อนำมาตรการการประหยัดพลังงานทั้ง 4 มาตรการ มาทำการประมวลผลในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร OpenStidio จะพบว่ามาตรการที่สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดเป็นอันดับ 1 คือมาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED อันดับ 2 คือ มาตรการที่ 1 ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24^{O}C เป็น 26^{O}C อันดับ 3 คือ มาตรการที่ 4 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (EER) และ อันดับ 4 คือ มาตรการที่ 2 การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจกและเมื่อคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละชั้นปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองที่ได้จากการศึกษา ตามตารางที่ 4.11 พบว่า บางมาตรการมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่ำกว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ประเภทสถานศึกษาที่มีค่าอ้างอิงเท่ากับ 102kWh/m^2/year และ ยังมีค่าดัชนีต่ำกว่าเกณฑ์ BEC ที่กำหนดเท่ากับ 85kWh/m^2/year ซึ่งเข้าใกล้เกณฑ์ Econ ที่กำหนดเท่ากับ 58kWh/m^2/year ตามภาพที่ 4.6

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.11 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 4 มาตรการ ของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

มาตรการที่	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมตามแบบจำลองที่ดำเนินการตามมาตรการต่าง ๆ (kWh / m^2 / year)			
	ชั้นที่ 6	ชั้นที่ 7	ชั้นที่ 8	ชั้นที่ 9
มาตรการที่ 1 (Set.Temp)	46.28	40.83	21.85	56.01
มาตรการที่ 2 (Film)	62.43	46.34	23.82	63.81
มาตรการที่ 3 (LED)	50.59	20.33	22.59	50.91
มาตรการที่ 4 (A/C)	48.79	40.23	25.66	53.27



ภาพที่ 4.5 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ประเภทสถานศึกษา เปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงานจากผลการจำลองแบบการใช้มาตรการทั้ง 4 มาตรการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาการจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารสถานศึกษา กรณีศึกษาอาคาร 6 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 โดยใช้โปรแกรม SketchUp version 2017, OpenStudio version 3.3.0 และ EnergyPlus สามารถประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารตามมาตรการประหยัดพลังงานทั้ง 4 มาตรการ พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 21.85 - 62.43 kWh/m^2/year ซึ่งยังไม่เกินค่าดัชนีการใช้พลังงานสุทธิ (Net Consumption) จากแบบจำลองของอาคารแต่ละประเภทในแต่ ละระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน ประเภทอาคารสถานศึกษา ที่กำหนดค่าดัชนีขั้นต่ำเกณฑ์ BEC เท่ากับ 85 kWh/m^2/year และเข้าใกล้เกณฑ์ Econ ที่กำหนดเท่ากับ 58 kWh/m^2/year ซึ่งถือว่าการประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคาร 6 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ บริเวณชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ผ่านเกฑณ์ BEC และสาเหตุที่ทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดลงนอกเหนือจาก 4 มาตการ คือ มาตรการ Work From Home ที่ส่งผลให้พฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ระยะเวลาของการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละวันแตกต่างกัน

สำหรับมาตรการ การประหยัดพลังงานในการศึกษาครั้งนี้สามารถจำแนกมาตรการ การประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 2 มาตรการ คือมาตรการที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและต้องมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. มาตรการที่ใช้ในการประหยัดพลังงานในอาคารที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

มาตรการที่ 1 (Set.T)ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24 °C เป็น 26 °C สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยรวม 23.41%

2. มาตรการที่ใช้ในการประหยัดพลังงานในอาคารที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

มาตรการที่ 2 (Film) การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจก สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ย 10.10%

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

มาตรการที่ 3 (LED) การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LEDสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ย 32.79%

มาตรการที่ 4 (A/C) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง(SEER) ทดแทนเครื่องปรับอาคารเครื่องเดิมใช้งานมายาวนาน ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ย 20.28%

จากการดำเนินการจำลองแบบการใช้พลังงานทั้ง 4 มาตรการดังกล่าวข้างต้นพบว่า มาตรการที่สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อันดับ 1 คือ มาตรการที่ 3 (LED) การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ยสูงสุดคือเท่ากับ 32.79% เนื่องจาก บริเวณชั้นที่ 7 มีการติดตั้งหลอดไฟฟ้าแสงสว่างมากที่สุด อันดับ 2 คือมาตรการที่ 1 (Set.T) ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24 °C เป็น 26 °C สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวม 23.41% อันดับ 3 คือมาตรการที่ 4 (A/C) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง(SEER) ทดแทนเครื่องปรับอาคารเครื่องเดิมใช้งานมายาวนาน สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ย 20.28% และอันดับที่ 4 คือ มาตรการที่ 2 (Film) การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจกและหน้าต่างบานกระจก สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ย 10.10% เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงทั้ง 4 มาตรการแล้วพบว่า มาตรการที่ 1 (Set.T) ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจากเดิม 24 °C เป็น 26 °C สามารถประหลัดลังงานไฟฟ้าได้รวม 23.41% เหมาะสมที่สุดเนื่องจากการดำเนินมาตรการดังกล่าวไม่มีค่าใช้จ่าย ส่วนมาตรการที่ 3. (LED) การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจากเดิมเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนเป็นหลอด LED สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดหาอะไหล่สำรองทดแทนของเดิมที่ชำรุด และ มาตรการที่ 4 (A/C) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง(SEER) ทดแทนเครื่องปรับอาคารเครื่องเดิมใช้งานมายาวนาน เป็นมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุน ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาจัดซื้อเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิมที่ชำรุด หรือกรณที่ต้องจัดซื้อสำหรับงานปรับปรุงตกแต่งสำนักงานใหม่เพื่อให้เป็นไปตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

แนวทางการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงาน โดยใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ ได้แก่โปรแกรม SketchUp version 2017, OpenStudio version 3.3.0 และ EnergyPlus

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ในการสร้างแบบจำลองอาคารและพลังงานของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9 ควรให้ความสำคัญกับการจำลองแบบกรอบอาคารที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไปเพราะจะส่งผลกับการประมวลผลของโปรแกรม การวางแผนการจำลองแบบการใช้พลังงานตามมาตรการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าควรมีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นระบบ นอกเหนือจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารค่อนข้างสูงแล้ว ผู้ที่สนใจศึกษาต่อไปในอนาคตสามารถนำแบบจำลองการใช้พลังงานนำไปปรับแต่งพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าควบคู่ไปกับ มาตรการ Work From Home โดยทำการศึกษาโครงสร้างบุคลากรและลักษณะการทำงานเพื่อลดจำนวนเจ้าหน้าที่หรือพนักงานที่เข้ามาทำงานภายในสำนักงาน จัดพื้นที่สำนักงานให้เหมาะสมกับจำนวนเจ้าหน้าที่หรือพนักงานที่ลดลงเพื่อลดพื้นที่ปรับอากาศและลดพื้นที่การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง

นอกเหนือจากมาตรการดังกล่าวข้างต้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าคือผู้ใช้อาคารต้องได้รับการสื่อสารอย่างต่อเนื่องเพื่อปลูกฝังค่านิยม สร้างจิตสำนึกให้ผู้ใช้งานอาคารให้ความสำคัญต่อมาตรการของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร เช่น ปิดไฟฟ้าแสงสว่างเมื่อไม่ผู้ใช้อาคาร ปรับอุณหภูมิของห้องให้เหมาะสมกับกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร ไม่เย็นจนเกินไปโดยตั้งอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้อยู่ระหว่าง 25-27 °C และ ปลดปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้าหลังเลิกใช้งาน มาตารการต่างๆที่ทำมาใช้นั้นจึงจะเกิดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กระทรวงพลังงาน. (2560). *แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2564, จาก https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/guidelinrBEC2017.pdf (2560).

กระทรวงพลังงาน.(2562).*คู่มือวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2564, จากhttp://new.2e-building.com/content/

กระทรวงพลังงาน. (2563). *กฎกระทรวง กำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563.* ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 137. ตอนที่ 94 ก (12 พฤศจิกายน 2563). หน้า 7-11.

กระทรวงพลังงาน.(2564). *รายงานสถติพลังงานของประเทศไทย 2564*.สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2564, จาก www.eppo.go.th

กระทรวงพลังงาน. (2564) .*แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573)*.สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2564, จาก https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/Files/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B9%8C%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%2020%20%E0%B8%9B%E0%B8%B5%20%282554-2573%29EEDP_Thai.pdf

คมสัน วิสาวะโท และ อำนาจผดุงศิลป์ (2559).*การศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารประเภทห้องสมุด : กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ของกรุงเทพมหานคร*.(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ชลวิทย์ เผือกผาสุก และ ติกะ บุนนาค. (2554). *การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ : กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล*. (สารนิพนธ์ไม่ได้รับการตีพิมพ์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ชลากร เชาวนพานิช. (2563). *ผลการประหยัดพลังงานจากการใช้สีสะท้อนความร้อน*.(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปกร

ทสพล เขตเจนการ, พงษ์ศิริ จรุยนนท์, วิชุดา เมตตานันท, พงษ์นรินทร์ ชมชื่น และ ภาณุวัตร เกษรทอง. (2550). *การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์*. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 น.927-932. ชลบุรี. มหาวิทยาลัยบูรพา.

บำรุง ชมตา อำนาจ ผดุงศิลป์ และ ประศาสน์ จันทราทิพย์. (2561). *การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เพื่อป้องกันอาการเจ็บป่วยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมในอาคาร: กรณีศึกษาอาคาร CAT TOWER บางรัก กรุงเทพมหานคร*.วารสารบัณฑิตวิทยาลัย ฉบับที่ 3.น.528. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

พรเทพ พินัยศาสตร์. (2554) *การจัดการอาคารสำนักงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคาร ดร.เจริญ คันธวงศ์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ เขตกล้วยน้ำไท* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

พิมพ์จิตร์ ตันประดิษฐ์. (2558). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการนำกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงานที่ใช้กับอาคารภาครัฐมาบังคับใช้กับอาคารภาคเอกชน*. วารสารวิชาการ ปีที่ 13 ฉบับที 1 (2560).หน้า 80-88 กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

อัครพล ภู่มหภิญโญ. (2557). *โปรแกรมคำนวณภาระทำความเย็นด้วยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีสำหรับประเทศไทย*. (วิทยานิพนธ์ไม่ได้รับการตีพิมพ์). กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุกฤษฎ์ ใจงาม .(2562).*การจำลองพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันและแบบเครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำของอาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาคผนวก

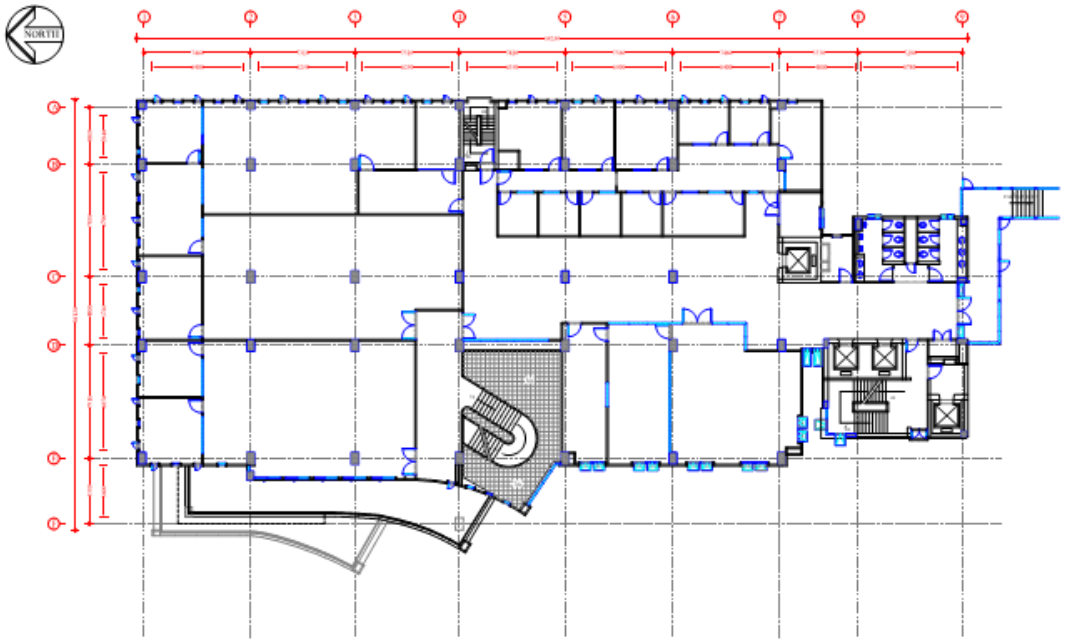
DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาคผนวก ก

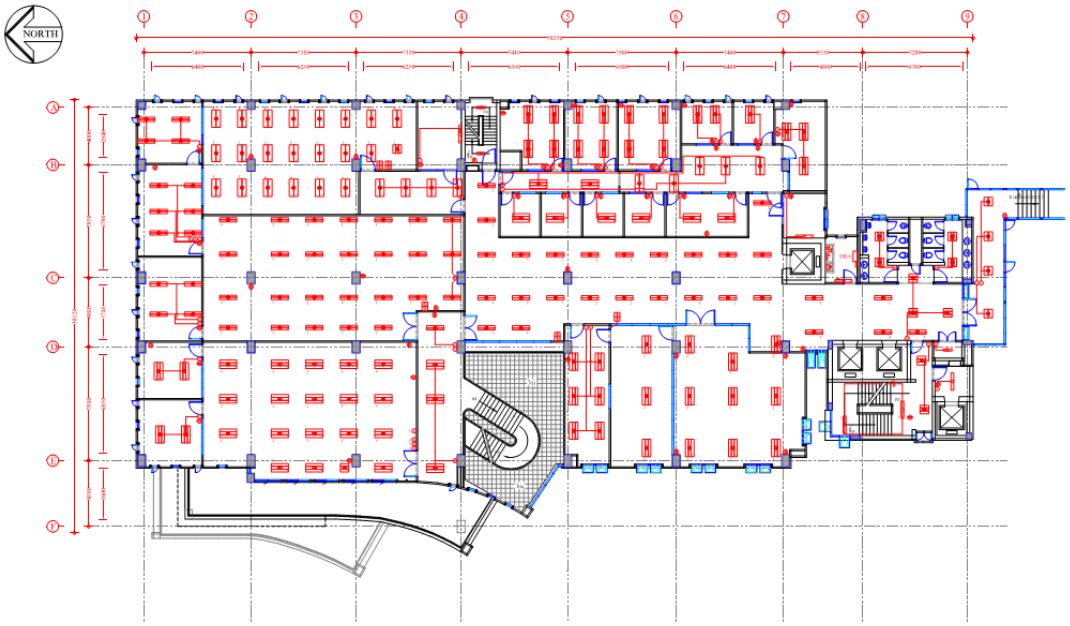
รูปแบบอาคาร ชนิด ขนาด ของระบบปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่าง ของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ถึงชั้นที่ 9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ก.1 แบบแปลนพื้นอาคาร 6 ชั้นที่ 6

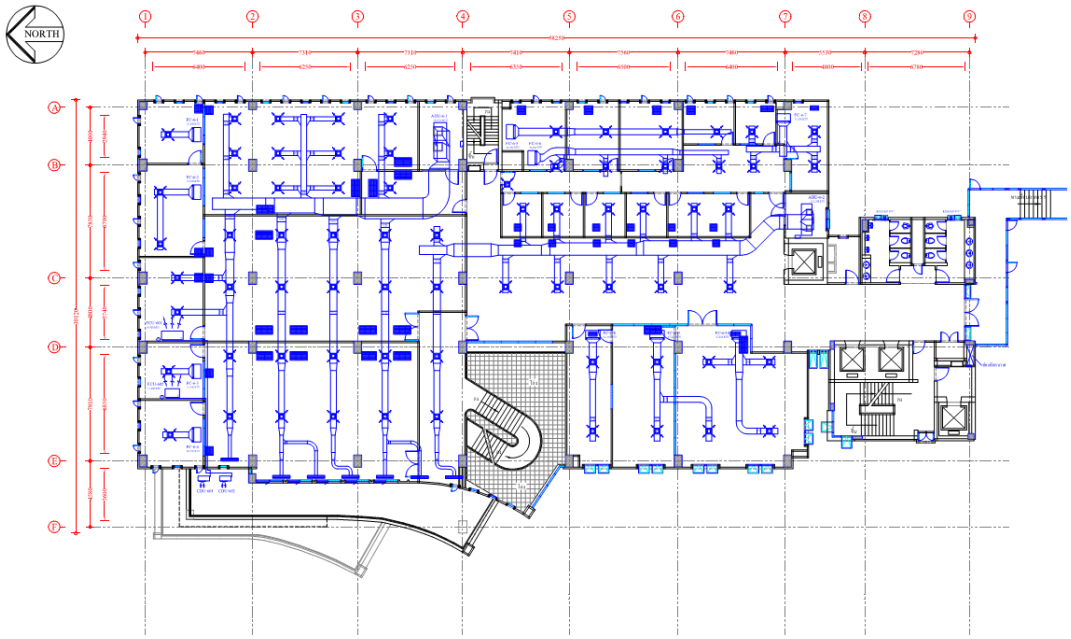


ภาพที่ ก.2 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 6

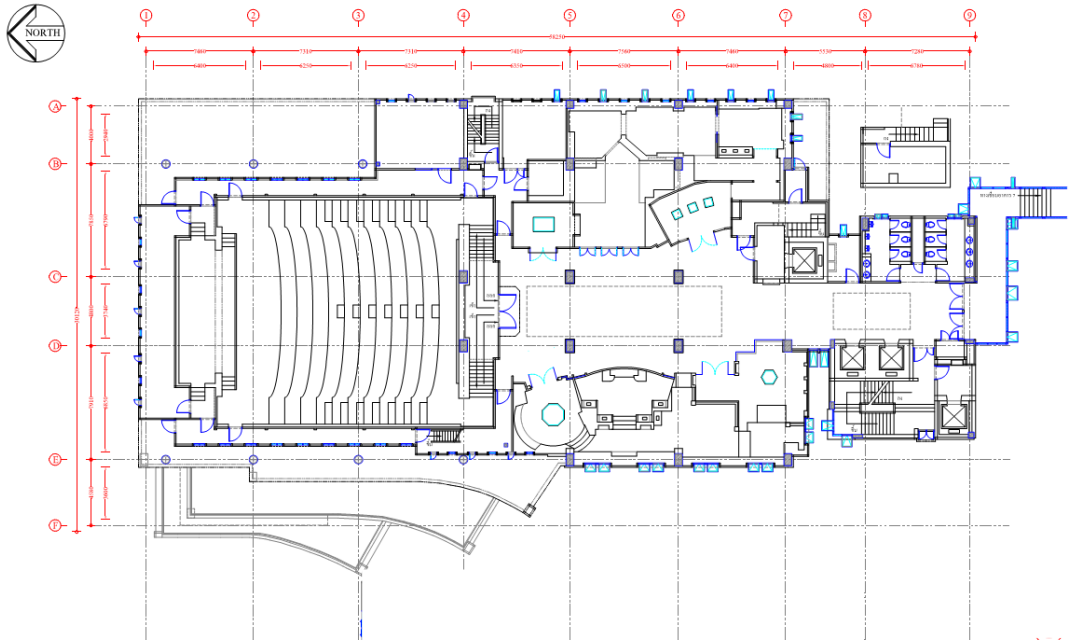


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ก.3 แบบแปลนระบบปรับอากาศ อาคาร 6 ชั้นที่ 6

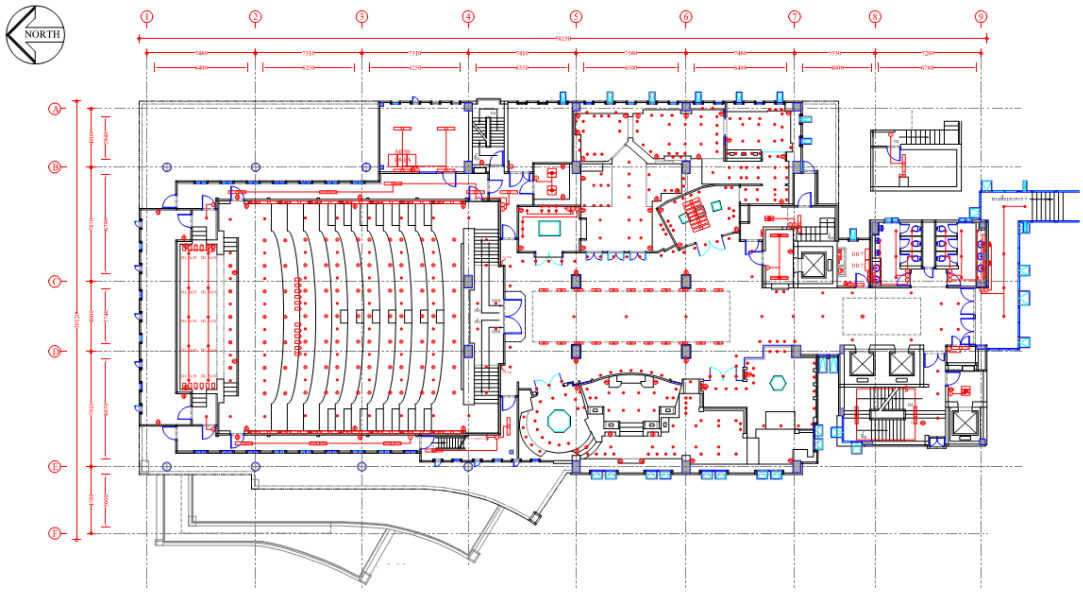


ภาพที่ ก.4 แบบแปลนพื้นอาคาร 6 ชั้นที่ 7

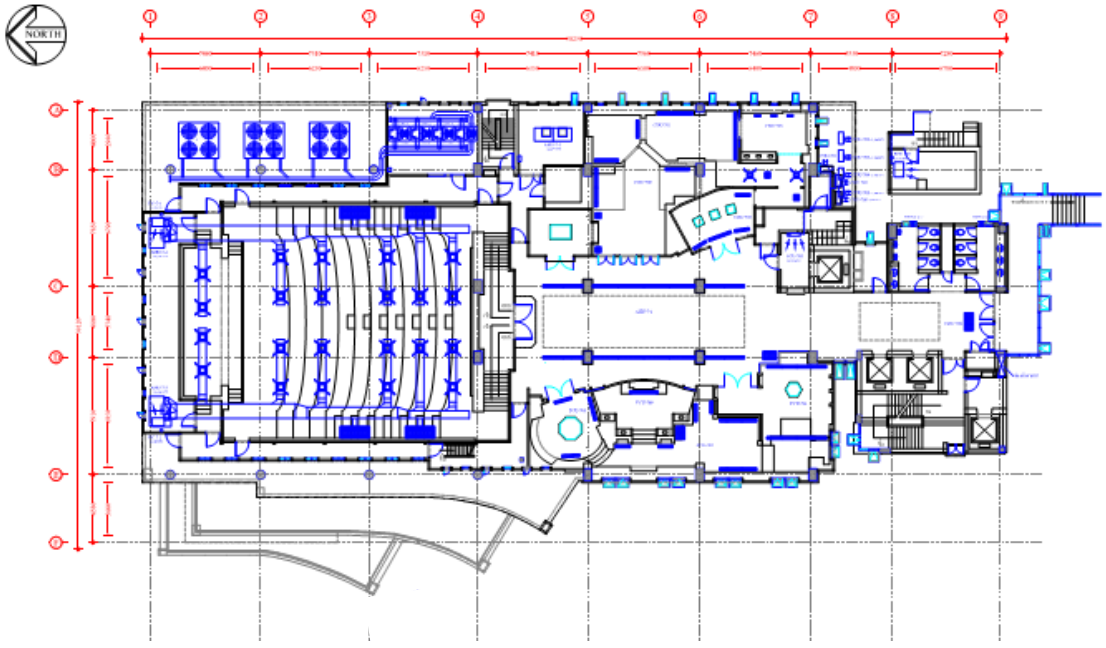


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ก.5 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 7

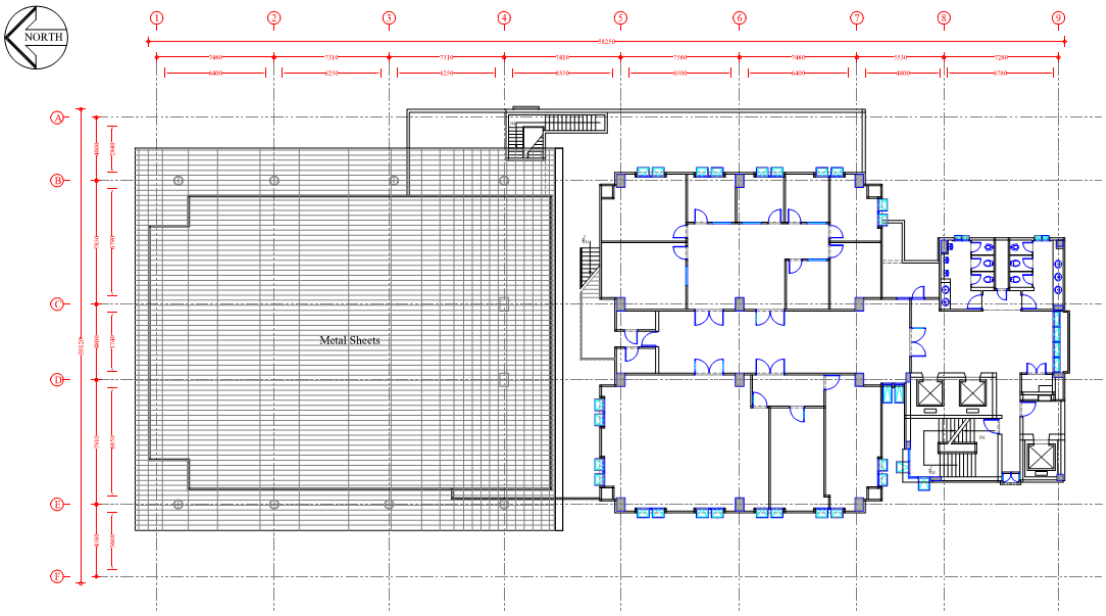


ภาพที่ ก.6 แบบแปลนระบบระบ_ _ _ _ _ _ ... เศ อาคาร 6 ชั้นที่ 7

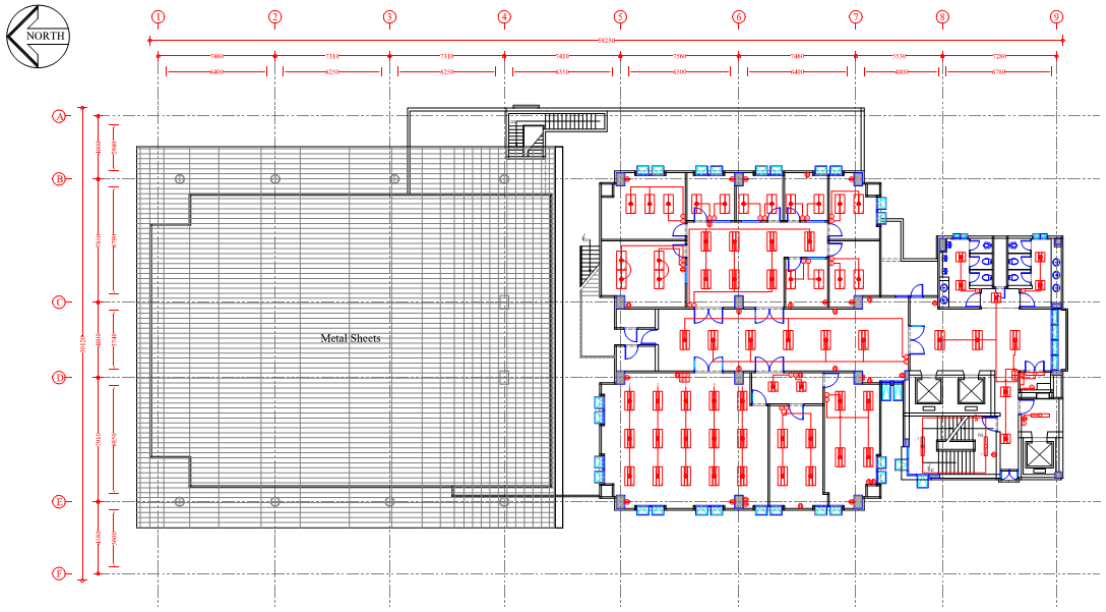


ภาพที่ ก.7 แบบแปลนพื้น อาคาร 6 ชันที่ 8

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

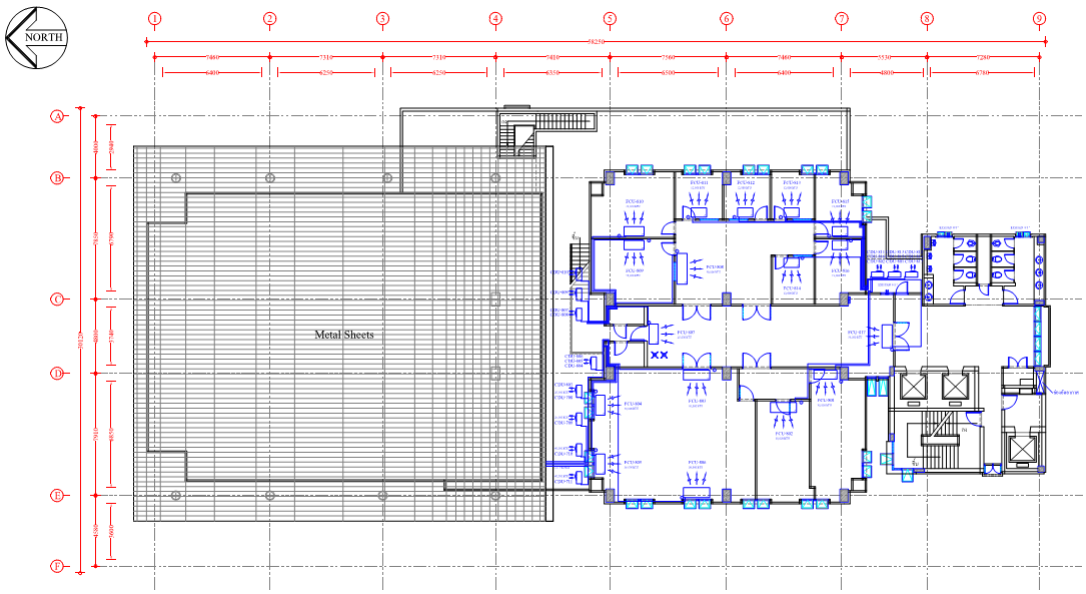


ภาพที่ ก.8 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 8

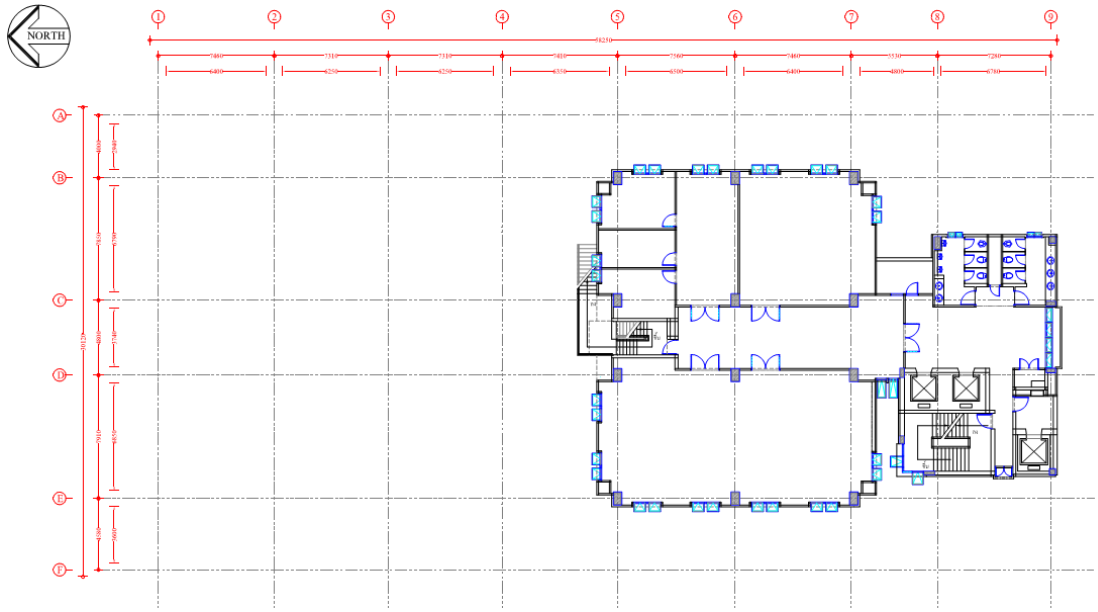


ภาพที่ ก.9 แบบแปลนระบบปรับอากาศ อาคาร 6 ชั้นที่ 8

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

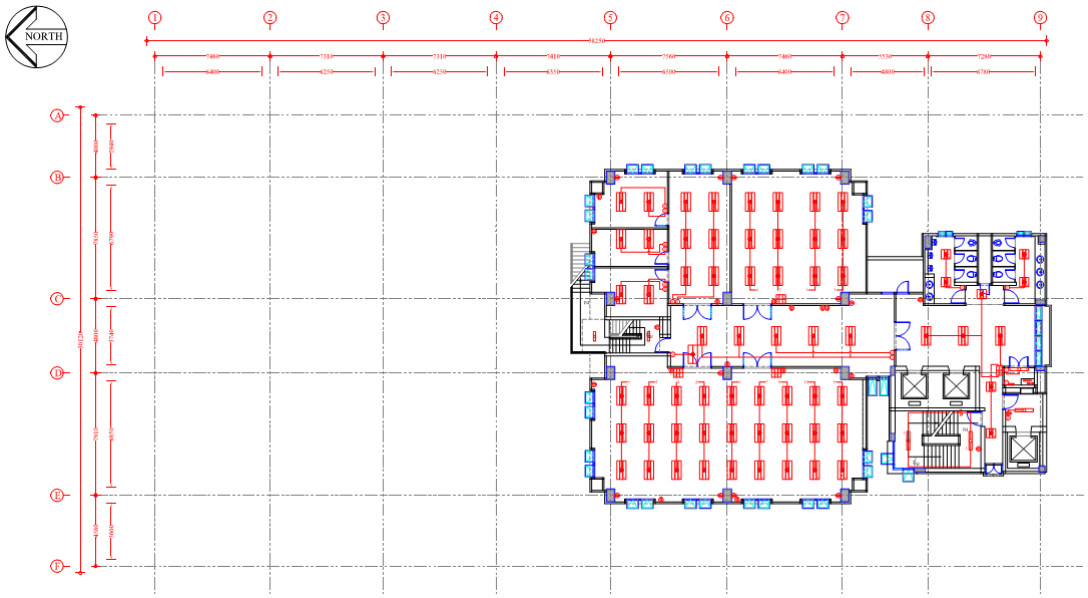


ภาพที่ ก.10 แบบแปลนพื้น อาคาร 6 ชั้นที่ 9

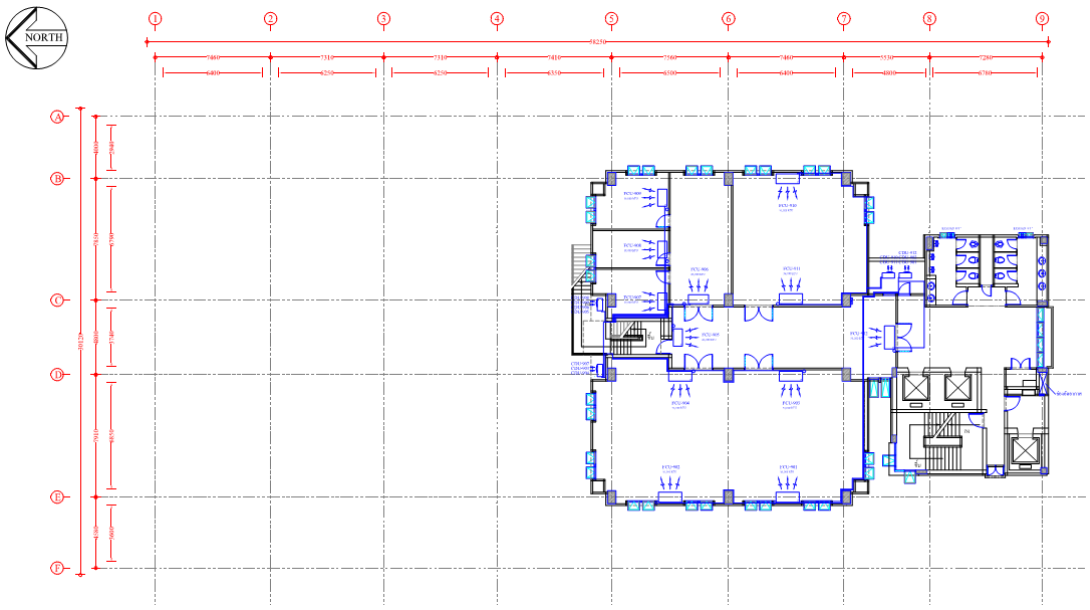


ภาพที่ ก.11 แบบแปลนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อาคาร 6 ชั้นที่ 9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

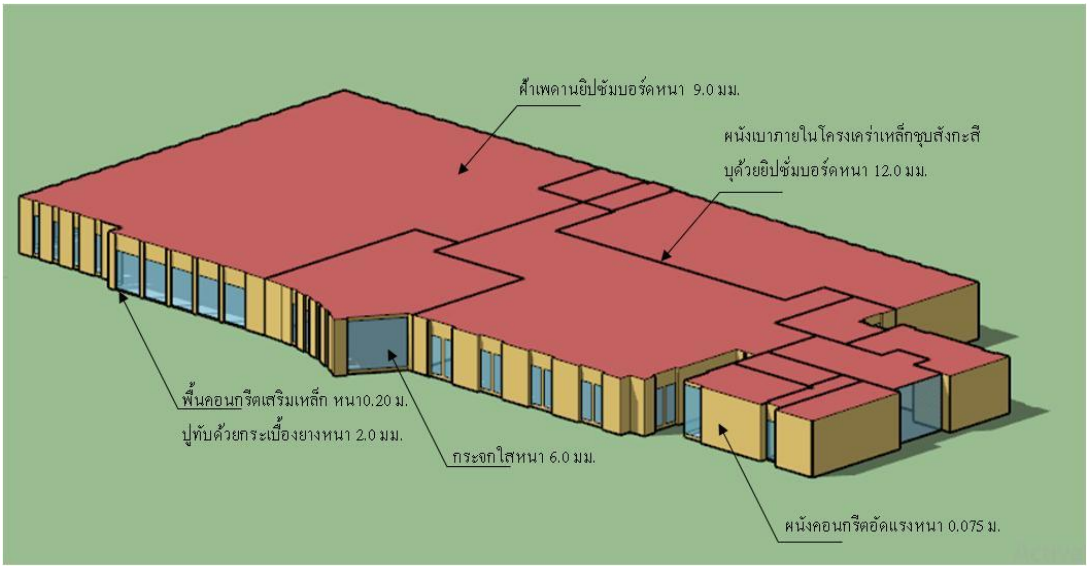


ภาพที่ ก.12 แบบแปลนระบบปรับอากาศ อาคาร 6 ชั้นที่ 9



ภาพที่ ก.13 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง อาคาร 6 ชั้นที่ 9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ ก.14 รายละเอียดสัญลักษณ์ของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

แบบสัญลักษณ์ระบบไฟฟ้า

	FL 1 x 36 W (REFLEX)		FL 1 x 36 W (NONREFLEX)	S	SWITCH
	FL 2 x 36 W (REFLEX)		FL 2 x 36 W (NONREFLEX)		PLUG
	FL 3 x 36 W (REFLEX)		FL 3 x 36 W (NONREFLEX)	C	แบบติดเพดาน
	FL 1 x 18 W (REFLEX)		FL 1 x 18 W (NONREFLEX)	R	แบบฝังฝ้า
	FL 2 x 18 W (REFLEX)		FL 2 x 18 W (NONREFLEX)	W	แบบติดผนัง
	FL 3 x 18 W (REFLEX)		FL 3 x 18 W (NONREFLEX)	H	แบบแขวน

CFL COMPACT FLUORESCENT

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

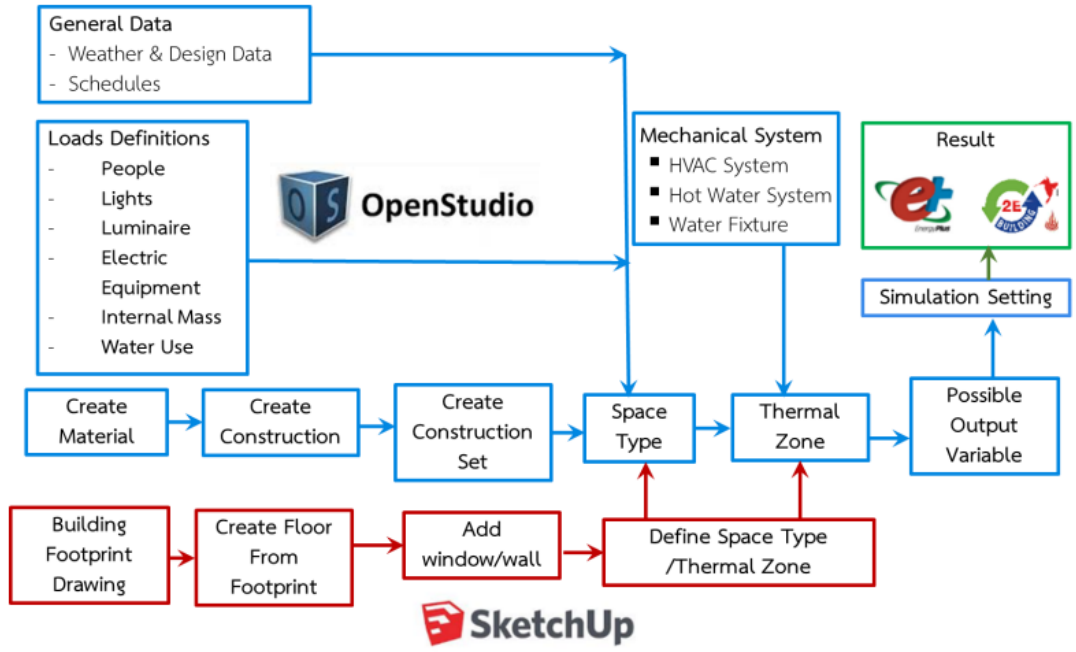
ภาคผนวก ข

ข้อมูลการสร้างแบบจำลองของอาคารโดยใช้โปรแกรม

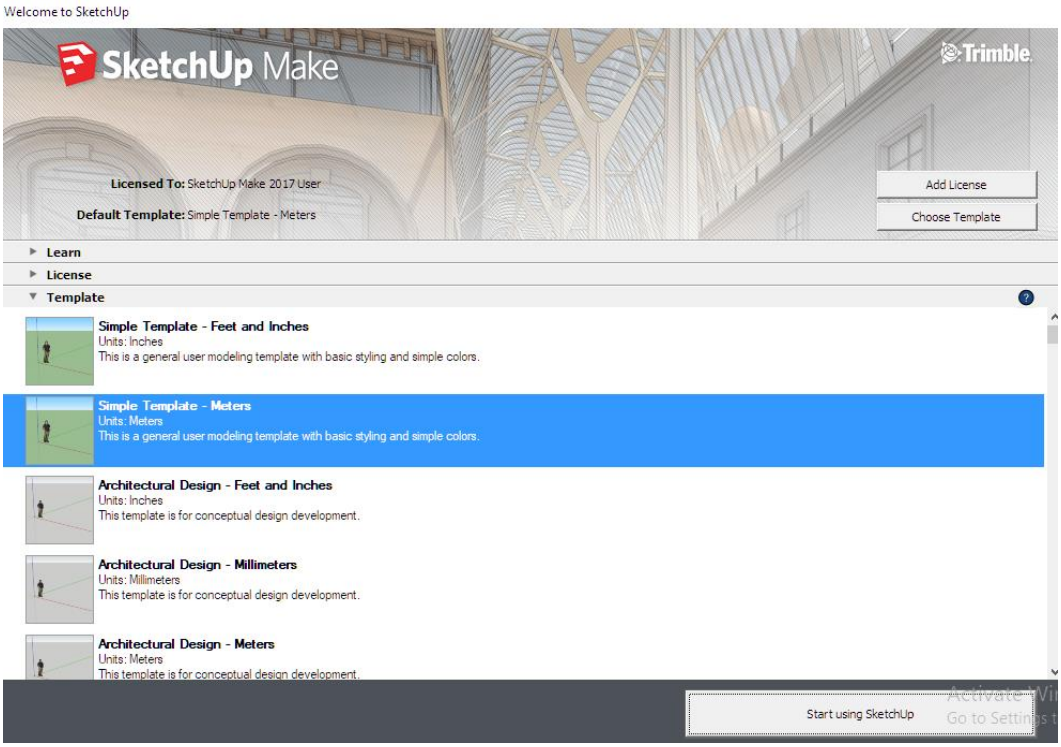
SketchUp version 2017, OpenStudio version 3.3.0 และ EnergyPlus

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข.1 ลำดับการทำงานของโปรแกรม

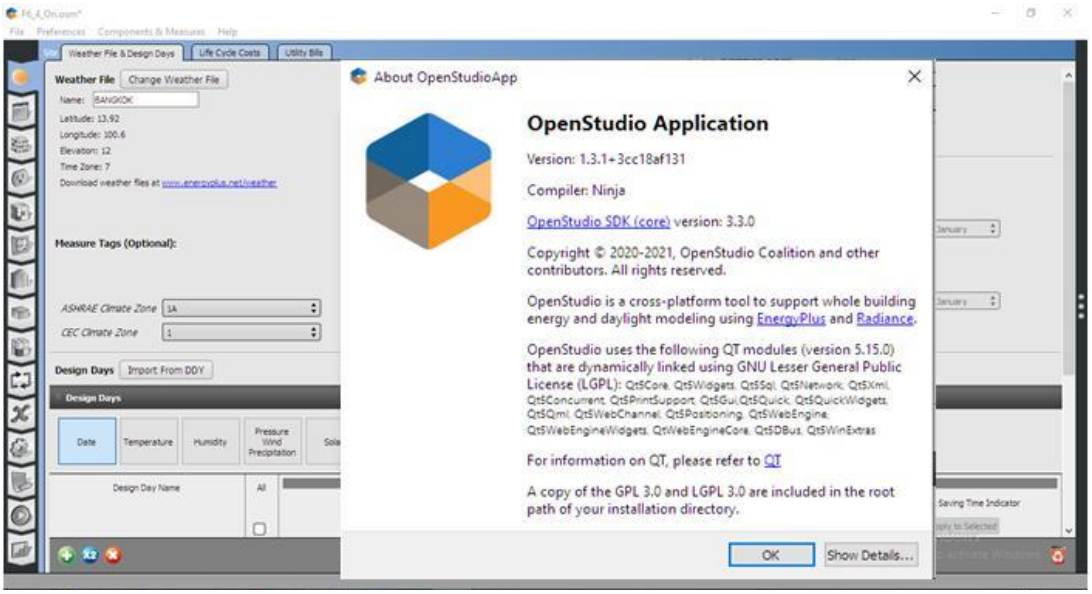


ภาพที่ ข.2 รายละเอียดโปรแกรม SketchUp version 2017

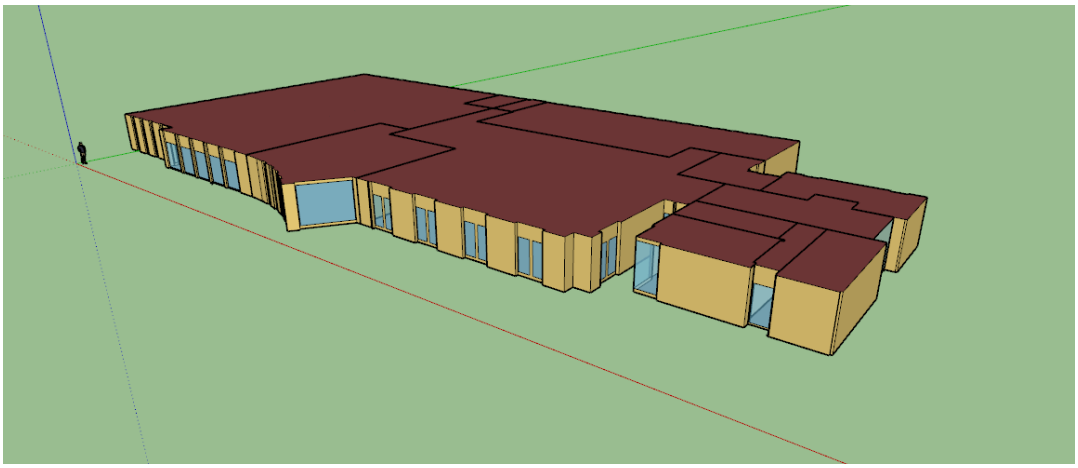


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข.3 รายละเอียดโปรแกรม OpenStudio version 3.3.0

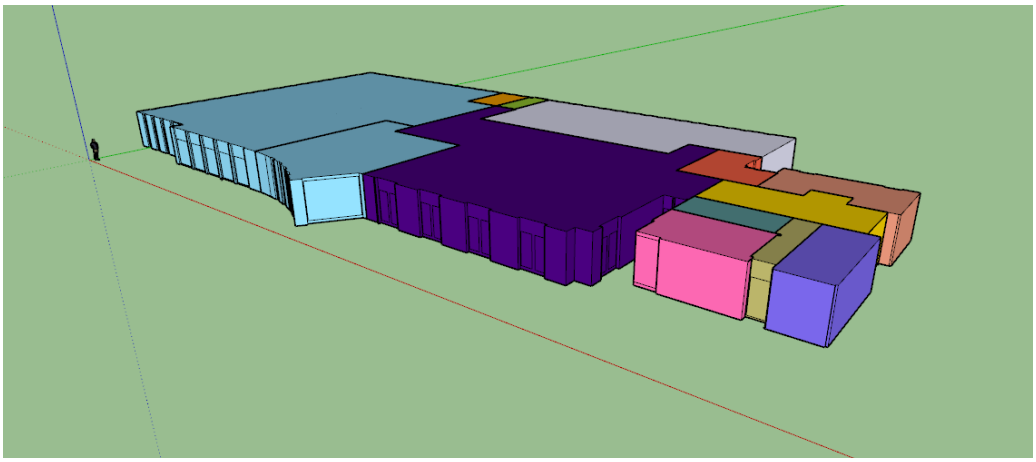


ภาพที่ ข.4 แสดงกรอบอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ที่สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

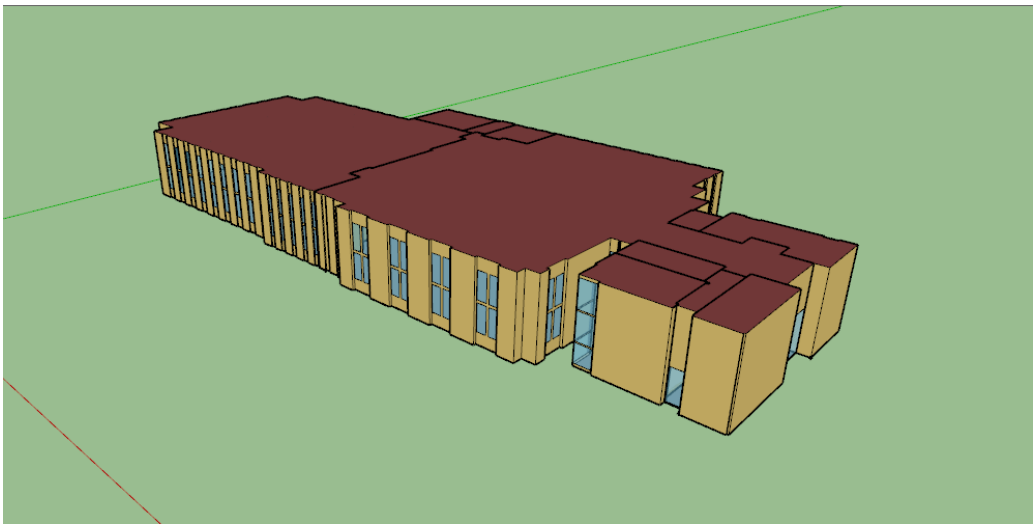


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข.5 แสดงการแบ่งโซนตามกรอบอาคาร 6 ชั้นที่ 6 ที่สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

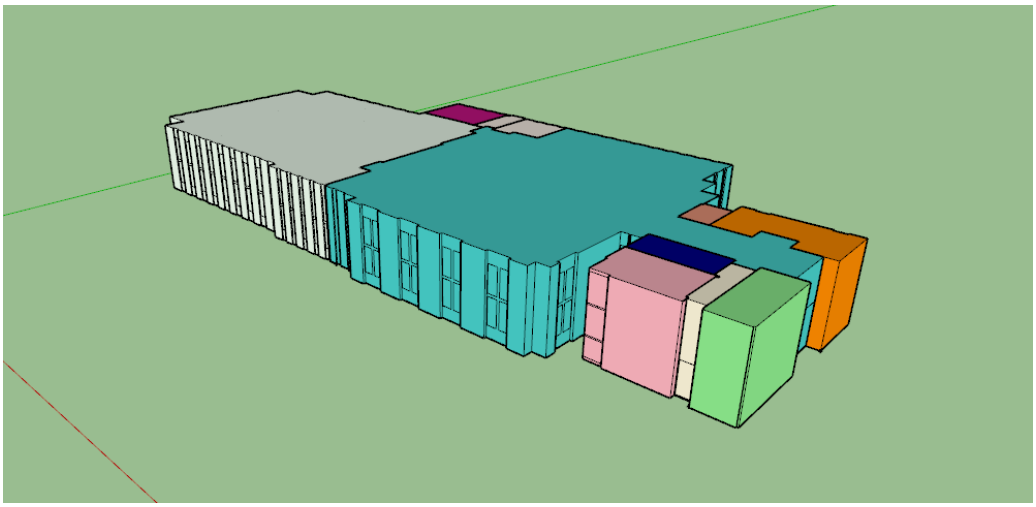


ภาพที่ ข.6 แสดงกรอบอาคาร 6 ชั้น 7 ที่สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

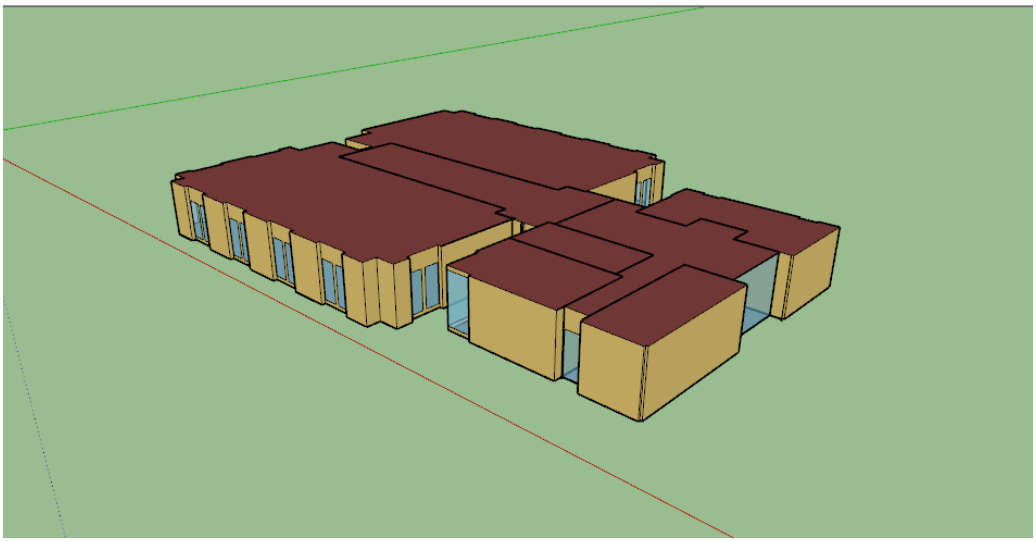


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข.7 แสดงการแบ่งโซนตามกรอบอาคารอาคาร 6 ชั้นที่ 7 สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

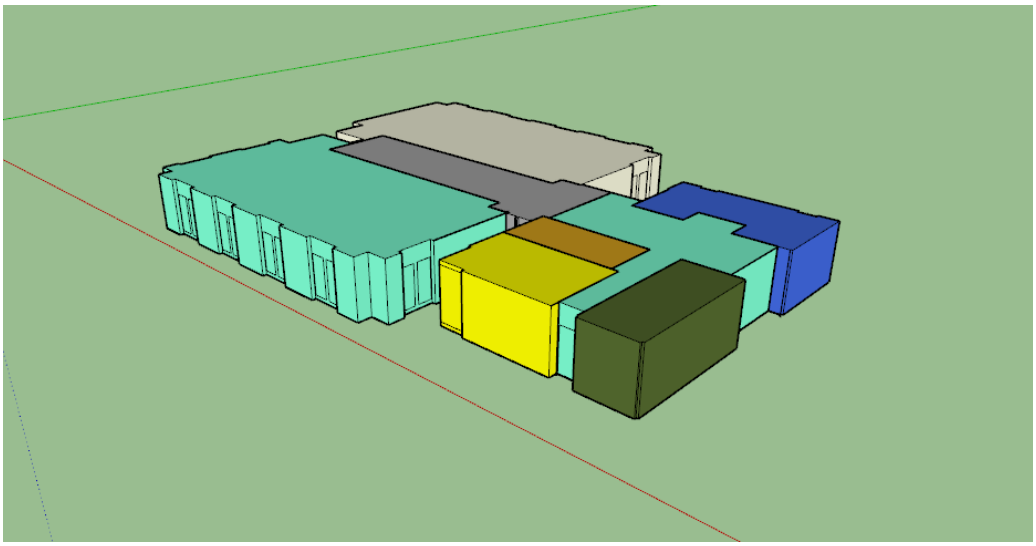


ภาพที่ ข.8 แสดงกรอบอาคาร 6 ชั้นที่ 8 ที่สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

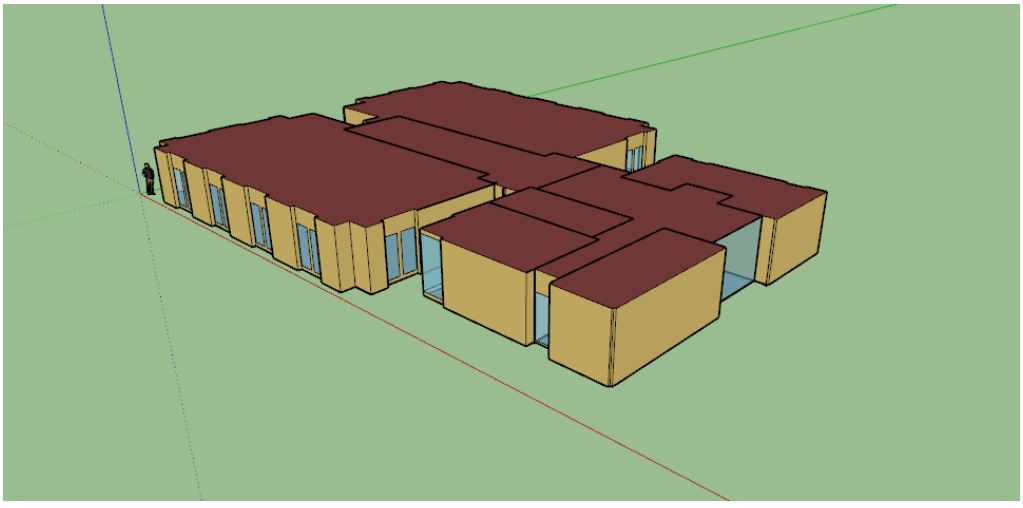


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข.9 แสดงการแบ่งโซนตามกรอบอาคาร 6 ชั้นที่ 8 สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

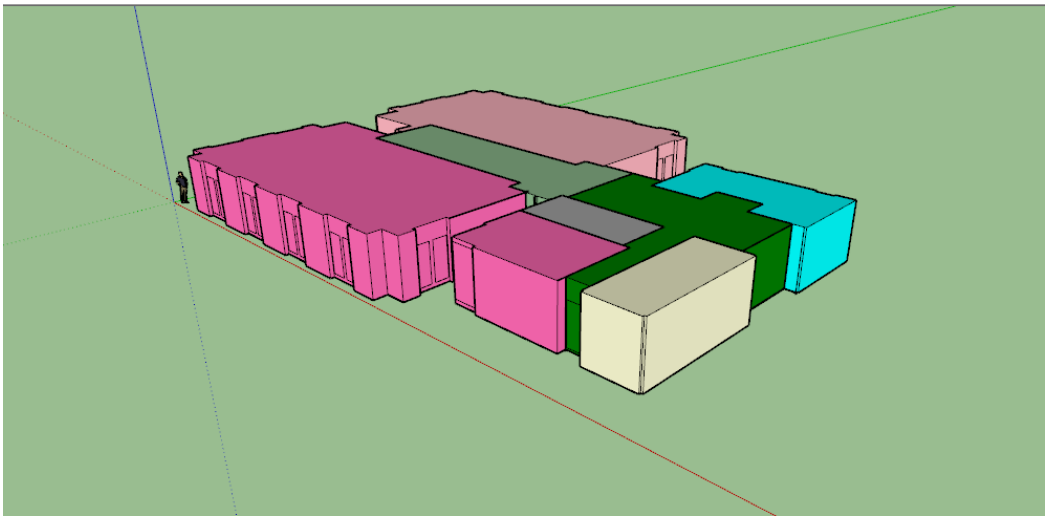


ภาพที่ ข.10 แสดงกรอบอาคาร 6 ชั้นที่ 9 ที่สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0

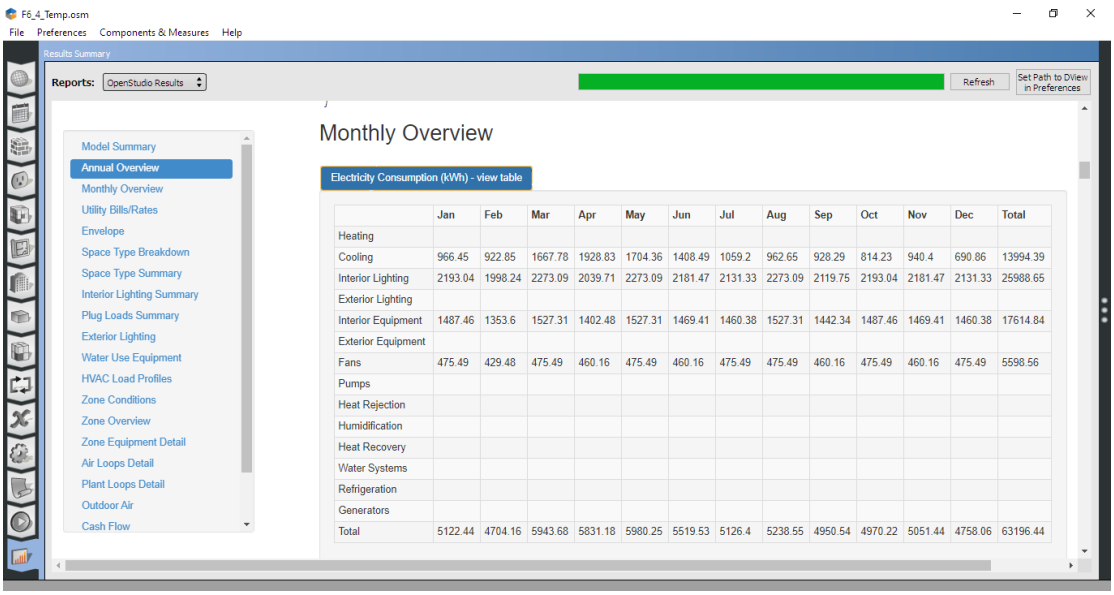


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข.11 แสดงการแบ่งโซนตามกรอบอาคาร 6 ชั้นที่ 9 สร้างจาก SketchUp version 2017 สำหรับ OpenStudio version 3.3.0



ภาพที่ ข. 12 ตัวอย่างรายละเอียดการแสดงผลการใช้พลังงานของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 โดยโปรแกรม OpenStudio version 3.3.0

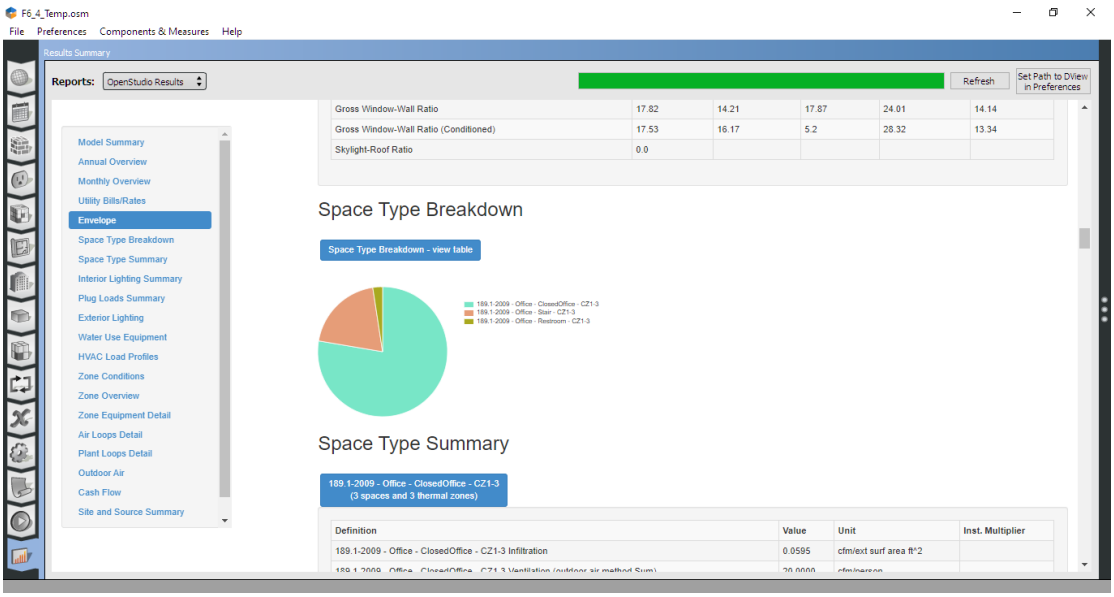


	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling	966.45	922.85	1667.78	1928.83	1704.36	1408.49	1059.2	962.65	928.29	814.23	940.4	690.86	13994.39
Interior Lighting	2193.04	1998.24	2273.09	2039.71	2273.09	2181.47	2131.33	2273.09	2119.75	2193.04	2181.47	2131.33	25988.65
Exterior Lighting													
Interior Equipment	1487.46	1353.6	1527.31	1402.48	1527.31	1469.41	1460.38	1527.31	1442.34	1487.46	1469.41	1460.38	17614.84
Exterior Equipment													
Fans	475.49	429.48	475.49	460.16	475.49	460.16	475.49	475.49	460.16	475.49	460.16	475.49	5598.56
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	5122.44	4704.16	5943.68	5831.18	5980.25	5519.53	5126.4	5238.55	4950.54	4970.22	5051.44	4758.06	63196.44

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

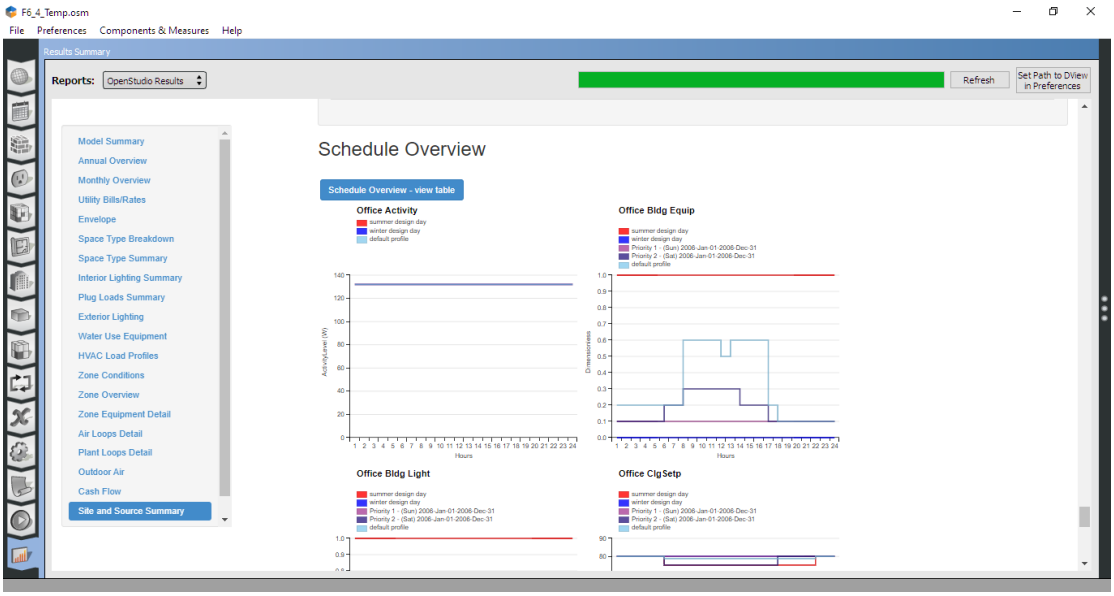
ภาพที่ ข. 13 ตัวอย่างรายละเอียดการแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 โดย โปรแกรม OpenStudio version 3.3.0

ภาพที่ ข. 14 ตัวอย่างรายละเอียดแสดงสัดส่วนพื้นที่ตามการแบ่งโซนอาคาร 6 ชั้นที่ 6 โปรแกรม OpenStudio version 3.3.0

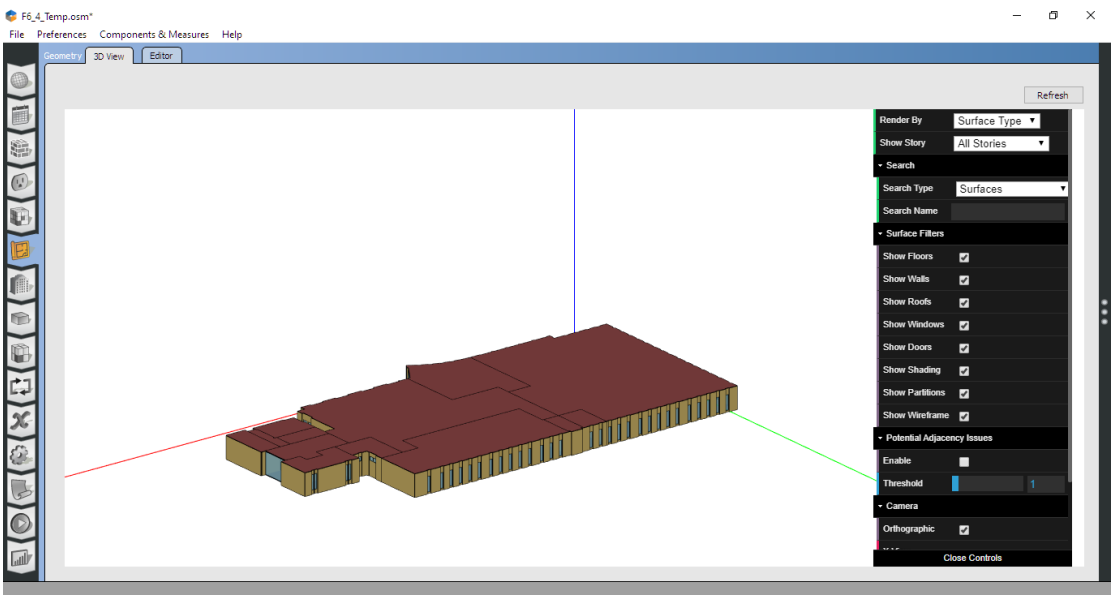


DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ข. 15 ตัวอย่างรายละเอียดการทำงานของระบบต่างๆตามแต่ละช่วงเวลา ของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 โปรแกรม OpenStudio version 3.3.0



ภาพที่ ข. 16 ตัวอย่างแบบจำลองกรอบอาคารและการแบ่งโซน ของอาคาร 6 ชั้นที่ 6 โปรแกรม OpenStudio version 3.3.0



DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาคผนวก ค
รายละเอียดของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ค.1 แสดงตัวอย่างหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์

ที่มา: https://www.crintermex.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539165545

ภาพที่ ค.2 แสดงตัวอย่างหลอด LED แทนหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

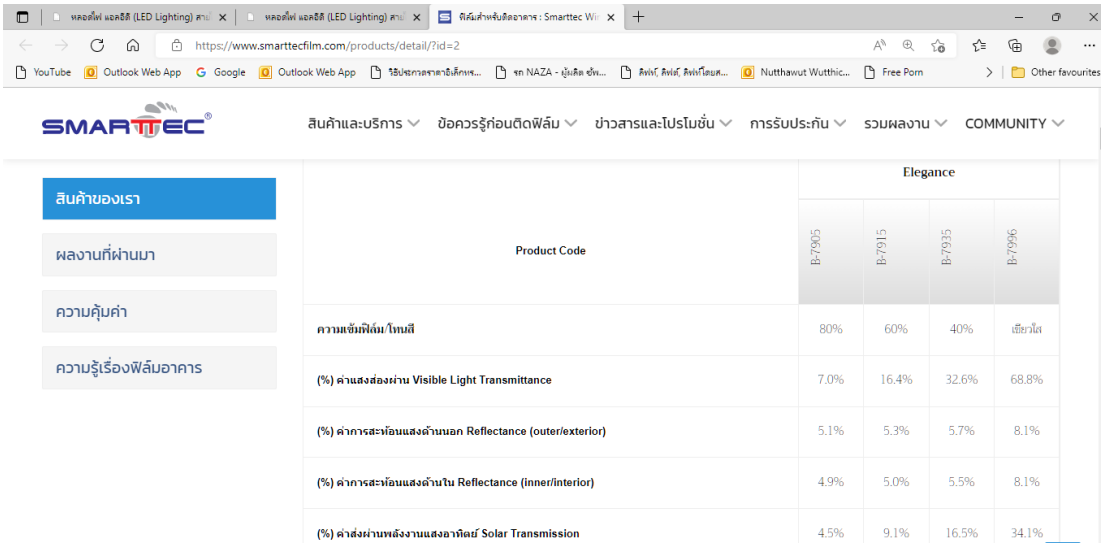
ที่มา: https://www.crintermex.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539165545

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ค.3 แสดงตัวอย่างหลอด LED แทนหลอดฮาโลเจน

ที่มา: https://www.crintermex.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539165545

ภาพที่ ค.4 แสดงตัวอย่างฟิล์มติดกระจกอาคาร



ที่มา: https://www.smarttecfilm.com/products/detail/?id=2

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ ค.5 การแปลงค่าคุณสมบัติระบบปรับอากาศ

ecox info

Technical Information Bulletin No. E-004-EN

SEER

What is Seasonal energy efficiency ratio (SEER) ?

In the United States, the efficiency of air conditioners is often (but not always) rated by the *seasonal energy efficiency ratio (SEER)*.
The higher the SEER rating, the more energy efficient is the air conditioner.
The SEER rating is the BTU of cooling output during its normal annual usage divided by the total electric energy input in watt hours (W·h) during the same period.

SEER = (BTU / h) ÷ W

where "W" is the average electrical power in Watts,
and (BTU/h) is the rated cooling power.

For example, a 5000 BTU/h air-conditioning unit, with a SEER of 10, would consume 5000/10 = 500 Watts of power on average. The electrical energy consumed per year can be calculated as the average power multiplied by the annual operating time:

500 W × 1000 h = 500,000 W•h = 500 kWh

Assuming 1000 hours of operation during a typical cooling season (i.e., 8 hours per day for 125 days per year).

What is (SEER) related ?

SEER is related to the *coefficient of performance* (COP) commonly used in thermodynamics and also to the *Energy Efficiency Ratio* (EER). The EER is the efficiency rating for the equipment at a particular pair of external and internal temperatures, while SEER is calculated over a whole range of external temperatures (i.e., the temperature distribution for the geographical location of the SEER test). SEER is unusual in that it is composed of an Imperial unit divided by an SI unit. The COP is a ratio with the same metric units of energy (joules) in both the numerator and denominator. They cancel out, leaving a dimensionless quantity. Formulas for the approximate conversion between SEER and EER or COP are available from the Pacific Gas and Electric Company

$$SEER = \frac{EER}{0.9}$$

SEER = COP × 3.792

EER = COP × 3.413

From equation (2) above, a SEER of 13 is equivalent to a COP of 3.43, which means that 3.43 units of heat energy are pumped per unit of work energy.
Today, it is rare to see systems rated below SEER 9 in the United States, since older units are being replaced with higher-efficiency units. The United States now requires that residential systems manufactured in 2006 have a minimum SEER rating of 13 (although window-box systems are exempt from this law, so their SEER is still around 10). Substantial energy savings can be obtained from more efficient systems. For example by upgrading from SEER 9 to SEER 13, the power consumption is reduced by 30% (equal to 1 − 9/13). It is claimed that this can result in an energy savings valued at up to US$300 per year (depending on the usage rate and the cost of electricity). In many cases, the lifetime energy savings are likely to surpass the higher initial cost of a high-efficiency unit.
As an example, the annual cost of electric power consumed by a 72,000 BTU/h air conditioning unit operating for 1000 hours per year with a SEER rating of 10 and a power cost of $0.08 per kilowatt hour (kW·h) may be calculated as follows: **unit size, BTU/h × hours per year, h × power cost, $/kW·h ÷ (SEER, BTU/W·h × 1000 W/kW)**

(72,000 BTU/h) × (1000 h) × ($0.08/kW·h) ÷ [(10 BTU/W·h) × (1000 W/kW)] = $576.00 annual cost vs 23% less in SEER 13

ที่มา: http://www.galpaexport.com/media/downloads/45.pdf

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ณัฐวุฒิ วุฒิเจริญถาวร
ประวัติการศึกษา	วุฒิการศึกษาปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ปีการศึกษา 2543
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ผู้จัดการอาวุโส ฝ่ายประเมินราคาหลักประกัน ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม แห่งประเทศไทย ประสบการณ์ด้านประเมินราคาทรัพย์สิน 17 ปี