การจำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน : กรณีศึกษาอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

มงคล อรุณคันธ์ธร

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2562

Building Energy Modeling for the Assessment of Building Energy Code:

A Case Study of China-ASEAN International College,

Dhurakij Pundit University

Mongkol Arunkanthorn

A 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

2019

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การจำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน: กรณีศึกษาอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เสนอโดย มงคล อรุณคันธ์ธร

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรเดช วุฒิพรพันธ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ..20..... เดือน ..พฤษภาคม.... พ.ศ. ..2562....

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การจำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน: กรณีศึกษาอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ชื่อผู้เขียน	มงคล อรุณคันธ์ธร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 2,413 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่ใช้สอยหลักๆออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนห้องเรียน ส่วนสำนักงาน และส่วนกลาง โดยชั้นที่ 1 เป็นห้องเรียน โถงนั่งอ่านหนังสือและห้องสมุด ชั้นที่ 2 เป็นห้องเรียน และชั้นที่ 3 เป็นสำนักงานและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ จากการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้แบบจำลองพลังงานในอาคาร EnergyPlus และ BEC (Building Energy Code) พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่า 83.78 kWh/m^2-year ซึ่งไม่อยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน จึงได้ใช้แบบจำลอง EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของอาคารและนำเสนอมาตรการลดการใช้พลังงานภายในอาคารด้านระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ เป็นต้น จากนั้นใช้แบบจำลอง BEC ในการจำลองการปรับปรุงพลังงานของระบบกรอบอาคารคือ ค่า Overall Thermal Transfer Value (OTTV) และค่า Roof Thermal Transfer Value (RTTV) ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองการใช้พลังงานของอาคารหลังปรับปรุงมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคือ 40.8 kWh/m^2-year อยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน โดยมีผลให้ค่าไฟฟ้าลดลงมูลค่า 537,170 บาทต่อปี เงินลงทุนมีมูลค่า 2,375,460 บาท และมีระยะการคืนทุนที่ 4.42 ปี

คำสำคัญ: แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร,เกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน,ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า

Individual Study Title	Building Energy Modeling for the Assessment of Building Energy Code:A Case Study of China-ASEAN International College, Dhurakij Pundit University
Author	Mongkol Arunkanthorn
Individual Study Advisor	Assistant Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2018

ABSTRACT

This study aims to present the energy consumption in the China-ASEAN International College at Dhurakij Pundit University, Bangkok. It is a 3-storey reinforced concrete building, with a total floor area of 2,413 m^2. The Building area consists of 3 main sections, which are classrooms, office, and common areas. On the 1st Floor, there are classrooms, reading hall, and Library. The 2nd Floor is only for classrooms, while the 3rd Floor includes office and computer rooms. Regarding the making of Building Energy Model by EnergyPlus and BEC (Building Energy Code) Software, it is found that the Electrical Energy Consumption Index of the building is at 83.78 kWh/m^2-year, which not passed the criteria of the Building Energy Code (BEC). The software EnergyPlus is used to simulate the energy performance of the building, and to assess the building energy savings model for lighting and air conditioning system. Then the BEC software is used to simulate the Overall Thermal Transfer Value (OTTV), and the Roof Thermal Transfer Value (RTTV) of the building. The study shows that after using energy savings model, the Electrical Energy Consumption Index of the building reduced to 40.8 kWh/m^2-year, which passed the criteria of the Building Energy Code (BEC). As a result, electrical value of the building decreased at 537,170 baht/year, investment fund is at 2,375,460 baht, and payback period is within 4.42 years.

Keywords: Building Energy Modeling, Building Energy Code, Electrical Energy Consumption Index

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี โดยมีเป้าหมายตามจุดประสงค์คือการปรับปรุงตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารและการนำเสนอมาตรการปรับปรุง หวังว่าการศึกษารายบุคคลนี้จะช่วยต่อยอดและส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนางานด้านวิชาการและด้านปฏิบัติการได้อย่างดี ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ให้คำแนะนำ แนวทางและคำปรึกษาตลอดจนข้อชี้แนะปรับปรุงเกี่ยวกับงานวิจัยจนสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อแม่ เพื่อนๆทีมงานทั้งที่ร่วมศึกษาด้วยกันและทางที่บริษัทที่ข้าพเจ้าทำงาน ที่ช่วยเหลือ ดูแล เข้าใจและส่งเสริมข้าพเจ้ามาโดยตลอดระยะเวลาที่ดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จเสร็จสมบูรณ์

มงคล อรุณคันธ์ธร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
รายการสัญลักษณ์	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 สมมติฐานการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 กฎหมายและเกณฑ์มาตรฐานอาคาร	8
2.3 การทบทวนวรรณกรรม(Literature Review) ที่เกี่ยวข้อง	13
3. ระเบียบวิธีวิจัย	17
3.1 บทนำ	17
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ	18
3.3 ข้อมูลทั่วไปและการใช้พลังงานของอาคาร	19
3.4 การสร้างแบบจำลองของอาคารโดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์	24
3.5 การปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคาร	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	30
4.1 บทนำ	30
4.2 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของอาคาร	30
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร	47
4.4 มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคาร	47
4.5 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์	56
5. สรุปผลการศึกษา	58
5.1 สรุปผลการศึกษา	58
5.2 สรุปมาตรการปรับปรุงอาคาร	59
5.3 สรุปผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์	59
5.4 ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	63
ก. รูปแบบอาคาร ชนิด ขนาด ของระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน	64
ข. ข้อมูลการสร้างแบบจำลองของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน โดยใช้ซอฟต์แวร์ Sketchup และ Openstudio	72
ค. ข้อมูลการสร้างแบบจำลองของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน โดยใช้ซอฟต์แวร์ BEC	93
ง. รายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในมาตรการปรับปรุงพลังงาน	98
จ. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน	101
ประวัติผู้เขียน	105

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารแต่ละประเภท……. 9

2.2 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละประเภท…… 9

2.3 แสดงค่าค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดอาคารแต่ละประเภท…….. 10

2.4 แสดงค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน…….. 11

2.5 แสดงค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊ม…… 11

2.6 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิงและอาคารมาตรฐานที่เป็นอาคารขนาดใหญ่และกลาง……. 13

3.1 ลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคาร……... 20

3.2 แสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1…… 22

3.3 แสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2…… 23

3.4 แสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3…… 23

3.5 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2560…… 24

3.6 แสดงข้อมูลวัตถุประสงค์และมาตรการปรับปรุงพลังงานระบบแสงสว่าง……. 28

3.7 แสดงข้อมูลวัตถุประสงค์และมาตรการปรับปรุงพลังงานระบบปรับอากาศ….. 29

3.8 แสดงข้อมูลวัตถุประสงค์และมาตรการปรับปรุงพลังงานระบบกรอบอาคาร… 29

4.1 แสดงค่าการจัดพื้นที่ THERMAL ZONE ในแบบจำลองอาคาร…… 35

4.2 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีระหว่างค่าจริงกับค่าคำนวณจากแบบจำลอง… 45

4.3 เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ……. 48

4.4 รายการหลอดไฟที่เปลี่ยนแปลงสำหรับมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED….. 50

4.5 ค่าพลังงานรวมก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง…….. 51

4.6 ค่าพลังงานรวมก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเพิ่มเติม……. 54

4.7 แสดงเกณฑ์ BEC ทางเลือกที่ 1 ของอาคารประเภทสถานศึกษาและสำนักงาน.. 56

4.8 ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน พ.ศ. 2560……. 56

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน..... 18
3.2 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 1..... 20
3.3 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 2..... 21
3.4 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 3..... 21
3.5 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 4..... 22
3.6 แบบจำลองอาคารด้านหน้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp..... 25
3.7 แบบจำลองอาคารด้านหลังของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp..... 25
3.8 การแบ่งพื้นที่ตาม Thermal Zone..... 26
3.9 ซอฟต์แวร์ Openstudio..... 26
3.10 ภาพการผลการคำนวณการใช้พลังงานของอาคาร โดย EnergyPlus..... 27
3.11 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองอาคาร โดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์..... 28
4.1 แบบก่อสร้างชั้น 1 อาคารวิทยาลัยนานาชาจีน..... 30
4.2 แบบก่อสร้างชั้น 2 อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน..... 31
4.3 แบบก่อสร้างชั้น 3 อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน..... 31
4.4 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศใต้..... 32
4.5 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศตะวันออก..... 32
4.6 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศเหนือ..... 33
4.7 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศตะวันตก..... 33
4.8 แบบจำลองกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ชั้น 1..... 34
4.9 แบบจำลองกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ชั้น 2..... 34
4.10 แบบจำลองกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ชั้น 3..... 35
4.11 ภาพแสดง THERMAL ZONE ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน..... 36
4.12 ภาพแสดงข้อมูลภูมิประเทศและภูมิอากาศของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน..... 37

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.13 ภาพแสดงข้อมูลลักษณะกรอบอาคารของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน…….. 38
4.14 ภาพแสดงข้อมูลผนังทึบแสงของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน…… 38
4.15 ภาพแสดงข้อมูลผนังโปร่งแสงของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน…… 39
4.16 ภาพแสดงข้อมูลหลังคาของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน…… 39
4.17 ภาพแสดงข้อมูลการใช้งานระบบแสงสว่างของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน…… .40
4.18 ภาพแสดงข้อมูลการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน……. 40
4.19 ภาพแสดงข้อมูลโหลดของแสงสว่างห้องสำนักงาน……. 41
4.20 ภาพแสดงข้อมูลโหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าห้องเรียน……. 41
4.21 ภาพแสดงข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน. 42
4.22 ภาพแสดงซอฟต์แวร์ EnergyPlus…….. 43
4.23 ภาพแสดงการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้โดยซอฟต์แวร์ EnergyPlus…… 43
4.24 ภาพแสดงค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีของแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน. 44
4.25 ภาพแสดงค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีแยกแบบรายเดือน……. 44
4.26 ภาพแสดงการสร้างกรอบอาคารแบบจำลองในซอร์ฟแวร์ BEC…… 47
4.27 ภาพแสดงภาระโหลดแสงสว่างของแบบจำลอง…… 47
4.28 ภาพแสดงพื้นที่ ชั้นและโซนของแบบจำลอง……..…… 47
4.29 ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเป็นเบอร์5 (EER $\geq$ 11)…… 49
4.30 โหลดแสงสว่างห้องเรียนหลอดไฟเป็นชนิด LED…….. 49
4.31 พลังงานรวมที่ใช้รายเดือนหลังจากดำเนินการปรับปรุงพลังงาน……. 50
4.32 ค่า OTTV และ RTTV ของระบบกรอบอาคารก่อนปรับปรุง……..…….. 52
4.33 ค่า OTTV และ RTTV ของระบบกรอบอาคารหลังปรับปรุง……. 53
4.34 ค่า LPD ของระบบแสงสว่างหลังปรับปรุง……. 53
4.35 ระบบปรับอากาศหลังปรับปรุง……. 54
4.36 ภาพแสดงเกณฑ์ Building Energy Code…… 55
5.1 แผนภูมิแท่งพลังงานรวมตลอดปีของอาคารก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง…….. 58

รายการสัญลักษณ์

BEC	เกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน	
kWh	หน่วยของพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 1,000 วัตต์-ชั่วโมง	kWh
year	หน่วยของระยะเวลา (ปี)	year
W	หน่วยของกำลังไฟฟ้า (วัตต์)	W
m^2	หน่วยของพื้นที่ (ตารางเมตร)	m^2
OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร	W/m^2
RTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร	W/m^2
LPD	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง	W/m^2
Btu	หน่วยของปริมาณความร้อน	Btu
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ	Btu/h

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การอนุรักษ์พลังงานเป็นเรื่องใกล้ตัวที่มนุษยชาติได้ตะหนักและให้ความสำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากมนุษย์บนโลกใช้พลังงานในรูปของเชื้อเพลิงในการอุปโภค บริโภค อำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต ซึ่งเชื้อเพลิงดังกล่าวเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และ ถ่านหิน เป็นต้น ถ้ามนุษย์ไม่บริหารจัดการการใช้พลังงานหรือเชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดแล้ว อนาคตข้างหน้าเชื้อเพลิงเหล่านี้ก็จะหมดลงอย่างรวดเร็ว การใช้พลังงานบนโลกนอกจากการคำนึงถึงเรื่องปริมาณ ความคุ้มค่า และประโยชน์ใช้สอยของทรัพยากรแล้ว ยังมีเรื่องของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ที่ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลง มีผลกระทบเชิงลบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนโลก มนุษย์จึงอนุรักษ์พลังงานโดยหันมาสนใจการใช้แหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานงานหมุนเวียนมากขึ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวลและพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น กล่าวคือเป็นการใช้แหล่งพลังงานที่สามารถหมุนเวียนใช้ได้อีกมาทดแทนแหล่งพลังงานสิ้นเปลืองที่มีอยู่จำกัดที่ได้กล่าวไว้ตอนต้น และได้มีการบริหารการใช้พลังงานให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ลดลง เช่น การความร่วมมือจากหลายประเทศลงนามในความตกลงปารีสภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ซึ่งกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่โลก

ปัจจุบันในภาคส่วนอาคาร หลายประเทศในโลกเห็นความสำคัญเรื่องการบริหารจัดการด้านพลังงานในภาคส่วนอาคารและตั้งเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการออกแบบอาคารใหม่และการปรับปรุงอาคารเก่าให้อาคารนั้นมีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานสูงสุดหรืออาคารสมรรถภาพด้านพลังงานสูง ซึ่งเรียกอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานนี้ว่า “อาคารเขียว” ยกตัวอย่างเช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีมาตรฐานสำหรับอาคารเขียวซึ่งพัฒนาโดย USGBC (United States Green Building) เรียกว่า LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับในการใช้ประเมินอาคารเขียวมากที่สุด เป็นต้น สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญของเรื่องการบริหารจัดการด้านพลังงานในภาคอาคารไม่แพ้นานาชาติ โดยมี สถาบันอาคารเขียวไทย ตั้งเกณฑ์มาตรฐานสำหรับประเมินอาคารเขียวสำหรับประเทศไทยที่ชื่อว่า TREES (Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability) และสำหรับในส่วนรัฐบาลไทย โดยกระทรวงพลังงานได้ประกาศใช้ กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และ

วิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 เพื่อให้เป็นมาตรฐานสำหรับของประเทศไทย โดยมีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้จัดตั้งศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ดำเนินการตรวจสอบประเมินแบบอาคารในประเทศไทยให้ได้เกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานหรือเรียกว่า BEC (Building Energy Code) ซึ่งเกณฑ์ประเมินอาคารด้านพลังงานของ BEC เป็นส่วนหนึ่งในหัวข้อเกณฑ์ประเมินของ TREES ที่กล่าวมาข้างต้นอีกด้วยและนอกจากเกณฑ์ BEC แล้ว ยังมีเกณฑ์มาตรฐานดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารประเภทต่างๆของกระทรวงพลังงาน ที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง แต่สำหรับภาคเอกชนในประเทศไทยผู้ประกอบการด้านอาคารและอสังหาริมทรัพย์ยังไม่มีบทบาทเรื่องการออกแบบอาคารใหม่ให้ได้ตามมาตรฐาน BEC ที่เป็นภาพลักษณ์ที่ชัดเจนเท่าที่ควร จึงเป็นเรื่องสำคัญที่องค์กรที่เกี่ยวข้องจะร่วมกันผลักดันการใช้เกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบอาคารใหม่โดยเริ่มจากการให้ความรู้จนไปถึงการบังคับใช้เป็นกฎหมายต่อไป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการจำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานโดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน BEC และเกณฑ์มาตรฐานดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ในการออกแบบผ่านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ EnergyPlus และ BEC โดยเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานรวมของอาคารจากการออกแบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงโดยประเมินผลด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นผลประโยชน์ของการปรับปรุงอาคารและเป็นข้อมูลสำคัญในการส่งเสริมข้อมูลและความรู้ให้กับผู้ประกอบการด้านอาคารและผู้ใช้อาคารต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปรับปรุงอาคารให้ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานและเกณฑ์ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อนำเสนอมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารกรณีศึกษา

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ซึ่งเป็นอาคารประเภทสถานศึกษา

2. งานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ EnergyPlus และ BEC ในการคำนวณประเมินผลด้านพลังงานของอาคาร

3. งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐาน BEC และเกณฑ์ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระทรวงพลังงาน

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1. การปรับปรุงอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานของอาคารกรณีศึกษามีความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์

2. ผู้ประกอบการด้านอาคารและผู้ใช้อาคารของอาคารกรณีศึกษา นำข้อมูลการศึกษาวิจัยไปต่อยอดในการปรับปรุงอาคารตามเกณฑ์มาตรฐาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้ข้อมูลงานวิจัยเป็นตัวอย่างการศึกษาการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานและต่อยอดงานวิจัยต่อไป

2. เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการอาคารและผู้ใช้อาคาร ให้ความสำคัญด้านการปรับปรุงอาคารด้านพลังงานมากขึ้น

3. เพื่อช่วยส่งเสริมการออกแบบอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แหล่งความร้อนภายในอาคาร

แหล่งความร้อนภายใรอาคารแบ่งออกเป็น 2 แบบคือความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Intenal Heat Gain) ความร้อนภายในอาคารเป็นความร้อนที่สามารถเกิดได้จากตัวคนหรือผู้ใช้อาคาร อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ ตู้เย็น เป็นต้น และความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain) ความร้อนภายนอกอาคารเป็นความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ด้วยกระบวนการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบต่างๆดังนี้ 1. การนำความร้อน (Conduction) จากภายนอกเข้าสู่อาคารโดยผ่านทางผนังภายนอกทั้งผนังทึบ ผนังโปร่งแสง พื้น ฝ้าเพดาน และหลังคา 2. การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) โดยตรงผ่านพื้นที่ผนังโปร่งแสง เช่น หน้าต่างกระจก หลังคาโปร่งแสง หรือ Skylight ซึ่งประเทศไทยได้รับผลกระทบอย่างมาก เนื่องจากที่ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรของโลก 3. การพาความร้อน (Convection) เป็นความร้อนที่มากับอากาศภายนอกที่นำเข้ามาเพื่อการระบายอากาศภายใน (Ventilation) รวมถึงอากาศภายนอกที่แทรกซึมเข้ามาภายในอาคารตามช่องเปิดต่างๆ เช่น ประตู หน้าต่าง สำหรับความร้อนในลักษณะนี้ ทิศทางและความเร็วของกระแสลมมีผลอย่างมาก(ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน,คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน : 6)

2.1.2 ปัจจัยภายนอกต่อการออกแบบอาคาร

ปัจจัยภายนอกต่อการออกแบบอาคารมีผลอย่างมากโดยในเรื่องของทิศทางของแสงแดด ควรออกแบบให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก เพื่อให้ด้านที่มีพื้นที่ผนังน้อยรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ โดยเฉพาะในช่วงบ่ายที่มีแสงแดดร้อนจัด ซึ่งจะส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่อาคารลดลง และลดการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าระบบปรับอากาศด้วย เรื่องของพืชพรรณธรรมชาติ การปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างและพุ่มใบโปร่งบริเวณรอบๆอาคารเพื่อให้ร่มเงาช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ หรือการปลูกไม้พุ่มและการสร้างบ่อน้ำเพื่อสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม หรือการปลูกหญ้าและพืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนให้กับพื้นดิน เรื่องของสภาพภูมิประเทศ การออกแบบอาคารให้สามารถประหยัดพลังงานได้เต็มที่ มีปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาคือ สภาพภูมิประเทศที่อาคารจะสร้าง

ขึ้นเหนือพื้นที่นั้น การปรับสภาพภูมิประเทศให้เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคาร สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การปรับดินให้ลาดเอียงไปทางทิศเหนือเพื่อรับแสงแดดน้อยลง หรือการสร้างบ่อน้ำขนาดใหญ่เพื่อให้ลมพัดผ่านสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม เป็นต้น และเรื่องของสภาพภูมิอากาศ การสร้างอาคารควรคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นๆ เนื่องจากการสร้างอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นเขตร้อนหรือเขตหนาวจะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ เช่น การใช้ประโยชน์จากลมประจำถิ่น ด้วยการวางตัวอาคารและช่องเปิดให้ขวางทิศทางลม สำหรับประเทศไทยมีลมประจำถิ่น ได้แก่ ลมฤดูร้อนพัดจากทิศใต้หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมฤดูหนาวพัดจากทิศเหนือหรือทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน,คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน : 8-9

2.1.3 ปัจจัยภายในต่อการออกแบบอาคาร

ปัจจัยภายในต่อการออกแบบอาคารเป็นอีกส่วนที่มีผลมากต่อการออกแบบอาคารโดยในเรื่องของผนังทึบ ผนังทึบเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในอาคารใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่างๆของผู้ใช้อาคาร การเลือกใช้ผนังทึบที่เหมาะสมจะเป็นส่วนสำคัญในการลดภาระการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งแนวทางการออกแบบผนังทึบ 1. เพิ่มความสามารถการต้านทานความร้อนให้สูง(R-value)หรือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมให้ต่ำ(U-value)ด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกหรือใช้ผนัง2ชั้นที่มีช่องว่างอากาศระหว่างชั้นเพื่อกันความร้อนจากภายนอก 2. สีของผนังทึบภายนอกควรเป็นสีโทนอ่อน เช่น ขาว สีโทนอ่อนมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์น้อยกว่าสีโทนเข้ม แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้สีโทนเข้มไม่ควรใช้บริเวณตำแหน่งที่โดนแสงอาทิตย์มาก หรือต้องมีฉนวนกันความร้อนด้านหลังบริเวณที่ใช้สีเข้ม เป็นต้น เรื่องของผนังโปร่งแสง ผนังโปร่งแสงหรือกระจกเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้มากกว่าผนังทึบ 5-10 เท่า การเลือกชนิดกระจกและเทคนิคการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้ ซึ่งคุณสมบัติของกระจกที่เหมาะสม 1. Visible Transmittance (VT) ค่าการส่องผ่านของแสงไม่ควรน้อยกว่า 20% เพื่อสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ 2. U-value ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมควรน้อยเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ในอาคาร เช่น กระจกเขียวตัดแสง กระจก Low-E เป็นต้น 3. Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) คือผลรวมของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกกับส่วนของรังสีที่ถูกดูดซับอยู่ภายในกระจก ซึ่งควรมีค่าน้อย เพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์และเพื่อความสบายตาของผู้ใช้อาคาร เป็นต้น เรื่องของหลังคา หลังคาอาคารควรมีการติดตั้ง

ฉนวนกันความร้อน เพื่อทำให้ตัวอาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวนโฟม แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นสะท้อนความร้อน อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น เรื่องของอุปกรณ์บังแดดภาพนอก อุปกรณ์บังแดดแบบภายนอกมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารดีกว่าแบบภายใน ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดของอาคารต้องมีอุปกรณ์บังแดดภายนอกติดตั้งด้วยเสมอ สำหรับการออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ดีควรคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน เช่น การวางทิศทางตัวอาคาร ขนาดช่องเปิด และช่องว่างระหว่างอุปกรณ์บังแดดกับผนังอาคาร ซึ่งแนวทางการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก 1. อาคารด้านทิศใต้และทิศเหนือควรติดตั้งแบบแนวนอน 2. อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกควรติดตั้งแบบแนวตั้ง เป็นต้น เรื่องของระบบปรับอากาศ การใช้ระบบปรับอากาศต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีกำลังทำความเย็นเหมาะสมกับภาระการทำความเย็น และมีประสิทธิภาพสูงหรือเป็นรุ่นประหยัดไฟเบอร์ 5 เป็นต้น เรื่องของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การลดการใช้พลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ควรลดการใช้ไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์หรือหลอดไฟต่างๆให้น้อยที่สุดแต่ความสว่างต้องเพียงพอกับการใช้งาน แนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้แก่ การเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงหรือหลอดไฟ LED การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในเวลากลางวันด้วยเทคนิคการติดตั้งสวิตซ์เปิด-ปิดแบบแยกสำหรับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารด้านที่มีแสงสว่างจากภายนอก เป็นต้น(ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน : 11-14)

2.1.4 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value,OTTV)

2.1.4.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน คำนวณจากสมการดังนี้

$$OTTVi = (Uw)(1\text{-}WWR)(TDeq) + (Uf)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ OTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ ตารางเมตร (W/m2)

Uw คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร- องศาเซลเซียส (W/(m2. oC))

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงและ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TDeq คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (oC)

U f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส (W/(m2. oC))

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศา เซลเซียส (oC)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือ ผนังทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

2.4.1.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTVi) รวมกัน คำนวณจากสมการ ดังนี้

OTTV = [(Aw)(OTTV1) + (Aw2)(OTTV2) +...+ (Awi)(OTTVi)] / (Aw1 + Aw2 +...+ Awi)

เมื่อAwi คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่ง แสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m2)

OTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

2.1.5 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value,RTTV)

2.1.5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน คำนวณจากสมการดังนี้

RTTVi = (Ur)(1-SRR)(TDeq) + (Us)(SRR)(ΔT) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR)

เมื่อ RTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

Ur คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส (W/(m2. oC))

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสง ต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TDeq คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในหลังคาซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (oC)

Us คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส (W/(m2. oC))

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (oC)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาโปร่งแสง และ/หรือหลังคาทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

2.1.5.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน (RTTVi) คำนวณจากสมการดังนี้

RTTV = [(Aw)(RTTV1) + (Aw2)(RTTV2) +...+ (Awi)(RTTVi)] / (Aw1 + Aw2 +...+ Awi)

เมื่อ Awi คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m2)

RTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

2.2 กฎหมายและเกณฑ์มาตรฐานอาคาร

2.2.1 กฎกระทรวง กำหนดประเภทหรือขนาดอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

ข้อ 1 กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 2 การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารดังต่อไปนี้ หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงนี้

(1) สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

(2) สถานศึกษา

(3) สำนักงาน

(4) อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(5) อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(6) อาคารโรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(7) อาคารโรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(8) อาคารสถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ

(9) อาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

ข้อ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
สถานศึกษา สำนักงาน โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า	50
อาคารชุมนุมคน	40
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้านรวมกัน

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	**ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)**
สถานศึกษา สำนักงาน โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า	15
อาคารชุมนุมคน	12
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	10

อาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะพื้นที่แต่ละส่วนต้องใช้ข้อกำหนดของระบบกรอบอาคารตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่แต่ละส่วนนั้น

ข้อ 4 การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ

1. การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร ต้องให้ได้ความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด

2. อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
สถานศึกษา สำนักงาน	14
โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า	
อาคารชุมนุมคน	18
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	12

3. อาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนต้องใช้ค่าในตารางตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่ส่วนนั้น

ข้อ 5 ระบบปรับอากาศ ประเภทและขนาดต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ข้อ 6 อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำดังต่อไปนี้

หม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน

ประเภท	ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ (ร้อยละ)
(ก) หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil fired steam boiler)	85
(ข) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil firerd hot water boiler)	80
(ค) หม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas fired steam boiler)	
(ง) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas fired hot water boiler)	80
	80

4. เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน (Air source heat pump water heater)

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊ม

ภาวะพิกัด				ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
ลักษณะการออกแบบ	อุณหภูมิน้ำเข้า	อุณหภูมิน้ำออก	อุณหภูมิอากาศ	
	(องศาเซลเซียส)			
(ก) แบบที่ 1	30	50	30	3.5
(ข) แบบที่ 2	30	60	30	3.0

ข้อ 7 การขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตามข้อ 2 ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในหมวด 2 ส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 หรือส่วนที่ 3 ให้พิจารณาตามเกณฑ์การพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามวรรคหนึ่ง ต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่ของกรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

ข้อ 8 เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคาร ให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนในอาคารในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์

ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยการออกแบบดังกล่าวต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) ต้องแสดงอย่างชัดเจนว่า มีการออกแบบสวิตช์ที่สามารถเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงของหน้าต่างในพื้นที่นั้น

(2) กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารตาม (1) ต้องมีค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดด (effective shading coefficient) ไม่น้อยกว่า 0.3 และอัตราส่วนการส่งผ่านแสงต่อความร้อน(light to solar gain) มากกว่า 1.0 และพื้นที่กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารตาม (1) ต้องไม่น้อยกว่าพื้นที่ผนังทึบ

ข้อ 9 อาคารที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคาร สามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปหักออกจากค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

ข้อ 10 หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารตามหมวด 2 ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ข้อ 11 แบบของอาคารที่ได้ยื่นคำขออนุมัติหรือได้แจ้งการก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้ตามกฎหมายว่าด้วยควบคุมอาคาร หรือที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ ให้ได้รับยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงนี้

2.2.2 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า

อาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทยอาจจัดแบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด คือ อาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีพื้นที่ใช้สอยเกินกว่า 10,000 ตารางเมตร อาคารขนาดใหญ่และกลางที่มีพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่า 10,000 ตารางเมตร แต่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเกินกว่า 30 กิโลวัตต์ และอาคารขนาดเล็กที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าน้อยกว่า 30 กิโลวัตต์ ในที่นี้จะพิจารณาอาคารขนาดใหญ่และกลางเท่านั้น โดยมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิงและอาคารมาตรฐานที่เป็นอาคารขนาดใหญ่และกลาง

ประเภทอาคาร	อาคารอ้างอิง kWh/m^2-year	อาคารมาตรฐาน kWh/m^2-year
สำนักงาน	147.5	140.9
โรงแรม	209.3	194.7
โรงพยาบาล	158.8	148.2
ห้างสรรพสินค้า	270.9	259.0
สถานศึกษา	65.2	61.2
อาคารชุด	146.6	138.5
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและขายส่ง	391.0	350.4
อาคารอื่นๆ	117.6	97.9

ที่มา: เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงโดยกระทรวงพลังงาน

2.3 การทบทวนวรรณกรรม(Literature Review) ที่เกี่ยวข้อง

ปรัชญา ปัตถาวงศ์ และ วิทยา ยงเจริญ (2557) ทำการศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัดพลังงาน งานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารในอาคารชุด โดยการศึกษาใช้การสำรวจตัวอย่างอาคารชุดอ้างอิงประเภทไม่เกิน 8 ชั้น จำนวน 5 อาคาร วิธีการคือได้นำแบบพิมพ์เขียวของอาคารตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารและค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ผ่านโปรแกรม Building Energy Code (BEC) v.1.0.5 พบว่าอาคารตัวอย่างทั้ง 5 อาคาร มีค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวง ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 จึงได้ศึกษาหาแนวทางปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าในอาคารให้ดีขึ้น โดยแบ่งการปรับปรุงกรอบอาคารเป็น 2ส่วน 1.) ส่วนผนัง การปรับปรุงผนังโปร่งแสงจะเลือกอุปกรณ์บังแดดลักษณะแนวนอนระยะยื่นออกจากผนังที่ระยะ 40 เซนติเมตร (S40) , 80 เซนติเมตร (S80) และแบบระแนงแนวตั้ง (STT) ส่วนการปรับปรุงผนังทึบจะเลือกใช้ฉนวนโพลีเอทธีลีนที่มีความหนาที่ 5 มิลลิเมตร (W5) และ 10 มิลลิเมตร (W10) 2.) ส่วนหลังคา ปรับปรุงโดยใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีความหนา 5

มิลลิเมตร (R5) ติดตั้งบนฝ้าเพดาน รวมแล้วทั้งหมด 6 แนวทางปรับปรุง ได้ผลการทดลองแนวทาง STTW10R5 สามารถประหยัดพลังงานได้สูงที่สุด โดยมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเฉลี่ยเท่ากับ 77,563 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ส่วนด้านความคุ้มทุนทางการเงิน แนวทาง STTW5R5 มีระยะเวลาคุ้มทุนเฉลี่ยเร็วที่สุด เท่ากับ 2.75 ปี

โสพิศ ชัยชนะ (2559) ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพื่อประหยัดพลังงาน งานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกรอบอาคารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและให้กรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมตามเกณฑ์ โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ โปรแกรม Building Energy Code สำหรับจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร แนวทางปรับปรุงที่เลือกได้แก่ การติดตั้งฉนวนหรือการเว้นช่องอากาศและปิดทับด้วยแผ่นผนังสำเร็จรูปที่ผนังทึบ การเปลี่ยนชนิดกระจกหน้าต่าง การติดฟิล์มที่กระจกใสเดิม การติดฉนวนเหนือฝ้าเพดาน และการทาสีสะท้อนความร้อนที่หลังคาดาดฟ้า ผลวิจัยพบว่า 1. แนวทางปรับปรุงผนังอาคารให้ผ่านค่า OTTV ใช้เงินลงทุนน้อยและคืนทุนเร็วที่สุด คือการปรับปรุงเฉพาะผนังทึบ โดยติดตั้งฉนวนโพลีสไตรีนแบบขยายตัว (EPS) หนา 35 มม. ชนิดแผ่นสำเร็จรูปพร้อมแผ่นยิปซั่มหนา 9 มม. มีค่า OTTV เท่ากับ 48.05 W/m^2 สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 8.16 ระยะคืนทุน 5.43 ปี ในกรณีที่ปรับปรุงทั้งผนังทึบและผนังโปร่งแสง ทำได้โดยเว้นช่องอากาศกว้าง 9 ซม. ปิดทับด้วยแผ่นยิปซั่มบุฟอยล์หนา 12 มม. ที่ผนังทึบ และเปลี่ยนกระจกโฟลตใส 6 มม. เป็นกระจกโฟลตสีเขียวเข้ม 6 มม. มีค่า OTTV เท่ากับ 41.11 W/m^2 สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 10.87 ระยะคืนทุน 4.93 ปี 2. การปรับปรุงหลังคาอาคารเพื่อให้ผ่านค่า RTTV ใช้เงินลงทุนน้อยและคืนทุนเร็วที่สุด คือการปูฉนวนใยแก้วแบบม้วนหนา 75 มม. หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เหนือฝ้าเพดานชั้น 3 มีค่า RTTV เท่ากับ 5.18 W/m^2 สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 6.26 ระยะคืนทุน 1.19 ปี

กาญจน์กรอง สุอังคะ (2557) ทำการประเมินด้านการประหยัดพลังงานของการออกแบบและการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย งานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาการประเมินผลกระทบจากวัสดุก่อสร้างต่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลจากการใช้วัสดุก่อสร้างต่อการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย การวิเคราะห์สมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างเปลือกอาคารด้วยการสร้างแบบจำลองและคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา โดยใช้หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร ตามประกาศของกระทรวงพลังงาน พ.ศ.2552 ผลการศึกษาพบว่า วัสดุผนังที่ป้องกันความร้อนได้ดีสุด คือ เซลโลกรีตโฟม แต่เป็นวัสดุที่มีราคาแพง ส่วนวัสดุที่สามารถ

ป้องกันความร้อนได้ดีและได้รับความนิยมมาก คือ คอนกรีตมวลเบา สำหรับวัสดุฝ้าเพดานที่ป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด คือไม้ก็อกแต่ไม่เป็นที่นิยมใช้สำหรับงานก่อสร้างในเมืองไทย ฉนวนที่สามารถลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีที่สุด คือ โฟมโพลียูรีเทน ซึ่งแบบบ้านพักอาศัยมีขนาดพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร วัสดุผนังประหยัดพลังงานที่เลือกใช้คือ คอนกรีตมวลเบา วัสดุหลังคาประกอบด้วย กระเบื้องซีแพคโมเนีย แผ่นยิปซั่ม และฉนวนโฟมโพลียูริเทนหนา 2.5 เซนติเมตร งบประมาณก่อสร้าง 1,152,000.64 บาท ซึ่งช่วยลดรายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้ ร้อยละ 43

วงศิยา อนุศักดากุล (2559) ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ งานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่าอาคารสำนักงานภาครัฐที่สร้างตามแบบมาตรฐานต่าง ๆ ในปัจจุบัน จะสามารถพัฒนาเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building, NZEB) ได้หรือไม่ โดยการนำแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานภาครัฐ 3 รูปแบบ ตั้งแต่ขนาดน้อยกว่า 2,000 ตารางเมตร ขนาด 2,000-10,000 ตารางเมตรและขนาดมากกว่า 10,000 ตารางเมตร มาศึกษาการใช้พลังงานและเสนอวิธีลดการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม PVsyst Photovoltaic Software ผลการศึกษาพบว่า อาคารทั้ง 3 รูปแบบก่อนปรับปรุงมีการใช้พลังงานสูงกว่าที่ผลิตได้เอง โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ซึ่งประเมินด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) จึงแบ่งแนวทางลดการใช้พลังงานดังนี้ แนวทางที่ 1 ปรับปรุงกรอบอาคารเพียงอย่างเดียวโดยเปลี่ยนวัสดุผนังทึบและกระจก เพิ่มฉนวนใยแก้วใต้หลังคา ซึ่งพบว่าความต้องการพลังงานรวมทุกอาคารยังสูงกว่าที่สามารถผลิตได้ จึงยังเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ไม่ได้ แนวทางที่ 2 ปรับปรุงการจัดการระบบภายในอาคาร โดยเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟประสิทธิภาพสูงแอลอีดี (LED) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้อุปกรณ์สำนักงานและคอมพิวเตอร์ที่มีเครื่องหมายประหยัดพลังงาน Energy Star โดยไม่ปรับปรุงกรอบอาคาร ซึ่งพบว่าแนวทางนี้สามารถลดพลังงานรวมในทุกอาคารได้มากกว่าแนวทางแรก จนสามารถเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ ซึ่งการปรับปรุงผนังและหลังคา ให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV, RTTV) ผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย ควบคู่กับการเปลี่ยนหลอดไฟ เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์สำนักงาน จะยิ่งทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมาก

วรรษา อุไรรัตน์ (2558) ทำการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงานใหญ่การท่าเรือแห่งประเทศไทย งานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยศึกษามุ่งเน้นไปที่ระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หาแนวทางในการบริหารจัดการพลังงานในอาคารเมื่อได้มาตรการอนุรักษ์พลังงานจะตรวจวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ก่อนการปรับปรุง เพื่อประเมินผลประหยัดพลังงานและความ

คุ้มค่าในการลงทุน จากการศึกษาพบว่าอาคารใช้ระบบการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนของกระทรวงพลังงาน ในปี 2558 อาคารมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,573,100 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 13,649,715 บาทต่อปี และมีดัชนีการใช้พลังงาน 136.74 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร ได้มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีศักยภาพรวม 6 มาตรการ ได้แก่ 1) มาตรการติดตั้ง VSD ในเครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องทำความเย็น 2) มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ล้างท่อคอนเดนเซอร์อัตโนมัติโดยใช้ลูกบอล 3) มาตรการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพิ่มเติมในบริเวณที่มีการทำงานนอกเวลา 4) มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอด Fluorescent เป็นหลอด LED 5) มาตรการติดฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาอาคาร และ 6) มาตรการติดฉนวนกันความร้อนบริเวณผนังอาคาร รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากทุกมาตรการเท่ากับ 644,775 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 2,463,041 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนระหว่าง 0.34 – 15.12 ปี

สำหรับงานวิจัยนี้จากการได้ทบทวนวรรณกรรมโดยเลือกใช้ทฤษฎีและวิธีการทดลองที่สนับสนุนและมีผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยนี้กล่าวคือการจำลองการใช้พลังงานในอาคารโดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์และการจัดการมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารเพื่อให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานหรือเกณฑ์ BEC ซึ่งจากการได้ทบทวนวรรณกรรมข้างต้นนั้นจะเป็นการใช้ซอฟต์แวร์ BEC เป็นหลักซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เข้าถึงง่ายแต่ให้ผลการทดลองที่ไม่เที่ยงตรงมากนักเนื่องจากซอฟต์แวร์ BEC ยังมีข้อกำจัดบางส่วนในการกำหนดรายละเอียดเชิงลึกของอาคารที่จะจำลองนั้นไม่ละเอียดเพียงพอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต่อยอดโดยการใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPlus ในการคำนวณพลังงานของอาคารเพิ่มเติมซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่คำนวณจากรายละเอียดที่ลึกและมากกว่าจึงเที่ยงตรงกว่าและเสริมประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้มากยิ่งขึ้นและจากการได้ทบทวนวรรณกรรมข้างต้นนั้นส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การใช้มาตรการปรับปรุงพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ต่อปีและใช้ค่านี้ในการวิเคราะห์มาตรการที่เหมาะสมในการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคาร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต่อยอดโดยจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานจะมีทางเลือกที่ต้องผ่านเกณฑ์ของพลังงานที่ใช้ในระบบอาคารส่วนต่างๆทั้งหมดด้วยเช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศและระบบกรอบอาคาร เป็นต้น จึงได้ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารทั้ง 2 ส่วนคือทั้งเกณฑ์ของพลังงานที่ใช้ในระบบอาคารส่วนต่างๆและเกณฑ์ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ต่อปี

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 บทนำ

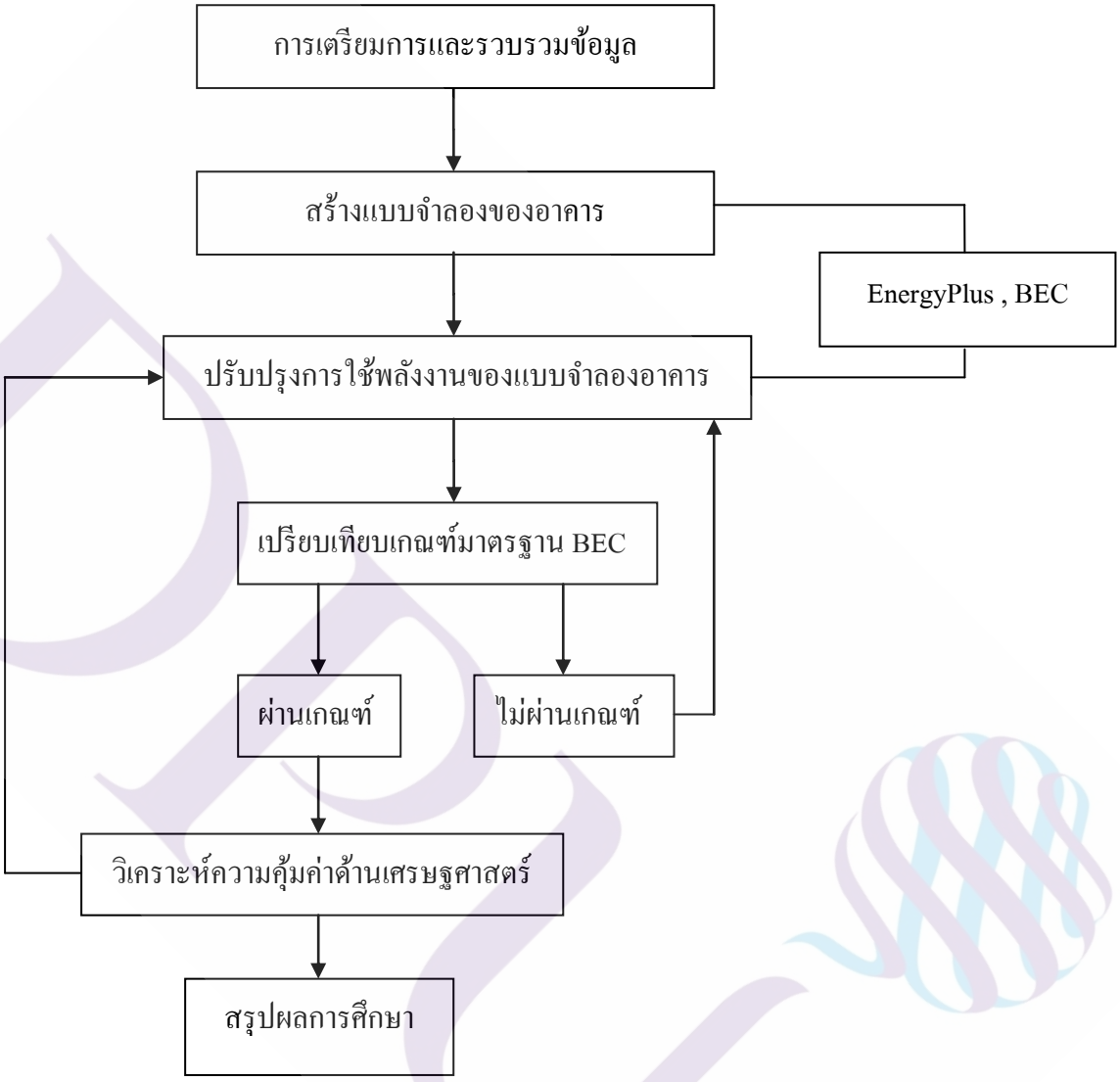
การออกแบบหรือปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารให้ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานหรือ Building Energy Code (BEC) นั้น ได้รับความสนใจและเห็นถึงความสำคัญมากขึ้น มีเอกชนหลายแห่งลงทุนเรื่องการออกแบบหรือปรับปรุงอาคารให้อาคารใช้พลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน แต่ว่าการออกแบบก่อสร้างอาคารใหม่ให้เป็นอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่แรกนั้นง่ายและใช้งบประมาณน้อยกว่าการปรับปรุงอาคารเก่าให้เป็นอาคารตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อความคุ้มค่าในอนาคตและการเป็นส่วนร่วมในการผลักดันการพัฒนาอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอย่างจริงจังสำหรับในประเทศไทยทุกภาคส่วนก็ร่วมมือกันอย่างเต็มที่

ดังนั้นการที่เราสามารถประเมินผลการปรับปรุงได้ก่อนการลงทุนปรับปรุงจริงจะมีผลประโยชน์อย่างมากทำให้วางแผนการปรับปรุงได้อย่างถูกต้องและลดค่าใช้จ่ายที่บานปลายอีกด้วย ซึ่งวิธีหนึ่งที่นิยมในการประเมินผลการใช้พลังงานของอาคารก่อนลงทุนปรับปรุงจริงคือการสร้างแบบจำลองแทนอาคารจริงแล้วปรับปรุงให้ทราบค่าพลังงานและแนวทางปรับปรุงผ่านทางแบบจำลองก่อนการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงอาคารจริง โดยซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้จำลองอาคารสำหรับประเมินด้านพลังงานคือซอฟต์แวร์ EnergyPlus และซอฟต์แวร์ BEC ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองอาคารที่ต้องการปรับปรุงออกมาได้ แล้วเราจึงปรับปรุงส่วนต่างๆ เช่น กรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าและระบบปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งการปรับปรุงทั้งหมดจะช่วยส่งผลให้การใช้พลังงานรวมของอาคารต่อปีลดลง ทำให้เราวางแผนจัดการการปรับปรุงอาคารจริงได้อย่างเป็นระบบ

การปรับปรุงอาคารนั้นมีเกณฑ์ของกฎกระทรวงหรือเกณฑ์ BEC เป็นมาตรฐานอ้างอิงสำหรับอาคารในประเทศไทย จึงเป็นเรื่องง่ายที่เราจะกำหนดเป้าหมายและปรับปรุงแบบจำลองให้ได้ตามความต้องการ แล้วนำมาวิเคราะห์จุดคุ้มทุนที่สุดที่เหมาะสมโดยที่ยังปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ การใช้แบบจำลองอาคารจึงมีส่วนสำคัญและช่วยบริหารการจัดการอาคารและการปรับปรุงอาคารให้ดีขึ้นได้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

โดยเริ่มแรกศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคารและการใช้แบบจำลองในการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคาร จากนั้นศึกษาข้อมูลของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนจากแบบก่อสร้างอาคาร ข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้าของอาคารย้อนหลังและการลงพื้นที่สำรวจอาคารจริงโดยเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัจจุบันและเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งจะทำให้แบบจำลองอาคารที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น นำข้อมูลที่รวบรวมสร้างแบบจำลองในซอฟต์แวร์ SketchUp และ Openstudio คำนวณค่าพลังงานโดยซอฟต์แวร์ EnergyPlus และ BEC

จากนั้นจำลองการใช้มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารทั้งด้าน ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศและระบบกรอบอาคาร เป็นต้น คำนวณการใช้พลังงานของอาคารหลังปรับปรุงโดยวัดค่าจากการเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานหรือ BEC ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานให้ศึกษาขั้นตอนการใช้มาตรการปรับปรุงอีกครั้ง แต่ถ้าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ให้วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารดังกล่าว ถ้าไม่เหมาะสมต้องศึกษาขั้นตอนการใช้มาตรการปรับปรุงอีกครั้ง แต่ถ้าเหมาะสมแก่การลงทุนจึงสรุปผลการทดลองการจำลองการใช้พลังงานในอาคารได้

3.3 ข้อมูลทั่วไปและการใช้พลังงานของอาคาร

3.3.1 ข้อมูลทั่วไป

อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 2,413 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่ใช้สอยหลักๆออกเป็น 3 ส่วนคือส่วนห้องเรียน ส่วนสำนักงานและส่วนกลาง โดยชั้นที่ 1 เป็นห้องเรียนและเป็นพื้นที่ส่วนกลางโถงนั่งอ่านหนังสือและห้องสมุด ชั้นที่ 2 เป็นห้องเรียน ชั้นที่ 3 เป็นสำนักงานและห้องแล็บคอมพิวเตอร์ เปิดใช้งานวันจันทร์ – ศุกร์ เวลา 8.00-17.00 น.

ชื่ออาคาร	:	วิทยาลัยนานาชาติจีน
ชื่อหน่วยงาน	:	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ที่อยู่	:	110/1-4 ถนนประชาชื่น หลักสี่ จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10210
จำนวนชั้นทั้งหมด	:	3 ชั้น
ประเภทอาคาร	:	อาคารเรียน
พื้นที่ใช้สอยส่วนใหญ่	:	2,413 ตารางเมตร
ปีที่อาคารสร้างเสร็จ	:	พ.ศ. 2553
วันและเวลาทำการ	:	จันทร์ – ศุกร์ เวลา 8.00 – 17.00 น.

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคาร

ชั้น	ลักษณะการใช้พื้นที่
1	ห้องเรียนและพื้นที่ส่วนกลาง โถงนั่งอ่านหนังสือ ห้องสมุด
2	ห้องเรียน
3	สำนักงานและห้องแล็บคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 3.2 ถึง ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะภายนอกบริเวณด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนในมุมต่างๆ

ภาพที่ 3.2 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 1

ภาพที่ 3.3 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 2

ภาพที่ 3.4 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 3

ภาพที่ 3.5 ด้านหน้าอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มุมที่ 4

ที่มา: ภาพจาก http://www.dpu.ac.th/campustour/building.html

3.2.2 การใช้พลังงานของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนเป็นอาคารประเภทสถานศึกษาจากแบบก่อสร้างอาคารและการสำรวจอาคารมีอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าหลักๆคือ เครื่องฉายโปรเจ็คเตอร์ เครื่องเสียง เครื่องคอมพิวเตอร์ หลอดไฟแสงสว่างและเครื่องปรับอากาศ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2 ถึง ตารางที่ 3.4 แสดงการใช้พลังงานของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน จากอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3.2 แสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1

ชั้น 1	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า	จำนวน
	เครื่องฉายโปรเจ็คเตอร์	300W	2
	เครื่องเสียง	100W	2
	เครื่องคอมพิวเตอร์	650W	4
	โคมดาวไลท์ ขนาด 1x 18W	18W	30
	หลอด Flu T5 ขนาด 2 x 28W	62W	89

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ชั้น 1	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า	จำนวน
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	3.5kW	1
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	4.5kW	3
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	5.5kW	2
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	6.5kW	4

ตารางที่ 3.3 แสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2

ชั้น 2	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า	จำนวน
	เครื่องฉายโปรเจ็คเตอร์	300W	8
	เครื่องเสียง	100W	8
	เครื่องคอมพิวเตอร์	650W	8
	โคมดาวไลท์ ขนาด 1x 18W	18W	16
	หลอด Flu T5 ขนาด 2 x 28W	62W	124
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	4kW	6
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	4.5kW	15

ตารางที่ 3.4 แสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3

ชั้น 3	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า	จำนวน
	เครื่องฉายโปรเจ็คเตอร์	300W	3
	เครื่องเสียง	100W	3
	เครื่องคอมพิวเตอร์	650W	51
	เครื่องถ่ายเอกสาร	1000W	1
	โคมดาวไลท์ ขนาด 1x 18W	18W	16
	หลอด Flu T5 ขนาด 2 x 28W	62W	96
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 Btu.	1.5kW	3
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 Btu.	2kW	2
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	4.5kW	2

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ชั้น 3	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า	จำนวน
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	5.5kW	4
	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	6.5kW	7

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนย้อนหลังปี พ.ศ. 2560 จากการบันทึกของฝ่ายอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ดังตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน วัดจากมิเตอร์ไฟฟ้าของอาคารตลอดปี พ.ศ. 2560

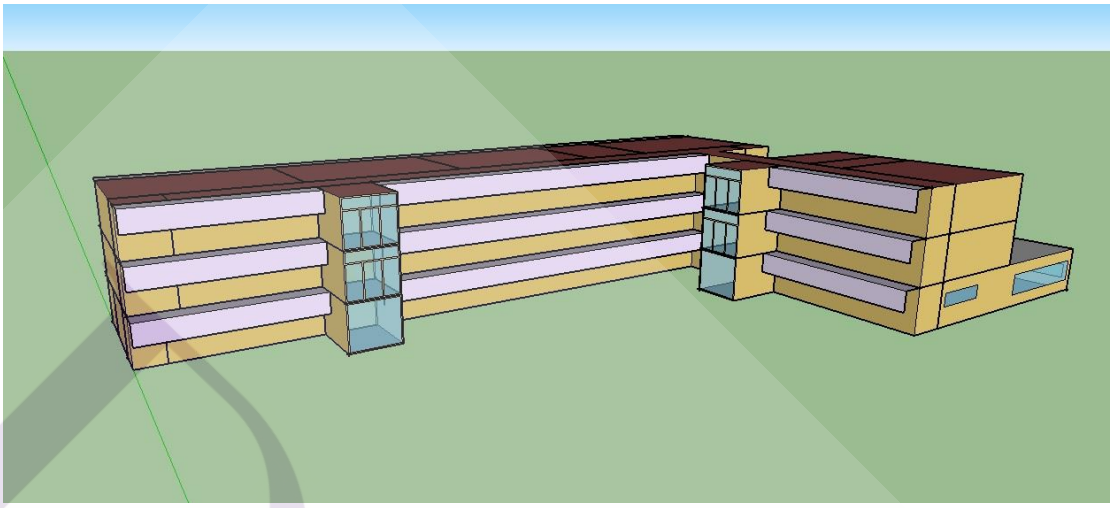
ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2560

เดือน	หน่วยที่ใช้ (kwh)	Ser.No.	หมายเหตุ
มกราคม 60	14,000	79026914	ห้อง MDB
กุมภาพันธ์ 60	18,000	79026914	ห้อง MDB
มีนาคม 60	22,000	79026914	ห้อง MDB
เมษายน 60	16,000	79026914	ห้อง MDB
พฤษภาคม 60	17,000	79026914	ห้อง MDB
มิถุนายน 60	15,000	79026914	ห้อง MDB
กรกฎาคม 60	18,000	79026914	ห้อง MDB
สิงหาคม 60	20,000	79026914	ห้อง MDB
กันยายน 60	20,000	79026914	ห้อง MDB
ตุลาคม 60	19,000	79026914	ห้อง MDB
พฤศจิกายน 60	20,000	79026914	ห้อง MDB
ธันวาคม 60	12,000	79026914	ห้อง MDB

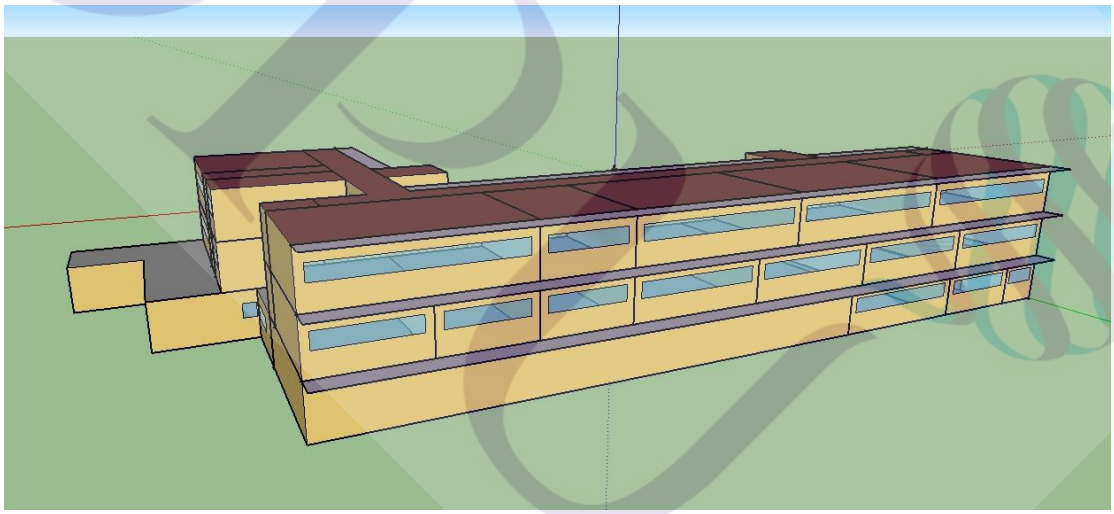
3.4 การสร้างแบบจำลองของอาคารโดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

การสร้างแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ใช้ซอฟต์แวร์เสริมช่วยในการเข้าถึงการแสดงผลที่ง่ายขึ้นกล่าวคือซอฟต์แวร์ SketchUp ใช้ในการวาดและสร้างตัวกรอบอาคารขึ้นมาโดยใช้ข้อมูลจริงจากแบบการก่อสร้างและสถานที่จริง โดยสามารถสร้างขอบเขตของห้องต่างๆ กรอบอาคาร วัสดุต่างๆของกรอบอาคารและสามารถกำหนดประเภทและโซนการใช้งานของอาคาร

ได้ด้วย ภาพที่ 3.6 ถึง 3.7 แสดงแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนที่สร้างขึ้นบนซอฟต์แวร์ SketchUp



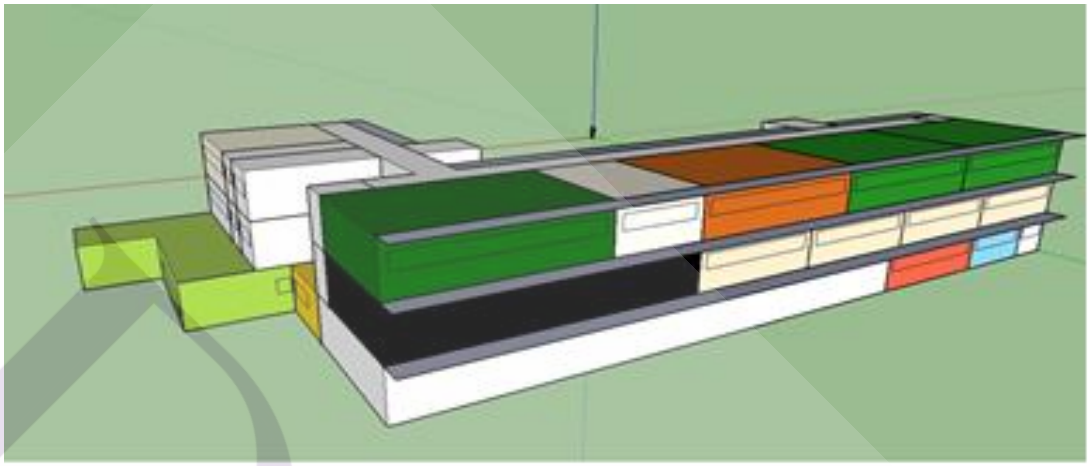
ภาพที่ 3.6 แบบจำลองอาคารด้านหน้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp



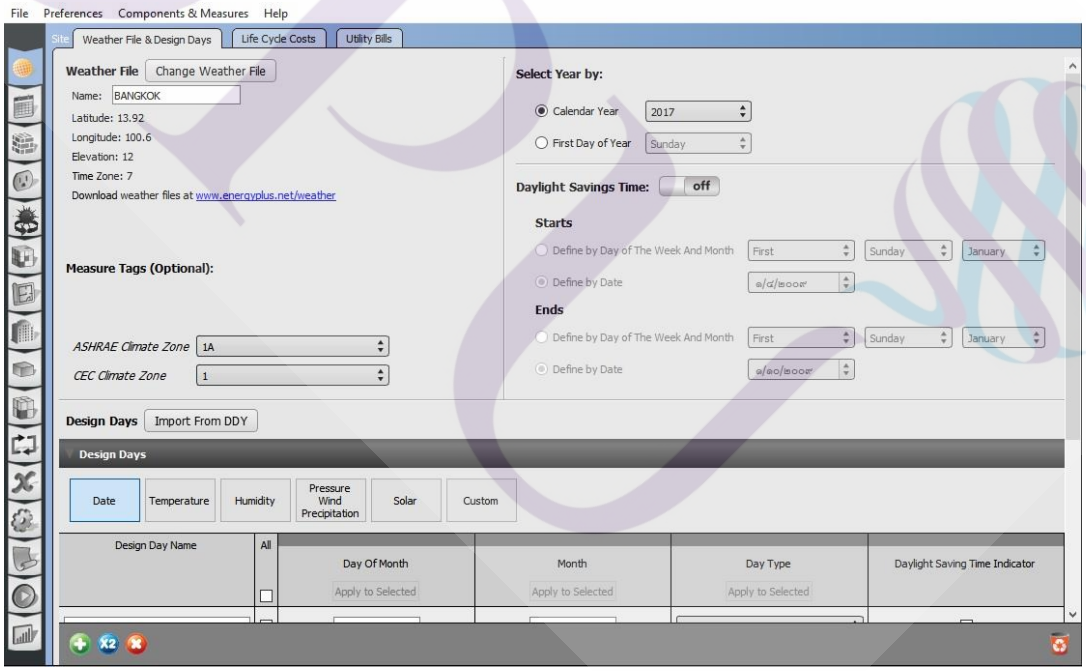
ภาพที่ 3.7 แบบจำลองอาคารด้านหลังของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp

หลังจากสร้างแบบจำลองอาคารขึ้นมาพร้อมใส่ข้อมูลจริงทั้งกรอบอากาศและข้อมูลการจัด Thermal Zone ของอาคาร(ภาพที่ 3.8) ต้องใส่ข้อมูลรายละเอียดของอาคารและการใช้อาคารเชิงลึกเช่นจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าและปริมาณการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับการคำนวณพลังงานใน

ซอฟต์แวร์ Openstudio(ภาพที่ 3.9) ซึ่งเชื่อมต่อกับการสร้างแบบจำลองในซอฟต์แวร์ SketchUp ไว้แล้วพร้อมข้อมูลรายละเอียดที่สร้างไว้เบื้องต้น

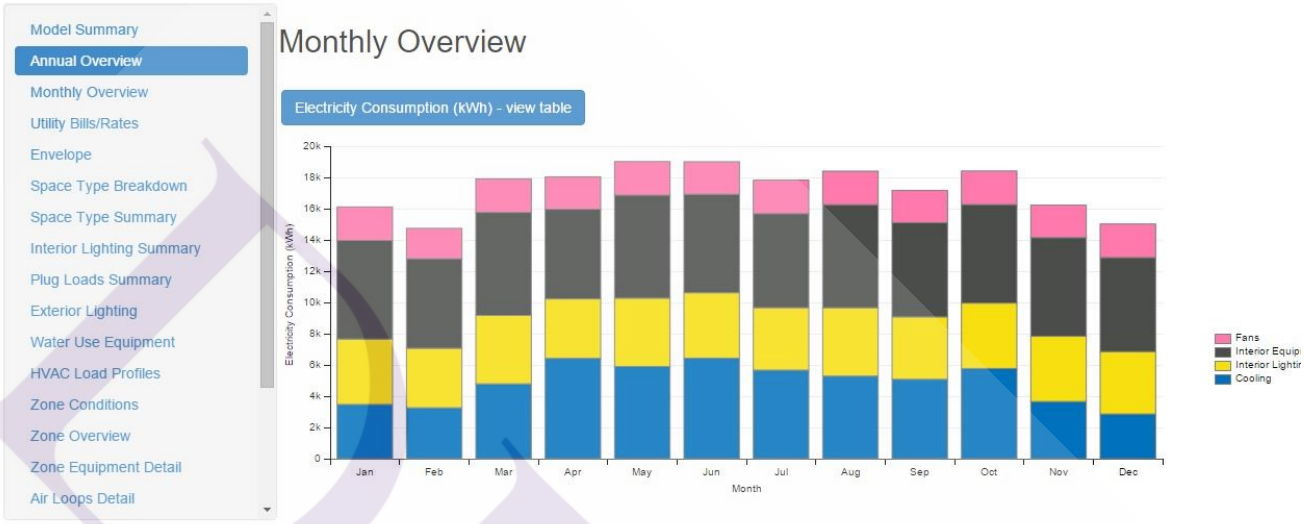


ภาพที่ 3.8 การแบ่งพื้นที่ตาม Thermal Zone



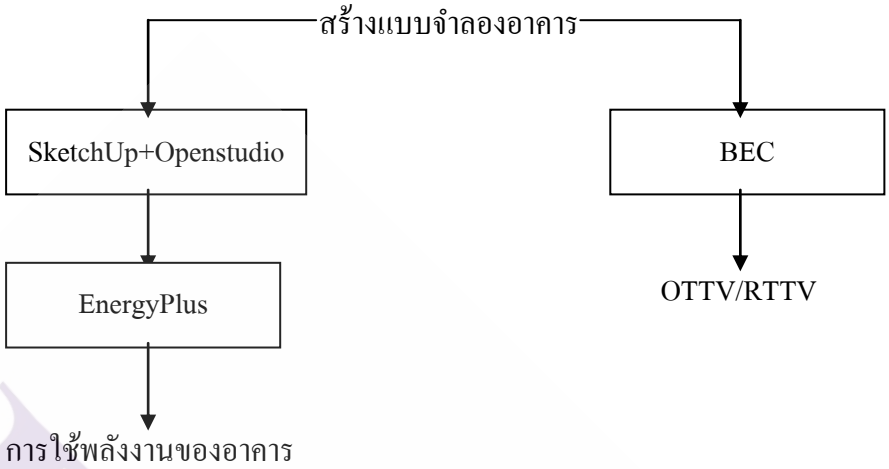
ภาพที่ 3.9 ซอฟต์แวร์ Openstudio

ใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPlus คำนวณค่าพลังงานรวมต่อปีที่แบบจำลองใช้(ภาพที่ 3.10) และใช้ซอฟต์แวร์ BEC คำนวณค่าพลังงานจากระบบกรอบอาคาร โดยทั้งหมดเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Building Energy Code ว่าได้มาตรฐานหรือไม่



ภาพที่ 3.10 ภาพการผลการคำนวณการใช้พลังงานของอาคารโดย EnergyPlus

เมื่อปรับปรุงแบบจำลองอาคารตามมาตรการจนผ่านเกณฑ์ Building Energy Code วิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ เลือกใช้มาตรการที่เหมาะสมกับอาคารมากที่สุด โดยสรุปการสร้างแบบจำลองอาคารโดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองอาคารซึ่งใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPlus คำนวณการใช้พลังงานของอาคารและใช้ซอฟต์แวร์ BEC คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารเพื่อนำมาคำนวณค่าพลังงานจากระบบกรอบอาคาร



ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองอาคารโดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

3.5 การปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคาร

แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน แบ่งมาตรการปรับปรุงพลังงานของอาคารออกเป็น 3 ส่วนหลักๆคือ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศและระบบกรอบอาคาร

3.5.1 ลดปริมาณการใช้พลังงานระบบแสงสว่าง

เพื่อปรับการใช้ประสิทธิภาพด้านพลังงานของหลอดไฟให้คุ้มค่าและปรับการใช้พลังงานรวมของอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานโดยนำเสนอมาตรการดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงข้อมูลวัตถุประสงค์และมาตรการปรับปรุงพลังงานระบบแสงสว่าง

วัตถุประสงค์	**มาตรการดำเนินการปรับปรุงพลังงาน**
ลดปริมาณการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง	เปลี่ยนชนิดของหลอดไฟทั้งหมดของอาคารเป็นหลอด LED

3.5.2 ลดปริมาณการใช้พลังงานระบบปรับอากาศ

เพื่อลดการใช้พลังงานระบบปรับอากาศ การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานและปรับการใช้พลังงานรวมของอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานโดยนำเสนอมาตรการดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงข้อมูลวัตถุประสงค์และมาตรการปรับปรุงพลังงานระบบปรับอากาศ

วัตถุประสงค์	มาตรการดำเนินการปรับปรุงพลังงาน
ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศตามเกณฑ์ฉลากเบอร์5

3.5.3 การปรับปรุงระบบกรอบอาคาร

เพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารซึ่งช่วยลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศและปรับการใช้พลังงานรวมของอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานโดยนำเสนอมาตรการดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 แสดงข้อมูลวัตถุประสงค์และมาตรการปรับปรุงพลังงานระบบกรอบอาคาร

วัตถุประสงค์	มาตรการดำเนินการปรับปรุงพลังงาน
ปรับปรุงวัสดุผนังและหลังคาให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน	เพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนสำหรับผนังและหลังคา โดยต้องให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน

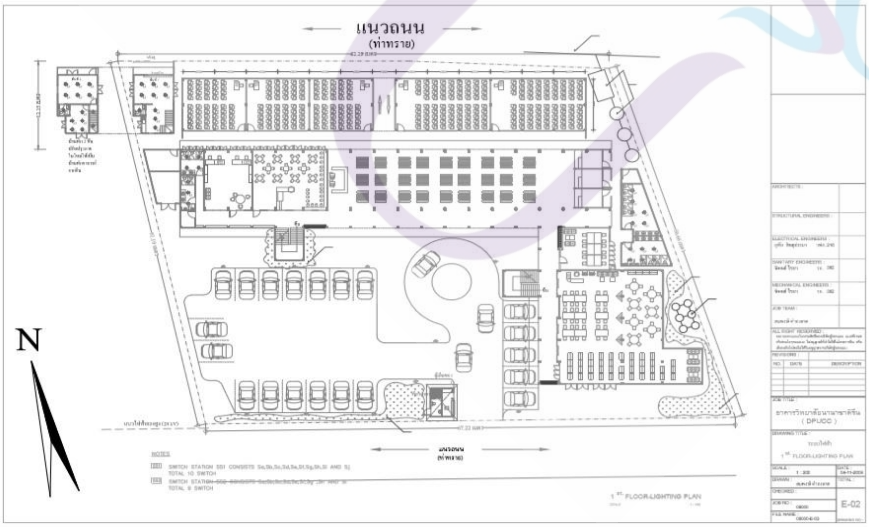
บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

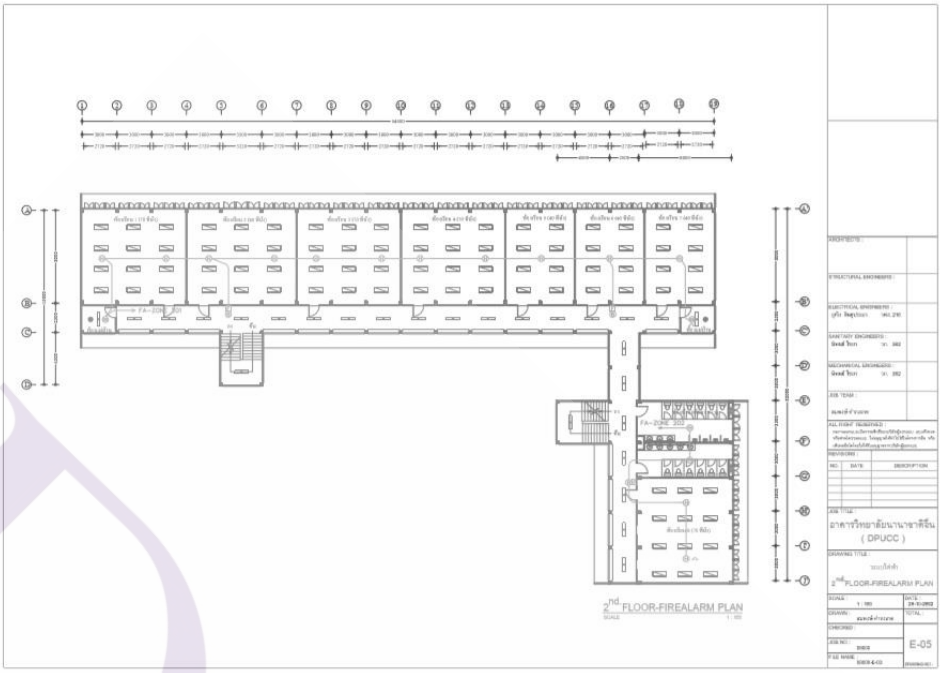
การปรับปรุงอาคารให้ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานหรือ Building Energy Code (BEC)โดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ EnergyPlus และ BEC ในการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปี เป็นการจำลองอาคารขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลองศึกษาการปรับปรุงในอาคารจำลองก่อนการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงจริง ช่วยลดปัญหาหรือข้อผิดพลาดการลงทุนปรับปรุงอาคารและงบประมาณที่บานปลายได้ โดยการจำลองการปรับปรุงนั้นใช้ค่าเกณฑ์มาตรฐาน BEC และเกณฑ์ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นเกณฑ์การประเมินผล

4.2 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของอาคาร

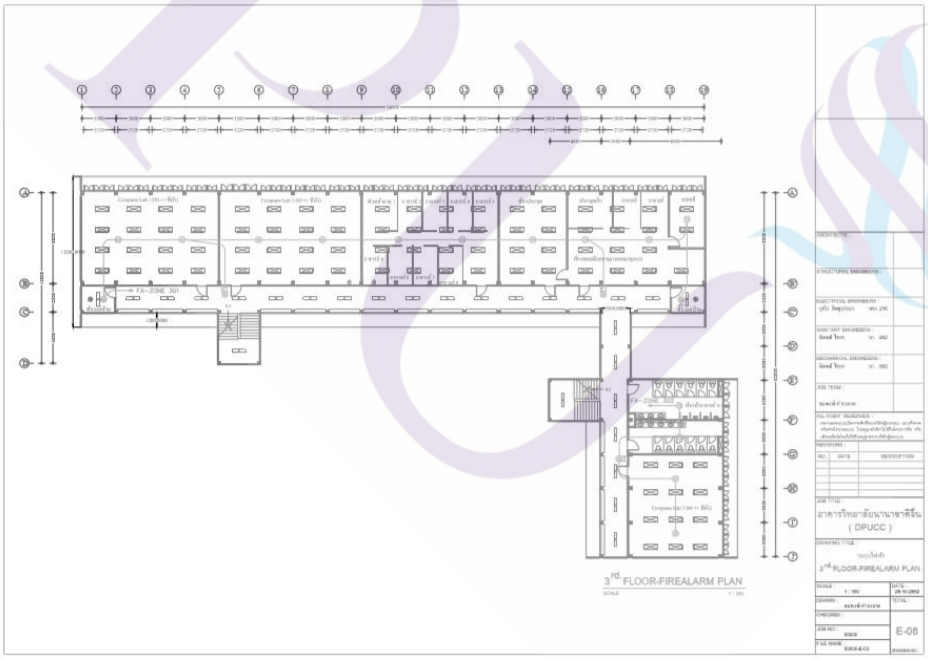
การสร้างแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ใช้ข้อมูลจริงจากแบบการก่อสร้าง โดยข้อมูลจากฝ่ายอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ และการสำรวจสถานที่จริง โดย ภาพที่ 4.1 ถึง ภาพที่ 4.3 แสดงแบบก่อสร้างอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ใช้การวาดและสร้างตัวกรอบอาคารบนซอฟต์แวร์ SketchUp ซึ่งสามารถสร้างขอบเขตของห้องต่างๆ กรอบอาคาร วัสดุต่างๆของกรอบอาคารและสามารถกำหนดประเภทและโซนการใช้งานของอาคาร



ภาพที่ 4.1 แบบก่อสร้างชั้น 1 อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



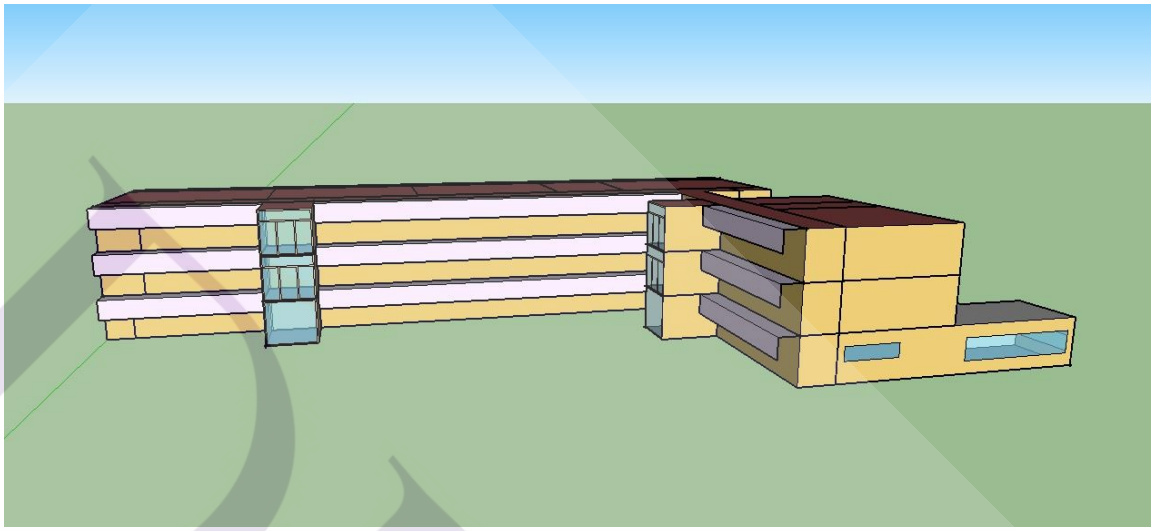
ภาพที่ 4.2 แบบก่อสร้างชั้น 2 อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



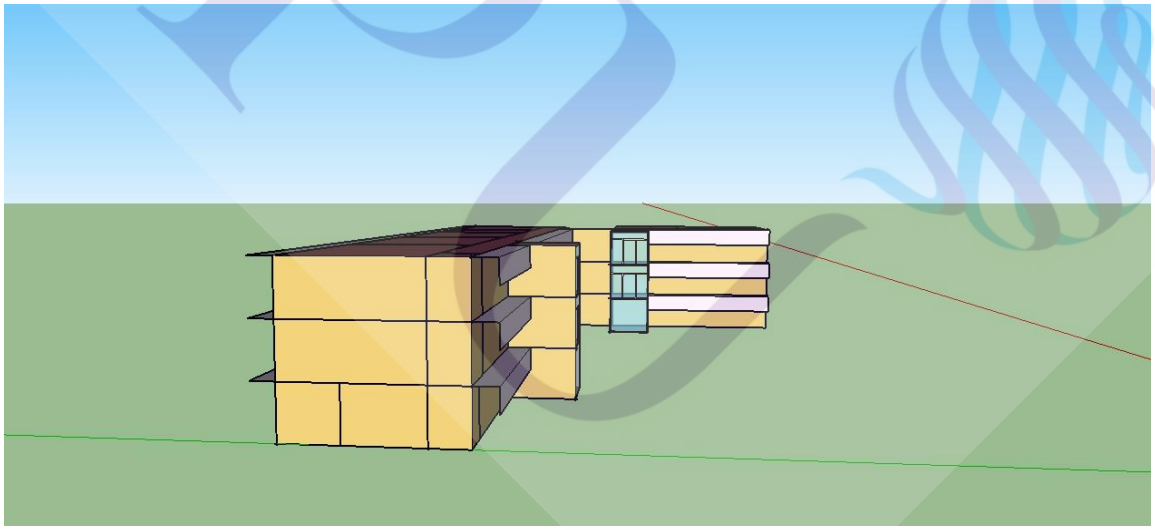
ภาพที่ 4.3 แบบก่อสร้างชั้น 3 อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

4.2.1 แบบจำลองบนซอฟต์แวร์ SketchUp

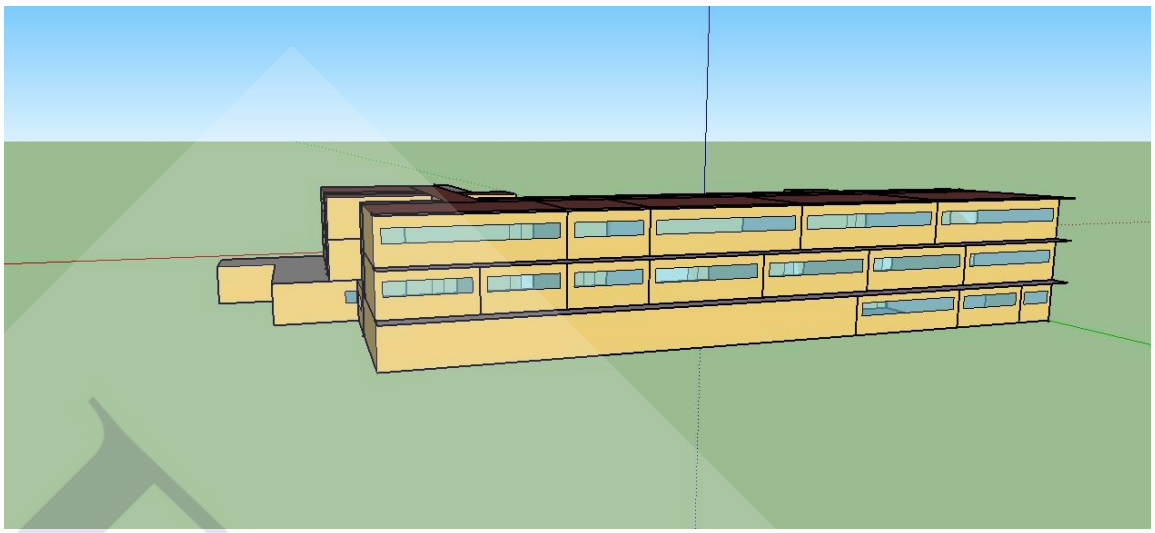
ภาพที่ 4.4 ถึง ภาพที่ 4.7 แสดงแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp ในทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศเหนือและทิศตะวันตก ตามลำดับ



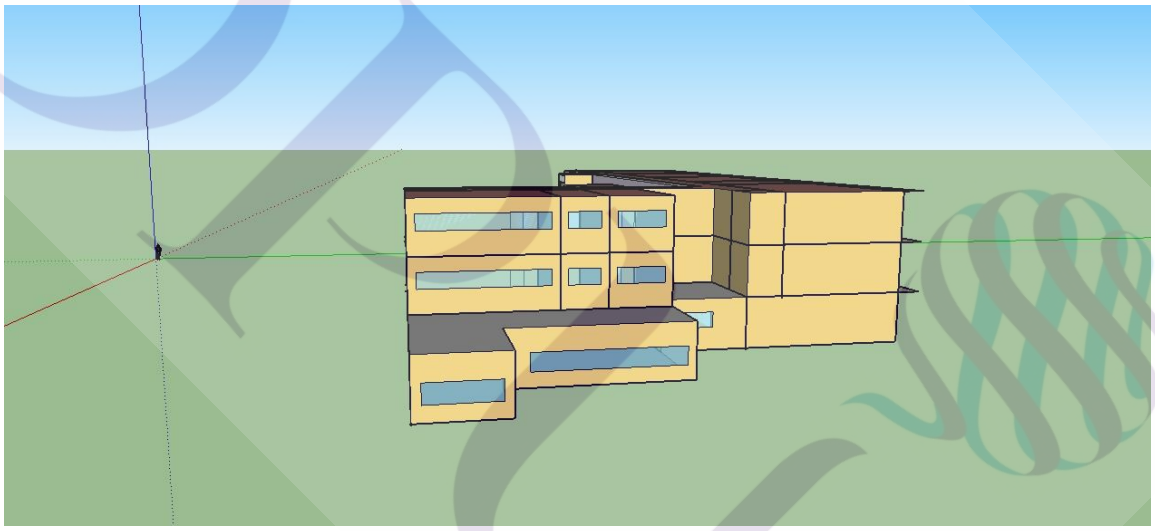
ภาพที่ 4.4 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศใต้



ภาพที่ 4.5 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศตะวันออก



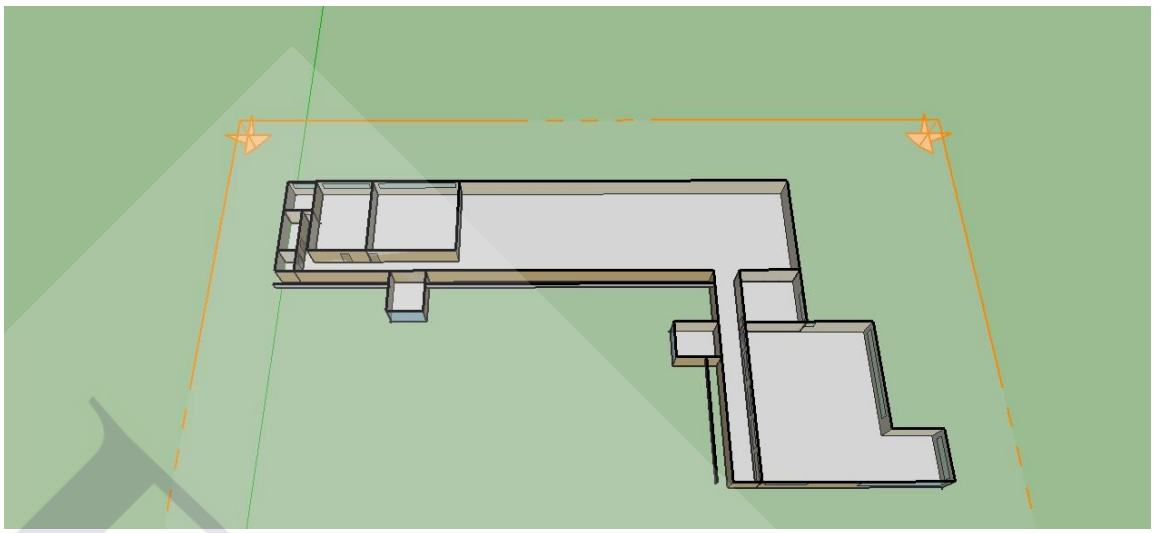
ภาพที่ 4.6 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศเหนือ



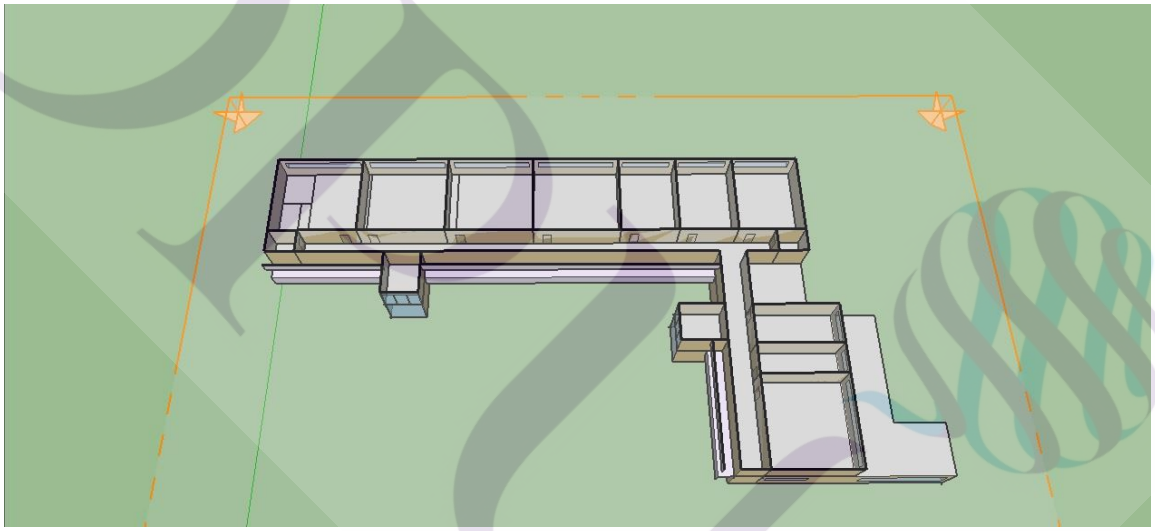
ภาพที่ 4.7 แบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ทิศตะวันตก

4.2.2 แบบจำลองกรอบอาคาร

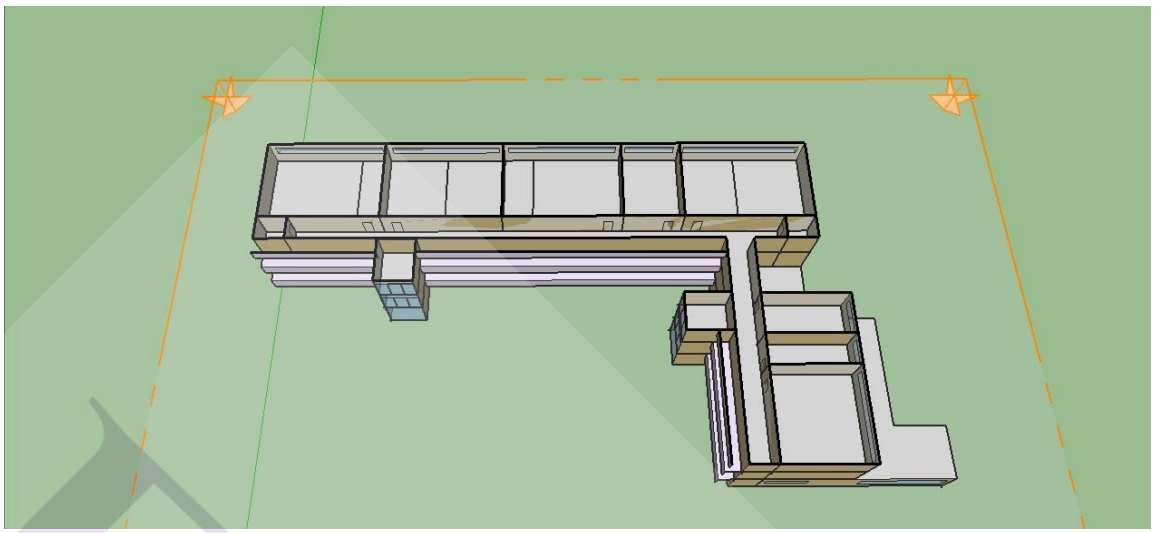
ภาพที่ 4.8 ถึง ภาพที่ 4.10 แสดงกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp ซึ่งมีรายละเอียดการแบ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ในชั้น 1 ถึง ชั้น 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 แบบจำลองกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ชั้น 1



ภาพที่ 4.9 แบบจำลองกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ชั้น 2



ภาพที่ 4.10 แบบจำลองกรอบอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ชั้น 3

4.2.3 การจัด THERMAL ZONE แบ่งตามประเภทพื้นที่การใช้งานเครื่องปรับอากาศ ดังตารางที่ 4.1

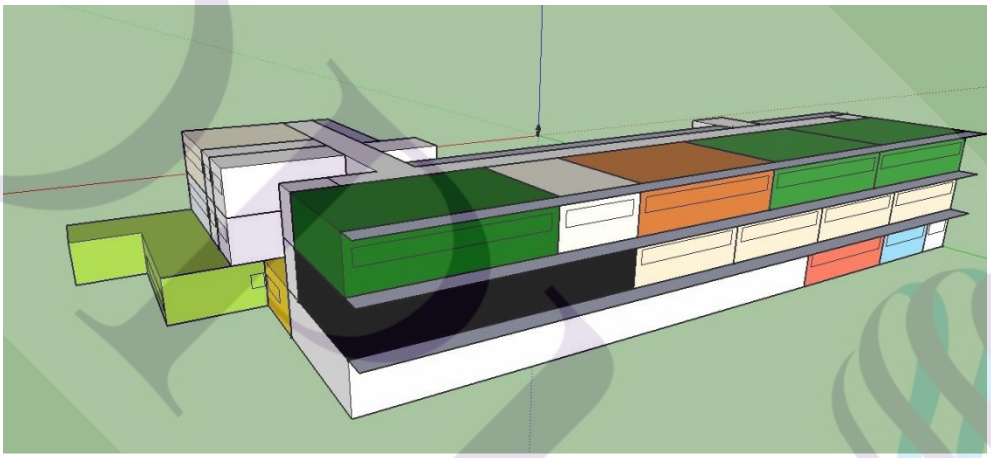
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการจัดพื้นที่ THERMAL ZONE ในแบบจำลองอาคาร

ชั้น	ประเภทพื้นที่	THERMAL ZONE
1	ห้องเรียน 1	ZONE 1
	ห้องเรียน 2	ZONE 2
	ห้องรับแขก	ZONE 3
	ห้องสมุด	ZONE 4
2	ห้องเรียน 1-4	ZONE 5
	ห้องเรียน 5-7	ZONE 6
	ห้องเรียน 8	ZONE 7
3	ห้องแล็บคอมพิวเตอร์ 1-2	ZONE 8
	สำนักงาน 1	ZONE 9

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ชั้น	ประเภทพื้นที่	THERMAL ZONE
	สำนักงาน 2	ZONE 10
	สำนักงาน 3	ZONE 11
	ห้องแล็บคอมพิวเตอร์ 3	ZONE 12

ภาพที่ 4.11 แสดงการจัดพื้นที่ THERMAL ZONE อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ SketchUp

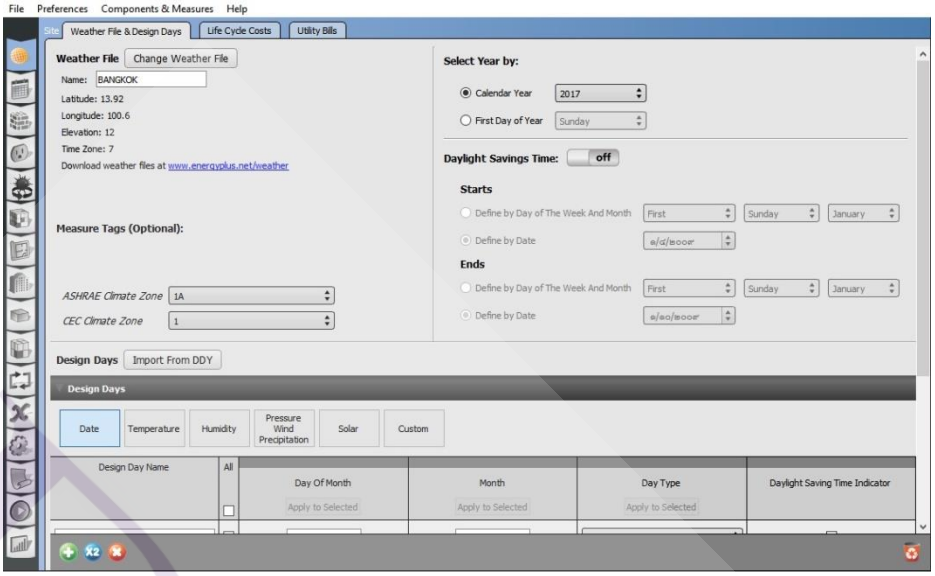


ภาพที่ 4.11 ภาพแสดง THERMAL ZONE ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

หลังจากสร้างแบบจำลองอาคารขึ้นมาพร้อมใส่ข้อมูลจริงทั้งกรอบอากาศและข้อมูลการจัด THERMAL ZONE ของอาคาร ก็ต้องใส่ข้อมูลรายละเอียดของอาคารและการใช้อาคารเชิงลึกสำหรับการคำนวณพลังงานในซอฟต์แวร์ Openstudio ซึ่งเชื่อมต่อกับการสร้างแบบจำลองในซอฟต์แวร์ SketchUp ไว้แล้วพร้อมข้อมูลรายละเอียดที่สร้างไว้เบื้องต้น

4.2.4 แบบจำลองในซอฟต์แวร์ Openstudio

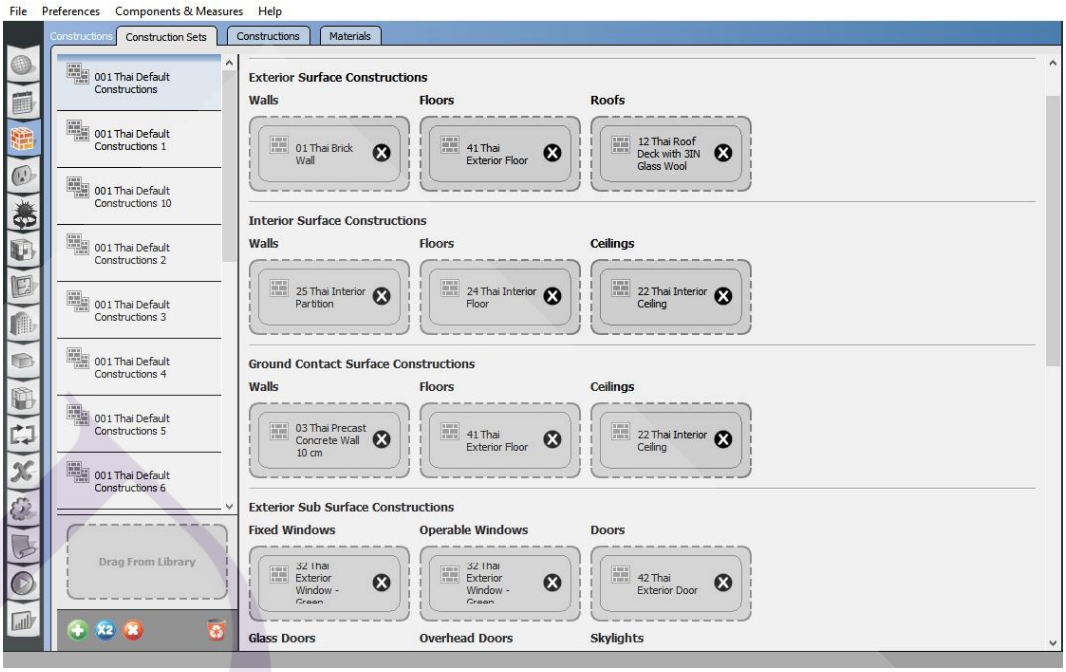
ภาพที่ 4.12 แสดงรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศและภูมิอากาศของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ Openstudio



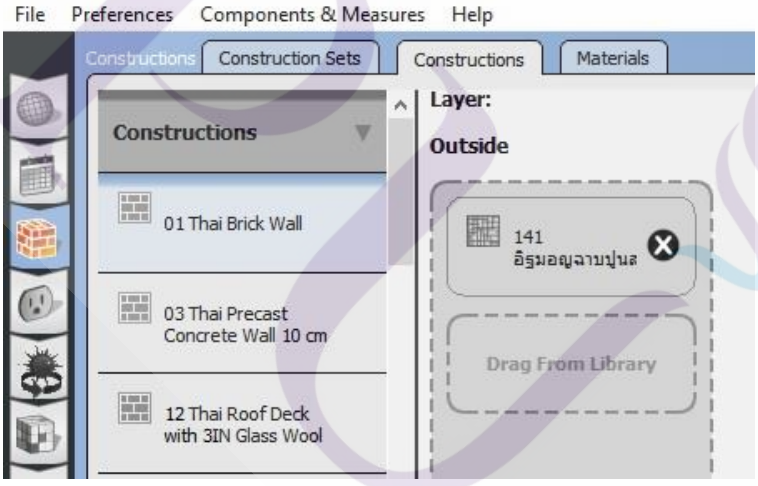
ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงข้อมูลภูมิประเทศและภูมิอากาศของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

4.2.5 ลักษณะกรอบอาคารของวิทยาลัยนานาชาติจีน

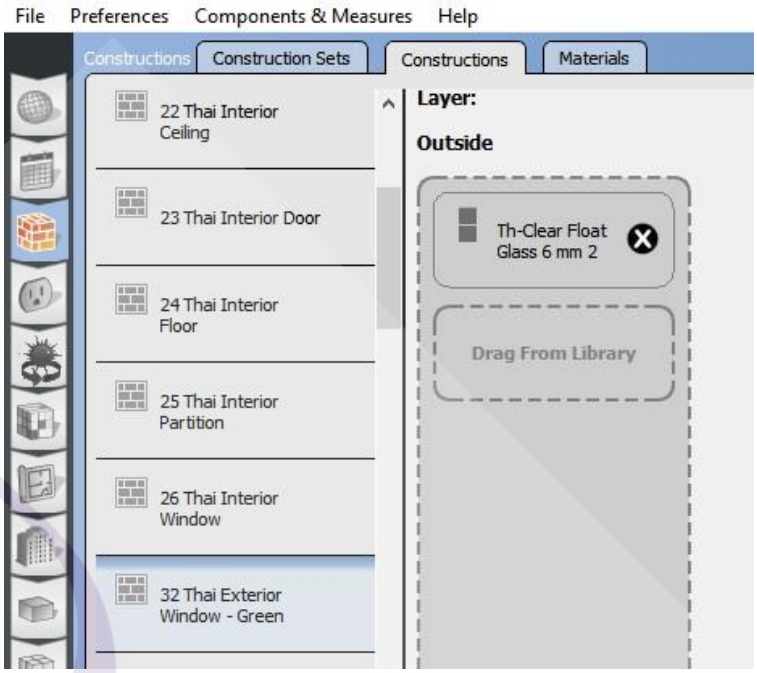
ภาพ 4.13 แสดงข้อมูลลักษณะกรอบอาคารของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ซึ่งแบ่งลักษณะกรอบอาคารหลักๆเป็น ผนังทึบแสงกับผนังโปร่งแสงและหลังคา อาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มีผนังทึบแสง เป็นอิฐฉาบปูน 2 ด้าน (ภาพที่ 4.14) มีผนังโปร่งแสงหรือหน้าต่างเป็นกระจกใส 6 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4.15) และส่วนหลังคาเป็นพื้นคอนกรีต ช่องอากาศและปิดด้วยฝ้าแผ่นยิบซัม (ภาพที่ 4.16)



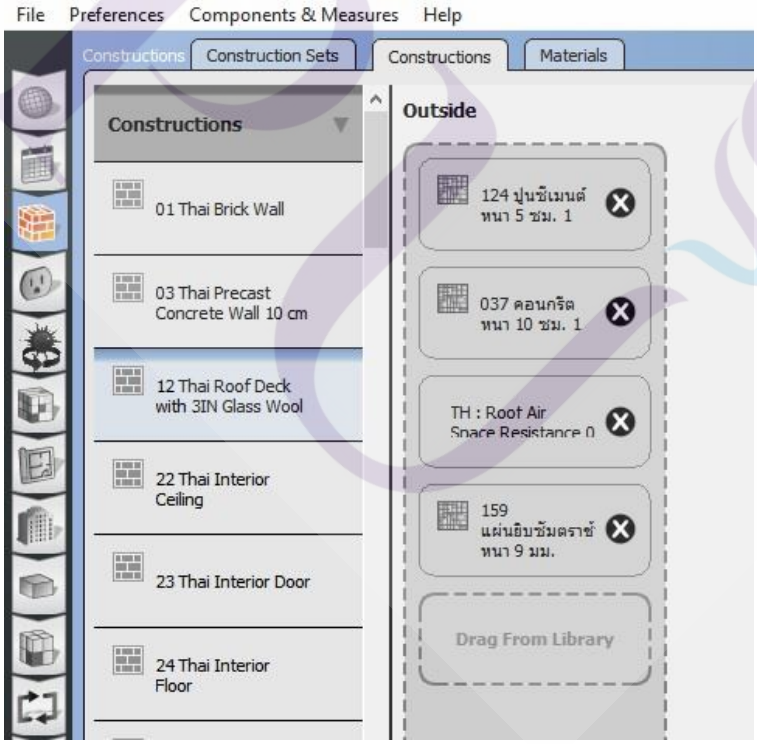
ภาพที่ 4.13 ภาพแสดงข้อมูลลักษณะกรอบอาคารของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



ภาพที่ 4.14 ภาพแสดงข้อมูลผนังทึบแสงของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



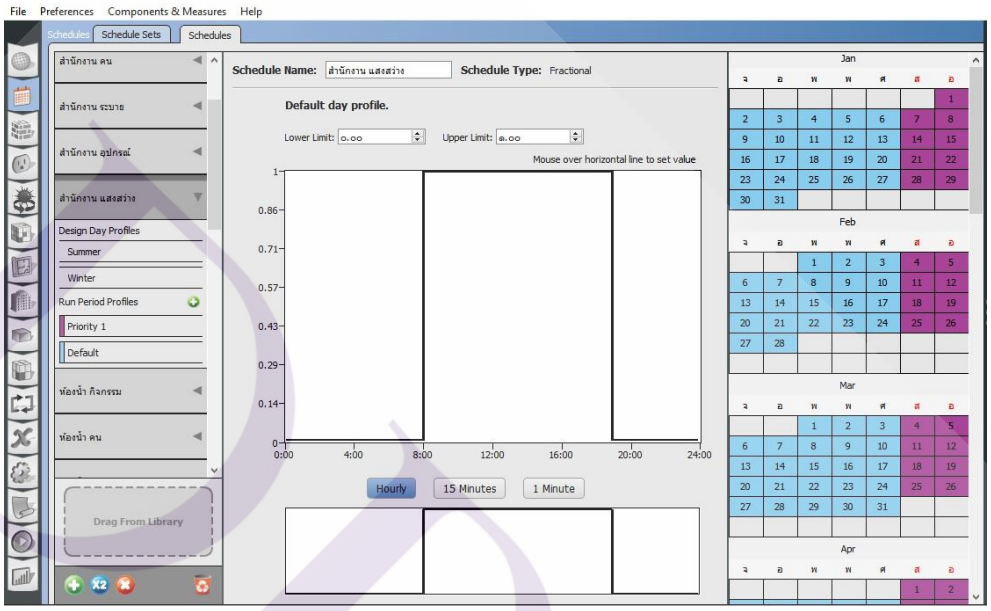
ภาพที่ 4.15 ภาพแสดงข้อมูลผนังโปร่งแสงของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



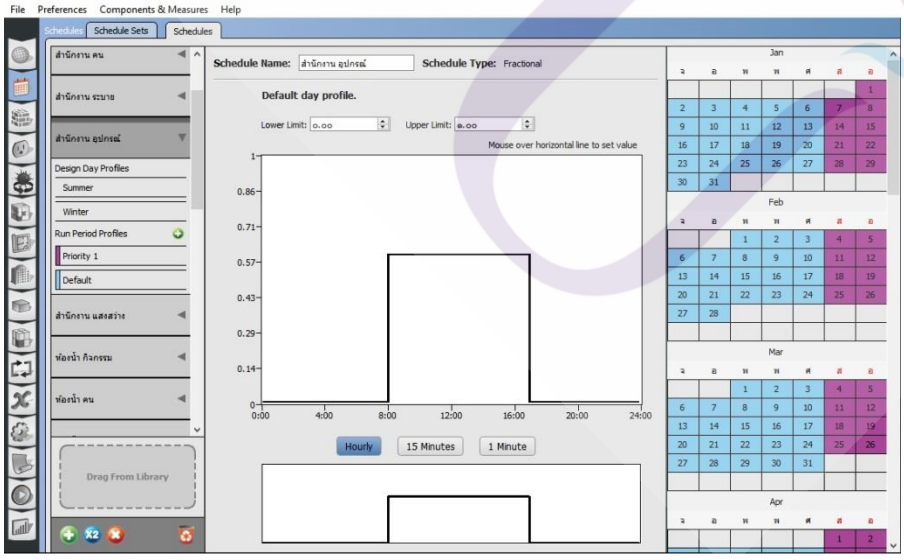
ภาพที่ 4.16 ภาพแสดงข้อมูลหลังคาของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

4.2.6 ตารางการใช้งานของวิทยาลัยนานาชาติจีน

โดยแบ่งการใช้งานหลักๆเป็นการใช้งานระบบแสงสว่างวันจันทร์-ศุกร์ เวลา 8.00-19.00 น.การใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าวันจันทร์-ศุกร์ เวลา 8.00-17.00 น. ดังภาพที่ 4.17 และภาพที่ 4.18

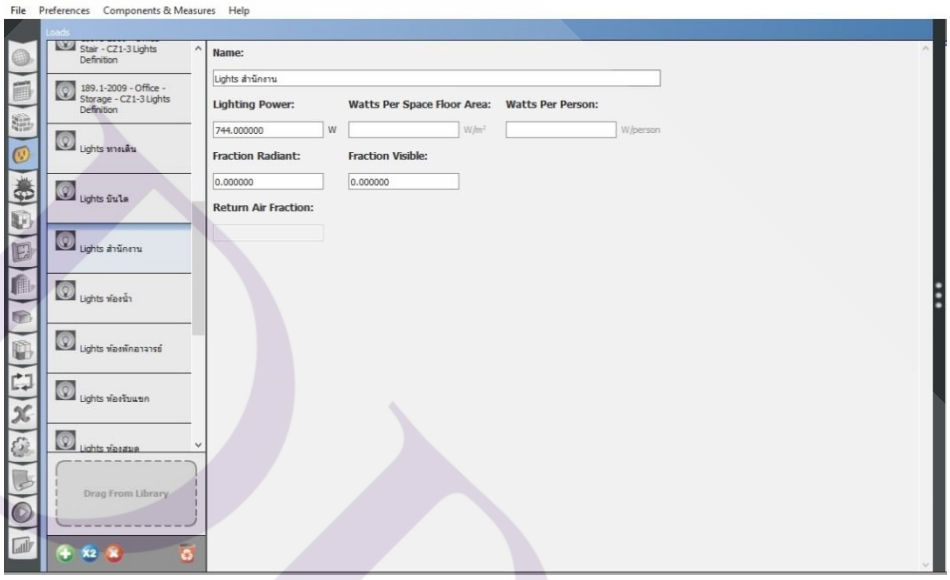


ภาพที่ 4.17 ภาพแสดงข้อมูลการใช้งานระบบแสงสว่างของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

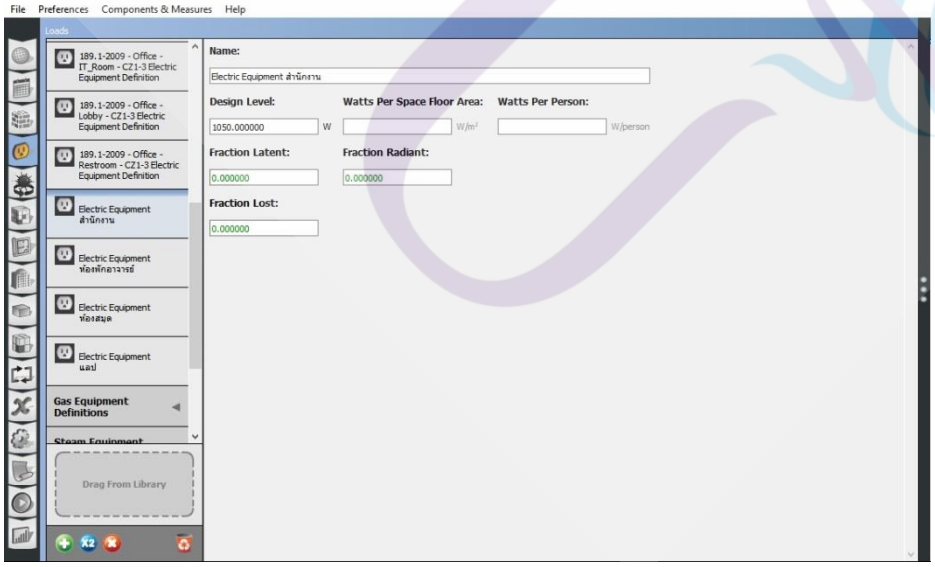


ภาพที่ 4.18 ภาพแสดงข้อมูลการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

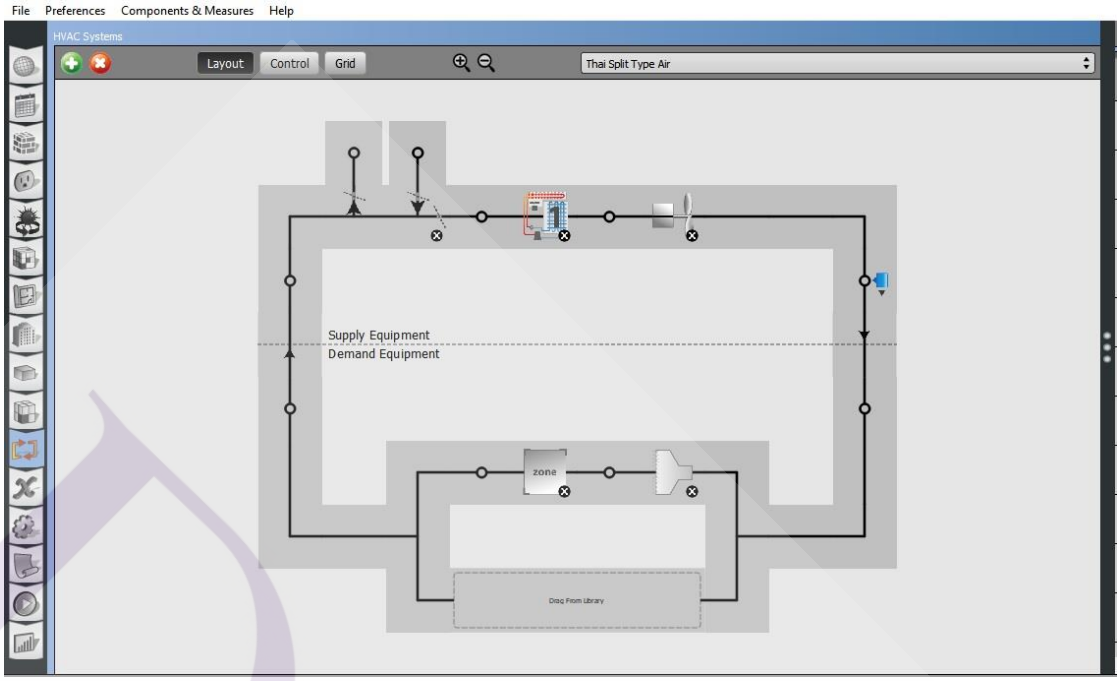
4.2.7 โหลดแสงสว่างและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน อยู่ในหัวข้อ 3.2.2การใช้พลังงานของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2 ถึง ตารางที่ 3.4ภาพที่ 4.19 ถึง ภาพที่ 4.21 แสดงตัวอย่างรายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์ Openstudio



ภาพที่ 4.19 ภาพแสดงข้อมูลโหลดของแสงสว่างห้องสำนักงาน



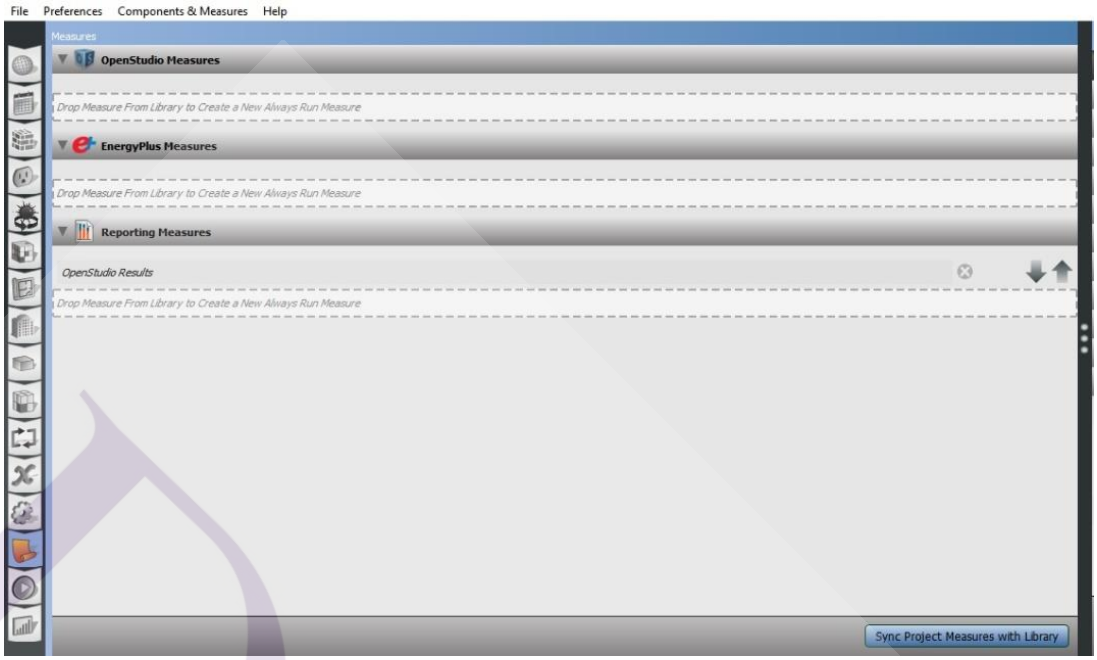
ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงข้อมูลโหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าห้องเรียน



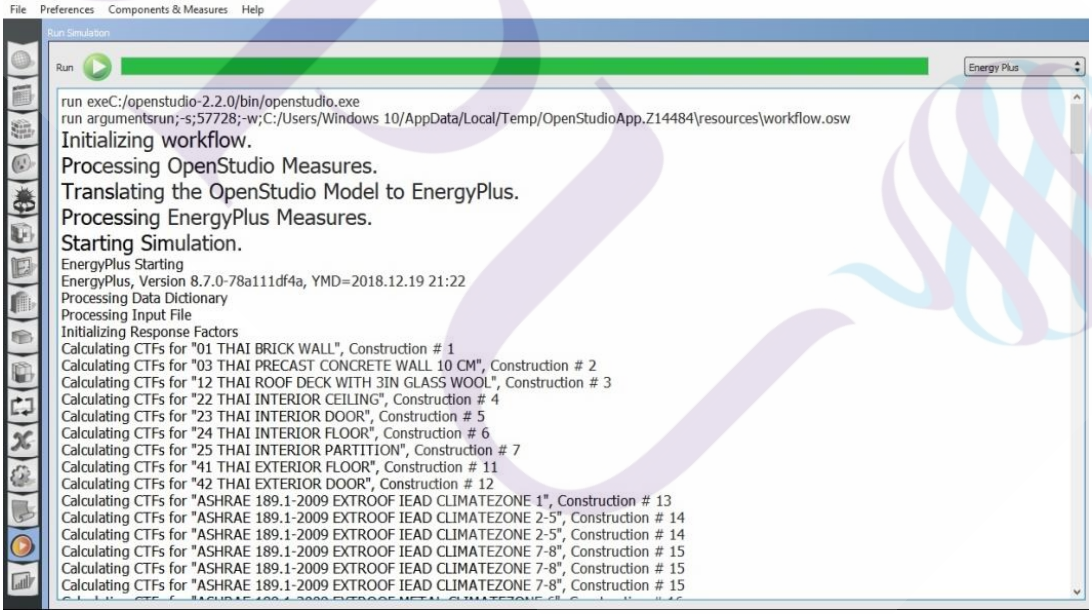
ภาพที่ 4.21 ภาพแสดงข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

เมื่อใส่รายละเอียดเชิงลึกดังรายละเอียดข้างต้นสำหรับการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ของแบบจำลองอาคารแล้ว ใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPlus ในการคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้สำหรับแบบจำลองอาคาร โดยที่ทำการสอบเทียบแบบจำลองอาคารให้ใกล้เคียงหรือเสมือนจริงคาดเคลื่อนไม่เกิน 5% โดยเทียบกับข้อมูลการใช้พลังงานจริงที่ตรวจวัดจากมิเตอร์ไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2560

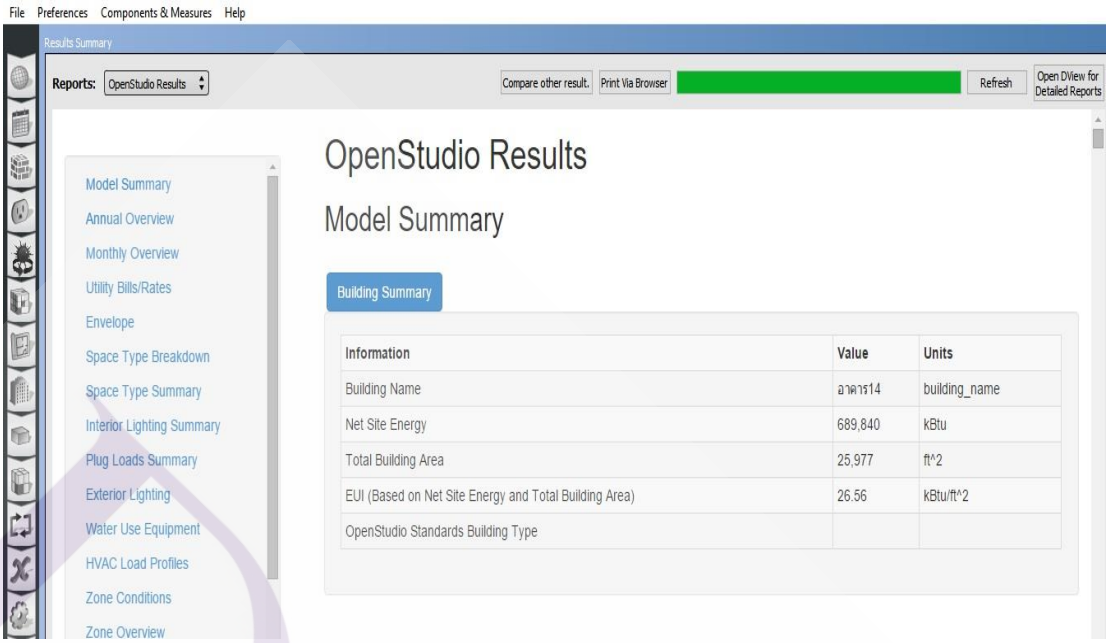
4.2.8 การคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ของแบบจำลองอาคารโดย EnergyPlus ภาพที่ 4.22 ถึง ภาพที่ 4.25 แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ของแบบจำลองอาคารโดย EnergyPlus และการแสดงผลค่าพลังงานของแบบจำลองอาคาร



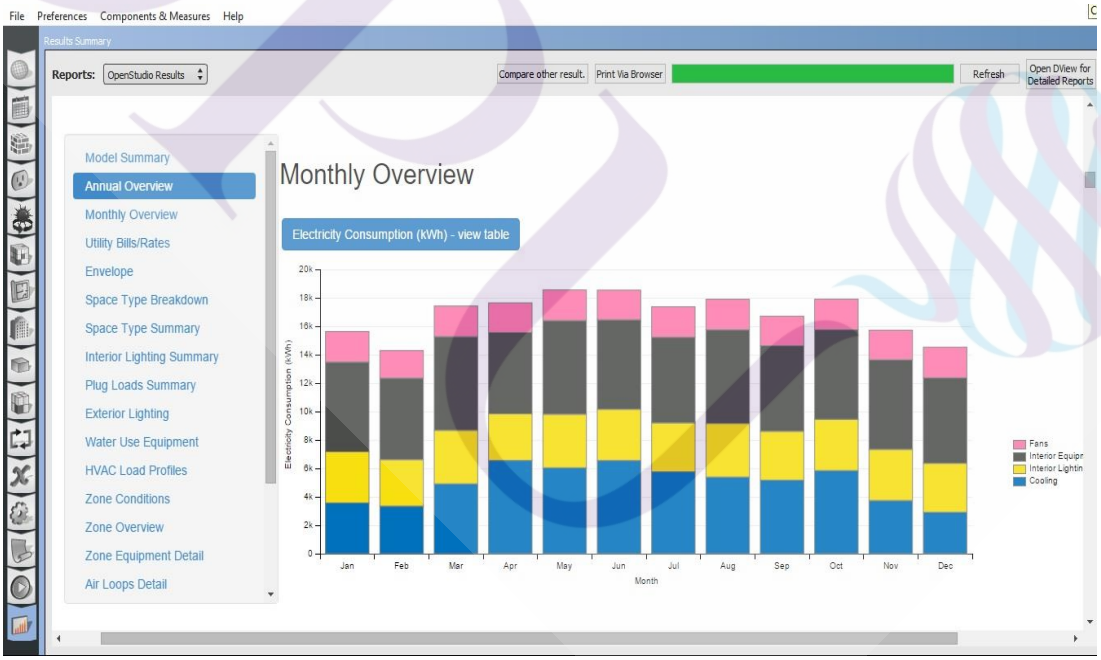
ภาพที่ 4.22 ภาพแสดงซอฟต์แวร์ EnergyPlus



ภาพที่ 4.23 ภาพแสดงการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้โดยซอฟต์แวร์ EnergyPlus



ภาพที่ 4.24 ภาพแสดงค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีของแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



ภาพที่ 4.25 ภาพแสดงค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีแยกแบบรายเดือน

4.2.9 ค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปีระหว่างค่าจริงกับค่าคำนวณจากแบบจำลอง

เดือน	หน่วยที่ใช้(kWh)	ค่าจากการคำนวณแบบจำลอง (kWh)
มกราคม 60	14,000	15,624
กุมภาพันธ์ 60	18,000	14,285
มีนาคม 60	22,000	17,417
เมษายน 60	16000	17,642
พฤษภาคม 60	17,000	18,547
มิถุนายน 60	15,000	18,537
กรกฎาคม 60	18,000	17,368
สิงหาคม 60	20,000	17,895
กันยายน 60	20,000	16,706
ตุลาคม 60	19,000	17,904
พฤศจิกายน 60	20,000	15,721
ธันวาคม 60	12,000	14,521
รวม	211,000	202,173

ค่าพลังงานรวมที่ใช้จริงของอาคาร พ.ศ. 2560 211,000 kWh/year

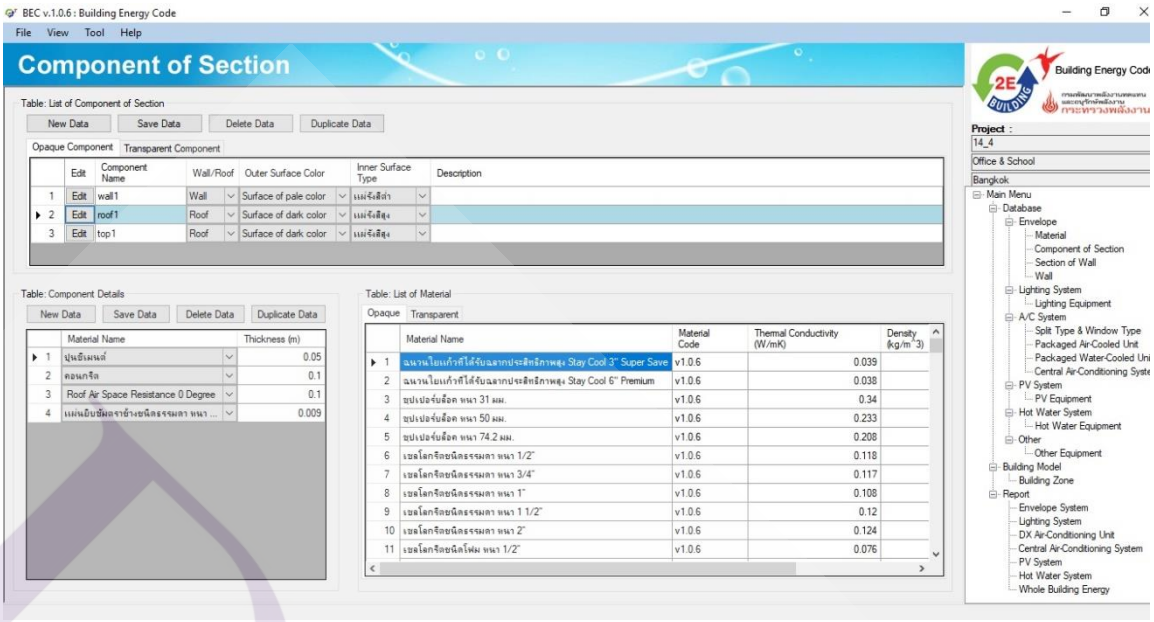
ค่าพลังงานรวมจากการคำนวณแบบจำลองอาคาร 202,173 kWh/year

ค่าความคาดเคลื่อน 4.19 %

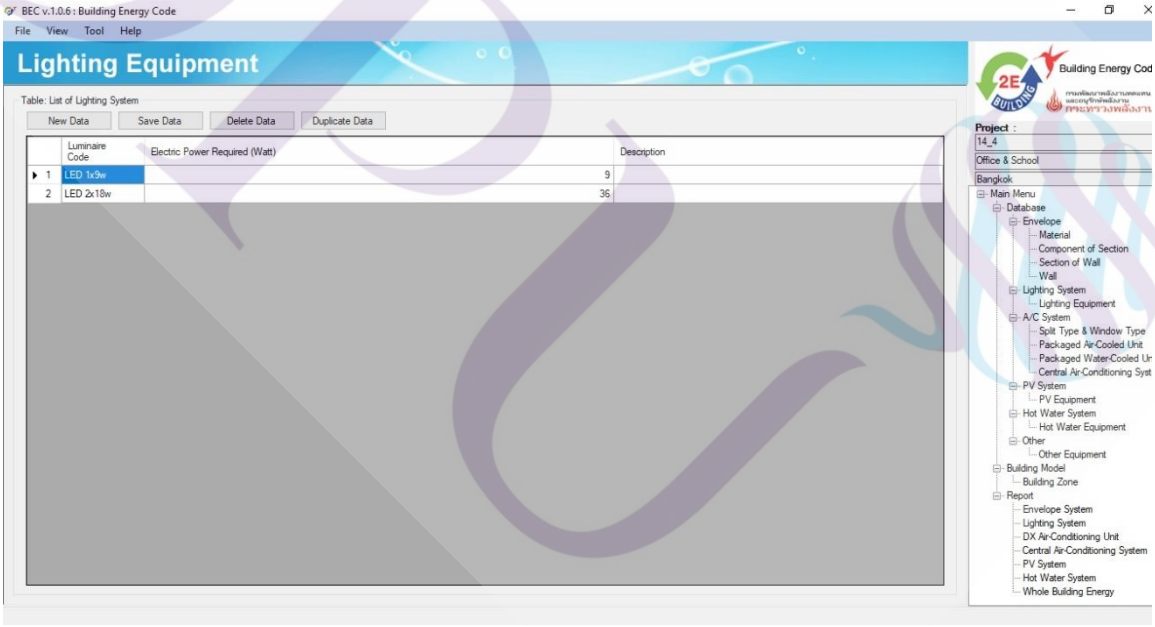
เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานรวมของแบบจำลองอาคารจากการคำนวณผ่านซอฟต์แวร์ EnergyPlus กับค่าพลังงานรวมจริงของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนที่วัดเก็บค่าไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าแล้ว พบว่ามีค่าความคาดเคลื่อน 4.19% ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองอาคารนี้ในการหามาตรการในการลดการใช้พลังงานรวมเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้

4.2.10 แบบจำลองอาคาร Building Energy Code

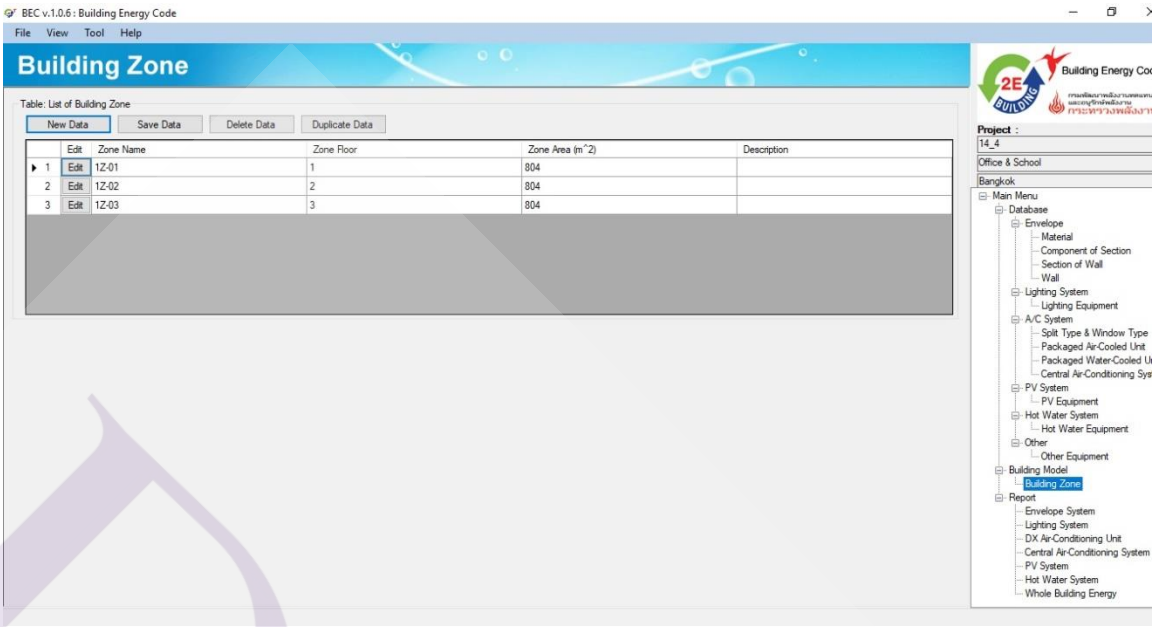
ภาพที่ 4.26 ถึง ภาพที่ 4.28 แสดงการใช้ซอฟต์แวร์ BEC ใส่ข้อมูลพื้นที่ ค่ากรอบอาคารและภาระโหลดทางไฟฟ้า แล้วสอบเทียบกับแบบจำลองซอร์ฟแวร์ EnergyPlus ได้แบบจำลองที่ค่าความคาดเคลื่อน 0.82 %



ภาพที่ 4.26 ภาพแสดงการสร้างกรอบอาคารแบบจำลองในซอร์ฟแวร์ BEC



ภาพที่ 4.27 ภาพแสดงภาระโหลดแสงสว่างของแบบจำลอง



ภาพที่ 4.28 ภาพแสดงพื้นที่ ชั้นและโซนของแบบจำลอง

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

จากค่าพลังงานรวมต่อปีที่ได้จากแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนคือ 202,173 kWh/year นำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จากค่าพลังงานรวมต่อปีหารด้วยพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

ค่าพลังงานรวมต่อปีของอาคาร 202,173 kWh/year

พื้นที่ใช้สอยอาคาร 2,413 m^2

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 83.78 kWh/m^2-year

ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนเมื่อพิจารณาประเภทอาคารเป็นสถานศึกษายังเกินค่าอาคารมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน(ตารางที่ 2.6) จึงต้องจัดมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.4 มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคาร

4.4.1 มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานการใช้ระบบปรับอากาศ

ลดปริมาณการใช้พลังงานระบบปรับอากาศ บำรุงรักษาหรือเปลี่ยนให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านตามเกณฑ์ฉลากเบอร์ 5 หรือค่า EER มากกว่าหรือเท่ากับ 11.0 (ตารางที่ 4.3)

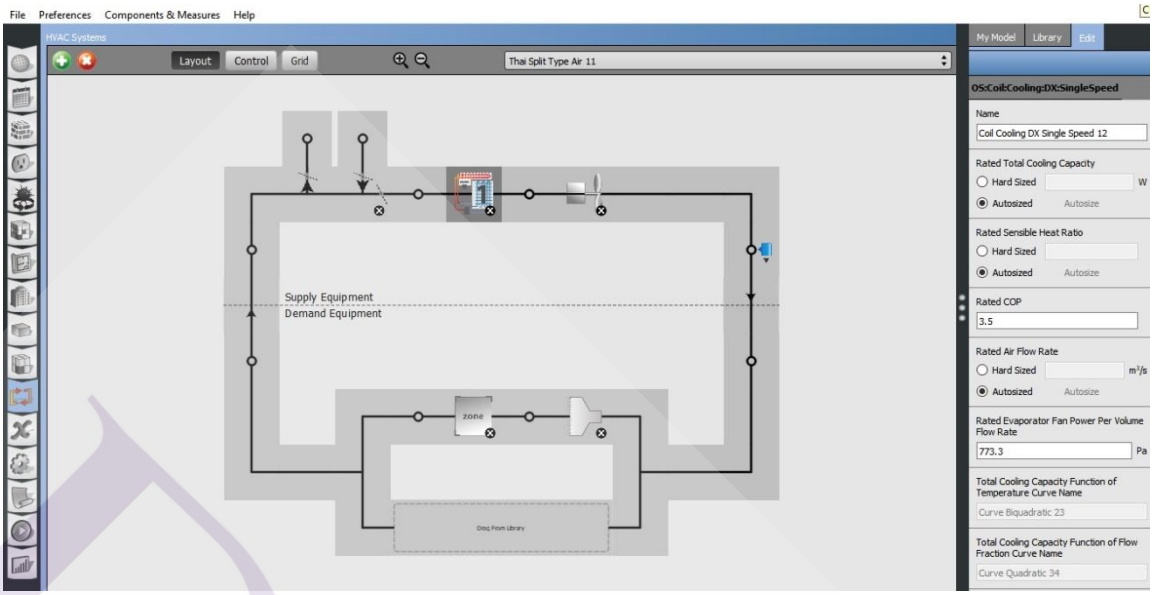
ตารางที่ 4.3 เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ

ระดับประสิทธิภาพ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
เบอร์ 5	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.0
เบอร์ 4	มากกว่าหรือเท่ากับ 10.6 – น้อยกว่า 11.0
เบอร์ 3	มากกว่าหรือเท่ากับ 9.6 – น้อยกว่า 10.6

ที่มา: www.chiangmaiaircare.com

สำหรับอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนการเลือกเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศโดยอ้างอิงข้อกำหนดอายุเครื่องปรับอากาศตามกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) กำหนดเกณฑ์อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ 8 ปี สำหรับการใช้งานในประเทศไทยเพื่อการอุรักษ์พลังงาน(อธิยุต จงใจ: 2556, 36)

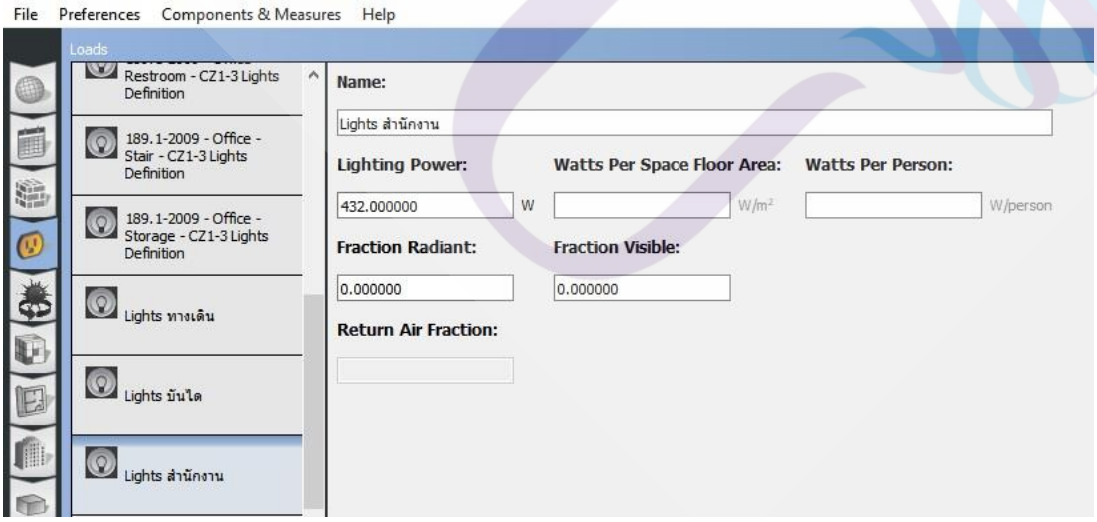
ดังนั้นจากข้อมูลภาคผนวก จ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนโดยฝ่ายอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ มีเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเกิน 8 ปีดังนี้ เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 Btu. จำนวน 1 เครื่อง เครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu. จำนวน 1 เครื่อง เครื่องปรับอากาศขนาด 30,000 Btu. จำนวน 7 เครื่อง เครื่องปรับอากาศขนาด 40,000 Btu. จำนวน 20 เครื่อง เครื่องปรับอากาศขนาด 48,000 Btu. จำนวน 6 เครื่องและเครื่องปรับอากาศขนาด 60,000 Btu. จำนวน 11 เครื่อง โดยภาพที่ 4.29 แสดงข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุงตามเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 บนซอฟต์แวร์EnergyPlus



ภาพที่ 4.29 ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเป็นเบอร์5 (EER $\geq$ 11)

4.4.2 มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานระบบแสงสว่าง

ลดปริมาณการใช้พลังงานระบบแสงสว่างโดย เปลี่ยนชนิดหลอดไฟทั้งหมดในอาคารเป็นหลอด LED โดยภาพที่ 4.30 แสดงตัวอย่างรายละเอียดหลอดไฟ LED ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนบนซอฟต์แวร์EnergyPlus



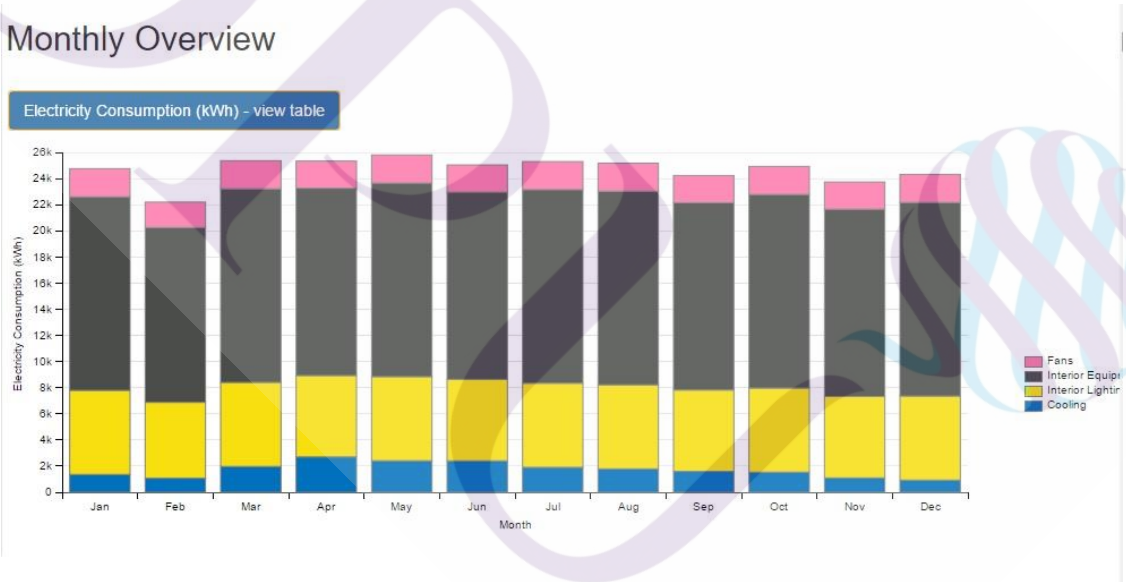
ภาพที่ 4.30 โหลดแสงสว่างห้องเรียนหลอดไฟเป็นชนิด LED

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบหลอดไฟเปลี่ยนแปลงสำหรับมาตรการก่อนและหลังปรับปรุงระหว่างหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 กับ หลอดไฟ LED

ตารางที่ 4.4 รายการหลอดไฟที่เปลี่ยนแปลงสำหรับมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED

หลอดเดิม T5	หลอดใหม่ LED
T5 1x18W	LED 1x9W
T5 2x28W	LED 2x18W

หลังจากดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานตามมาตรการข้างต้นในแบบจำลองอาคารแล้ว ใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPlus คำนวณหาค่าพลังงานรวมหลังการปรับปรุง(ภาพที่ 4.31)



ภาพที่ 4.31 พลังงานรวมที่ใช้รายเดือนหลังจากดำเนินการปรับปรุงพลังงาน

ตารางที่ 4.5 ค่าพลังงานรวมก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

เดือน	ค่าจากการคำนวณก่อนปรับปรุง(kWh)	ค่าจากการคำนวณหลังปรับปรุง (kWh)
มกราคม	15,624	12,622
กุมภาพันธ์	14,285	11,517
มีนาคม	17,417	14,171
เมษายน	17,642	14,571
พฤษภาคม	18,547	15,211
มิถุนายน	18,537	15,217
กรกฎาคม	17,368	14,196
สิงหาคม	17,895	14,558
กันยายน	16,706	13,587
ตุลาคม	17,904	14,563
พฤศจิกายน	15,721	12,652
ธันวาคม	14,521	11,606
รวม	202,173	164,471

หลังจากดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานตามมาตรการข้างต้นในแบบจำลองอาคารแล้ว ใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPlus คำนวณหาค่าพลังงานรวมต่อปีหลังการปรับปรุงได้ค่าคือ 164,471 kWh/year (ตารางที่ 4.5) นำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จากค่าพลังงานรวมต่อปีหารด้วยพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

ค่าพลังงานรวมต่อของอาคาร 164,471 kWh/year

พื้นที่ใช้สอยอาคาร 2,413 m^2

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 68.16 kWh/m^2-year

ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนเมื่อพิจารณาประเภทอาคารเป็นสถานศึกษายังเกินค่าอาคารมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน(ตารางที่ 2.6) จึงต้องจัดมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารเพิ่มเติม

4.4.3 ระบบกรอบอาคาร

ใช้ซอฟต์แวร์ BEC คำนวณค่าพลังงานของระบบกรอบอาคาร ก่อนการปรับปรุง ผนังทึบแสงมีวัสดุเป็น อิฐมอญฉาบปูนสองหน้า หนา 10 เซนติเมตร ผนังโปร่งแสงมีวัสดุเป็น กระจกโฟลตใส หนา 6 มิลลิเมตร มีค่า OTTV = 66.1 W/m^2 หลังคาประกอบด้วยชั้นวัสดุดังนี้ ปูนซีเมนต์ 5 เซนติเมตร พื้นคอนกรีต 10 เซนติเมตร ช่องอากาศ 10 เซนติเมตร และ แผ่นยิบซัม หนา 9 มิลลิเมตร มีค่า RTTV = 50.3 W/m2 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ BEC ดังภาพที่ 4.32 แสดงค่า OTTV และ RTTV ซึ่งคำนวณบนซอฟต์แวร์ BEC

ภาพที่ 4.32 ค่า OTTV และ RTTV ของระบบกรอบอาคารก่อนปรับปรุง

มาตรการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร

1. ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 75 มิลลิเมตร พร้อมแผ่นยิปซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร ที่ผนังทึบของอาคาร หลังปรับปรุงคำนวณได้ค่า OTTV = 22.3 W/m^2 ซึ่งผ่านเกณฑ์ BEC (ภาพที่ 4.33)

2. ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 75 มิลลิเมตรเพิ่มเติมบนแผ่นยิบซัมที่หลังคา หลังปรับปรุงคำนวณได้ค่า RTTV = 10.9 W/m^2 ซึ่งผ่านเกณฑ์ BEC (ภาพที่ 4.34)

ภาพที่ 4.33 ค่า OTTV และ RTTV ของระบบกรอบอาคารหลังปรับปรุง

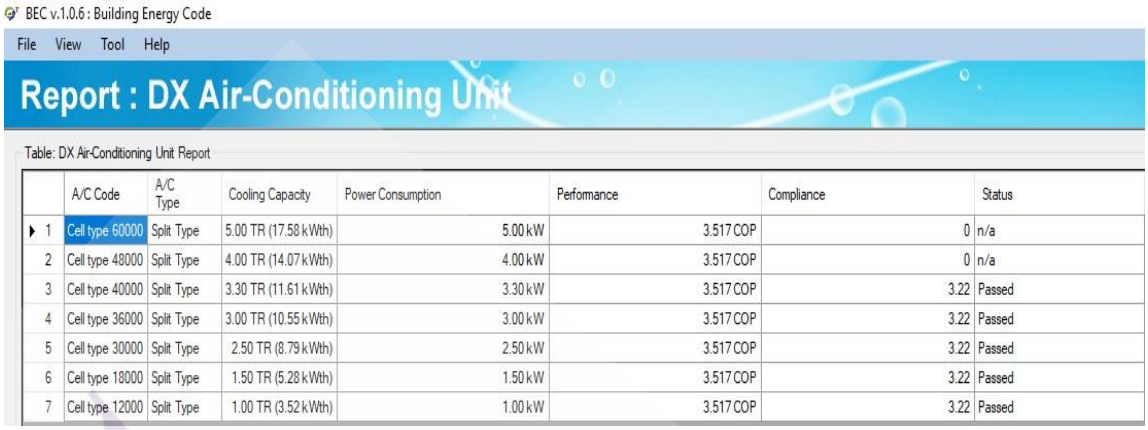
4.4.4 ระบบแสงสว่าง

จากมาตรการปรับปรุงพลังงานการใช้แสงสว่าง ทำให้ปรับปรุงค่า LPD (Lighting Power Densiity) เป็น 4.8 W/m^2 ซึ่งผ่านเกณฑ์ BEC (ภาพที่ 4.34)

ภาพที่ 4.34 ค่า LPD ของระบบแสงสว่างหลังปรับปรุง

4.4.5 ระบบปรับอากาศ

จากมาตรการปรับปรุงพลังงานการใช้เครื่องปรับอากาศ ทำให้ผ่านเกณฑ์ BEC (ภาพที่ 4.35)


BEC v.1.0.6 : Building Energy Code

File View Tool Help

Report : DX Air-Conditioning Unit

Table: DX Air-Conditioning Unit Report

	A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
1	Cell type 60000	Split Type	5.00 TR (17.58 kWth)	5.00 kW	3.517 COP	0	n/a
2	Cell type 48000	Split Type	4.00 TR (14.07 kWth)	4.00 kW	3.517 COP	0	n/a
3	Cell type 40000	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	3.30 kW	3.517 COP	3.22	Passed
4	Cell type 36000	Split Type	3.00 TR (10.55 kWth)	3.00 kW	3.517 COP	3.22	Passed
5	Cell type 30000	Split Type	2.50 TR (8.79 kWth)	2.50 kW	3.517 COP	3.22	Passed
6	Cell type 18000	Split Type	1.50 TR (5.28 kWth)	1.50 kW	3.517 COP	3.22	Passed
7	Cell type 12000	Split Type	1.00 TR (3.52 kWth)	1.00 kW	3.517 COP	3.22	Passed

ภาพที่ 4.35 ระบบปรับอากาศหลังปรับปรุง

ตารางที่ 4.6 ค่าพลังงานรวมก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเพิ่มเติม

เดือน	ค่าจากการคำนวณก่อนปรับปรุง(kWh)	ค่าจากการคำนวณหลังปรับปรุงเพิ่มเติม(kWh)
มกราคม	15,624	7,122
กุมภาพันธ์	14,285	6,017
มีนาคม	17,417	8,671
เมษายน	17,642	9,071
พฤษภาคม	18,547	9,711
มิถุนายน	18,537	9,717
กรกฎาคม	17,368	8,696
สิงหาคม	17,895	9,058
กันยายน	16,706	8,087
ตุลาคม	17,904	9,063
พฤศจิกายน	15,721	7,152
ธันวาคม	14,521	6,106
รวม	202,173	98,471

หลังปรับปรุงตามมาตรการเพิ่มเติมสามารถลดค่าพลังงานรวมเหลือ 98,471 kWh/year (ตารางที่ 4.6) คำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จากค่าพลังงานรวมต่อปีหารด้วยพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

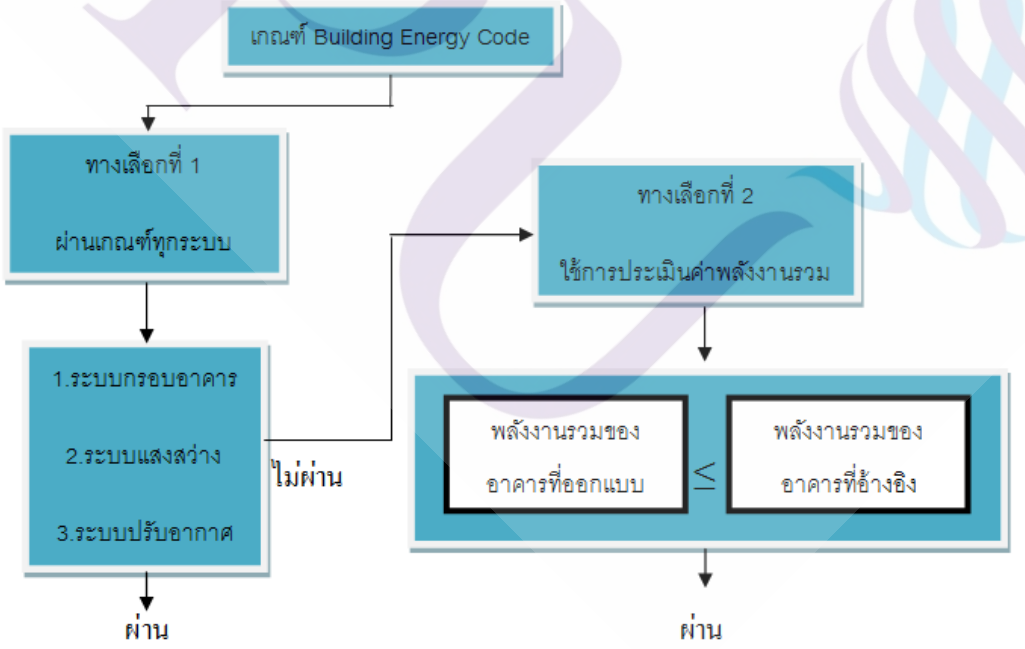
ค่าพลังงานรวมอาคาร 98,471 kWh/year

พื้นที่ใช้สอยอาคาร 2,413 m^2

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า 40.8 kWh/m^2-year

ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงเพิ่มเติมของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนเมื่อพิจารณาประเภทอาคารเป็นสถานศึกษาอยู่ในเกณฑ์ค่าของอาคารมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน (ตารางที่ 2.6)

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ Building Energy Code ในภาพที่ 4.36 ทางเลือกที่ 1 จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าที่ต้องผ่านเกณฑ์ของระบบกรอบอาคาร ระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศทุกระบบ ทางเลือกที่ 2 ใช้การประเมินค่าพลังงานรวมโดยพลังงานรวมของอาคารที่ออกแบบต้องใช้น้อยกว่าหรือเท่ากับพลังงานรวมของอาคารอ้างอิง สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้เกณฑ์ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าประเภทอาคารสถานศึกษาของกระทรวงพลังงานเป็นเกณฑ์ในการประเมินซึ่งแบบจำลองอาคารมหาวิทยาลัยนานาชาติจีนหลังปรับปรุงและปรับปรุงเพิ่มเติมผ่านเกณฑ์ Building Energy Code ทั้ง 2 ทางเลือก



ภาพที่ 4.36 ภาพแสดงเกณฑ์ Building Energy Code

ตารางที่ 4.7 แสดงเกณฑ์ BEC ทางเลือกที่ 1 ของอาคารประเภทสถานศึกษาและสำนักงาน

ประเภทอาคาร	OTTV	RTTV	LPD
-สถานศึกษา -สำนักงาน	$\leq$ 50 W/m^2	$\leq$ 15 W/m^2	$\leq$ 14 W/m^2

ที่มา: ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน,คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

4.5 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

4.5.1 ค่าไฟฟ้าหลังจากการปรับปรุงตามมาตรการได้แบบจำลองอาคารอยู่ในเกณฑ์ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน(ตารางที่ 2.6) สามารถคิดค่าพลังงานด้านเศรษฐศาสตร์ได้โดยคำนวณเป็นจำนวนเงินค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยการคิดค่าไฟฟ้ามาจากค่าเฉลี่ยของค่าไฟฟ้า พ.ศ.2560 (บาท) หารด้วยค่าเฉลี่ยหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/year) ดังตารางที่ 4.8 จะได้เท่ากับ 4.78 บาทต่อหน่วย

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน พ.ศ. 2560

เดือน	หน่วยไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	บาท/หน่วย
มกราคม	14,000	64,684.67	4.62
กุมภาพันธ์	18,000	82,117.82	4.56
มีนาคม	22,000	99,961.68	4.54
เมษายน	16,000	75,203.20	4.70
พฤษภาคม	17,000	79,025.73	4.65
มิถุนายน	15,000	96,978.73	6.47
กรกฎาคม	18,000	84,467.68	4.69
สิงหาคม	20,000	91,032.57	4.55
กันยายน	20,000	95,332.74	4.77
ตุลาคม	19,000	88,312.03	4.65

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เดือน	หน่วยไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	บาท/หน่วย
พฤศจิกายน	20,000	92,504.05	4.63
ธันวาคม	12,000	58,240.75	4.85
รวม	211,000	1,007,861.65	4.78

ดังนั้นค่าไฟฟ้าโดยประมาณของอาคารหลังการปรับปรุงคำนวณได้จาก 98,471 × 4.78 = 470,691.38 บาท ซึ่งค่าไฟฟ้าลดลงประมาณ 53.3% หรือ 537,170 บาทต่อปี 4.5.2 การลงทุนปรับปรุงอาคาร

การปรับปรุงมาตรการลดการใช้พลังงานของอาคารมีการลงทุนดังนี้

1. การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ คิดระยะโครงการ 15 ปี มีค่าเครื่องปรับอากาศ 46 เครื่องจำนวน 2,165,800 บาท ค่าติดตั้งจำนวน 230,000 บาท คิดจากราคาติดตั้งเฉลี่ยเครื่องละ 5,000 บาท ค่าบำรุงรักษาทุกปีจำนวน 92,000 บาท คิดจากเครื่องละ 2,000 บาท ค่าเปลี่ยนคอมเพรสเซอร์จำนวน 60,000 บาท คิดจากเปลี่ยนทุก 5 ปีครั้งละ 20,000 บาท ค่าเปลี่ยนมอเตอร์พัดลมจำนวน 10,000 คิดจากเปลี่ยนทุก 7 ปีครั้งละ 5,000 บาท

2. การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นชนิด LED คิดระยะโครงการ 15 ปี มีค่าหลอดไฟ LED จำนวน 101,380 บาทและค่าซ่อมบำรุงเปลี่ยนหลอดไฟทุกๆ 2 ปี จำนวน 354,380 บาท คิดจาก 50% ของจำนวนหลอดไฟทั้งหมดครั้งละ 50,690 บาท

3. การปรับปรุงผนังกรอบอาคาร พื้นที่ผนังทั้งหมด 1,872.21 ตารางเมตร ใช้ฉนวนใยแก้ว 781 แผ่น จำนวน 273,350 บาท ใช้ยิปซั่มบอร์ด 651 แผ่น จำนวน 97,650 บาท ค่าติดตั้ง 92,750 บาท

4. การปรับปรุงหลังคากรอบอาคาร พื้นที่หลังคาทั้งหมด 536.82 ตารางเมตร ใช้ฉนวนใยแก้ว 224 แผ่น จำนวน 78,400 บาท ค่าติดตั้ง 19,600 บาท

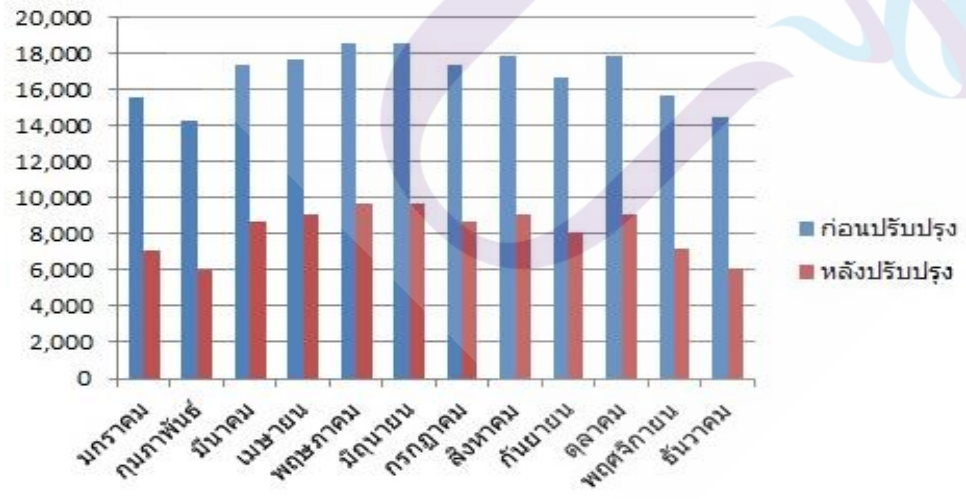
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนรวมทั้งหมด 3,575,310 บาท ดังนั้นการลงทุนปรับปรุงอาคารมีระยะคืนทุนโดยประมาณคือค่าใช้จ่ายในการลงทุนหารด้วยค่าไฟฟ้าที่ลดลงต่อปีได้ระยะคืนทุนประมาณ 6.65 ปี โดยน่าลงทุนจากระยะโครงการทั้งหมด 15 ปี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

การปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานหรือ Building Energy Code (BEC) เป็นการปรับปรุงที่ใช้การลงทุนที่สูง ดังนั้นการใช้แบบจำลองอาคารในการประเมินผลการปรับปรุงผ่านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ EnergyPlus และ BEC จึงมีความสำคัญที่ช่วยในการปรับปรุงอาคารสำเร็จผลตามจุดประสงค์โดยที่ค่าใช้จ่ายไม่บานปลายได้

การสร้างแบบจำลองอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนเมื่อพิจารณาประเภทอาคารเป็นสถานศึกษายังอยู่เกินค่าของอาคารมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน จึงต้องจัดมาตรการปรับปรุงให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่า 83.78 kWh/m2-year หลังใช้มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุงอาคารทั้งหมดมีค่า 40.80 kWh/m2-year ซึ่งอยู่ในเกณฑ์อาคารมาตรฐานของกระทรวงพลังงานและผ่านเกณฑ์ Building Energy Code ภาพที่ 5.1 แสดงพลังงานรวมตลอดปีของอาคารก่อนปรับปรุง(พ.ศ.2560) เท่ากับ 202,173 kWh/year เปรียบเทียบกับพลังงานรวมตลอดปีของอาคารหลังปรับปรุง (จำลอง พ.ศ.2561) เท่ากับ 98,471 kWh/year



ภาพที่ 5.1 แผนภูมิแท่งพลังงานรวมตลอดปีของอาคารก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

5.2 สรุปมาตรการปรับปรุงอาคาร

5.2.1 มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานระบบปรับอากาศ

ลดปริมาณการใช้พลังงานระบบปรับอากาศ เปลี่ยนให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านตามเกณฑ์ฉลากเบอร์ 5 หรือค่า EER $\geq$ 11

5.2.2 มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานระบบแสงสว่าง

ลดปริมาณการใช้พลังงานระบบไฟฟ้า เปลี่ยนชนิดหลอดไฟทั้งหมดในอาคารเป็นหลอด LED

5.2.3 มาตรการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร

5.2.3.1 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 75 มิลลิเมตร พร้อมแผ่นยิบซัม หนา 9 มิลลิเมตร ที่ผนังทึบของอาคา

5.2.3.2 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 75 มิลลิเมตรเพิ่มเติมบนแผ่นยิบซัมที่หลังคา

5.3 สรุปผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

การจำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน สามารถลดค่าไฟฟ้าโดยประมาณ 537,170 บาทต่อปี โดยลงทุน 3,575,310 บาท ระยะคืนทุนโดยประมาณ 6.65 ปี โดยน่าลงทุนจากระยะโครงการทั้งหมด 15 ปี

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

การสร้างแบบจำลองโดยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์มีข้อจำกัดที่ต้องพึงระวังคือลักษณะของอาคารที่จำลองขึ้นโดยซอฟต์แวร์ EnergyPlus และ BEC มีลักษณะเป็นรูปทรงทางเรขาคณิต เช่นทรงสี่เหลี่ยมหรือทรงกลม เป็นต้น ดังนั้นหากอาคารเป็นช่องโล่งหรือช่องเปิดต้องแก้ไขโดยการตั้งค่าพื้นที่และลักษณะกรอบอาคารให้เสมือนช่องโล่งหรือช่องเปิด และการตั้งค่าระยะเวลาการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในซอฟต์แวร์ BEC ไม่สามารถกำหนดได้ ต้องคำนวณค่าพลังงานโดยคิดเป็นการใช้งานตลอดเวลา

5.4.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

การเลือกใช้มาตรการการลดพลังงานรวมจากหลักการ Cost Optimal โดยการเสนอมาตรการอื่นๆที่เหมาะสมแล้วเลือกมาตรการที่คุ้มต้นทุนและได้ประสิทธิภาพด้านพลังงานตามเป้าหมายมากที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กระทรวงพลังงาน (2552). *กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552*.ราชกิจจานุเบกษา : เล่ม 126 ตอนที่ 12ก หน้า 9-15.

กระทรวงพลังงาน (2552). *หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร*. ราชกิจจานุเบกษา : เล่ม 126 ตอนพิเศษ 122ง.

ปรัชญา ปัตถาวงศ์ และ วิทยา ยงเจริญ (2557). *การศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัดพลังงาน*. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่11 ฉบับที่1 (มกราคม-มิถุนายน) : สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสพิศ ชัยชนะ (2559). *แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพื่อประหยัดพลังงาน*. วารสารวิชาการ ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน 2559 : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กาญจน์กรอง สุอังคะ (2557). *การประเมินด้านการประหยัดพลังงานของการออกแบบและการใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย*. รายงานการวิจัย สำนักวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วงศิยา อนุศักดากุล (2559). *แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรรษา อุไรรัตน์ (2558). *การอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงานใหญ่การท่าเรือแห่งประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2558). *คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน*. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,กระทรวงพลังงาน.

โครงการส่งเสริมและกำกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง (2553). *คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง*. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน : กระทรวงพลังงาน.

อธิยุต จงใจ (2556). *การศึกษาทางเลือกเพื่อใช้เครื่องปรับอากาศของใหม่และของเดิม โดยวิธีคำนวณต้นทุนวงจรชีวิต (Life Cycle Cost,LCC) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*.สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. (2561). *แผนที่อาคาร14 วิทยาลัยนานาชาติจีน*. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561.จาก http://www.dpu.ac.th/campustour/building.html

หจก.เชียงใหม่แอร์แคร์เอ็นจิเนียริ่ง. (2562). เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ. สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2562.จาก http://www.chiangmaiaircare.com

บริษัท รวี ไลท์ติ้ง กรุ๊ป จำกัด. (2562). สินค้าหลอดไฟ LED. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2562. จาก www.rawee-lighting.com

บริษัท ไพรซ์ซ่า จำกัด. (2561). ราคาเครื่องปรับอากาศ. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2562, จาก www.priceza.com

บริษัท เอสซีจีซิเมนต์ – ผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง จำกัด.(2559). *ผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อนและ แผ่นยิปซั่ม*. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2562,จาก www.scgbuildingmaterials.com

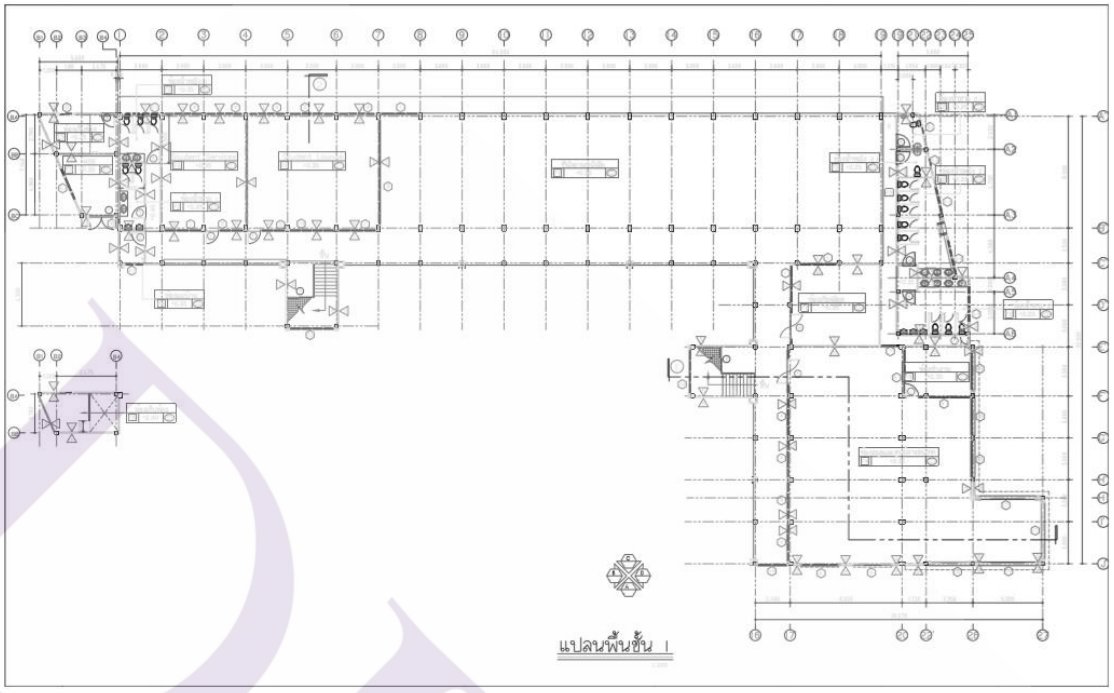
บริษัท เพาเวอร์คูลเซ็นเตอร์ จำกัด. (2562). *ราคาค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ*. สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2562.จาก www.topcoolair.com

ภาคผนวก

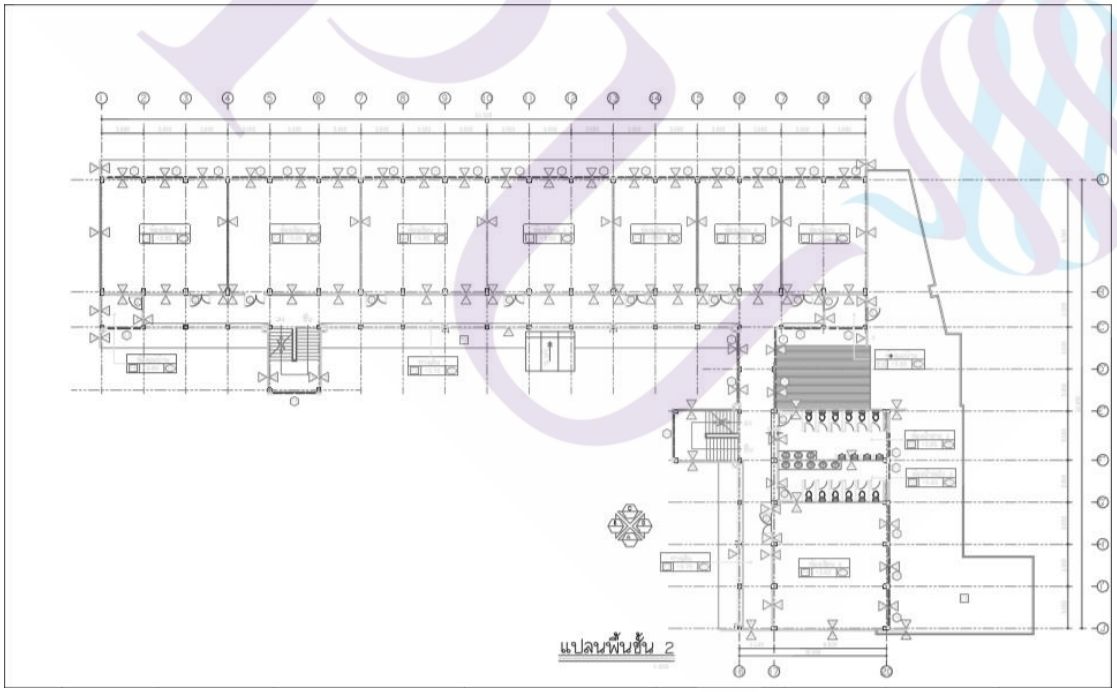
ภาคผนวก ก

รูปแบบอาคาร ชนิด ขนาด ของระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

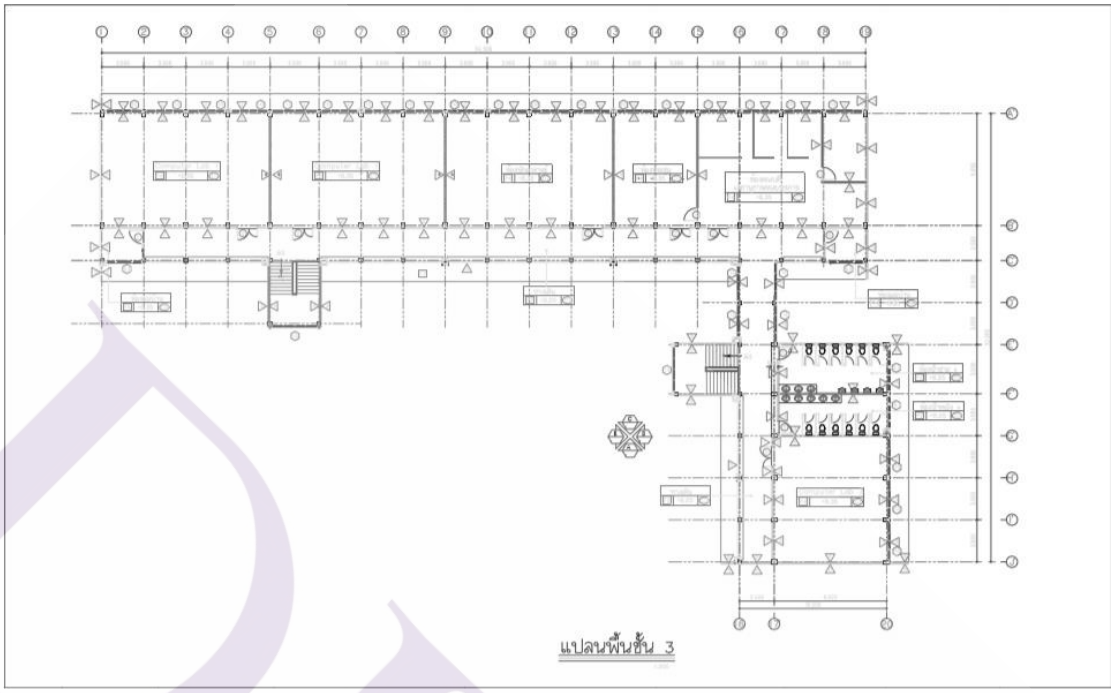
ภาพที่ ก.1 แบบแปลนพื้นที่ชั้น 1 ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



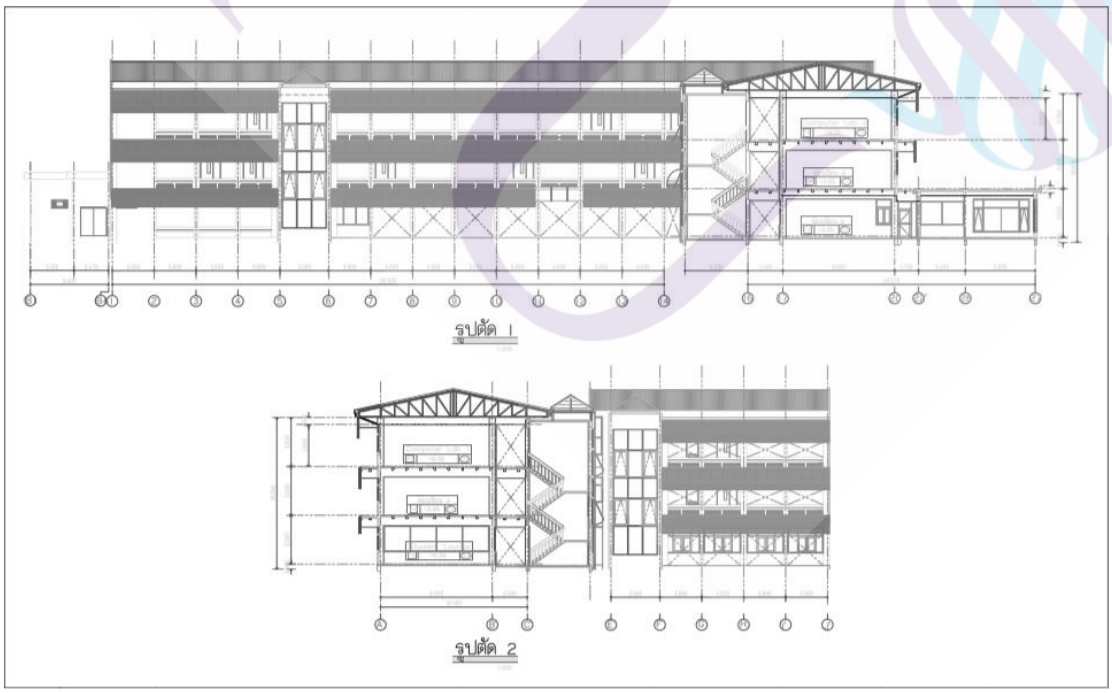
ภาพที่ ก.2 แบบแปลนพื้นที่ชั้น 2 ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



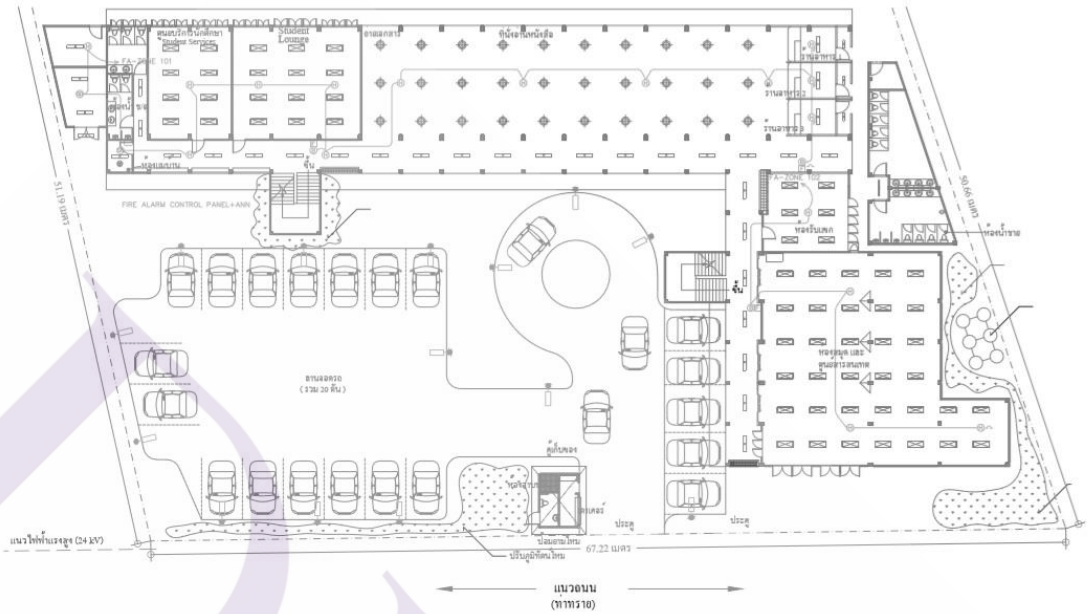
ภาพที่ ก.3 แบบแปลนพื้นที่ชั้น 3 ของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



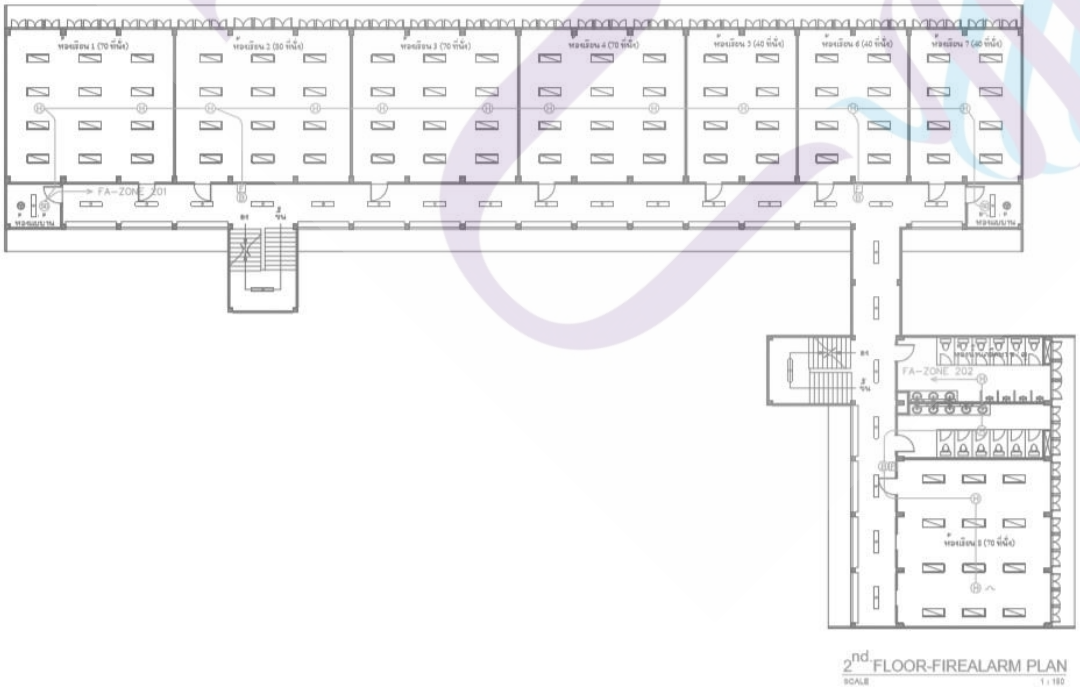
ภาพที่ ก.4 แบบภาพตัดด้านข้างของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน



ภาพที่ ก.5 ตำแหน่งและชนิดดวงโคมของระบบแสงสว่างชั้น 1



ภาพที่ ก.6 ตำแหน่งและชนิดดวงโคมของระบบแสงสว่างชั้น 2



ภาพที่ ก.7 ตำแหน่งและชนิดดวงโคมของระบบแสงสว่างชั้น 3

ภาพที่ ก.8 รายละเอียดของดวงโคมระบบแสงสว่าง

สัญลักษณ์ดวงโคมไฟฟ้า	
$\square_{L1}$	DOWN LIGHT 1x18 W.
▭	2 x 36 W. SURFACE MOUNTED FLUORESCENT , PRISMATIC ACRYLIC DIFFUSER
⊠	2 x 36 W.FLUORESCENT RECESSED
▨	2 x 36 W.SURFACE MOUNTER FLUORESCENYT,PRISMATIC ACRYLIC DIFFUSER

ภาพที่ ก.9 ตำแหน่งและขนาดของระบบปรับอากาศ ชั้น 1

ลำดับ	อาคาร	ชั้น	ห้อง	Code	Brand	Model	Serial	Btu/H
1	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องเรียน 1	M1-01	York	YCLN48-TC	1001SC00988	48,000
2	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องเรียน 2	M1-02	York	YCLT40	0910SC18903	40,000
3	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องเรียน 2	M1-03	York	YCLT40	0910SC18902	40,000
4	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องเรียน 2	M1-04	York	YCLT40	1001SC01006	40,000
5	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องรับแขก	M1-05	York	YCLN48-TC	1001sc00983	48,000
6	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องสมุด	M1-06	York	YCLN60-TC	1001SC00996	60,000
7	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องสมุด	M1-07	York	YCLN60-TC	1001SC00997	60,000
8	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องสมุด	M1-08	York	YCLN60-TC	1001SC00989	60,000
9	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องสมุด	M1-09	York	YCLN60-TC	1001SC00990	60,000
10	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องสมุด	M1-10	York	YCLT30-BSC	1001SC00981	30,000
11	อาคาร14 DPUCC	1	ห้องพักอาจารย์	M1-11	York	YCRT12	1001SC01924	12,000
12	อาคาร14 DPUCC	1	บ้านพักอาจารย์	M1-12	York	YCLT16-B	0918SC21751	16,000
13	อาคาร14 DPUCC	1	บ้านพักอาจารย์	M1-13	York	MGDA09FS	0908BC1225	9,000
14	อาคาร14 DPUCC	1	บ้านพักอาจารย์	M1-14	York	YTRC-30	1006BF01701	30,000
15	อาคาร14 DPUCC	1		M1-15	Carrier			
16	อาคาร14 DPUCC	1		M1-16	Carrier			

ภาพที่ ก.10 ตำแหน่งและขนาดของระบบปรับอากาศ ชั้น 2

ลำดับ	อาคาร	ชั้น	ห้อง	Code	Brand	Model	Serial	Btu/H
17	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 1	M2-01	York	YCLT40	1001SC01009	40,000
18	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 1	M2-02	York	YCLT40	1001SC01015	40,000
19	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 1	M2-03	York	YCLT40	1001SC01010	40,000
20	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 2	M2-04	York	YCLT40	0910SC18901	40,000
21	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 2	M2-05	York	YCLT40	1001SC01016	40,000
22	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 2	M2-06	York	YCLT40	1001SC01002	40,000
23	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 3	M2-07	York	YCLT40	1001SC01004	40,000
24	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 3	M2-08	York	YCLT40	1001SC01011	40,000
25	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 3	M2-09	York	YCLT40	1001SC01013	40,000
26	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 4	M2-10	York	YCLT40	1001SC01005	40,000
27	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 4	M2-11	York	YCLT40	1001SC10012	40,000
28	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 4	M2-12	York	YCLT40	1001SC011000	40,000
29	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 5	M2-13	York	YCLT36-3	0912SC21859	36,000
30	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 5	M2-14	York	YCLT36-3	0912SC21855	36,000
31	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 6	M2-15	York	YCLT36-3	0918SC2854	36,000
32	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 6	M2-16	York	YCLT36-3	0912SC1856	36,000
33	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 7	M2-17	York	YCLT36-3	0909SC16855	36,000
34	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 7	M2-18	York	YCLT36-3	0909SC16850	36,000
35	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 8	M2-19	York	YCLT40	1001SC01033	40,000
36	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 8	M2-20	York	YCLT40	1001SC01014	40,000
37	อาคาร14 DPUCC	2	ห้องเรียน 8	M2-21	York	YCLT40	1001SC01001	40,000

ภาพที่ ก.11 ตำแหน่งและขนาดของระบบปรับอากาศ ชั้น 3

ลำดับ	อาคาร	ชั้น	ห้อง	Code	Brand	Model	Serial	Btu/H
38	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 1	M3-01	York	YCLN60-TC	1001SC00995	60,000
39	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 1	M3-02	York	YCLN60-TC	1001SC00991	60,000
40	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 1	M3-03	York	YCLN60-TC	1001SC00994	60,000
41	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 2	M3-04	York	YCLN60-TC	1001SC00992	60,000
42	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 2	M3-05	York	YCLN60-TC	1001SC00993	60,000
43	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 2	M3-06	York	YCLN60-TC	1001SC00991	60,000
44	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องพักอาจารย์	M3-07	York	YCLN48-TC	1001Sc00985	48,000
45	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องพักอาจารย์	M3-08	York	YCLN48-TC	1001SC00984	48,000
46	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องพักอาจารย์	M3-09	Carrier	38RGE018	44LJ5038535	18,000
47	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องประชุม	M3-10	York	YCLN60-TC	1001Sc00998	60,000
48	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องคณบดี	M3-11	York	YCLN48-TC	1001SC00986	48,000
49	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องคณบดี	M3-12	York	YCLN48-TC	1001SC00987	48,000
50	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องคณบดี	M3-13	York	YCLT12	0912SC21797	12,000
51	อาคาร14 DPUCC	3	ห้องคณบดี	M3-14	York	YCLT18	0912SC1813	18,000
52	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 3	M3-15	York	YCLT40	0910SC18900	40,000
53	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 3	M3-16	Carrier	38FAE013R		13,554
54	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 3	M3-17	York	YCLT40	1001SC01007	40,000
55	อาคาร14 DPUCC	3	Com Lab 3	M3-19	Carrier	38FAE013R		13,554

ภาพที่ ก.12 ภาพถ่ายด้านหน้าอาคารมหาวิทยาลัยนานาชาติจีน

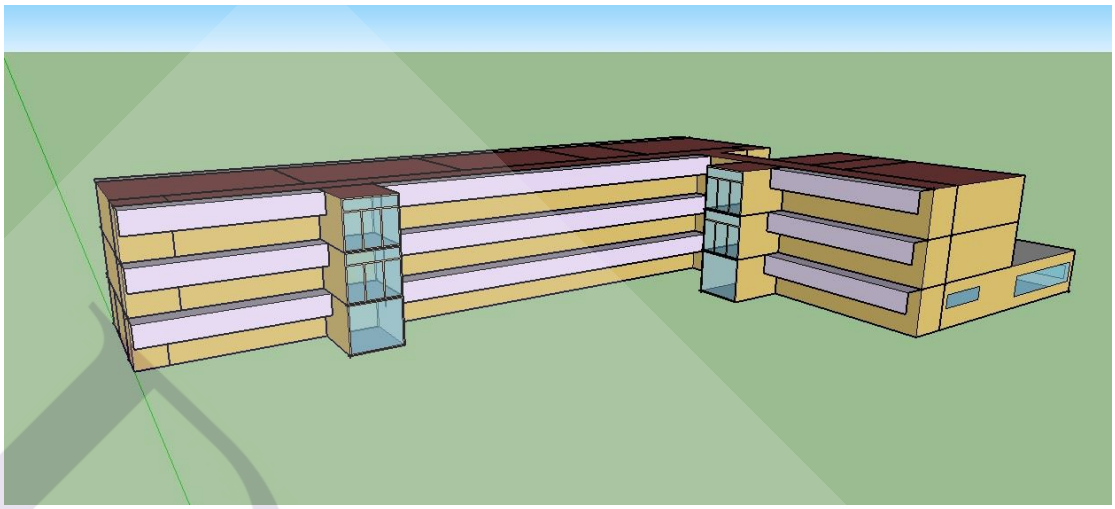
ภาพที่ ก.13 ภาพถ่ายห้องเรียนอาคารมหาวิทยาลัยนานาชาติจีน

ภาพที่ ก.14 ภาพถ่ายทางเดินอาคารมหาวิทยาลัยนานาชาติจีน

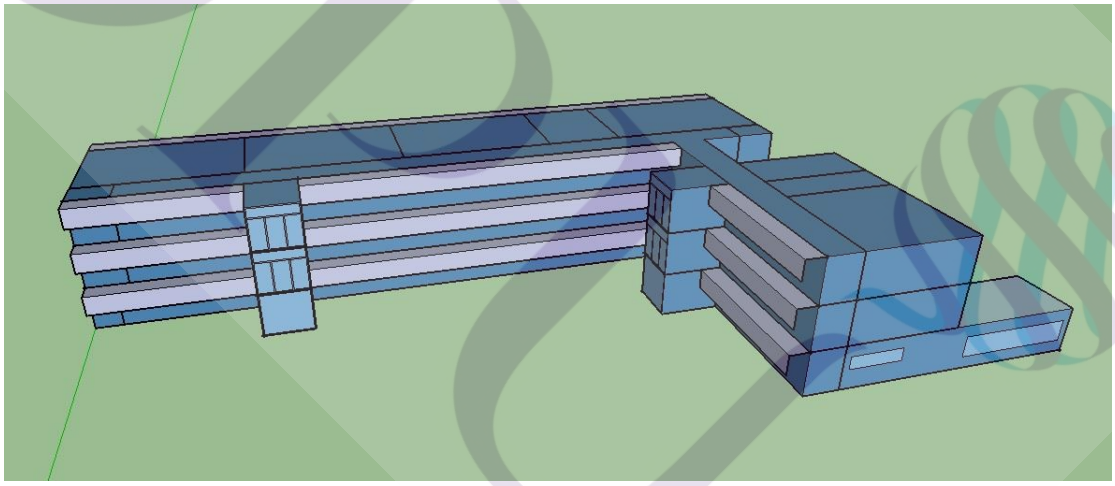
ภาคผนวก ข

ข้อมูลการสร้างแบบจำลองของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน โดยใช้ซอฟต์แวร์ Sketchup และ Openstudio

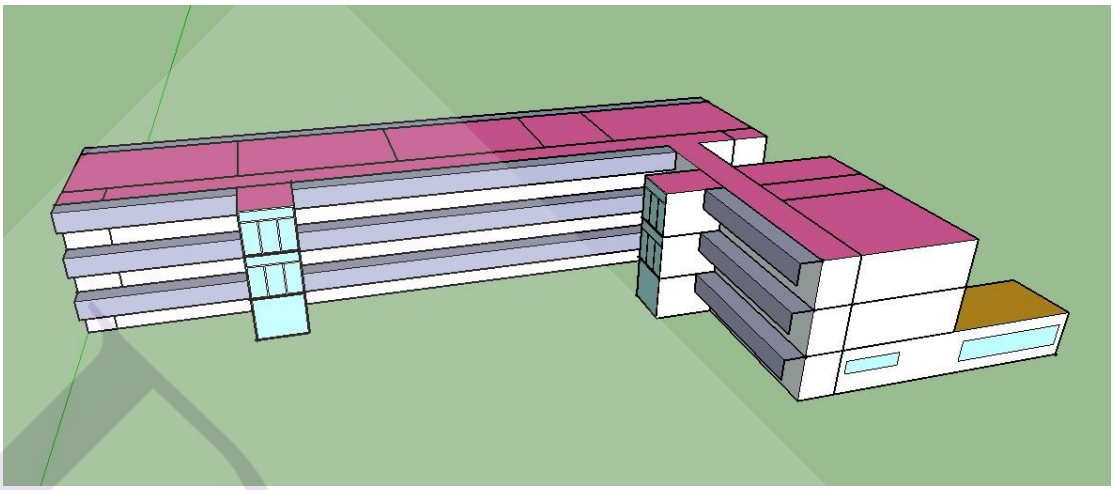
ภาพที่ ข.1 แบบอาคาร Render by surface type



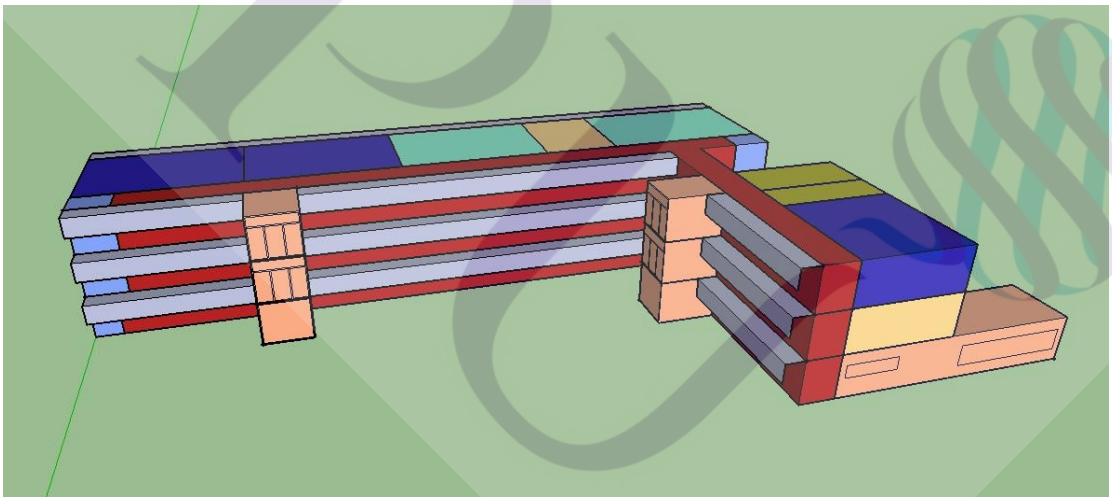
ภาพที่ ข.2 แบบอาคาร Render by Boundary conditions



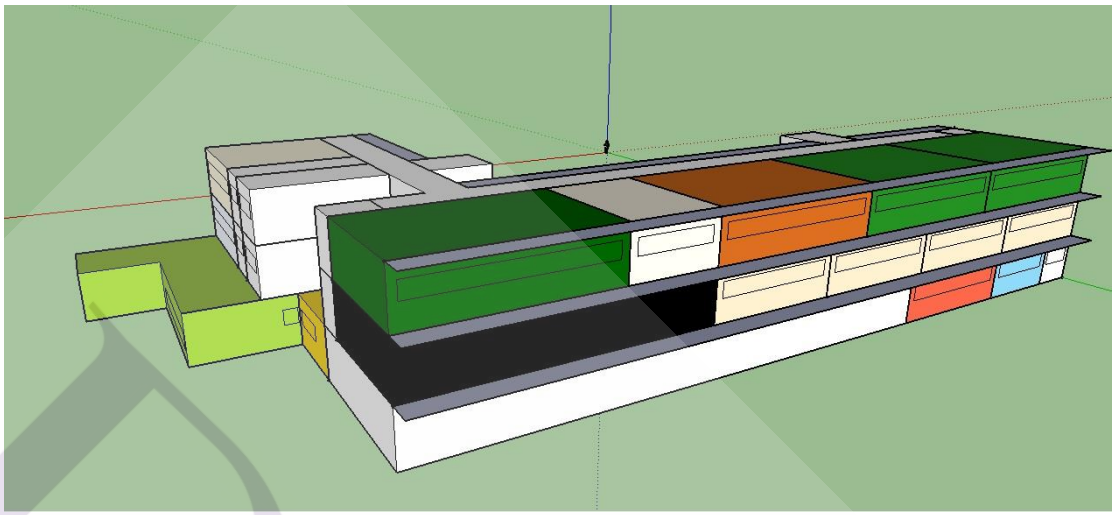
ภาพที่ ข.3 แบบอาคาร Render by Contructions



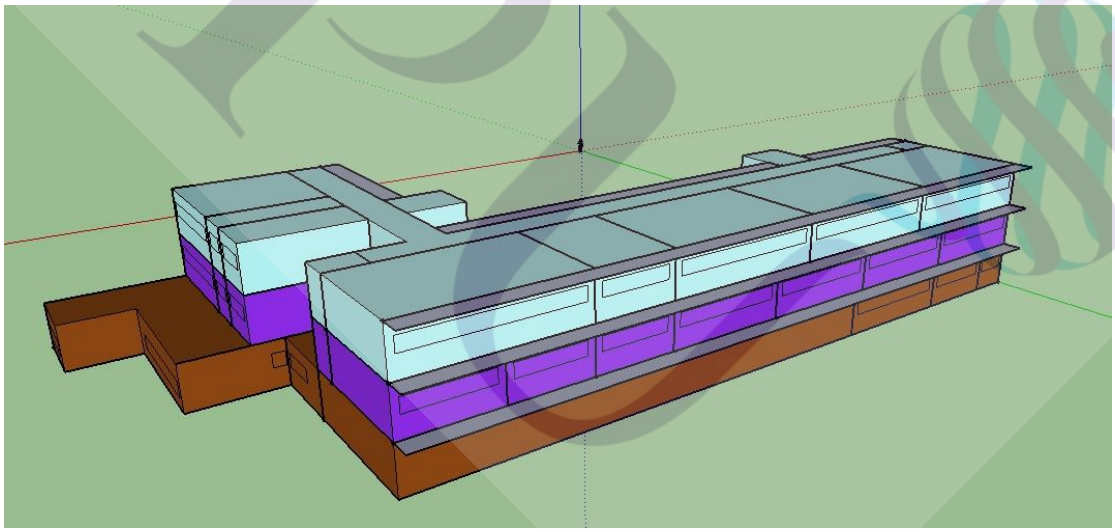
ภาพที่ ข.4 แบบอาคาร Render by Space type



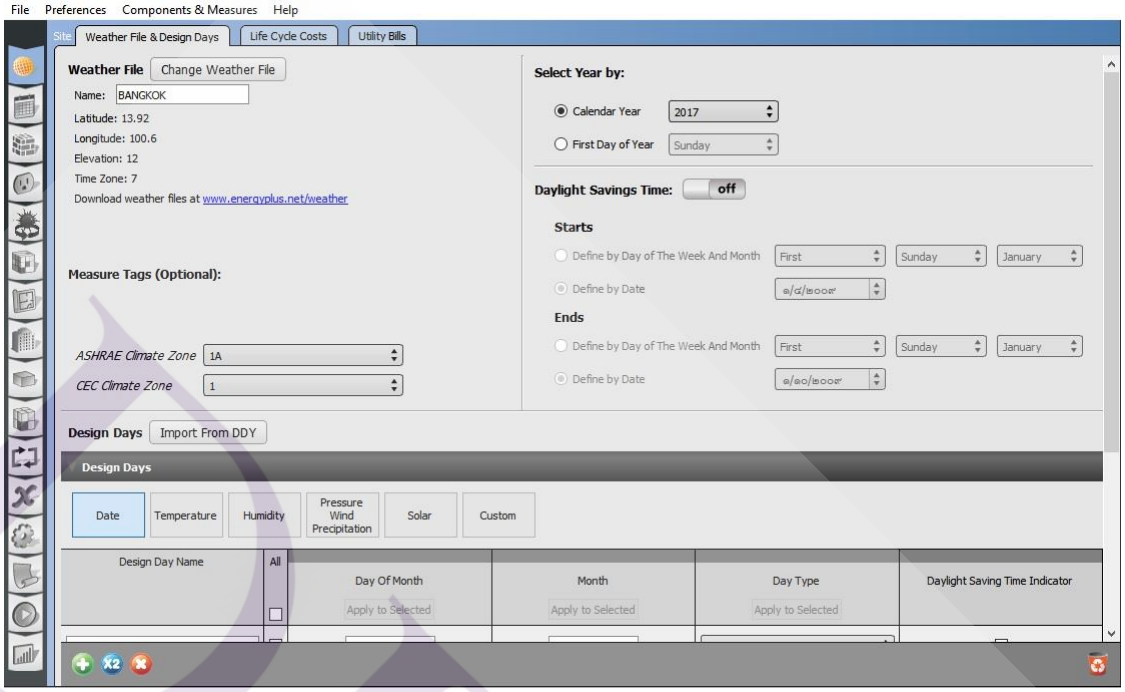
ภาพที่ ข.5 แบบอาคาร Render by Thermal Zone



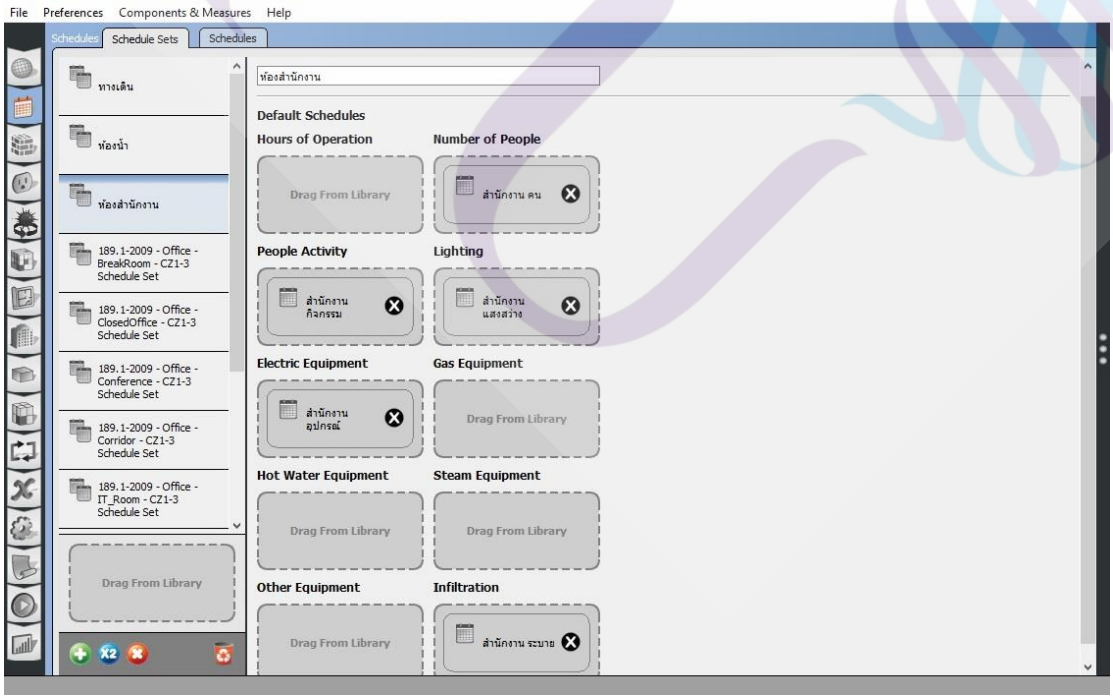
ภาพที่ ข.6 แบบอาคาร Render by Building Story



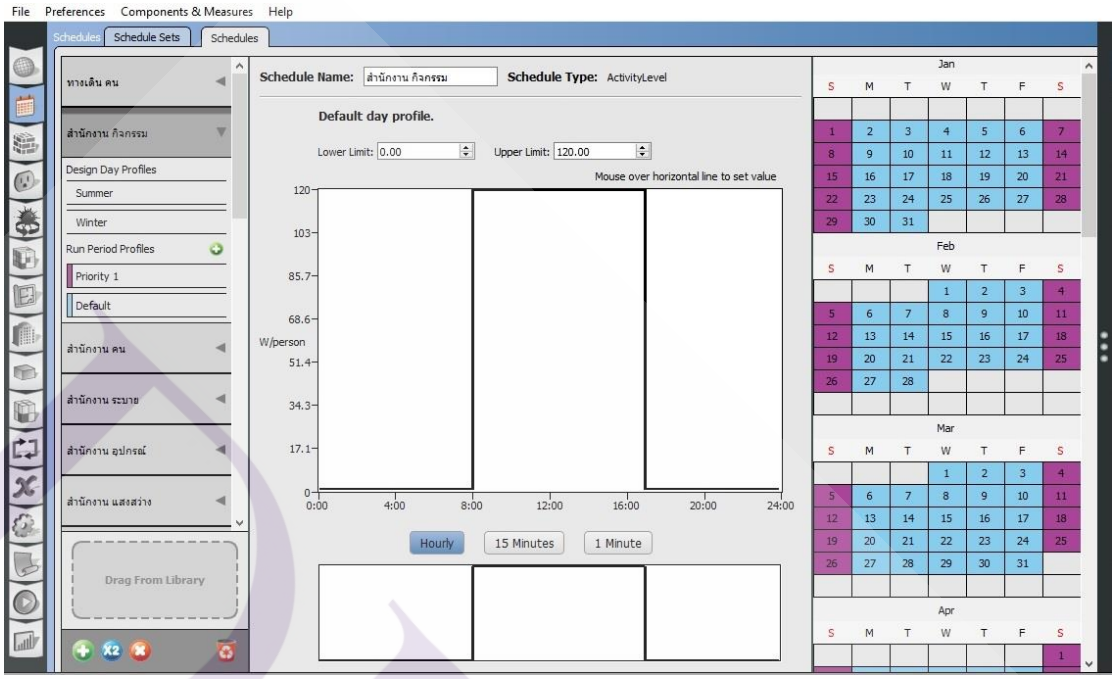
ภาพที่ ข.7 รายละเอียดหน้า Site



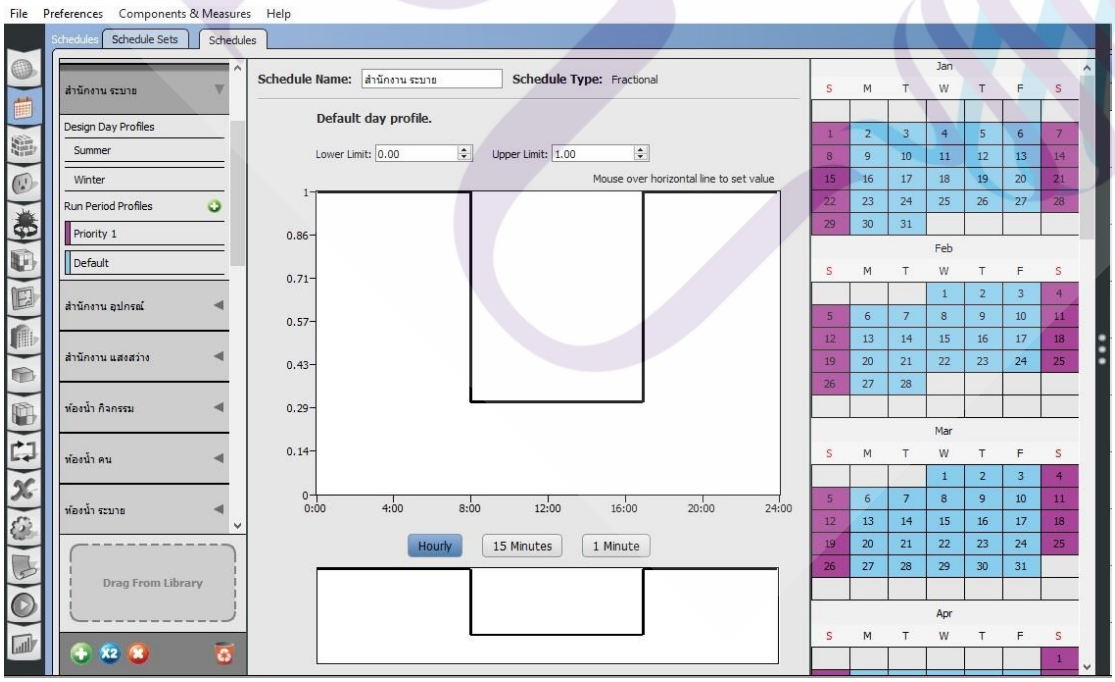
ภาพที่ ข.8 รายละเอียดหน้า Schedules Sets



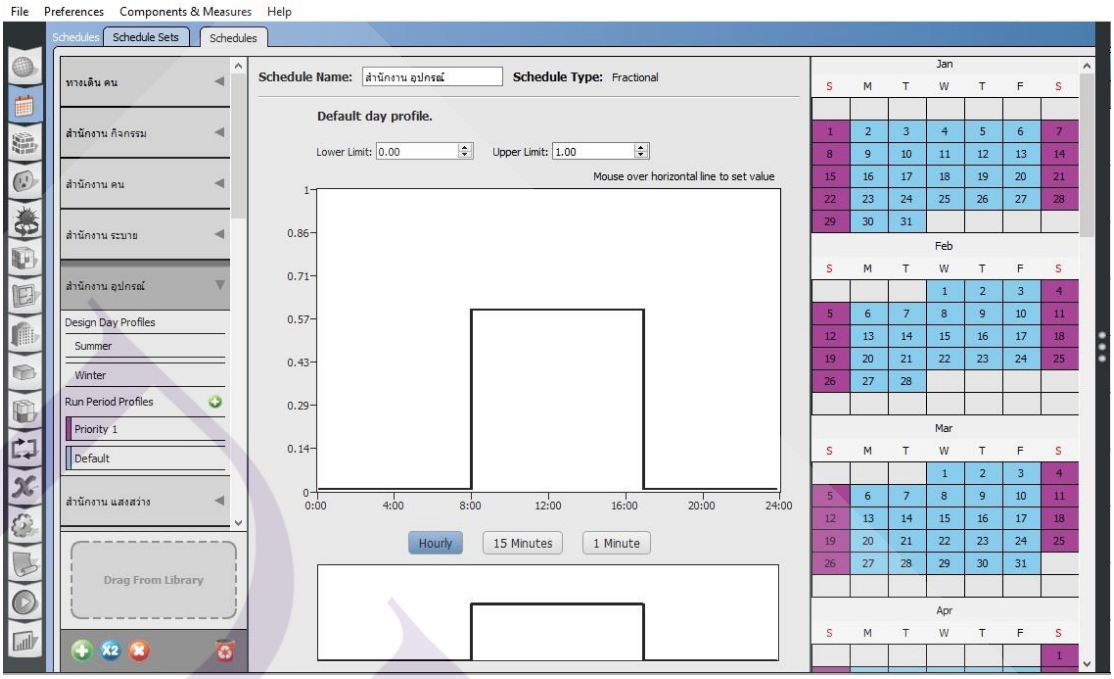
ภาพที่ ข.9 รายละเอียดหน้า Activity ของสำนักงานและห้องเรียน



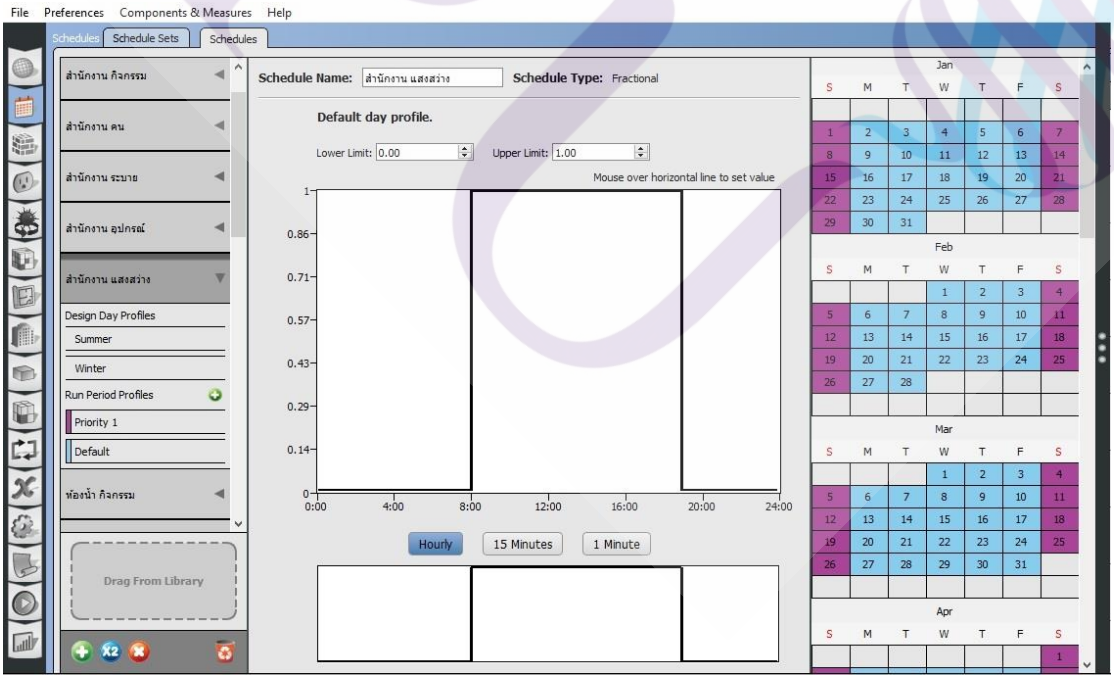
ภาพที่ ข.10 รายละเอียดหน้า Infil Quarter On ของสำนักงานและห้องเรียน



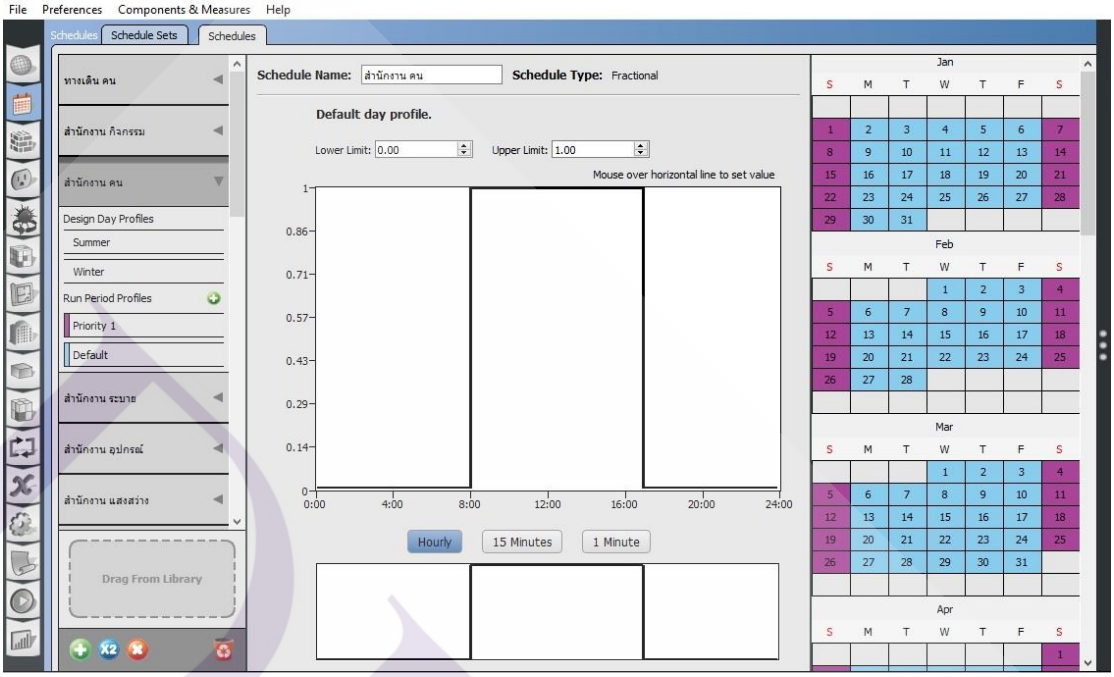
ภาพที่ ข.11 รายละเอียดหน้า Equipment ของสำนักงานและห้องเรียน



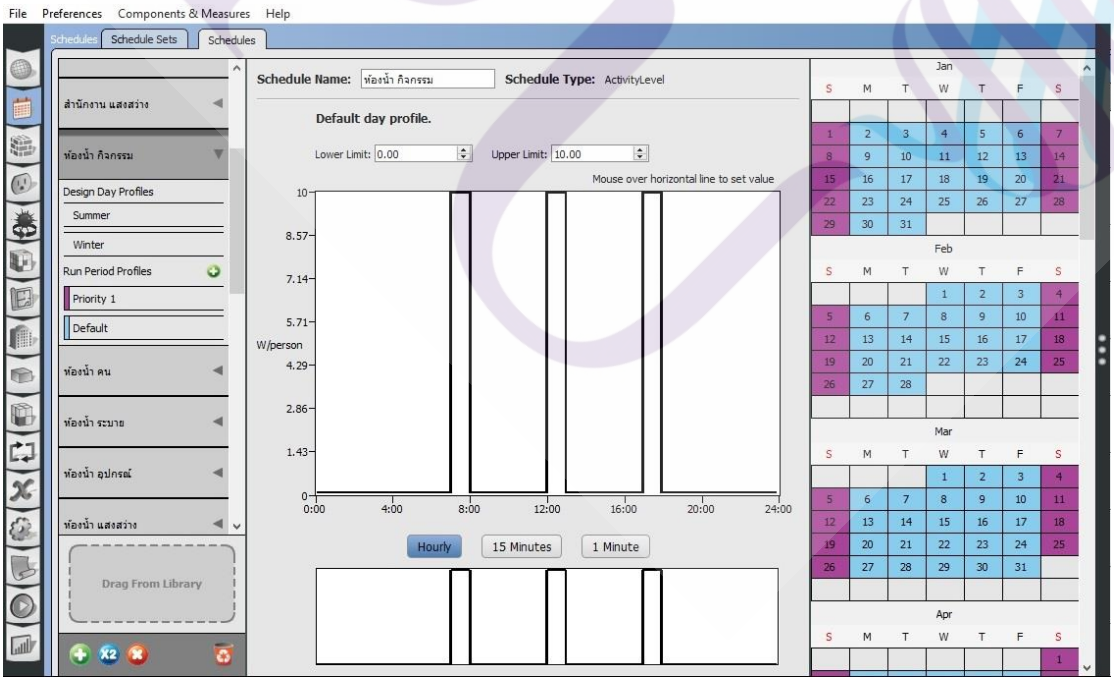
ภาพที่ ข.12 รายละเอียดหน้า Lighting ของสำนักงานและห้องเรียน



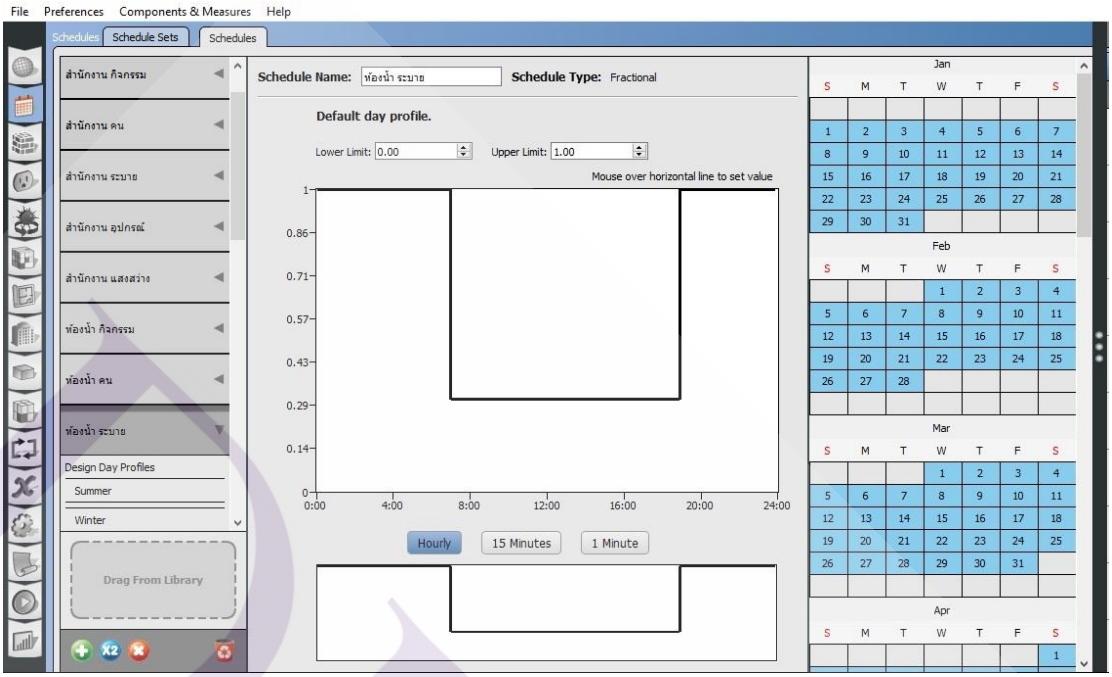
ภาพที่ ข.13 รายละเอียดหน้า People ของสำนักงานและห้องเรียน



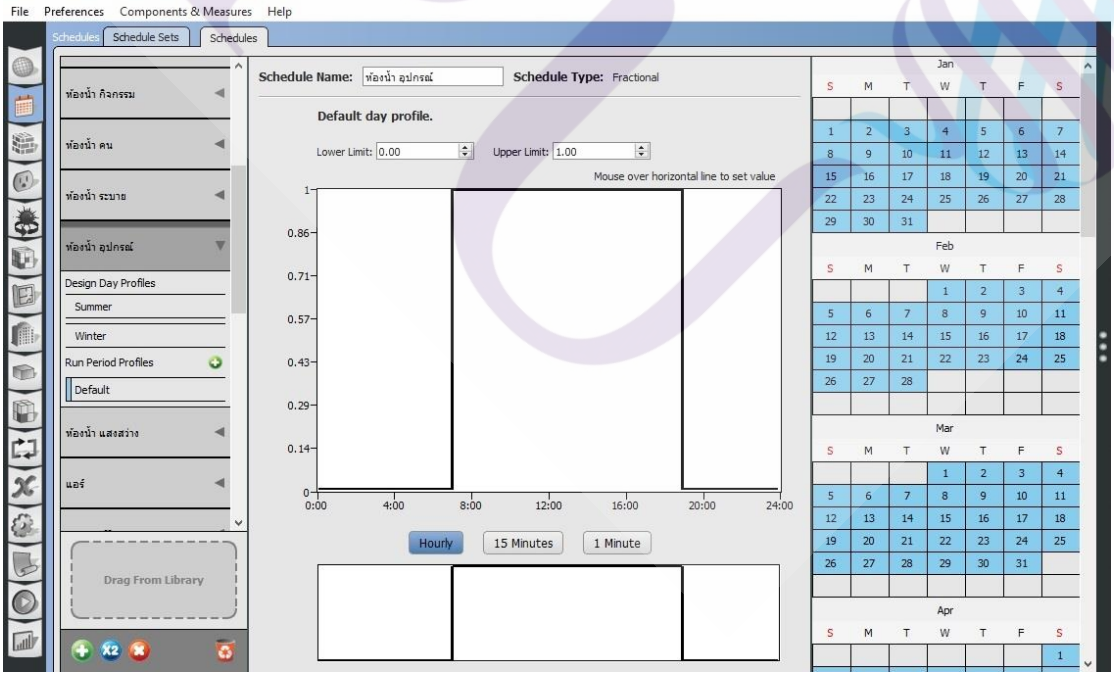
ภาพที่ ข.14 รายละเอียดหน้า Activity ของห้องน้ำ



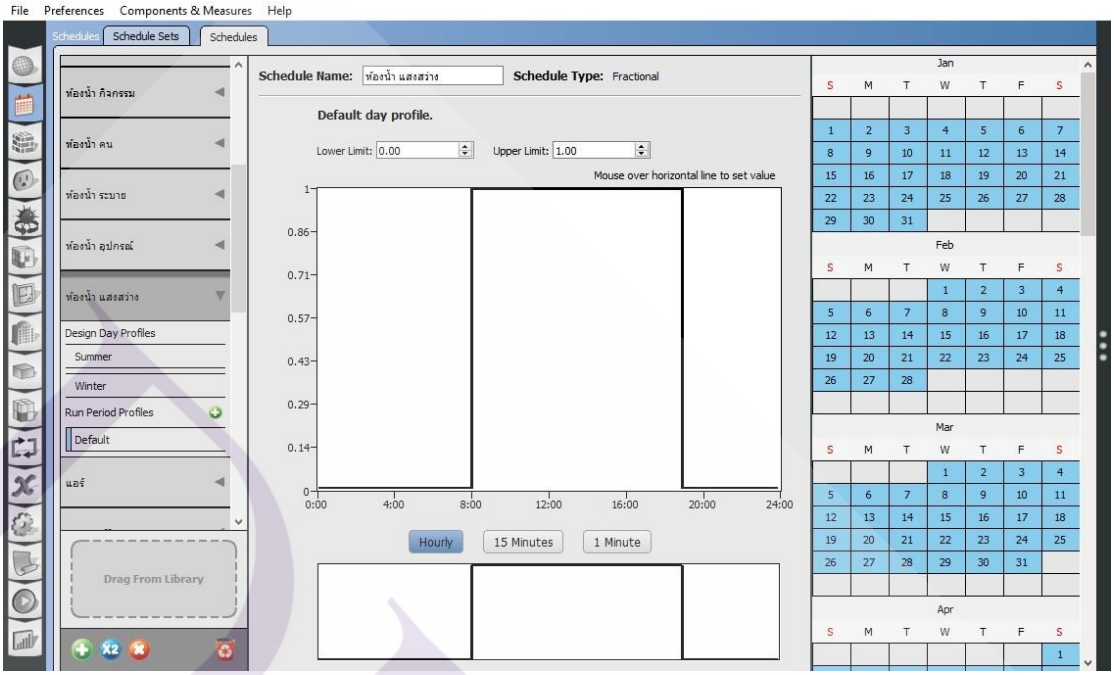
ภาพที่ ข.15 รายละเอียดหน้า Infil Quarter On ของห้องน้ำ



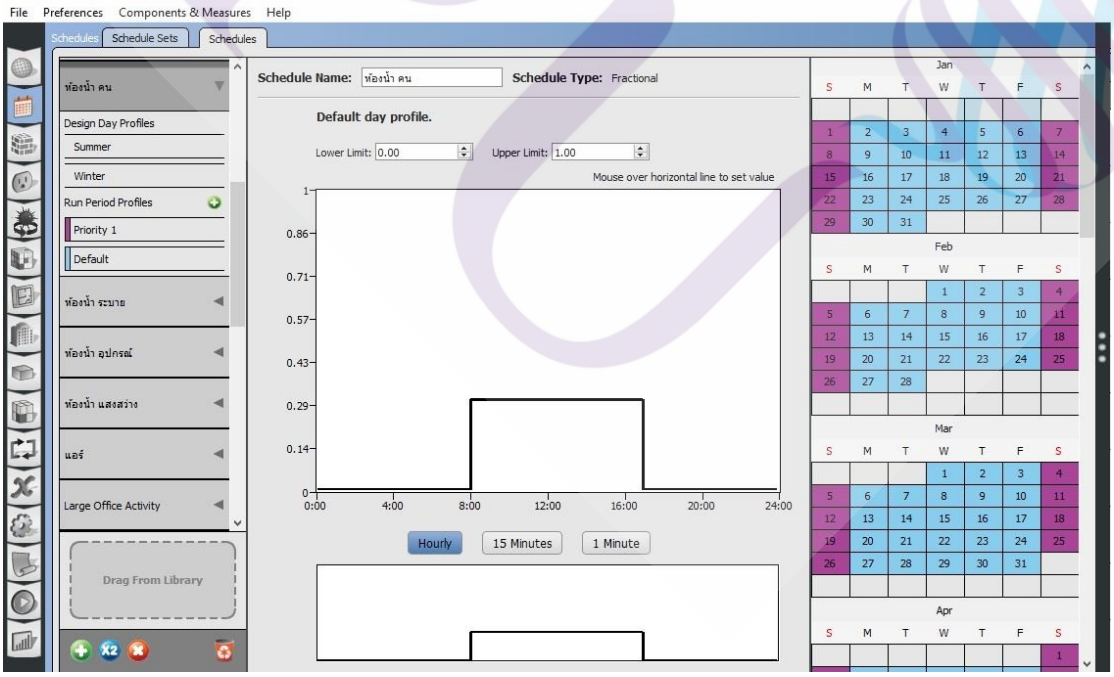
ภาพที่ ข.16 รายละเอียดหน้า Equipment ของห้องน้ำ



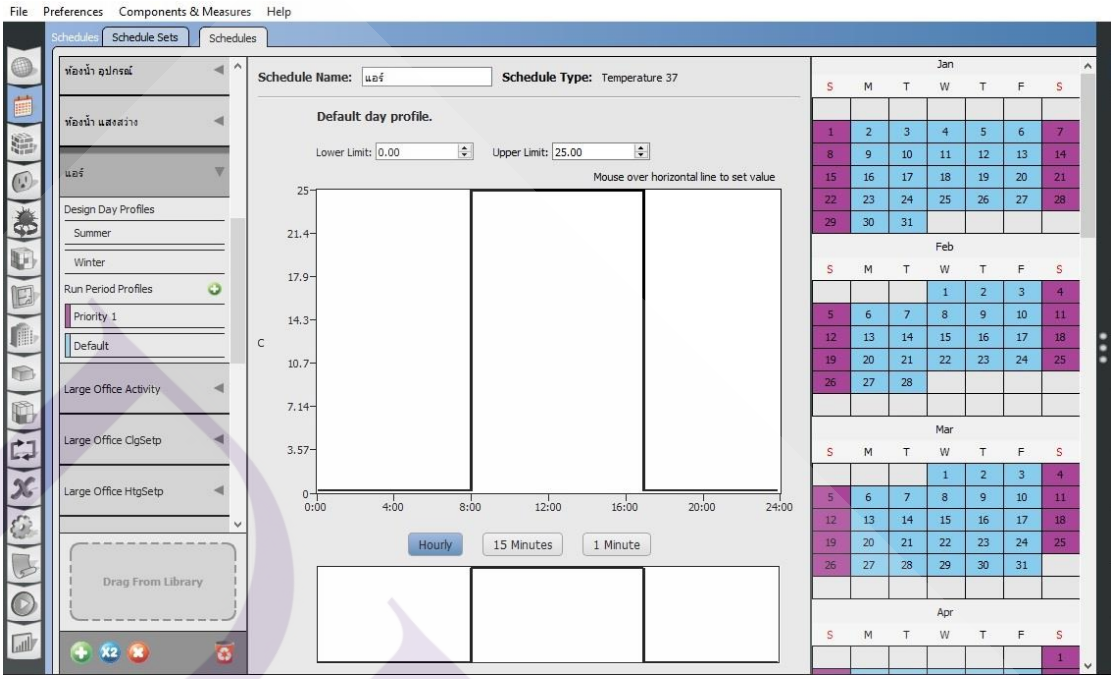
ภาพที่ ข.17 รายละเอียดหน้า Lighting ของห้องน้ำ



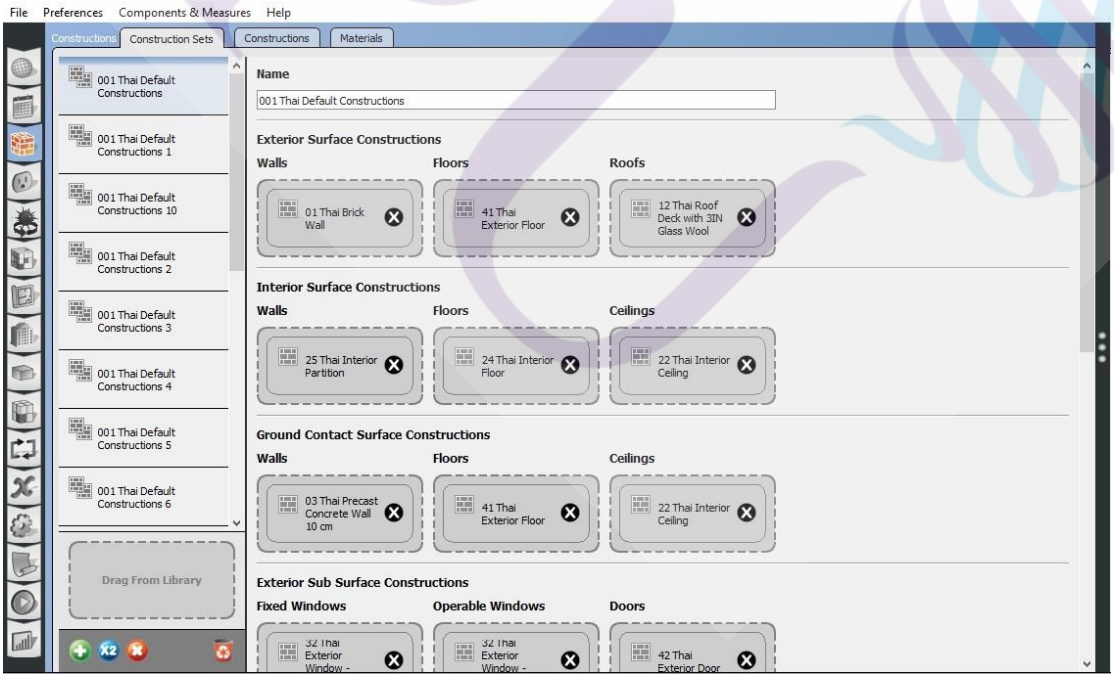
ภาพที่ ข.18 รายละเอียดหน้า People ของห้องน้ำ



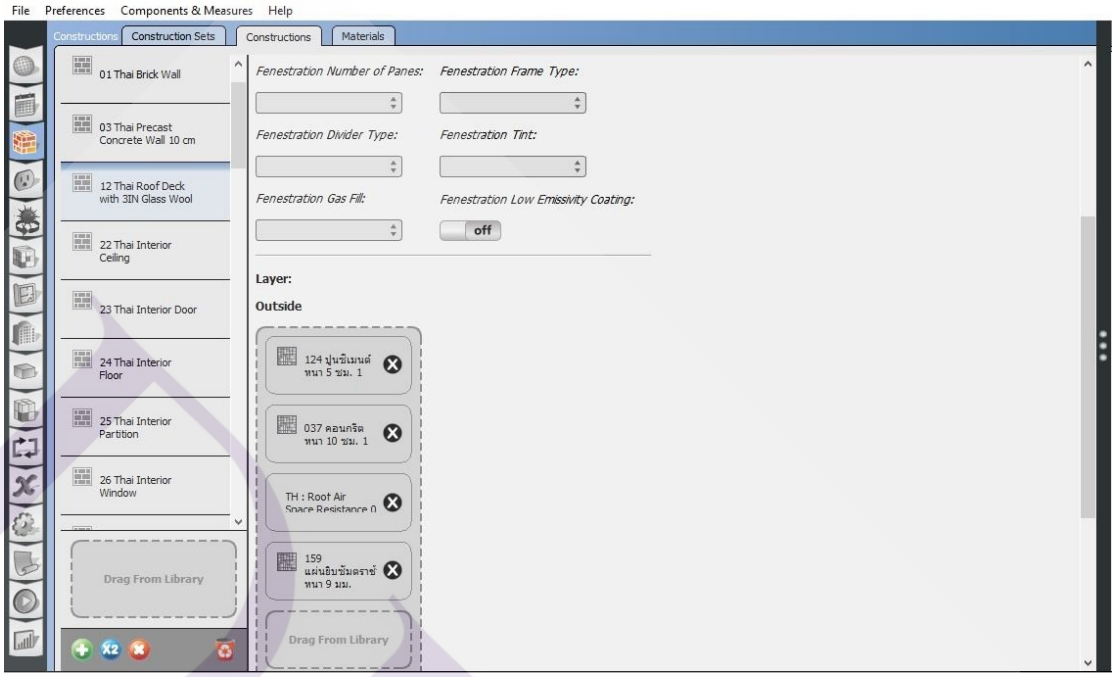
ภาพที่ ข.19 รายละเอียดหน้า Temperature ของเครื่องปรับอากาศ



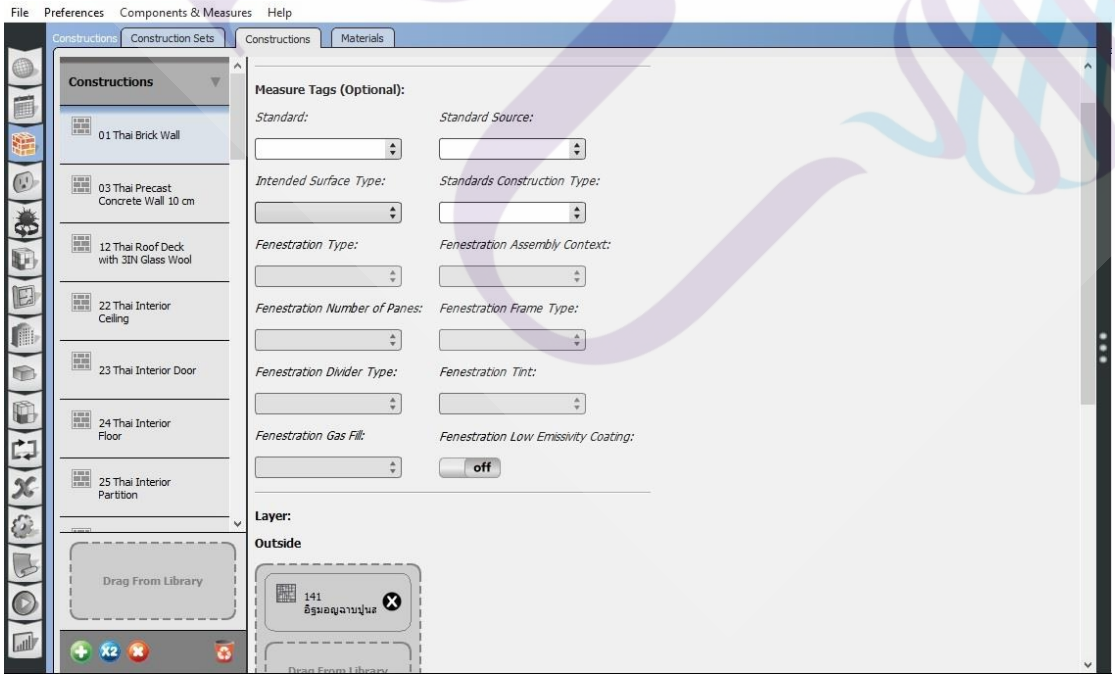
ภาพที่ ข.20 รายละเอียดหน้า Construction



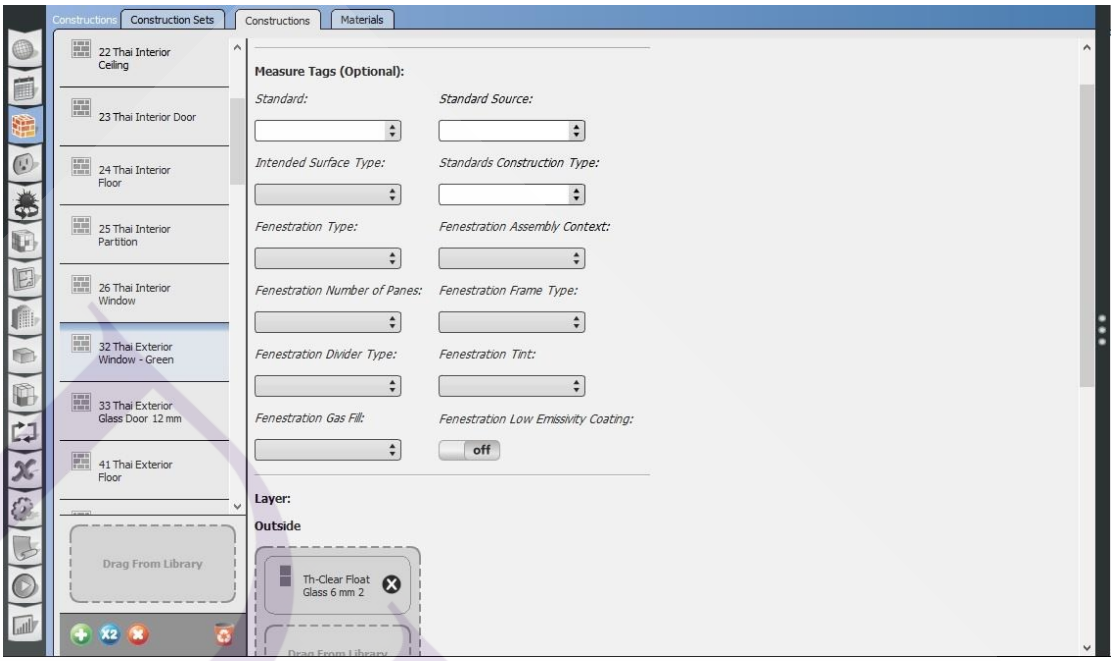
ภาพที่ ข.21 รายละเอียดหน้าองค์ประกอบของหลังคา



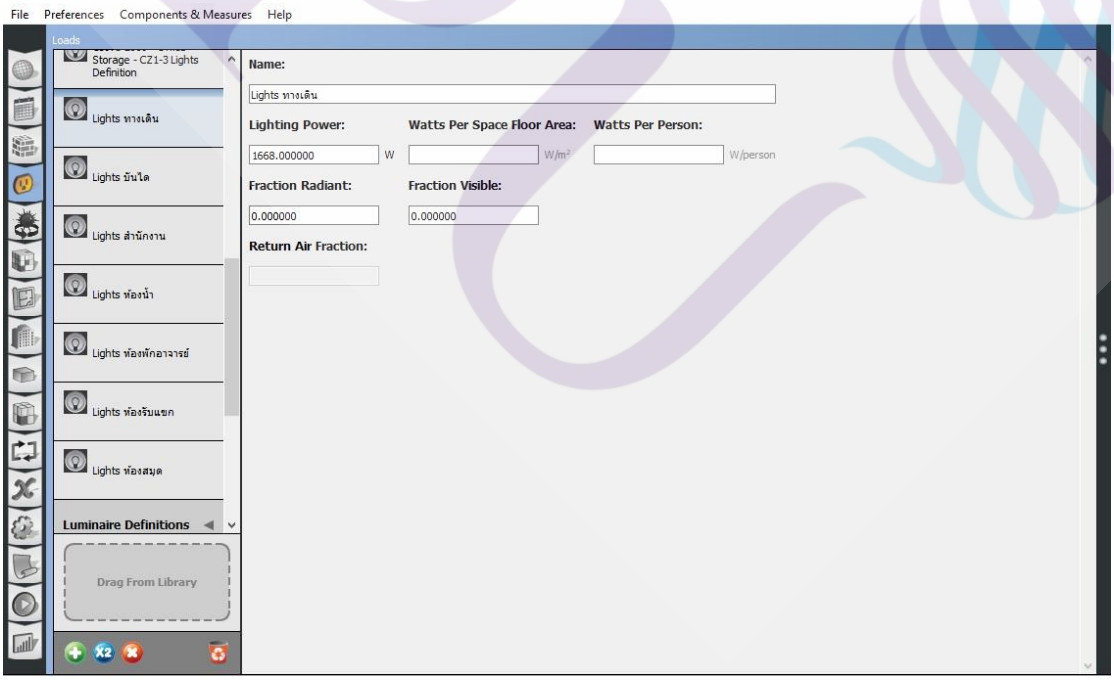
ภาพที่ ข.22 รายละเอียดหน้าองค์ประกอบของผนังภายนอก



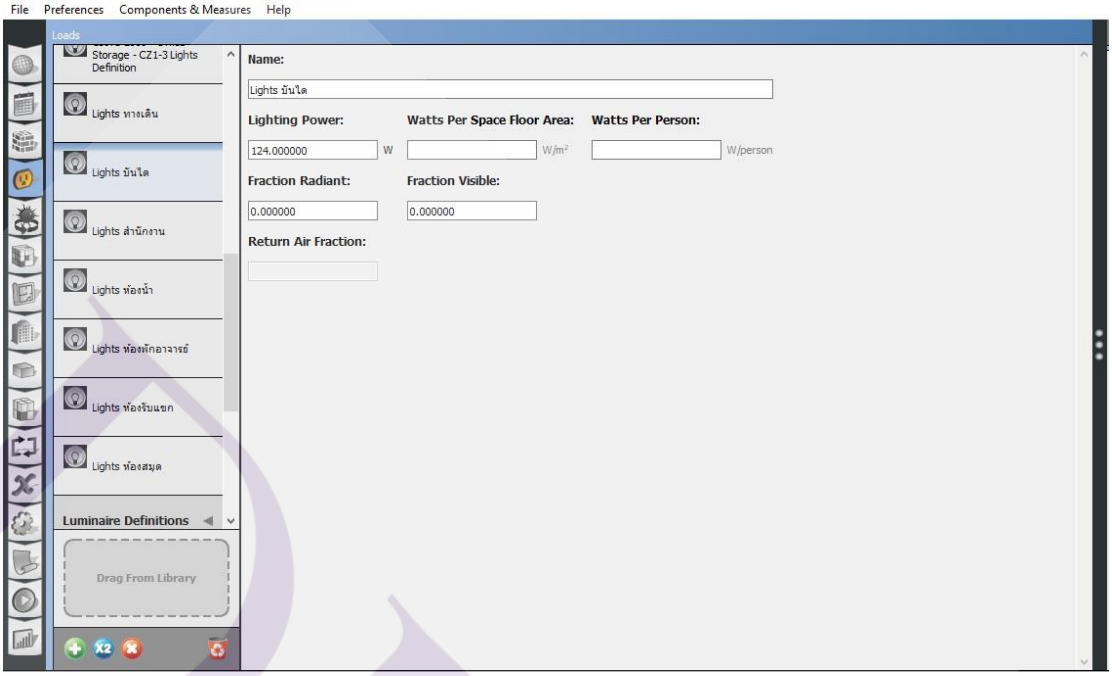
ภาพที่ ข.23 รายละเอียดหน้าองค์ประกอบของหน้าต่าง



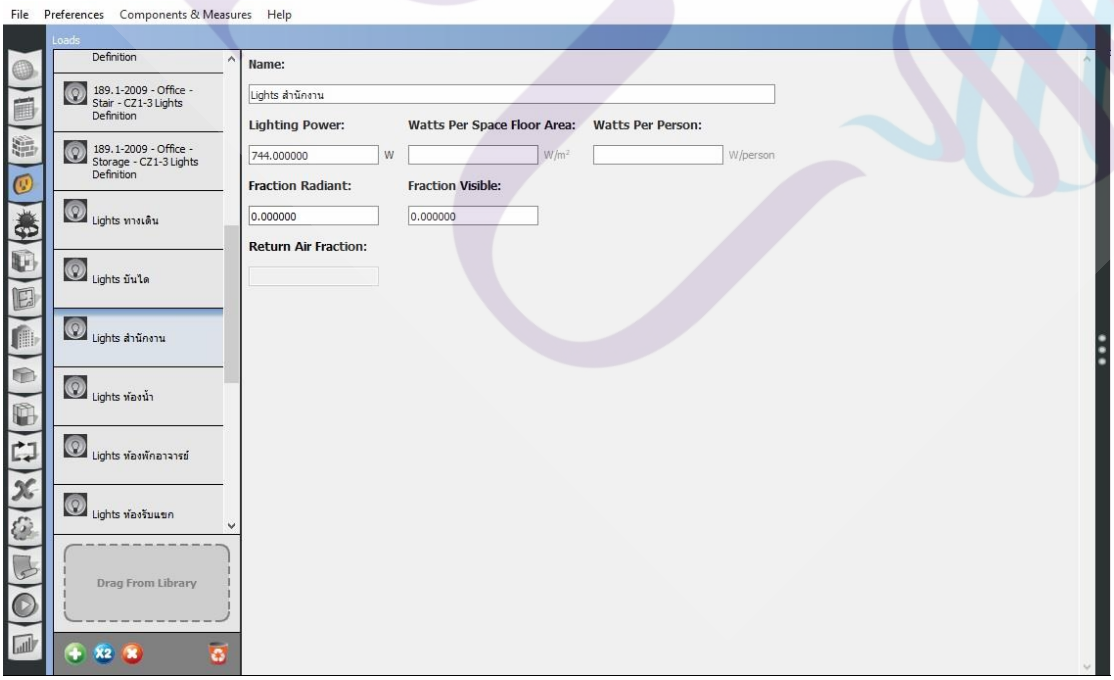
ภาพที่ ข.24 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างทางเดิน



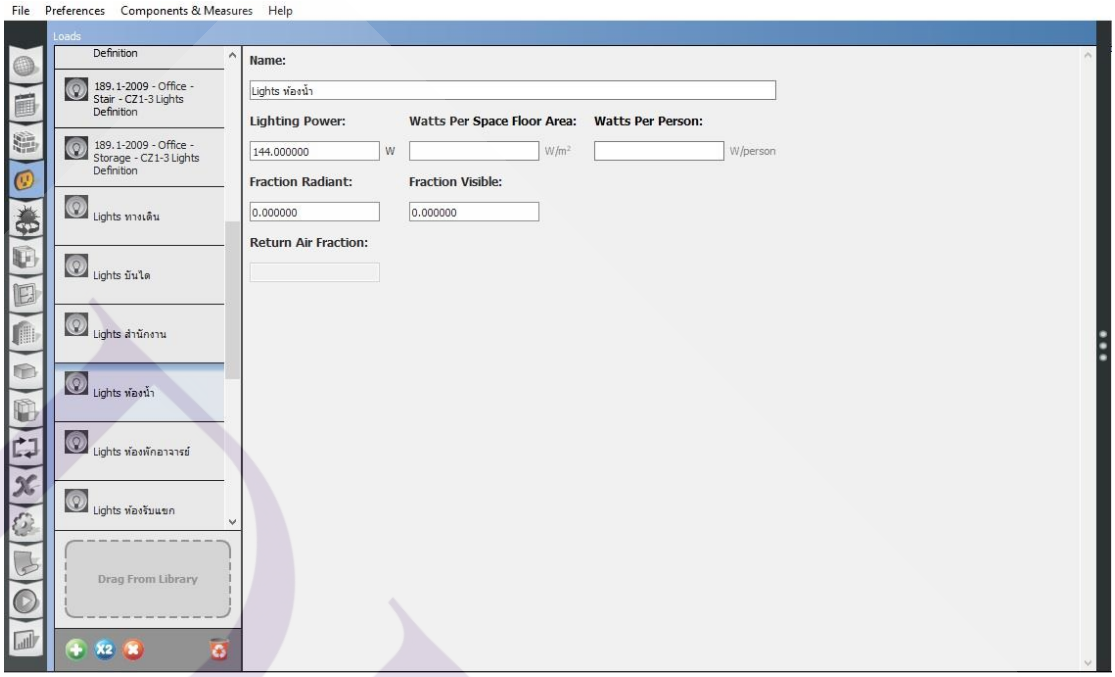
ภาพที่ ข.25 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างบันได



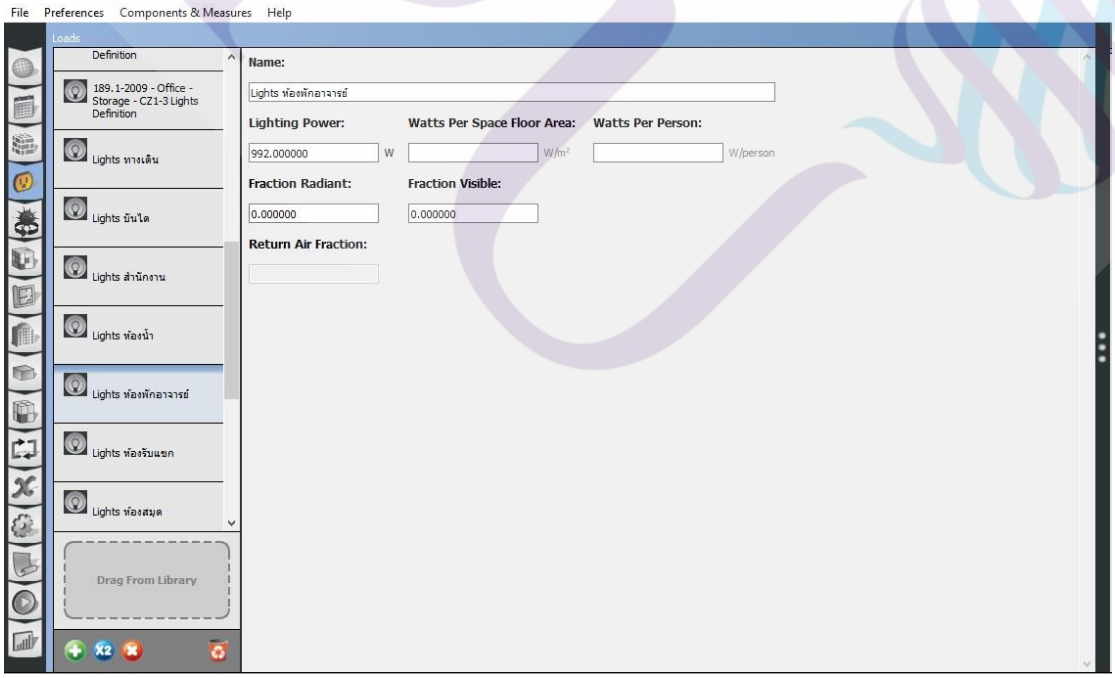
ภาพที่ ข.26 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างสำนักงาน



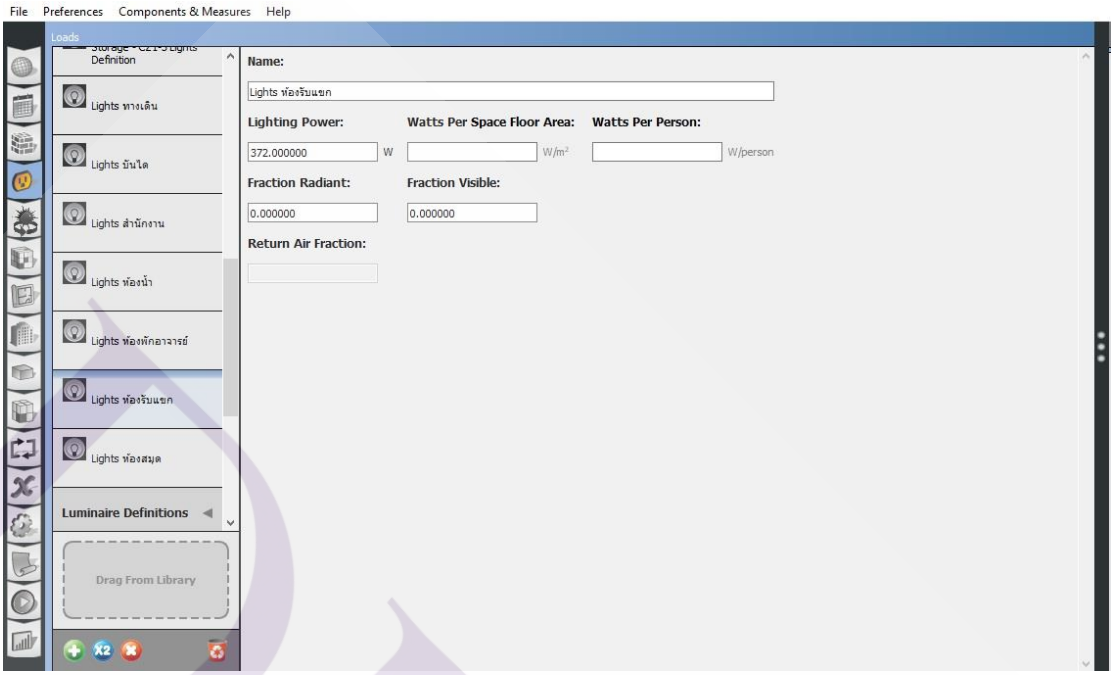
ภาพที่ ข.27 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างห้องน้ำ



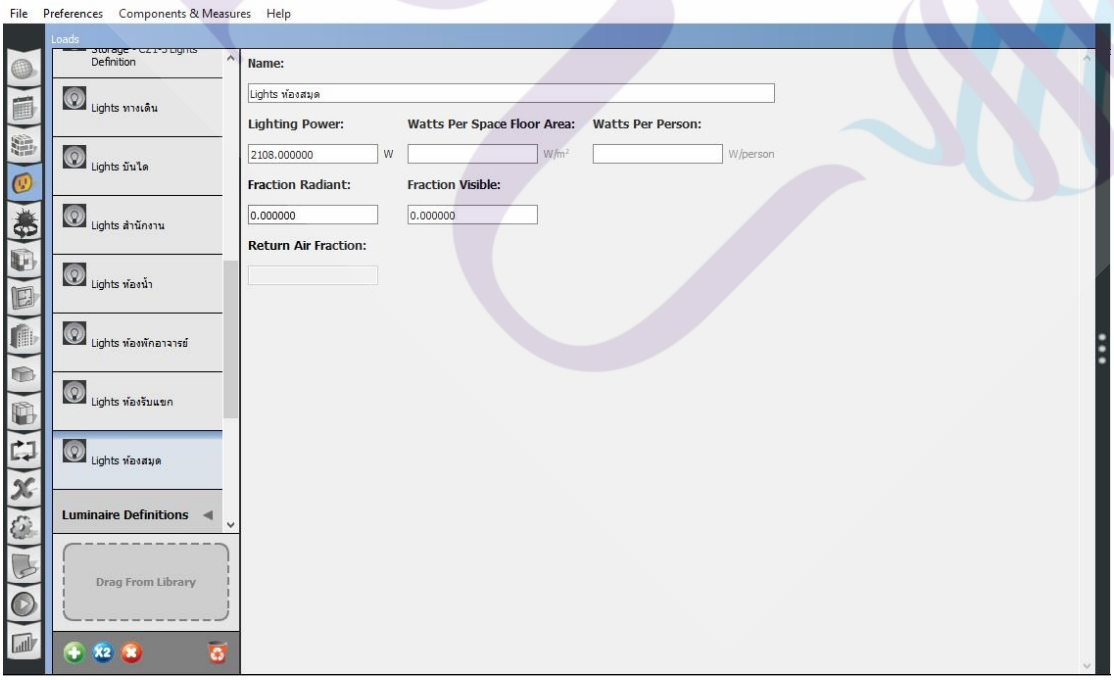
ภาพที่ ข.28 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างห้องพักอาจารย์



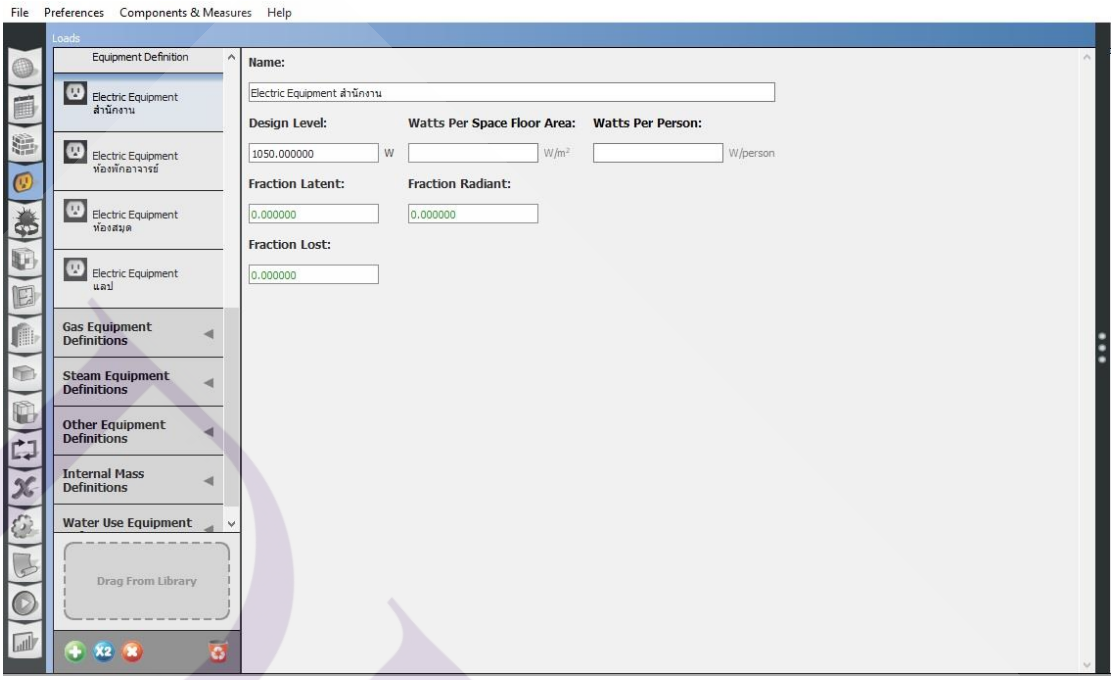
ภาพที่ ข.29 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างห้องรับแขก



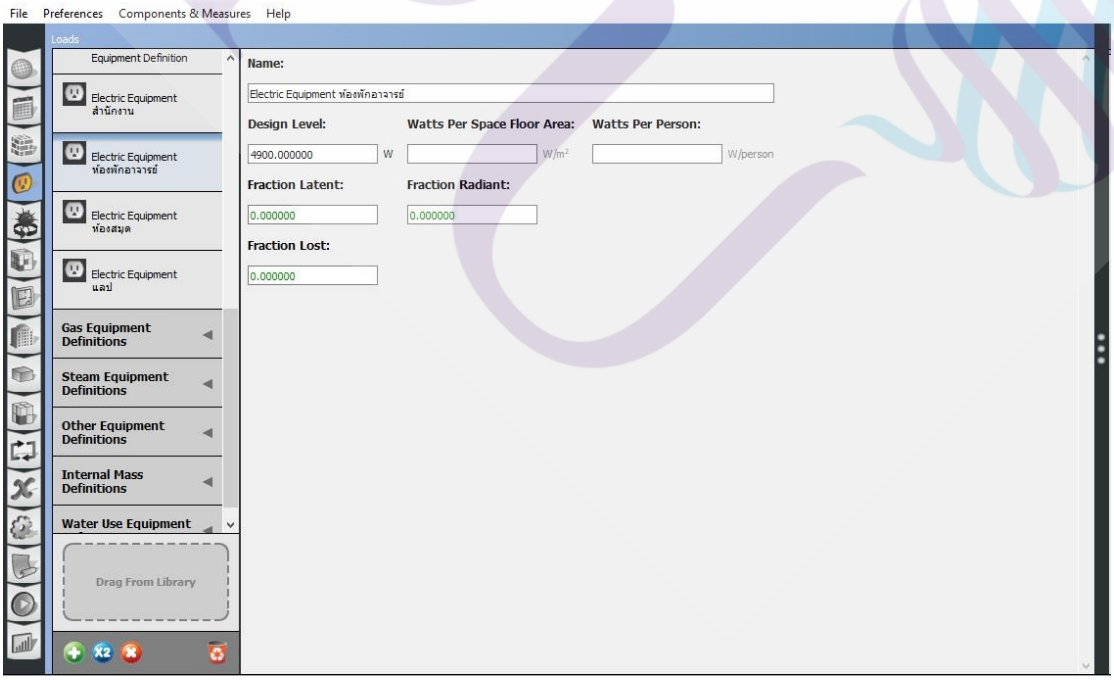
ภาพที่ ข.30 รายละเอียดหน้า Load แสงสว่างห้องสมุด



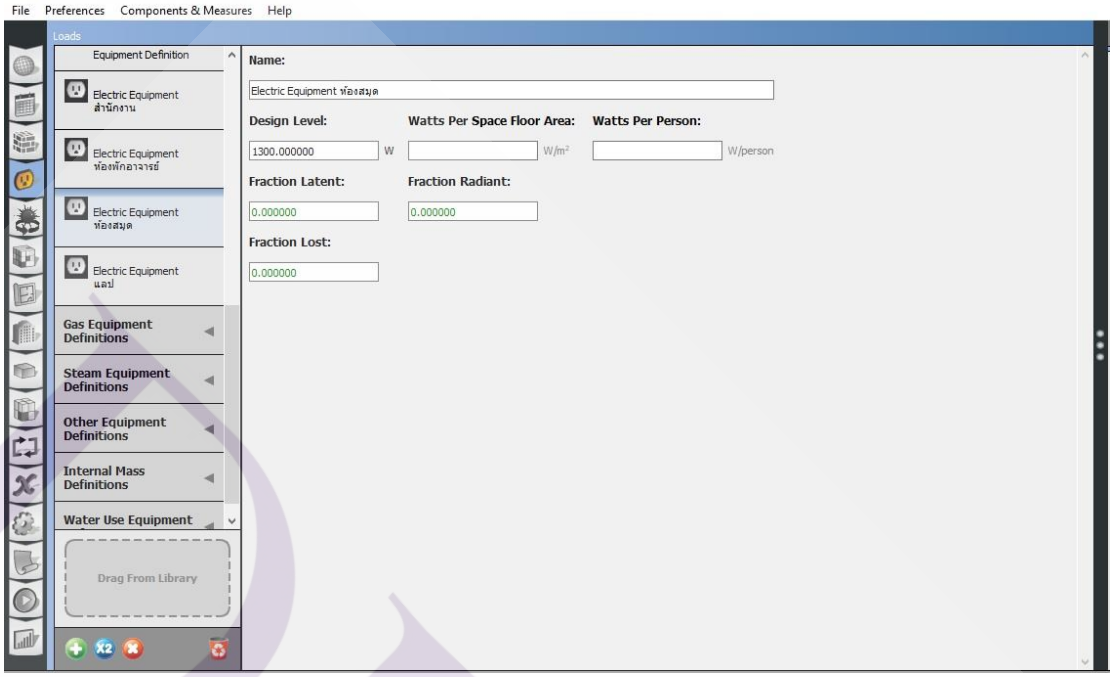
ภาพที่ ข.31 รายละเอียดหน้า Load อุปกรณ์ไฟฟ้าสำนักงาน



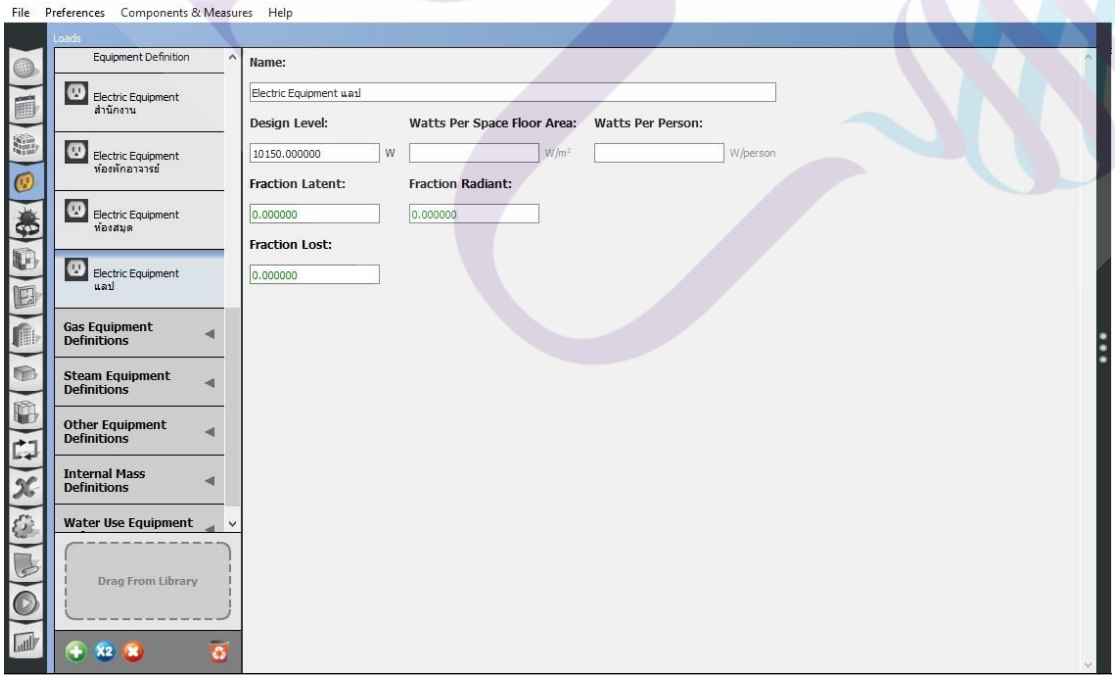
ภาพที่ ข.32 รายละเอียดหน้า Load อุปกรณ์ไฟฟ้าห้องพักอาจารย์



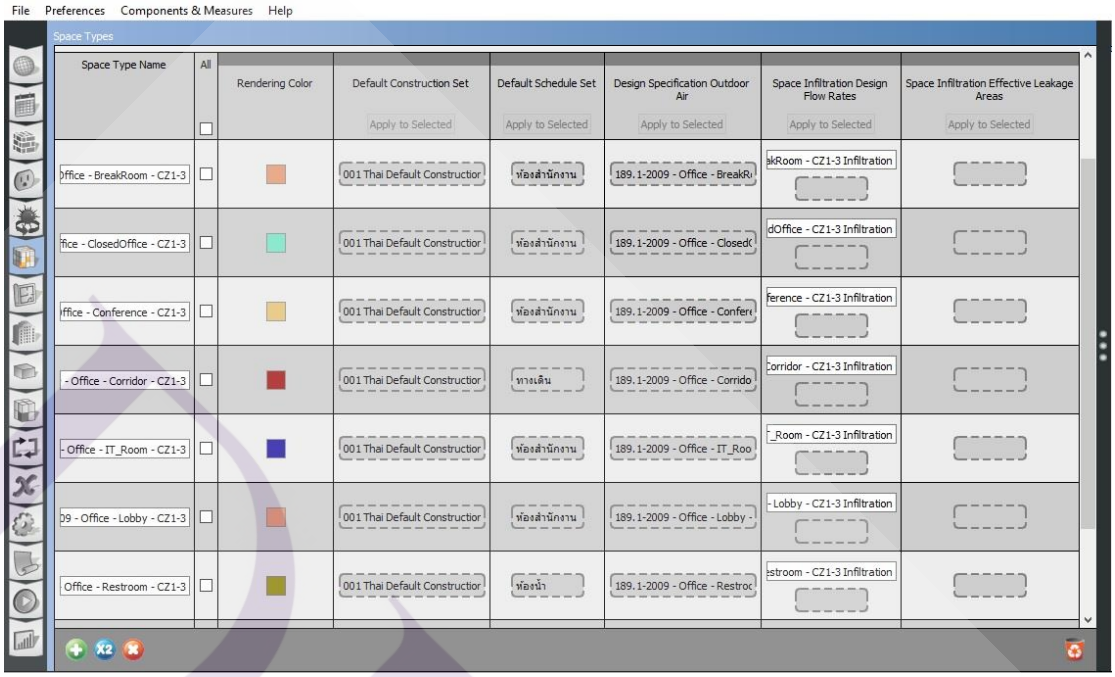
ภาพที่ ข.33 รายละเอียดหน้า Load อุปกรณ์ไฟฟ้าห้องสมุด



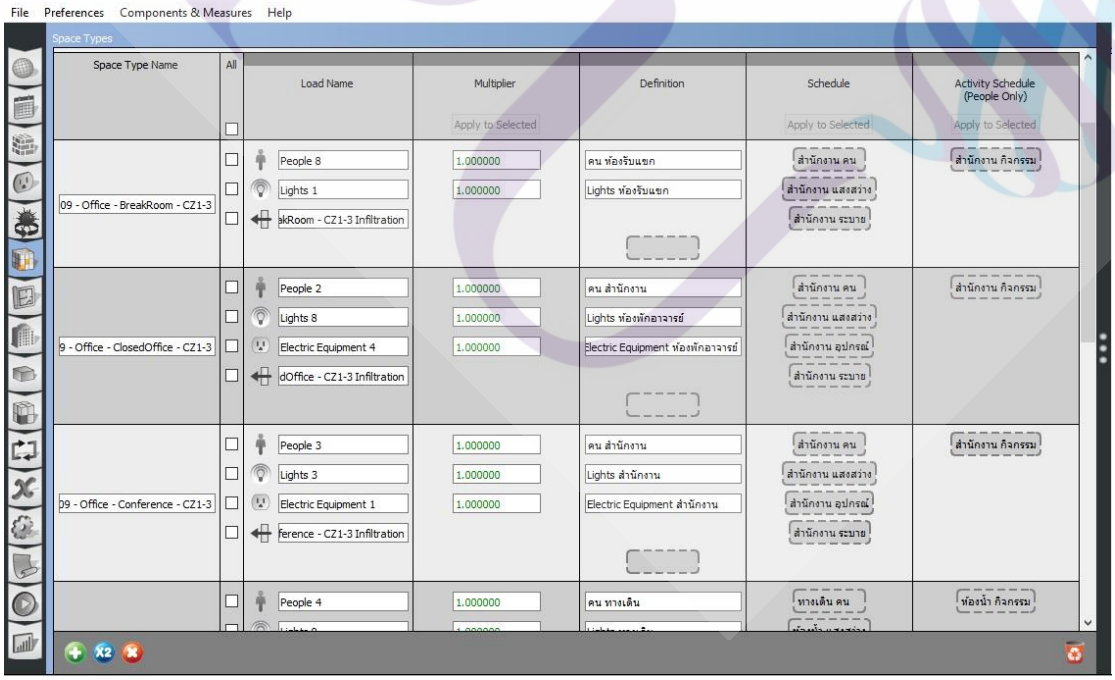
ภาพที่ ข.34 รายละเอียดหน้า Load อุปกรณ์ไฟฟ้าห้องแล็ปคอมพิวเตอร์



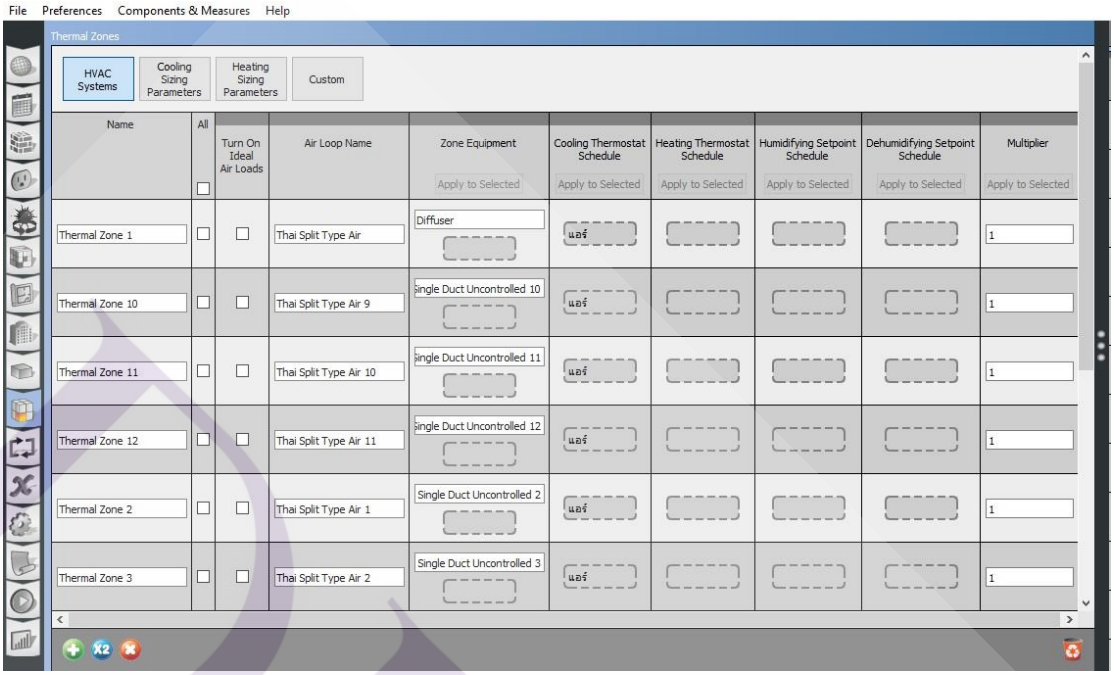
ภาพที่ ข.35 รายละเอียดหน้า Space type General



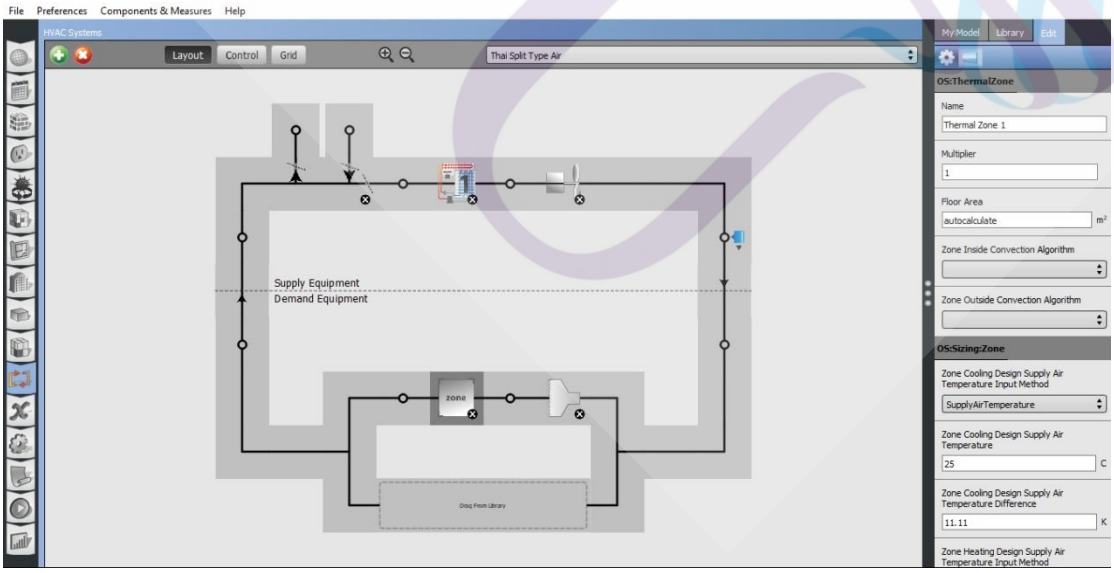
ภาพที่ ข.36 รายละเอียดหน้า Space type Load



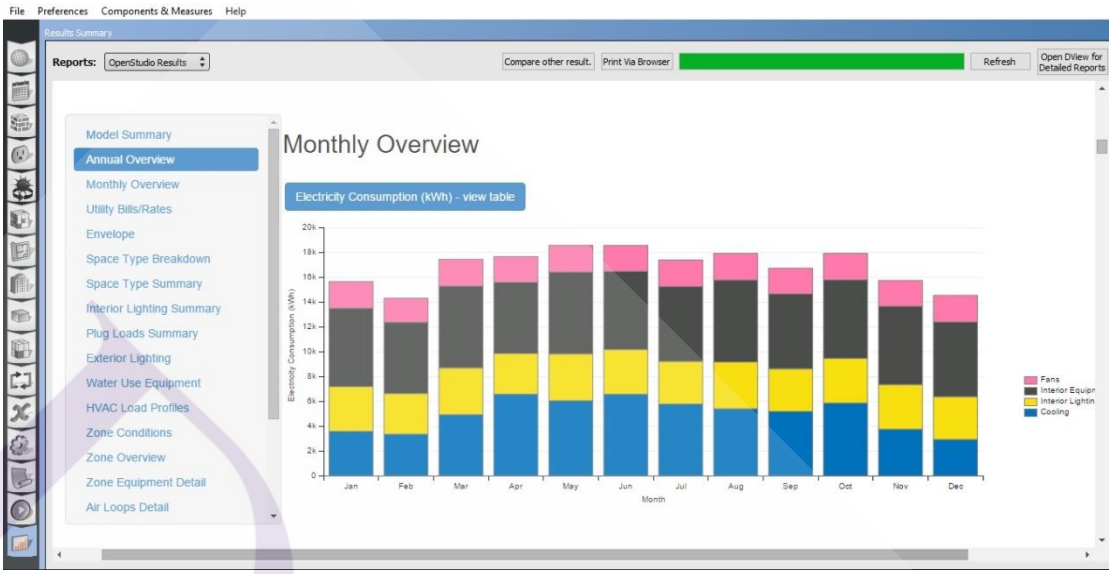
ภาพที่ ข.37 รายละเอียดหน้า Thermal zone



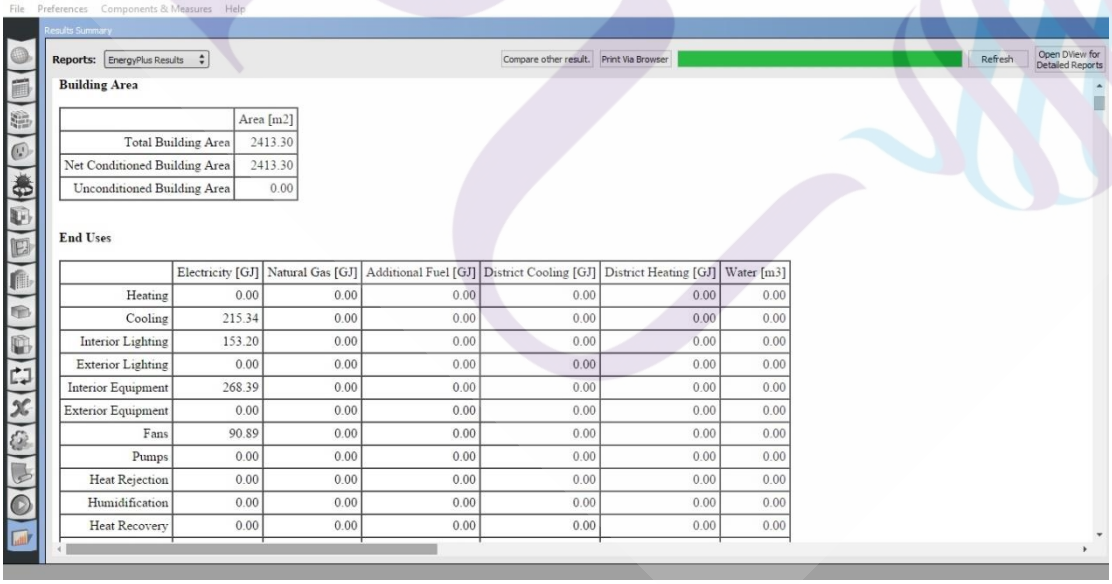
ภาพที่ ข.38 รายละเอียดหน้าระบบปรับอากาศ



ภาพที่ ข.39 รายละเอียดหน้า Reports Openstudios

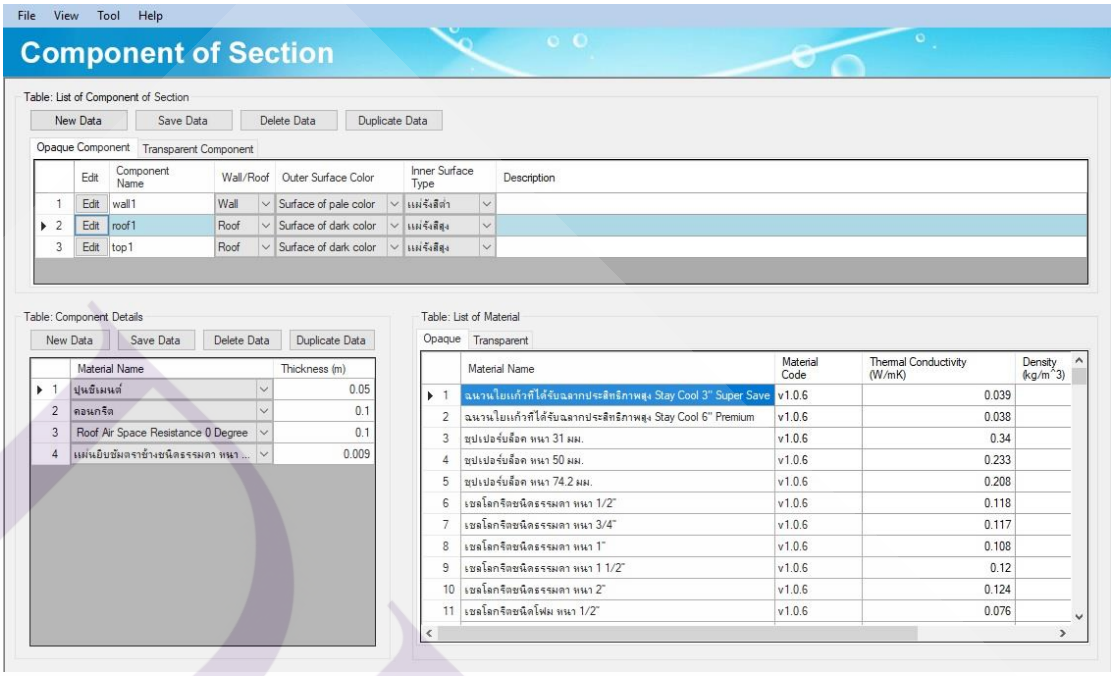


ภาพที่ ข.40 รายละเอียดหน้า Reports EnergyPlus

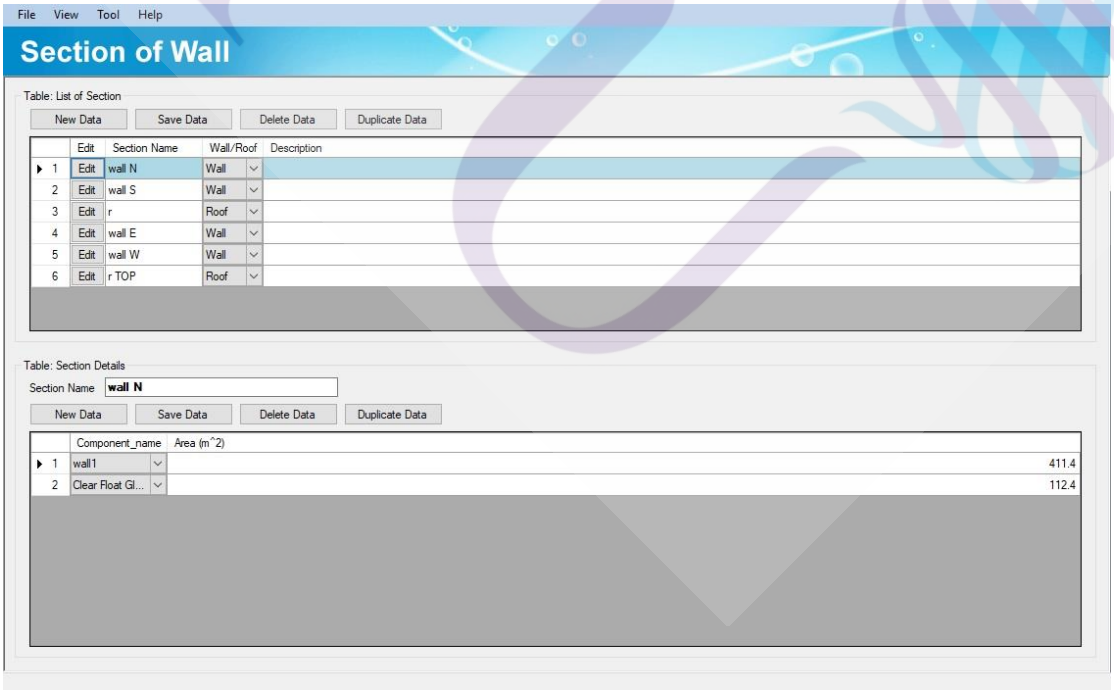


ภาคผนวก ค
ข้อมูลการสร้างแบบจำลองของอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน โดยใช้ซอฟต์แวร์ BEC

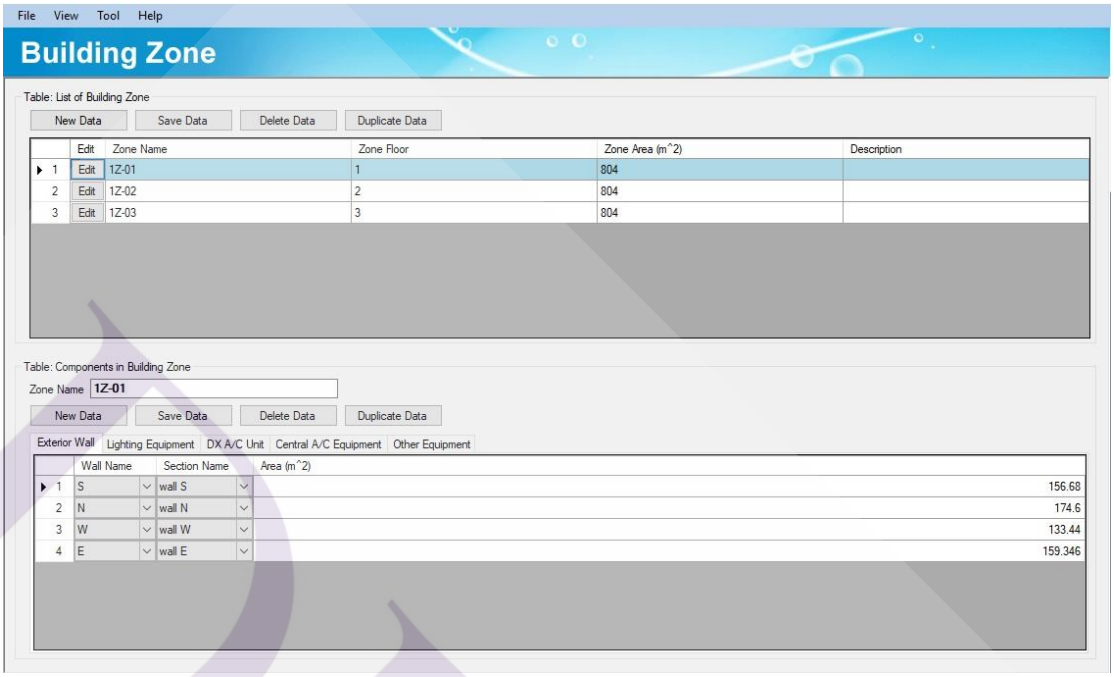
ภาพที่ ค.1 รายละเอียดหน้า Component of Section



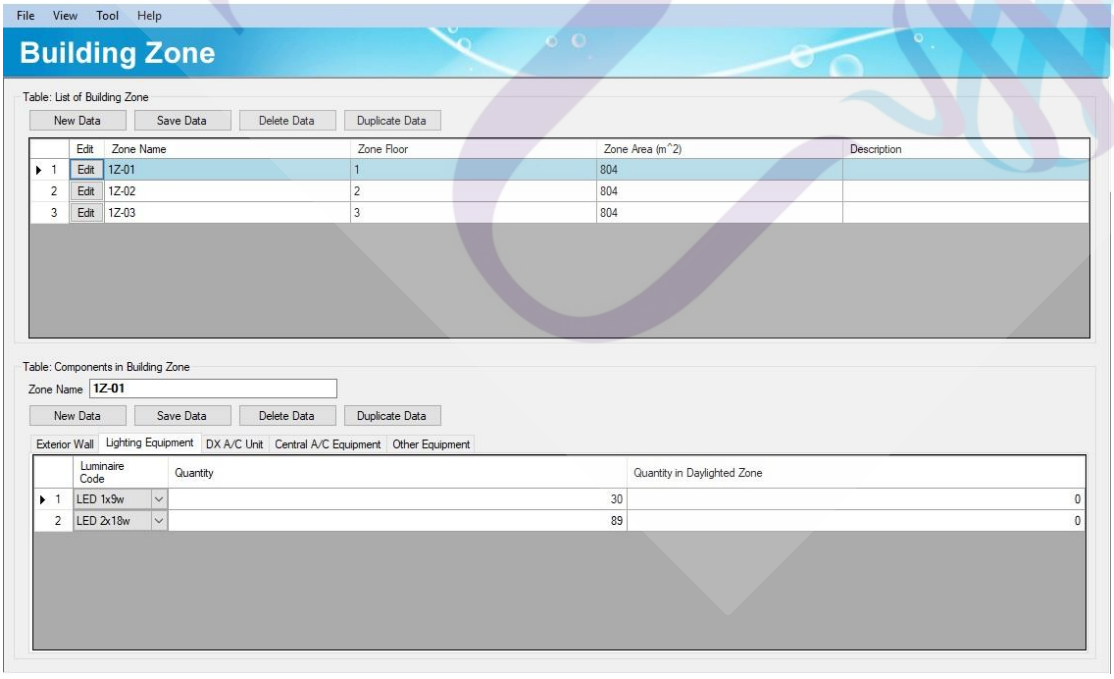
ภาพที่ ค.2 รายละเอียดหน้า Section of Wall



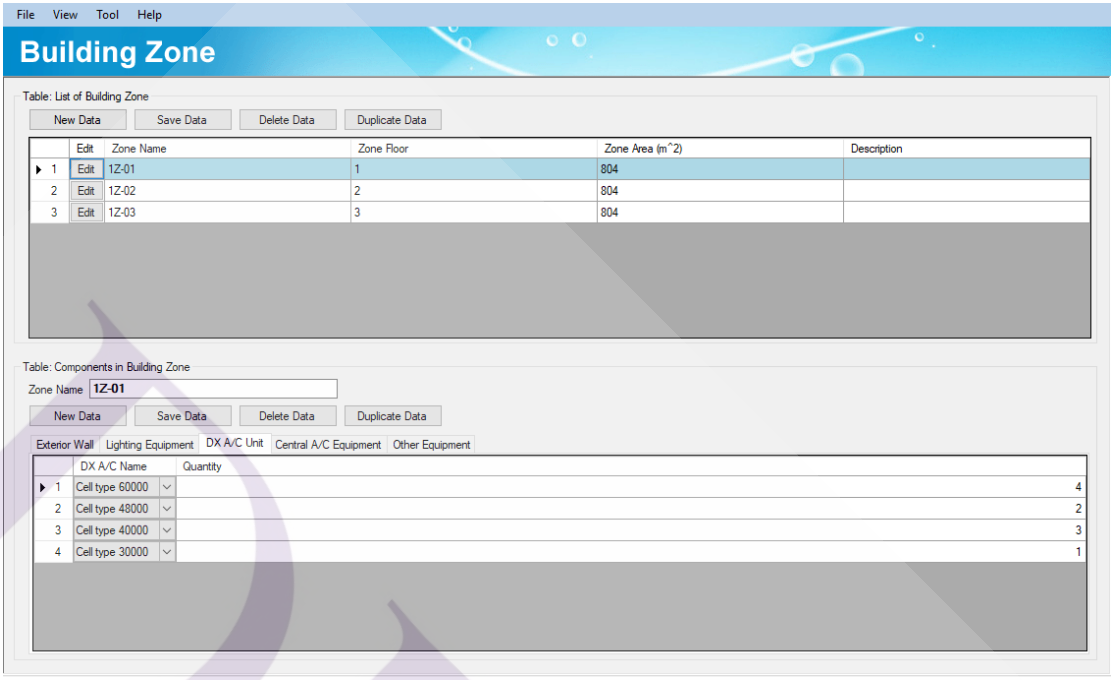
ภาพที่ ค.3 รายละเอียดหน้า Building Zone กรอบอาคาร



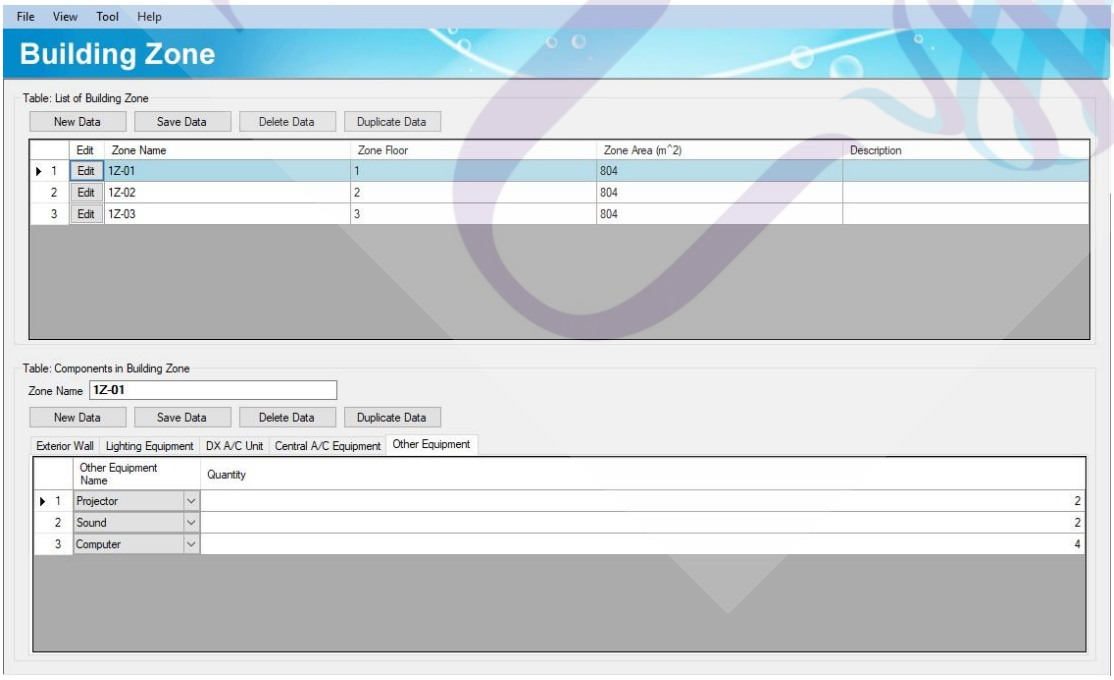
ภาพที่ ค.4 รายละเอียดหน้า Building Zone อุปกรณ์แสงสว่าง



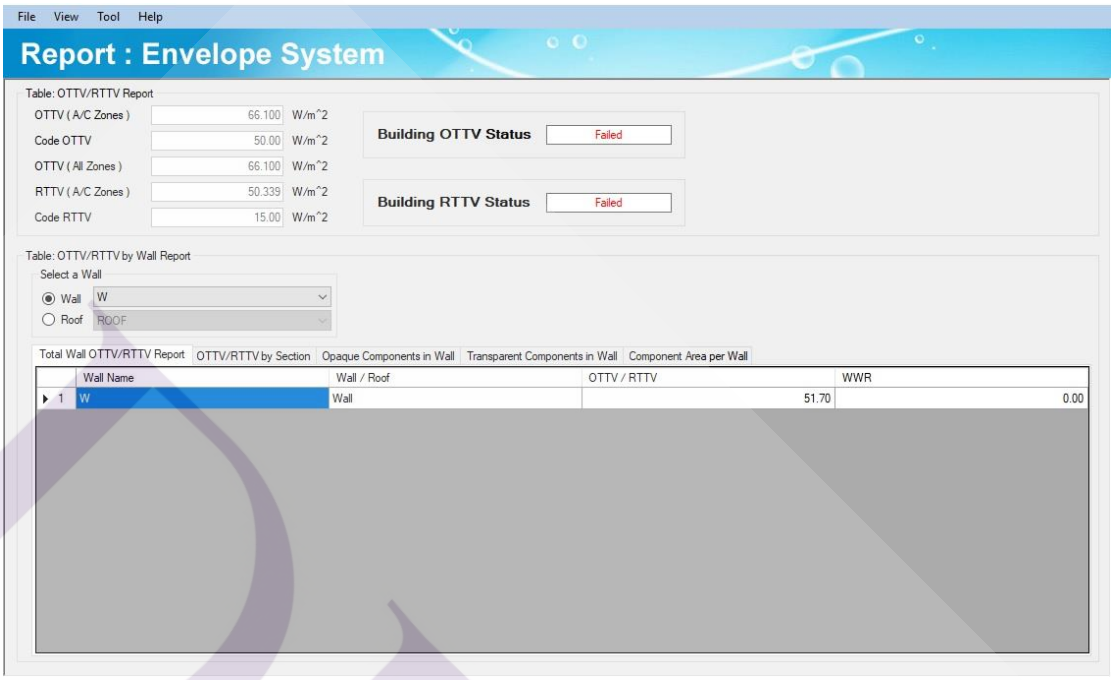
ภาพที่ ค.5 รายละเอียดหน้า Building Zone เครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ ค.6 รายละเอียดหน้า Building Zone อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

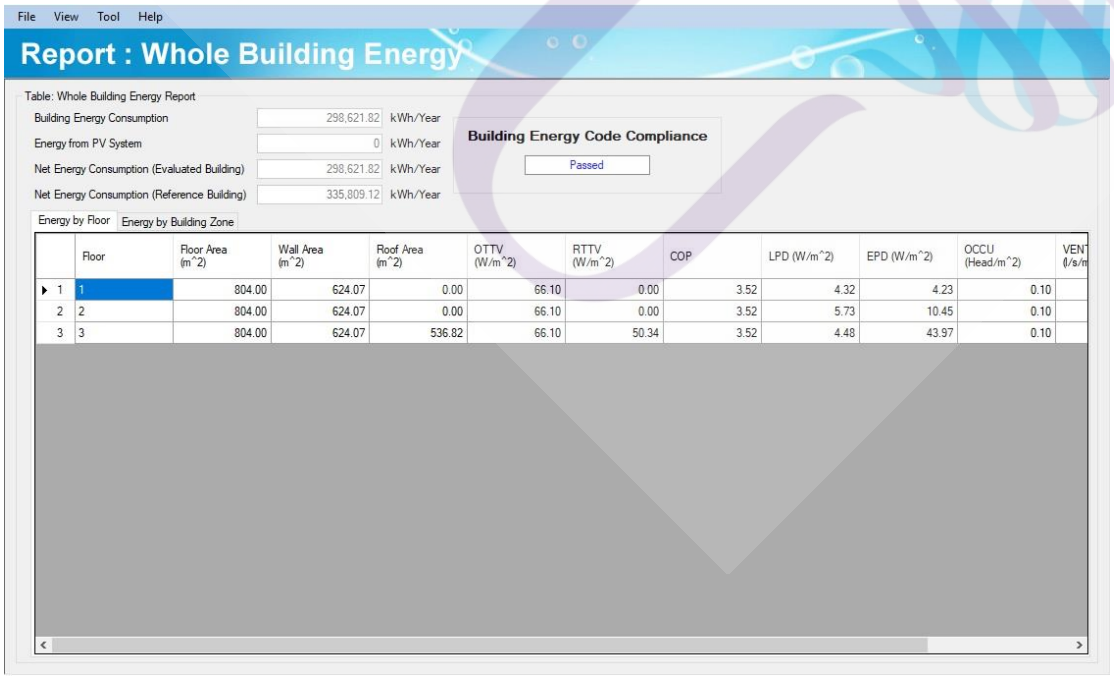


ภาพที่ ค.7 รายละเอียดหน้าแสดงผล Envelope System



ภาพที่ ค.8 รายละเอียดหน้าแสดงผล Whole building Energy

ใช้สอบเทียบกับแบบจำลอง EnergyPlus กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา ได้ความคาดเคลื่อนของแบบจำลองเท่ากับ 0.82%

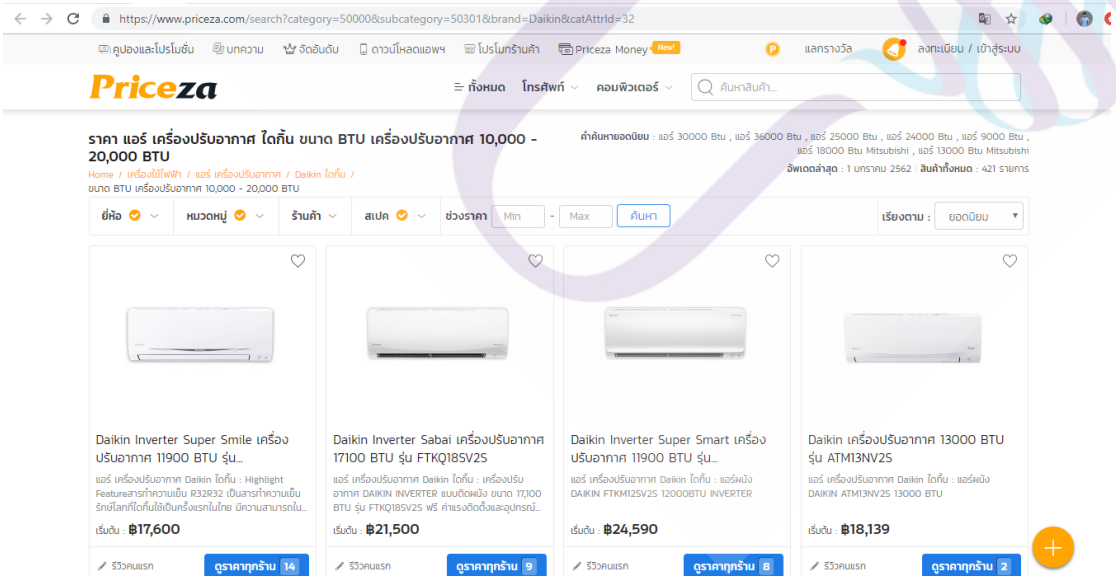


ภาคผนวก ง
รายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในมาตรการปรับปรุงพลังงาน

ภาพที่ ง.1 แสดงตัวอย่างหลอดไฟ LED

ที่มา: www.rawee-lighting.com

ภาพที่ ง.2 แสดงตัวอย่างเครื่องปรับอากาศ

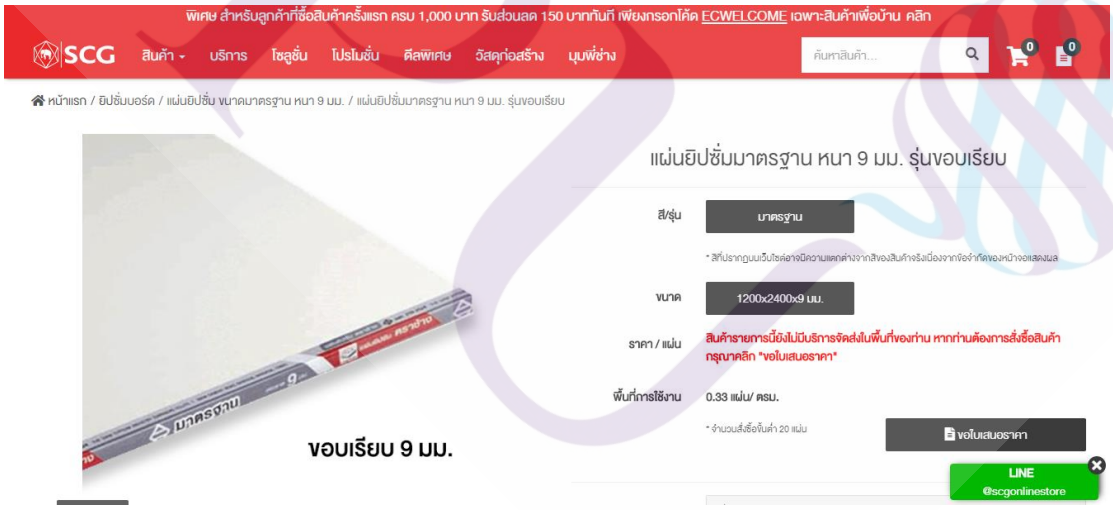


ที่มา :https:// www.priceza.com (ค้นหาเครื่องปรับอากาศ)

ภาพที่ ง.3 แสดงตัวอย่างฉนวนกันความร้อน

ที่มา: www.scgbuildingmaterials.com

ภาพที่ ง.4 แสดงตัวอย่างแผ่นยิปซั่ม



ที่มา: www.scgbuildingmaterials.com

ภาคผนวก จ
การติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีน

ตารางแสดงข้อมูลการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนชั้นที่ 1

ชั้น	ห้อง	อุปกรณ์	Serial	วันที่ติดตั้ง
1	ห้องสมุด	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	1001SC00981	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	0910SC18903	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	0910SC18902	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01006	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	1001SC00988	1 มิ.ย. 52
	ห้องรับแขก	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	1001SC00983	1 มิ.ย. 52
	ห้องสมุด	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00996	1 มิ.ย. 52
	ห้องสมุด	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00997	1 มิ.ย. 52
	ห้องสมุด	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00989	1 มิ.ย. 52
	ห้องสมุด	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00990	1 มิ.ย. 52

ตารางแสดงข้อมูลการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนชั้นที่ 2

ชั้น	ห้อง	อุปกรณ์	Serial	วันที่ติดตั้ง
2	ห้องเรียน 5	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	0912SC21859	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 5	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	0912SC21855	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 6	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	0918SC2854	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 6	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	0912SC1856	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 7	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	0909SC16855	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 7	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 Btu.	0909SC16850	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01009	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01015	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01010	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	0910SC18901	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01016	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01002	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01004	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01011	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01013	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 4	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01005	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 4	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC10012	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 4	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC011000	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 8	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01033	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 8	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01014	1 มิ.ย. 52
	ห้องเรียน 8	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01001	1 มิ.ย. 52

ตารางแสดงข้อมูลการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารวิทยาลัยนานาชาติจีนชั้นที่ 3

ชั้น	ห้อง	อุปกรณ์	Serial	วันที่ติดตั้ง
3	ห้องคณบดี	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 Btu.	0912SC21797	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 Btu.	ไม่ได้บันทึก	1 ม.ค. 57
	Com Lab 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 Btu.	ไม่ได้บันทึก	1 ม.ค. 57
	ห้องพักอาจารย์	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 Btu.	44LJ5038535	ม.ค. 59
	ห้องคณบดี	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 Btu.	0912SC1813	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	0910SC18900	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 3	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 40,000 Btu.	1001SC01007	1 มิ.ย. 52
	ห้องพักอาจารย์	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	1001SC00985	1 มิ.ย. 52
	ห้องพักอาจารย์	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	1001SC00984	1 มิ.ย. 52
	ห้องคณบดี	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	1001SC00986	1 มิ.ย. 52
	ห้องคณบดี	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 48,000 Btu.	1001SC00987	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00995	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00991	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 1	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00994	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00992	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00993	1 มิ.ย. 52
	Com Lab 2	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00991	1 มิ.ย. 52
	ห้องประชุม	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 60,000 Btu.	1001SC00998	1 มิ.ย. 52

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายมงคล อรุณคันธ์ธร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า ฝ่ายวิศวกรรมงานระบบ บริษัทซินเท็ค คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน)

DPU