แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ : กรณีศึกษาอาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

โดย

นางสาวณัฐวดี สามารถ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม (การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม) แผน ข ภาควิชาสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศิลปากร

แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ : กรณีศึกษาอาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

โดย
นางสาวณัฐวดี สามารถ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม (การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม) แผน ข ภาควิชาสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศิลปากร

Guidelines for Retrofitting a Government Office Building to a Net Zero Energy Building : A Case Study of the Five-Story Building at the Department of Alternative Energy Development and Efficiency

By

Miss Nattawadee SAMART

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Architecture (Architecture)

Department of Architecture

Silpakorn University

Academic Year 2025

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ : กรณีศึกษา อาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
โดย	นางสาวณัฐวดี สามารถ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม (การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม) แผน ข
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร.สัทธา ปัญญาแก้ว

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี เกษมศุข)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมลศิริ ประจงสาร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.สัทธา ปัญญาแก้ว)

..... กรรมการภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลวรรณ ทวยเจริญ)

660220040: สถาปัตยกรรม (การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม) แผน ข
คำสำคัญ: อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์, การปรับปรุงอาคารภาครัฐ, อาคารประหยัดพลังงาน , พลังงานแสงอาทิตย์

นางสาวณัฐวดี สามารถ : แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ : กรณีศึกษา อาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ ดร.สัทธา ปัญญาแก้ว

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) โดยเลือกใช้อาคารสำนักงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ความสูง 5 ชั้น เป็นอาคารกรณีศึกษา เริ่มจากการประเมินสมรรถนะพลังงานของอาคารก่อนการปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based และโปรแกรมจำลองพลังงาน Sefaira ซึ่งผลการประเมินค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยโปรแกรม BEC Web-Based ของอาคารก่อนปรับปรุง พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) และค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ขณะที่ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (OTTV) และประสิทธิภาพระบบปรับอากาศยังคงผ่านเกณฑ์ ในส่วนการจำลองค่าพลังงานของอาคารก่อนปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira ปรากฏว่าอาคารมีการใช้พลังงานรวมต่อปี 814,591 kWh และมีค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) เท่ากับ 298 kWh/m²/yr ซึ่งอาคารมีการใช้พลังงานเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงต้องดำเนินการปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ประกอบด้วย แนวทาง 4 ด้าน ได้แก่ (1) การปรับปรุงเปลือกอาคาร โดยเพิ่มฉนวนกันความร้อน Rockwool ความหนา 5 ซม.และเปลี่ยนกระจกเป็นชนิดลามิเนต 2 ชั้นที่มีค่า SHGC 0.65 – 0.75 (2) การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยเปลี่ยนเป็นหลอด LED ควบคู่กับระบบควบคุมอัตโนมัติ (3) การปรับปรุงระบบปรับอากาศ โดยเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Inverter Cassette ที่มีประสิทธิภาพสูง และติดตั้งระบบ IoT เพื่อการควบคุมการใช้งานในแต่ละพื้นที่ และ (4) การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV) โดยเลือกใช้ชนิด Monocrystalline ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20% ติดตั้งตามขนาดพื้นที่หลังคา จำนวน 153 แผง ให้กำลังผลิตรวม 95.2 kWp เพื่อชดเชยการใช้พลังงาน และช่วยให้อาคารเข้าใกล้เป้าหมายการเป็นอาคาร NZEB

ผลการประเมินค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยโปรแกรม BEC Web-Based ของอาคารหลังปรับปรุง พบว่า ระบบกรอบอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (OTTV) มีค่า 40.66 W/m^2 ผ่านเกณฑ์ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) มีค่า 5.53 W/m^2 ผ่านเกณฑ์ ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) มีค่า 3.85 W/m^2 ผ่านเกณฑ์ ระบบปรับอากาศเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศแบบ Inverter Cassette ที่มีประสิทธิภาพสูงจึงผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน และเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิง ค่าการใช้พลังงานรวมสามารถผ่านเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่าอาคารหลังปรับปรุงผ่านเกณฑ์ในทุกระบบ และจากการจำลองพลังงานภายหลังการปรับปรุงจากแนวทางทั้งหมดข้างต้นร่วมกัน พบว่า ค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) ลดลงเหลือ 79 kWh/m²/yr หรือลดลง 73.5% จากสภาพก่อนปรับปรุง นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า อาคารสามารถมีผลการประหยัด 1,744,136 บาท/ปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 5.67 ปี

660220040: MAJOR ARCHITECTURE

Keyword: Net Zero Energy Buildings, Retrofitting Government Building, Energy Savings, Solar Energy

Miss Nattawadee SAMART : Guidelines for Retrofitting a Government Office Building to a Net Zero Energy Building : A Case Study of the Five-Story Building at the Department of Alternative Energy Development and Efficiency Independent Study Advisor : Satta Panyakaew, Ph.D.

The objectives of this study were to investigate and propose retrofitting guidelines for Net Zero Energy Buildings (NZEB). The five-story office building of the Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE) was used as a case study. This study involved an assessment of the building energy performance and the proposed retrofit using the BEC web-based software and the Sefaira energy simulation software. The BEC web-based energy conservation assessment of the building prior to the retrofit revealed that the roof thermal transfer value (RTTV) and lighting power density (LPD) did not meet the specified criteria, while the overall thermal transfer value (OTTV) and air conditioning efficiency met the criteria. In terms of the simulation of the building energy values prior to the retrofit using the Sefaira software, the building showed a total annual energy consumption of 814,591 kWh and an energy use intensity (EUI) of 298 kWh/m²/yr, which indicates that the building energy consumption exceeds the criteria and therefore requires retrofitting.

The retrofit guidelines for the building in this case study consisted of 4 aspects: (1) retrofitting the building envelope by insulating with 5 cm thick Rockwool insulation slabs and replacing standard glass with double-laminated glass with a SHGC of 0.65 – 0.75; (2) upgrading the lighting system with LED luminaires and an automated control system; (3) upgrading the air conditioning system by using high-efficiency inverter cassette air conditioners and installing an IoT system to control usage in each area; and (4) installing a rooftop Monocrystalline Solar PV power generation system consisting of a total of 153 panels with 20% power generation efficiency, providing a total power generation capacity of 95.2 kWp to offset energy consumption and assist the building's goal of becoming a NZEB building.

The BEC Web-Based energy conservation assessment of the building after the retrofit revealed that the OTTV was 40.66 W/m^2, the RTTV was 5.53 W/m^2, and the LPD was 3.85 W/m^2, all of which satisfied the requirements. The air conditioning system was upgraded by installing the high-efficiency inverter cassette air conditioners, which also met the criteria. When compared to the reference building, the total energy consumption value met the requirements. Therefore, it can be concluded that the building met all of the building’s system criteria after the retrofit. The energy simulation conducted following the retrofit, utilizing all of the aforementioned techniques combined, revealed that the EUI decreased to 79 kWh/m²/yr, a 73.5% decrease from the pre-retrofit condition. Furthermore, the economic cost-effectiveness analysis found that the building can save 1,744,136 baht/year, with a payback period of 5.67 years.

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สัทธา ปัญญาแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำอันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานศึกษาครั้งนี้ดำเนินไปจนบรรลุผลสำเร็จ นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาริณี รามสูต และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมลศิริ ประจงสาร อาจารย์ประจำหลักสูตร ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้และแนวคิดเชิงวิชาการอันมีคุณค่า ซึ่งมีส่วนช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและพัฒนางานศึกษาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลอาคารกรณีศึกษา รวมทั้ง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ได้สนับสนุนด้านวิชาการอย่างต่อเนื่อง อันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญตลอดการศึกษา และนางสาวอลิสา รัตนวิชัย ที่เป็นทั้งเพื่อนและเพื่อนร่วมชั้น ผู้เปรียบเสมือนสหายร่วมทาง ช่วยกันเรียนรู้ ก้าวผ่านเส้นทางการศึกษานี้มาพร้อมกัน รวมถึงพี่ๆ น้องๆ เพื่อนร่วมงานจาก พพ. ที่สนับสนุนและมอบแรงใจอย่างอบอุ่น จนทำให้งานศึกษาฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ณัฐวดี สามารถ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **จ**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ฉ**

สารบัญ ..... **ช**

สารบัญตาราง ..... **ฎ**

สารบัญภาพ ..... **ฒ**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5

1.3 ขอบเขตการศึกษา 5

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **7**

2.1 แนวคิดอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building) 7

2.2 แนวคิดอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) 9

2.3 นโยบายของรัฐที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ 10

2.3.1 กรอบนโยบายยุทธศาสตร์ชาติ 10

2.3.2 กฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง 11

2.3.3 มาตรการจูงใจทางการเงิน 12

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

2.5 โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานของอาคาร 18

2.5.1 โปรแกรม BEC Web-Based 18

2.5.2 โปรแกรม Sefaira....20
2.6 การบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) ในระบบปรับอากาศเพื่อสนับสนุนเป้าหมายอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์....21
2.6.1 กลไกการทำงานของระบบปรับอากาศอัจฉริยะ....21
2.6.2 บทบาทของ IoT ในการขับเคลื่อนอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์....22
2.7 การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน....23
2.7.1 วิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB)....23
2.7.2 วิธีค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV)....24
2.7.3 วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return; IRR)....24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....27
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย....27
3.1.1 เก็บข้อมูลลักษณะอาคารกรณีศึกษา....27
3.1.2 ศึกษาข้อมูลวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน....28
3.1.3 นำข้อมูลมาเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงอาคาร....28
3.1.4 ประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based....29
3.1.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira....29
3.1.6 ประเมินความคุ้มทุนทางการเงินและระยะเวลาคืนทุน....29
3.1.7 สรุปผล....30
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา....30
3.2.1 โปรแกรม BEC Web-Based....30
3.2.2 โปรแกรม Sefaira....30
บทที่ 4 อาคารกรณีศึกษา....32
4.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร....32

4.1.1 ที่วิเคราะห์ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Site Analysis).....32
4.1.2 ลักษณะของอาคาร 37
4.1.3 ลักษณะการใช้งานและจำนวนของผู้ใช้อาคาร.....43
4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอาคาร.....46
4.2.1 ข้อมูลระบบแสงสว่าง.....46
4.2.2 ข้อมูลระบบปรับอากาศ 46
4.2.3 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้า 57
4.3 วัสดุระบบเปลือกอาคาร 58
4.4 ประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based 60
4.4.1 การกำหนดข้อมูลวัสดุและอุปกรณ์ 61
4.4.2 การกำหนดพื้นที่และเปลือกอาคาร.....62
4.4.3 การกำหนดอุปกรณ์แต่ละโซนและตรวจสอบตามเกณฑ์ 64
4.4.4 สรุปผลการประเมินอาคารก่อนปรับปรุง.....66
4.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira.....69
4.5.1 การตั้งค่าข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira.....69
4.5.2 ผลการวิเคราะห์พลังงานของอาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง 83
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์พลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง 85
5.1 การเปรียบเทียบวัสดุและระบบที่ใช้ในการปรับปรุง.....85
5.1.1 วัสดุเปลือกอาคาร (Building Envelope Materials).....85
5.1.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Systems).....90
5.1.3 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System).....91
5.1.4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic System).....92
5.2 การปรับปรุงผังพื้น (Floor Plan Design).....94
5.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศหลังการปรับปรุง.....101

5.4 ประเมินอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based 112
5.4.1 การปรับปรุงวัสดุและอุปกรณ์ 114
5.4.2 การกำหนดพื้นที่และเปลือกอาคารหลังปรับปรุง 118
5.4.3 การปรับปรุงอุปกรณ์แต่ละโซนและตรวจสอบตามเกณฑ์ 120
5.4.4 สรุปผลการประเมินอาคารหลังปรับปรุง 123
5.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira 126
5.5.1 การตั้งค่าข้อมูลของอาคารหลังการปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira 126
5.5.2 ผลการวิเคราะห์การจำลองแสงธรรมชาติ (Daylighting Simulation Analysis) 127
5.5.3 การกำหนดข้อมูลสำหรับการจำลองพลังงานในโปรแกรม Sefaira ของอาคาร หลังปรับปรุง 134
5.5.4 ผลการวิเคราะห์พลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังปรับปรุง 141
5.6 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 143
5.6.1 ต้นทุนการลงทุน (Investment Cost) 144
5.6.2 การประหยัดพลังงานจากการปรับปรุง (Energy Saving) 145
5.6.3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB) 145
5.6.4 สรุปความคุ้มค่าของการปรับปรุงอาคาร (Summary of Economic Feasibility) 146
5.7 อภิปรายผล 146
5.7.1 ผลลัพธ์ด้านพลังงาน 146
5.7.2 ผลลัพธ์ด้านเศรษฐศาสตร์ 147
5.7.3 ข้อจำกัดของการศึกษา 148
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 149
6.1 สรุปผลการศึกษา 149
6.1.1 อาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง 149
6.1.2 สรุปแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 149
6.1.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 152

6.2 ข้อเสนอแนะ 153
6.2.1 ข้อเสนอแนะด้านการออกแบบและก่อสร้างอาคารใหม่ 153
6.2.2 ข้อเสนอแนะด้านการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่เดิม 153
6.2.3 ข้อเสนอแนะด้านนโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐ 153
6.2.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาและวิจัยในอนาคต 154
รายการอ้างอิง 155
ภาคผนวก 159
ภาคผนวก ก 160
ภาคผนวก ข 164
ภาคผนวก ค 165
ประวัติผู้เขียน 168

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ 25
ตารางที่ 2 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 1 (ก่อนปรับปรุง).....38
ตารางที่ 3 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 2 (ก่อนปรับปรุง).....38
ตารางที่ 4 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 3 (ก่อนปรับปรุง).....38
ตารางที่ 5 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 4 (ก่อนปรับปรุง).....39
ตารางที่ 6 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 5 (ก่อนปรับปรุง).....39
ตารางที่ 7 รายละเอียดวัสดุประกอบอาคาร 43
ตารางที่ 8 จำนวนบุคลากรผู้ใช้งานอาคารสำนักงาน 5 ชั้น.....44
ตารางที่ 9 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 1 47
ตารางที่ 10 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1.....47
ตารางที่ 11 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 2.....49
ตารางที่ 12 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2.....49
ตารางที่ 13 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 3.....51
ตารางที่ 14 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3.....51
ตารางที่ 15 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 4.....53
ตารางที่ 16 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4.....53
ตารางที่ 17 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 5.....55
ตารางที่ 18 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5.....55
ตารางที่ 19 รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงาน.....57
ตารางที่ 20 รายละเอียดคุณสมบัติวัสดุผนัง และหลังคาอาคาร.....59
ตารางที่ 21 รายละเอียดคุณสมบัติกระจก.....59
ตารางที่ 22 ผลสรุปอาคารก่อนปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based 68
ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบฉนวนแต่ละประเภท.....86
ตารางที่ 24 เกณฑ์การให้คะแนนของวัสดุฉนวนกันความร้อน.....87

ตารางที่ 25 ผลสรุปคะแนนการประเมินวัสดุฉนวนกันความร้อน....87
ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบคุณสมบัติกระจก 4 ประเภท....88
ตารางที่ 27 เกณฑ์การให้คะแนนของวัสดุกระจก....89
ตารางที่ 28 ผลสรุปคะแนนการประเมินวัสดุกระจก....89
ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง....91
ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเดิมและระบบที่ปรับปรุงใหม่....92
ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท....93
ตารางที่ 32 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 1 (หลังปรับปรุง)....101
ตารางที่ 33 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1 (หลังปรับปรุง)....102
ตารางที่ 34 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 2 (หลังปรับปรุง)....104
ตารางที่ 35 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 (หลังปรับปรุง)....104
ตารางที่ 36 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 3 (หลังปรับปรุง)....106
ตารางที่ 37 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3 (หลังปรับปรุง)....106
ตารางที่ 38 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 4 (หลังปรับปรุง)....108
ตารางที่ 39 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4 (หลังปรับปรุง)....108
ตารางที่ 40 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 5 (หลังปรับปรุง)....110
ตารางที่ 41 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5 (หลังปรับปรุง)....110
ตารางที่ 42 แสดงค่าคุณสมบัติวัสดุทึบแสงหลังการปรับปรุง....115
ตารางที่ 43 แสดงค่าคุณสมบัติวัสดุโปร่งแสงหลังการปรับปรุง....115
ตารางที่ 44 แสดงประเภทหลอดไฟที่ใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม....117
ตารางที่ 45 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type Inverter ที่เลือกใช้ในการปรับปรุงอาคาร....118
ตารางที่ 46 ผลสรุปอาคารหลังปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based....125
ตารางที่ 47 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)....142
ตารางที่ 48 รายละเอียดวัสดุ และค่าแรงต้นทุน....144
ตารางที่ 49 สรุปต้นทุนรายแนวทางการปรับปรุงของอาคารกรณีศึกษา....144

ตารางที่ 50 ผลการประหยัดพลังงานของอาคารหลังปรับปรุง.....145
ตารางที่ 51 ผลสรุปการประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based ของอาคารก่อน และหลังปรับปรุง
.....151

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงแนวโน้มการประหยัดพลังงานสะสม (ktoe) จากการยกระดับมาตรฐานอาคารในประเทศไทย ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2568 (EEP 2024) 3
ภาพที่ 2 ลักษณะภายนอกของอาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 4
ภาพที่ 3 แสดงองค์ประกอบในการประหยัดพลังงานของอาคาร 8
ภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบของอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยรวมกลยุทธ์การออกแบบเพื่อบรรลุเป้าหมาย ZEB 9
ภาพที่ 5 เป้าหมายอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580) 11
ภาพที่ 6 เกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน 6 ระบบ 12
ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของหน้าหลัก (Dashboard) BEC Web-Based 19
ภาพที่ 8 ตัวอย่างการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรม Sefaira และ Sketchup 21
ภาพที่ 9 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 27
ภาพที่ 10 อาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 32
ภาพที่ 11 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร 33
ภาพที่ 12 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแน่งและบริบทรอบข้าง (2) 34
ภาพที่ 13 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแน่งและบริบทรอบข้าง (1) 34
ภาพที่ 14 การวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และรูปแบบเงาที่ตกกระทบอาคาร 35
ภาพที่ 15 ผังบริเวณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 35
ภาพที่ 16 การวิเคราะห์ทิศทางและความเร็วลม 36
ภาพที่ 17 แสดงกราฟไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ของพื้นที่โครงการ 37
ภาพที่ 18 แสดงผังพื้นชั้น 1 และชั้น 2 (ก่อนปรับปรุง) 40
ภาพที่ 19 แสดงผังพื้นชั้น 3 และชั้น 4 (ก่อนปรับปรุง) 41
ภาพที่ 20 แสดงผังพื้นชั้น 5 (ก่อนปรับปรุง) 42
ภาพที่ 21 แสดงสภาพภายในอาคารกรณีศึกษา 45
ภาพที่ 22 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1 48

ภาพที่ 23 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2.....50
ภาพที่ 24 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3.....52
ภาพที่ 25 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4.....54
ภาพที่ 26 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5.....56
ภาพที่ 27 แสดงข้อมูลพื้นฐานและผลสรุปของโครงการ.....60
ภาพที่ 28 แสดงหน้ากำหนดวัสดุโปร่งแสง.....61
ภาพที่ 29 แสดงหน้ากำหนดวัสดุทึบแสง.....61
ภาพที่ 30 แสดงหน้ารายการหลอดไฟฟ้าเพื่อใช้คำนวณ LPD.....62
ภาพที่ 31 แสดงหน้ารายการเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....62
ภาพที่ 32 แสดงชั้นของอาคาร (FL-1 ถึง FL-5) พร้อมพื้นที่แต่ละชั้น.....63
ภาพที่ 33 แสดงเมนูส่วนเปลือกอาคารที่เชื่อมโยงข้อมูลกับส่วนพื้นที่อาคาร.....63
ภาพที่ 34 แสดงส่วนพื้นที่อาคาร (Zones) ของแต่ละชั้น พร้อมพื้นที่ใช้งาน.....63
ภาพที่ 35 แสดงเมนูส่วนเปลือกอาคารที่ระบุตามทิศและตามส่วนพื้นที่อาคาร.....64
ภาพที่ 36 ตัวอย่างชั้น 3 Zone 2 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบผนังอาคารแต่ละทิศ.....64
ภาพที่ 37 ตัวอย่างชั้น 3 Zone 2 แสดงรายละเอียดเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภท.....65
ภาพที่ 38 ตัวอย่างชั้น 3 Zone 2 แสดงข้อมูลหลอดไฟแต่ละประเภทที่ใช้ในอาคาร.....65
ภาพที่ 39 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (1).....66
ภาพที่ 40 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (2).....67
ภาพที่ 41 การสร้างโมเดลอาคารกรณีศึกษาในโปรแกรม SketchUp เพื่อนำไปจำลองพลังงานในโปรแกรม Sefaira.....69
ภาพที่ 42 แสดงผลการจำลองพลังงานขั้นต้นของอาคารก่อนปรับปรุงโดยโปรแกรม Sefaira.....70
ภาพที่ 43 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 1.....71
ภาพที่ 44 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 2.....72
ภาพที่ 45 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 3.....73
ภาพที่ 46 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 4.....74
ภาพที่ 47 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 5.....75

ภาพที่ 48 พื้นที่ปฏิบัติงานที่ปิดช่องแสงทางด้านทิศใต้.....76
ภาพที่ 49 แสดงการตั้งค่าระบบเปลือกอาคารของโมเดลที่อัปโหลดเข้าสู่เว็บไซต์ Sefaira 77
ภาพที่ 50 แสดงการตั้งค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (Space Use) ของอาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง 78
ภาพที่ 51 แสดงการแบ่งโซนชั้น 1 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ....80
ภาพที่ 52 แสดงการแบ่งโซนชั้น 3 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ....81
ภาพที่ 53 แสดงการแบ่งโซนชั้น 2 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ....81
ภาพที่ 54 แสดงการแบ่งโซนชั้น 5 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ....82
ภาพที่ 55 แสดงการแบ่งโซนชั้น 4 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ....82
ภาพที่ 56 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารก่อนปรับปรุง 83
ภาพที่ 57 แสดงผลการจำลองพลังงานของอาคารก่อนการปรับปรุง.....83
ภาพที่ 58 แสดงผังพื้นชั้น 1 (หลังปรับปรุง).....95
ภาพที่ 59 แสดงผังพื้นชั้น 2 (หลังปรับปรุง).....96
ภาพที่ 60 แสดงผังพื้นชั้น 3 (หลังปรับปรุง).....97
ภาพที่ 61 แสดงผังพื้นชั้น 4 (หลังปรับปรุง).....98
ภาพที่ 62 แสดงผังพื้นชั้น 5 (หลังปรับปรุง).....99
ภาพที่ 63 แสดงผังพื้นชั้นดาดฟ้า (หลังปรับปรุง).....100
ภาพที่ 64 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1 (หลังปรับปรุง).....103
ภาพที่ 65 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 (หลังปรับปรุง).....105
ภาพที่ 66 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3 (หลังปรับปรุง).....107
ภาพที่ 67 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4 (หลังปรับปรุง).....109
ภาพที่ 68 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5 (หลังปรับปรุง).....111
ภาพที่ 69 แสดงข้อมูลพื้นฐานและผลสรุปของโครงการหลังปรับปรุง.....113
ภาพที่ 70 การกำหนดค่าคุณสมบัติวัสดุทึบแสงหลังการปรับปรุง.....114
ภาพที่ 71 การกำหนดค่าคุณสมบัติวัสดุโปร่งแสงหลังการปรับปรุง 115
ภาพที่ 72 กระจกลามิเนต 2 ชั้น (6+0.76PVB+6 mm.).....116

ภาพที่ 73 ส่วนประกอบชั้นวัสดุของผนังอาคาร....116
ภาพที่ 74 ส่วนประกอบชั้นวัสดุของหลังคาอาคาร....116
ภาพที่ 75 รายการหลอด LED ที่ใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม....117
ภาพที่ 76 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type Inverter ที่เลือกใช้ในการปรับปรุงอาคาร โดยมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) ที่สูงขึ้น....117
ภาพที่ 77 แสดงส่วนเปลือกอาคารที่เชื่อมโยงข้อมูลกับส่วนพื้นที่อาคารหลังปรับปรุง....119
ภาพที่ 78 แสดงส่วนพื้นที่อาคาร (Zones) ของแต่ละชั้น พร้อมพื้นที่ใช้งานแต่ละโซนของอาคารหลังปรับปรุง....119
ภาพที่ 79 แสดงชั้นของอาคารหลังปรับปรุง (FL-1 ถึง FL-5) พร้อมพื้นที่แต่ละชั้น....119
ภาพที่ 80 แสดงส่วนเปลือกอาคารที่ระบุตามทิศและตามส่วนพื้นที่ของอาคารหลังปรับปรุง....120
ภาพที่ 81 ตัวอย่างชั้น 1 Zone 1 ของอาคารหลังปรับปรุงที่แสดงข้อมูลชุดโคมไฟ....121
ภาพที่ 82 ตัวอย่างชั้น 1 Zone 1 ของอาคารหลังปรับปรุงที่ส่วนเปลือกอาคาร....121
ภาพที่ 83 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์....122
ภาพที่ 84 ตัวอย่างชั้น 1 Zone 1 ของอาคารหลังปรับปรุงที่แสดงเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภท....122
ภาพที่ 85 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานของอาคารหลังปรับปรุง โดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (1)....123
ภาพที่ 86 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานของอาคารหลังปรับปรุง โดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (2)....124
ภาพที่ 87 แสดงโมเดลสามมิติในโปรแกรม Sketchup ที่ได้ปรับปรุงช่องเปิดเพิ่มขึ้นเพื่อให้อาคารได้รับแสง Daylight....126
ภาพที่ 88 แสดงผลการจำลองพลังงานขั้นต้นของอาคารหลังปรับปรุงโดยโปรแกรม Sefaira....127
ภาพที่ 89 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 1....128
ภาพที่ 90 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 2....129
ภาพที่ 91 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 3....130
ภาพที่ 92 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 4....131
ภาพที่ 93 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 5....132

ภาพที่ 94 แสดงการตั้งค่าระบบเปลือกอาคารของอาคารหลังปรับปรุงในเว็บไซต์ Sefaira 134
ภาพที่ 95 แสดงการตั้งค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (Space Use) ของอาคารกรณีศึกษาหลังปรับปรุง 135
ภาพที่ 96 แสดงการแบ่งโซนชั้น 1 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง).....137
ภาพที่ 97 แสดงการแบ่งโซนชั้น 3 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง 138
ภาพที่ 98 แสดงการแบ่งโซนชั้น 2 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง).....138
ภาพที่ 99 แสดงการแบ่งโซนชั้น 4 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง).....139
ภาพที่ 100 แสดงการแบ่งโซนชั้น 5 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง).....139
ภาพที่ 101 แสดงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในอาคารหลังปรับปรุง 140
ภาพที่ 102 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารหลังปรับปรุง.....141
ภาพที่ 103 แสดงผลการจำลองพลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง 141
ภาพที่ 104 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของอาคารกรณีศึกษากับมาตรฐานอาคารประเภทต่างๆ (BEC, HEPS, ECON, ZEB).....152

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

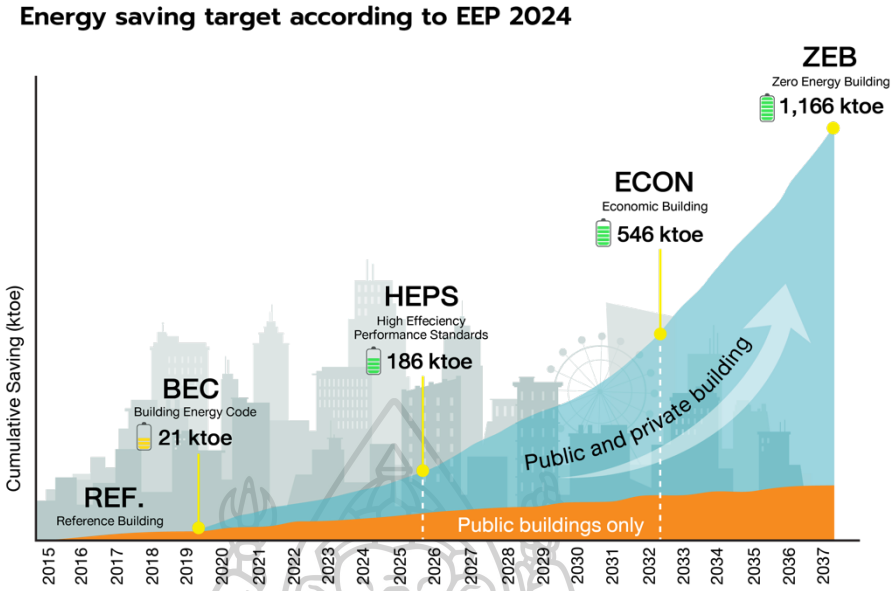
ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดด้านการพัฒนาอาคารได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง จากการเน้นประสิทธิภาพการใช้พลังงาน นำไปสู่เป้าหมายด้านความยั่งยืน โดยเริ่มจากการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building) ที่มุ่งลดการสูญเสียพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร พัฒนาไปสู่อาคารเขียว (Green Building) ซึ่งให้ความสำคัญกับวงจรชีวิตของอาคาร การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จนเกิดแนวคิดที่เรียกว่า “อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์” (Net Zero Energy Building; NZEB) นับเป็นก้าวสำคัญในการพัฒนาอาคารอย่างยั่งยืน

อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) คืออาคารที่มีการออกแบบและดำเนินการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ปริมาณพลังงานที่ใช้ในรอบปีมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับปริมาณพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ภายในอาคารหรือบริเวณโดยรอบ (Torcellini et al., 2015) โดยทั่วไปอาคาร NZEB จะประกอบด้วยแนวทางหลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) การลดความต้องการพลังงาน (Energy Demand Reduction) (2) การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลังงาน (Energy Efficiency) และ (3) การผลิตพลังงานหมุนเวียนในสถานที่ (On-Site Renewable Energy Generation) แนวคิดนี้สอดคล้องกับเป้าหมายด้านความยั่งยืนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอาคาร โดยเฉพาะในแผน Net Zero Emissions by 2050 ของ International Energy Agency (IEA) ซึ่งกำหนดให้ภาคอาคารต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เหลือศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050 (Camarasa et al., 2022) เพื่อสนับสนุนการจำกัดอุณหภูมิโลกให้เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1.5 องศาเซลเซียส ตามเป้าหมายของความตกลงปารีส (Paris Agreement) ค.ศ. 2015 ดังนั้น เพื่อรักษาเสถียรภาพของภูมิอากาศโลก และให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนผ่านไปสู่อาคารที่มีความต้องการใช้พลังงานต่ำ และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถพึ่งพาพลังงานหมุนเวียนได้อย่างเต็มรูปแบบ อาคาร NZEB จึงถือเป็นแนวทางสำคัญในการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และมีบทบาทเชิงยุทธศาสตร์ต่อการบรรลุเป้าหมายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในระดับนานาชาติ องค์ประกอบสำคัญของอาคาร NZEB ไม่ได้จำกัดเฉพาะการติดตั้งระบบผลิตพลังงานเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ การวางผังอาคารให้เหมาะสมกับทิศทางแดดและลม การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ และการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดสมดุลพลังงาน (Energy Balance) ที่แท้จริงในระดับอาคาร

อย่างไรก็ตาม แม้ในเชิงหลักการ แนวคิดของอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์จะได้รับการสนับสนุนอย่างกว้างขวางในระดับสากลว่าเป็นแนวทางสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้จริงในอาคารที่มีข้อจำกัดด้านกายภาพ จะพบว่ามีอุปสรรคหลายประการที่เป็นข้อจำกัดต่อการบรรลุเป้าหมายดังกล่าว โดยเฉพาะในกรณีของอาคารสูง ซึ่งจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาอาคารสูงไปสู่สถานะ NZEB พบว่าความสูงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความยากในการบรรลุเป้าหมายดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากอาคารสูง (High-Rise Buildings) มักมีพื้นที่หลังคาและพื้นที่ผิวภายนอกที่สามารถติดตั้งระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้จำกัด เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร (Shirinbakhsh & Harvey, 2024) ด้วยเหตุนี้ อาคารที่สามารถบรรลุเป้าหมาย NZEB ได้ส่วนใหญ่มักเป็นบ้านเดี่ยว หรืออาคารที่มีความสูงไม่เกิน 5 ชั้น (Berry & Davidson, 2015; Thygesen & Karlsson, 2017)

ในบริบทของประเทศไทย การพัฒนาอาคาร NZEB ได้รับการผลักดันภายใต้แผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan; EEP) ซึ่งได้กำหนดทิศทางในการยกระดับมาตรฐานอาคารให้ก้าวไปสู่การเป็น Zero Energy Building (ZEB) ตามลำดับ โดยร่างแผนฉบับล่าสุดในปี ค.ศ. 2024 (EEP 2024) ได้วางเป้าหมายการบังคับใช้กฎหมายและกลไกส่งเสริมอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการบังคับใช้ข้อกำหนดด้านการออกแบบอาคารตามเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) สำหรับอาคารขนาดใหญ่ในปี ค.ศ. 2023 การขยายไปสู่การใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตามมาตรฐาน High Energy Performance Standards (HEPS) ในปี ค.ศ. 2025 การส่งเสริมเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่า (ECON) ภายในปี ค.ศ. 2031 ไปจนถึงการผลักดันให้อาคารใหม่และอาคารที่ได้รับการปรับปรุงบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคาร ZEB ภายในปี ค.ศ. 2037 โดยคาดว่าจะสามารถลดการใช้พลังงานสะสมได้มากถึง 1,166 ktoe แนวทางดังกล่าวเป็นการแสดงถึงบทบาทของภาครัฐในการผลักดันให้มีการพัฒนาอาคาร NZEB ในประเทศไทยอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

โดยทั่วไป อาคารของหน่วยงานภาครัฐมักมีอายุการใช้งานยาวนาน เนื่องจากนโยบายด้านงบประมาณของภาครัฐให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาและการใช้งานอาคารอย่างต่อเนื่อง มากกว่าการรื้อถอนและสร้างใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าการลงทุน และสอดคล้องกับข้อจำกัดของงบประมาณรายปี นอกจากนี้ กระบวนการจัดสรรงบประมาณภาครัฐยังต้องผ่านการพิจารณาหลายขั้นตอน จึงทำให้หน่วยงานส่วนใหญ่เลือกที่จะใช้อาคารเดิมให้ได้นานที่สุด ส่งผลให้อาคารราชการจำนวนมากยังคงเป็นอาคารเก่าที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 20–30 ปี แม้จะสามารถใช้งานได้ แต่โดยทั่วไปมักมีประสิทธิภาพด้านพลังงานต่ำ และยังไม่สอดคล้องกับมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานในปัจจุบัน



ภาพที่ 1 แสดงแนวโน้มการประหยัดพลังงานสะสม (ktoe) จากการยกระดับมาตรฐานอาคารในประเทศไทย ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2568 (EEP 2024)

เมื่อพิจารณาบทบาทของอาคารในภาครัฐจะพบว่า กลุ่มอาคารเหล่านี้มีศักยภาพอย่างยิ่งในการเป็นต้นแบบเชิงนโยบาย สำหรับการขับเคลื่อนเป้าหมายด้านพลังงานของประเทศ โดยเฉพาะในการพัฒนาไปสู่อาคาร NZEB เนื่องจากอาคารภาครัฐส่วนใหญ่มีลักษณะการใช้งานที่แน่นอนต่อเนื่อง เช่น สำนักงานราชการ โรงเรียน หรือสถานบริการสาธารณะ ซึ่งเป็นกลุ่มอาคารที่ใช้พลังงานในสัดส่วนสูง และมีการใช้งานตลอดทั้งปี การปรับปรุงอาคารกลุ่มนี้ให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานจึงสามารถส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศได้ และยังช่วยสร้างแรงจูงใจและความเชื่อมั่นให้กับภาคเอกชนและประชาชนในการดำเนินการในทิศทางเดียวกัน อีกทั้ง หน่วยงานภาครัฐยังมีข้อได้เปรียบในด้านการเข้าถึงงบประมาณโดยตรง รวมถึงอำนาจในการออกแบบนโยบายและมาตรการต่าง ๆ จึงสามารถขับเคลื่อนโครงการด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ แนวทางการปรับปรุงอาคารเดิม (Retrofitting) ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติว่าเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนที่สุดในการลดการปล่อยคาร์บอนจากภาคอาคาร โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับการรื้อถอนและสร้างใหม่ ซึ่งมักก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนทั้งจากกระบวนการก่อสร้าง (Embodied Carbon) และการใช้งานอาคาร (Operational Emissions) ในปริมาณสูง การปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดอายุการใช้งานได้ถึง 50–75% เมื่อเทียบกับอาคารใหม่ที่มีขนาดและฟังก์ชันใกล้เคียงกัน ทั้งยังสอดคล้องกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า (Anu Devi, 2024; David Hutchinson and Chuck Bundrick, 2025)

จากเหตุผลข้างต้นจะเห็นได้ว่า การปรับปรุงอาคารของหน่วยงานภาครัฐให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานและก้าวไปสู่สถานะอาคาร NZEB เป็นแนวทางที่สอดคล้องกับเป้าหมายระดับชาติและนานาชาติ นัยสำคัญของการเลือกอาคารกรณีศึกษาแห่งนี้ ไม่เพียงแต่เกิดจากสภาพปัญหาทางกายภาพเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในเชิงยุทธศาสตร์ 2 ประการ ได้แก่ ประการแรก การเป็นอาคารภายใต้สังกัดของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการกำหนดนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ การปรับปรุงอาคารสำนักงานเดิมของหน่วยงานให้เป็นอาคาร NZEB จึงเปรียบเสมือนการสร้างพื้นที่สาธิตเชิงประจักษ์ (Demonstration Site) ที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นผู้นำในการลงมือปฏิบัติ และสร้างความเชื่อมั่นว่าเป้าหมาย Net Zero สามารถเป็นไปได้จริงในอาคารเก่า และ ประการที่สอง ในเชิงรูปแบบอาคาร (Building Typology) อาคารกรณีศึกษาที่เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กความสูง 5 ชั้น ถือเป็นรูปแบบอาคารสำนักงานราชการมาตรฐานที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย และเป็นระดับความสูงที่มีศักยภาพสูงสุดในการพัฒนาเป็น NZEB เนื่องจากมีสัดส่วนพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ใช้งานที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตพลังงาน ดังนั้น การถอดบทเรียนจากการแก้ปัญหาในอาคารหลังนี้ จึงสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบ (Prototype) เพื่อขยายผลและประยุกต์ใช้กับอาคารราชการลักษณะเดียวกันที่มีอยู่จำนวนมากทั่วประเทศได้



ภาพที่ 2 ลักษณะภายนอกของอาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
(ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อ สิงหาคม 2568)

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์สมรรถนะด้านพลังงานของอาคารกรณีศึกษา ทั้งในสภาพก่อนและหลังการปรับปรุง โดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน (Building Energy Code; BEC) ร่วมกับการจำลองด้วยโปรแกรม Sefaira เพื่อประเมินค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปสู่การสร้างแนวทางการปรับปรุงอาคาร

สำนักงานราชการที่เป็นรูปธรรม ซึ่งหน่วยงานอื่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเก่า ให้ก้าวไปสู่มาตรฐานอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB) อันจะเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์พลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยให้บรรลุเป้าหมายอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักเกณฑ์ แนวทาง และปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) โดยเฉพาะในบริบทของอาคารสำนักงานราชการในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อประเมินศักยภาพของอาคารสำนักงาน 5 ชั้น ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในการปรับปรุงสู่การเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

1.2.3 เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงทั้งด้านสถาปัตยกรรม ระบบเปลือกอาคาร การจัดการพลังงาน และการใช้พลังงานหมุนเวียน ที่เหมาะสมกับอาคารสำนักงานราชการที่มีอยู่เดิม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารสำนักงานของหน่วยงานภาครัฐให้สามารถบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) โดยใช้กรณีศึกษา อาคารสำนักงาน 5 ชั้นของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

1.3.2 การศึกษาครอบคลุมเฉพาะการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงาน และการเพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนภายในพื้นที่อาคาร ผ่านการใช้เครื่องมือจำลองพลังงาน ได้แก่ โปรแกรม BEC Web-Based และ โปรแกรม Sefaira เพื่อประเมินค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) สมรรถนะของระบบเปลือกอาคาร ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ

1.3.3 เสนอจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี) จำนวนเงินลงทุน (บาท) และระยะคืนทุน (ปี)

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 สำรวจและประเมินการใช้พลังงานของอาคารก่อนปรับปรุง โดยครอบคลุมถึงการประเมินค่า OTTV และ RTTV ของผนังและหลังคา เพื่อวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร รวมถึงเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งประเภท จำนวน และกำลังไฟของโคมไฟ

ในช่วงเวลาใช้งานจริง ตรวจสอบระบบปรับอากาศโดยพิจารณาประเภทเครื่อง ค่า EER/COP และรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ ตลอดจนการประเมินอุปกรณ์สำนักงานและเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.4.2 กำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร ประกอบด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพเปลือกอาคาร เช่น การเสริมฉนวน การเปลี่ยนกระจก การเพิ่มอุปกรณ์บังแดด และการใช้สีสะท้อนความร้อนที่หลังคา การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยเปลี่ยนเป็นหลอด LED และออกแบบพื้นที่ทำงานให้สามารถใช้แสงธรรมชาติร่วมด้วย การปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

1.4.3 ประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based เพื่อตรวจสอบค่า OTTV, RTTV, LPD และ COP ของอาคาร เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ตามข้อกำหนด BEC เพื่อระบุจุดที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ด้านการใช้พลังงาน

1.4.4 ตรวจสอบประสิทธิภาพอาคารก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira เพื่อประเมินค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity, EUI) ปริมาณการใช้พลังงานรวมต่อปี และค่า Daylight Factor ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ของมาตรการปรับปรุงแต่ละแนวทางได้อย่างชัดเจน

1.4.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พร้อมประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาจำนวนเงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการในอนาคต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการเดิม ให้สามารถบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ได้อย่างเหมาะสมทั้งในด้านการออกแบบสถาปัตยกรรมและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

1.5.2 เพื่อเป็นกรณีศึกษาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ ในการวางแผนปรับปรุงอาคารตามเกณฑ์ BEC และแนวทาง NZEB ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคารภาครัฐ โดยเฉพาะในอาคารที่มีความสูงระดับกลาง (ความสูงไม่เกิน 5 ชั้น) และมีข้อจำกัดด้านกายภาพ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และนำเสนอแนวทางเพื่อการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการ ให้บรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) โดยใช้กรณีศึกษาอาคาร 5 ชั้นของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นอาคารเก่า ถูกใช้งานมานาน และปัจจุบันยังคงเป็นอาคารสำนักงานหลักของหน่วยงาน การดำเนินงานดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาทบทวนองค์ความรู้เชิงทฤษฎีและกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน ทั้งในบริบทเชิงนโยบายของภาครัฐ ทฤษฎีการออกแบบและการประหยัดพลังงานของอาคาร ตลอดจนการศึกษากรณีตัวอย่างจากงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ เพื่อสร้างพื้นฐานที่ชัดเจนสำหรับการวางแผนและวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพ สอดรับกับเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของประเทศด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว โดยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 แนวคิดอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building)
2.2 แนวคิดอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB)
2.3 นโยบายของรัฐที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.5 โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานของอาคาร
2.6 การบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) ในระบบปรับอากาศเพื่อสนับสนุนเป้าหมายอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
2.7 การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน

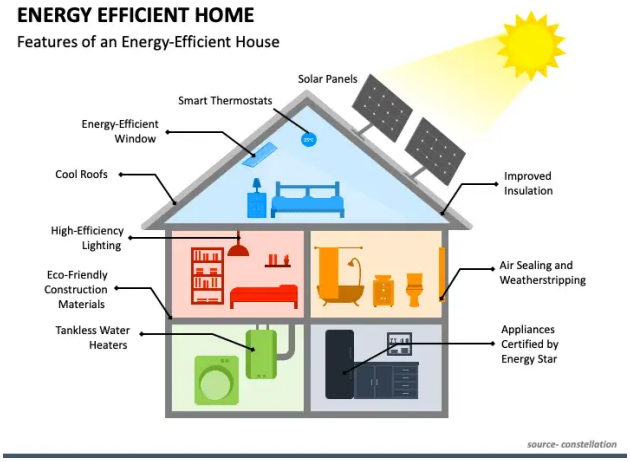
2.1 แนวคิดอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building)

แนวคิดอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building) เป็นแนวคิดพื้นฐานที่เน้นการลดการใช้พลังงานในอาคารผ่านหลักการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ และการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต่างๆ ในอาคารให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและรูปแบบการใช้งาน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดการสูญเสียพลังงานให้น้อยที่สุด (Chwieduk, 2003) ทฤษฎีนี้มีหลักการที่สำคัญ ได้แก่ การลดภาระพลังงานของอาคาร (Building Load Reduction) และการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการใช้พลังงาน (System Efficiency Improvement) โดยในการลดภาระพลังงานนั้นจะให้ความสำคัญกับการลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน

อาคาร เช่น การติดตั้งฉนวนกันความร้อน การเลือกวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ การออกแบบช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางของดวงอาทิตย์และลมธรรมชาติ ตลอดจนการใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อลดความร้อนจากแสงแดดโดยตรง (Santamouris et al., 2007)

นอกจากการลดภาระพลังงานแล้ว การเพิ่มประสิทธิภาพระบบภายในอาคารก็ถือเป็นหัวใจสำคัญของทฤษฎีการประหยัดพลังงาน ซึ่งได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบควบคุมอัตโนมัติภายในอาคาร (Building Automation Systems; BAS) (Pérez-Lombard et al., 2008) ระบบเหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและการควบคุมการทำงานให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง ตัวอย่างเช่น การใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบ Variable Refrigerant Flow (VRF) ที่สามารถปรับเปลี่ยนปริมาณสารทำความเย็นตามภาระความเย็นจริงของอาคาร การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอด LED ที่มีประสิทธิภาพสูงและอายุการใช้งานยาวนาน การใช้เซนเซอร์ตรวจจับการใช้งานพื้นที่หรือการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบแสงสว่างและปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมโดยอัตโนมัติ รวมถึงการใช้ระบบบริหารจัดการพลังงานอัจฉริยะ (Energy Management System; EMS) ที่ช่วยให้ผู้ดูแลอาคารสามารถติดตาม วิเคราะห์ และปรับแต่งการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในระยะยาว (Marinakis & Doukas, 2018)

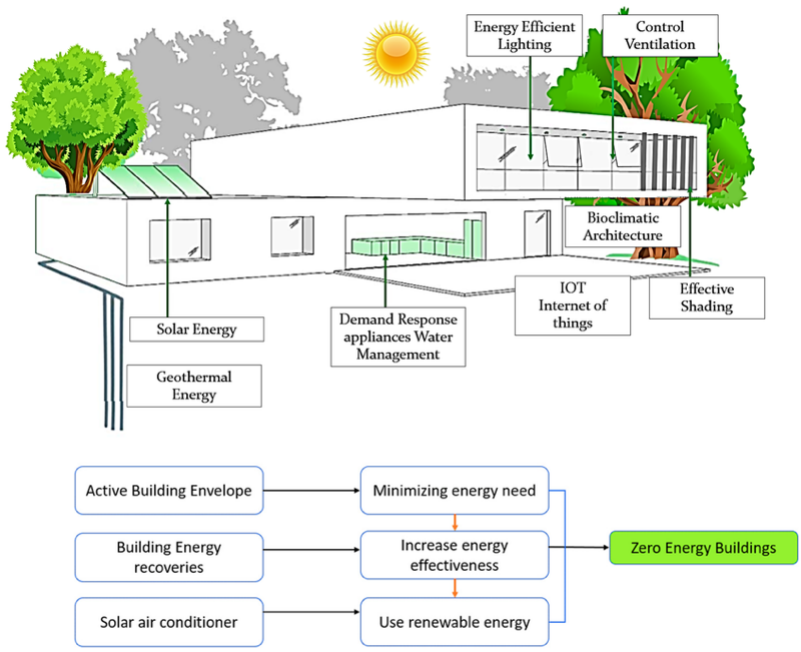
ดังนั้น จะเห็นได้ว่าแนวทางและทฤษฎีการประหยัดพลังงานในอาคารนั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและลดการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารให้มากที่สุด โดยอาศัยความเข้าใจในหลักการเชิงฟิสิกส์ของการถ่ายเทความร้อน ความรู้ทางวิศวกรรมพลังงาน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ และการบูรณาการร่วมกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนทางพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 3 แสดงองค์ประกอบในการประหยัดพลังงานของอาคาร
ที่มา: https://www.32degreesbuilding.com.au/how-to-make-your-home-energy-efficient/ [สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2568]

2.2 แนวคิดอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB)

อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) เป็นแนวคิดในการออกแบบอาคารผ่านการบูรณาการลดการใช้พลังงาน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต่างๆ ภายในอาคาร ควบคู่กับการผลิตพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ของอาคารเองในปริมาณที่สมดุลกับพลังงานที่อาคารใช้ไปในรอบปี (Pless & Torcellini, 2010) โดยมีหลักการพื้นฐานในการดำเนินการ 3 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ ขั้นตอนแรก คือการลดปริมาณความต้องการใช้พลังงานของอาคารให้น้อยที่สุดผ่านแนวคิด Passive Design เช่น การออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ การวางผังอาคารให้เอื้อต่อการใช้แสงธรรมชาติและการระบายอากาศ ขั้นตอนที่สอง คือการเลือกใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูง (Energy Efficiency Measures) เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร และขั้นตอนสุดท้าย คือการติดตั้งระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนจากแหล่งพลังงานสะอาดภายในพื้นที่อาคาร เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic) เพื่อชดเชยการใช้พลังงานจนเกิดเป็นสมดุลพลังงานสุทธิ (Energy Balance) ในระดับรายปี (Sartori et al., 2012)



ภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบของอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
โดยรวมกลยุทธ์การออกแบบเพื่อบรรลุเป้าหมาย ZEB

ที่มา: https://www.researchgate.net/publication/374270226/figure/fig2/
[สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2568]

ในเชิงยุทธศาสตร์ อาคาร NZEB ถือเป็นส่วนสำคัญของการขับเคลื่อนนโยบายพลังงานและสิ่งแวดล้อมในระดับโลก เนื่องจากภาคอาคารนั้นถูกประเมินว่ามีการใช้พลังงานรวมคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 30-40 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของโลก อีกทั้งยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสัดส่วนที่มีนัยสำคัญ (Crawford, 2022) ด้วยเหตุนี้ การส่งเสริมและผลักดันให้อาคารทั้งใหม่และเก่าเข้าสู่สถานะ NZEB จึงถูกบรรจุอยู่ในแผนยุทธศาสตร์พลังงานของหลายประเทศ เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายระยะยาวในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์ ตามกรอบความตกลงปารีส (Paris Agreement) ที่กำหนดให้ภาคอาคารต้องลดการปล่อยคาร์บอนให้เหลือศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งการดำเนินการตามแนวทาง NZEB นี้ นอกจากจะเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างยั่งยืนแล้ว ยังมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนโลกไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) อย่างเป็นรูปธรรมอีกด้วย

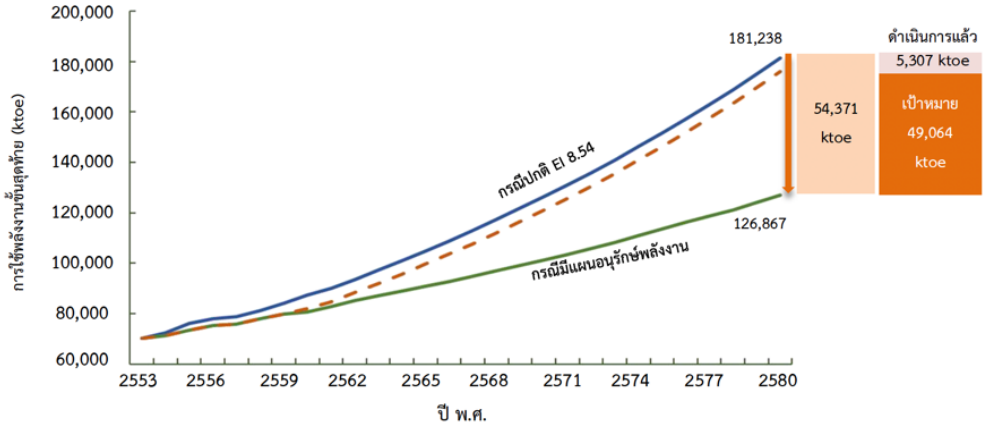
2.3 นโยบายของรัฐที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2.3.1 กรอบนโยบายยุทธศาสตร์ชาติ

ในระดับยุทธศาสตร์ชาติ ประเทศไทยได้กำหนดแผนพลังงานหลัก 3 แผนสำคัญ ได้แก่ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ (Power Development Plan; PDP) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan; AEDP) และแผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan; EEP) โดยทั้งหมดมีเป้าหมายร่วมกันคือการผลักดันให้เกิด “อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์” (Net Zero Energy Building; NZEB) ในวงกว้าง แผนเหล่านี้จัดทำภายใต้แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2558–2579) เพื่อมุ่งสู่ความมั่นคงและยั่งยืนด้านพลังงานควบคู่กับการสนับสนุนเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศของประเทศ โดยตั้งเป้าลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปีฐาน พ.ศ. 2553 และกำหนดให้ภาคอาคารลดการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ พร้อมผลักดันให้อาคารใหม่ทั้งหมดออกแบบและก่อสร้างให้บรรลุเกณฑ์อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ภายในปีเป้าหมาย ทั้งนี้มีการคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2579 ประเทศไทยจะมีอาคาร NZEB มากกว่า 2,000 แห่ง ซึ่งหมายถึงการที่อาคารสร้างใหม่เกือบทั้งหมดต้องออกแบบให้ใช้พลังงานสุทธิใกล้ศูนย์ตั้งแต่ต้น

ในส่วนของ แผน AEDP 2015–2036 ได้ให้ความสำคัญกับการเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนในภาคอาคารไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานรวมภายในปี ค.ศ. 2036 โดยมีหนึ่งในมาตรการหลักคือการส่งเสริมการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ให้มีกำลังผลิตรวมประมาณ 6,000 เมกะวัตต์ เพื่อให้อาคารสามารถผลิตและใช้พลังงานได้ด้วยตนเอง ลดการพึ่งพาระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก อันสอดคล้องกับแนวคิด NZEB ขณะเดียวกัน แผน PDP 2024 ยังได้บรรจุมาตรการด้านความต้องการใช้พลังงาน (Demand Side) เพื่อควบคุมและบริหารการใช้ไฟฟ้า

อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งครอบคลุมถึง การลดความต้องการใช้ไฟฟ้า ผ่านมาตรการอนุรักษ์พลังงาน การบริหารจัดการภาระพลังงาน (Load Management) ตลอดจนการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแบบกระจายตัวในภาคอาคาร ผ่านระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid) และกลไกการซื้อขายไฟฟ้าสีเขียว (Green Tariff) การบูรณาการของทั้งสามแผนดังกล่าวสะท้อนถึงความมุ่งมั่นของภาครัฐในการผลักดันภาคอาคารให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างต่อเนื่อง และเดินหน้าสู่การเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในระยะยาวอย่างเป็นระบบ



ภาพที่ 5 เป้าหมายอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580)

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

[สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2568]

2.3.2 กฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม เป็นกฎหมายหลักที่ใช้กำกับการจัดการพลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม โดยกำหนดให้อาคารควบคุมซึ่งส่วนใหญ่เป็นอาคารขนาดใหญ่ ต้องดำเนินการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย การตรวจสอบและรายงานการใช้พลังงานเป็นประจำ การจัดทำและดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่ผ่านการอบรมและได้รับการรับรองตามมาตรฐาน กฎหมายฉบับนี้ยังนำไปสู่การจัดตั้ง กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (Enconfund) เพื่อใช้เป็นทุนหมุนเวียนสนับสนุนการลงทุนและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งในรูปแบบเงินสนับสนุน เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ หรือการร่วมลงทุนกับโครงการที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐ เช่น โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในอาคารและโรงงาน

ในด้านมาตรฐานทางเทคนิค กระทรวงพลังงาน โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์

พลังงาน หรือที่รู้จักกันในชื่อ เกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคาร (Building Energy Code; BEC) ซึ่งประกาศใช้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2552 และปรับปรุงล่าสุดในปี พ.ศ. 2563 โดยกฎกระทรวงนี้ครอบคลุมอาคารสร้างใหม่ในบางประเภท เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า โรงแรม และโรงพยาบาล ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ให้ต้องออกแบบให้เป็นไปตามเกณฑ์ด้านสมรรถนะเปลือกอาคาร (เช่น ค่า OTTV และ RTTV), ระบบปรับอากาศ (เช่น ค่าประสิทธิภาพ COP หรือ SEER), ระบบแสงสว่าง (เช่น ค่า LPD) และ ระบบผลิตน้ำร้อน เป้าหมายของมาตรฐาน BEC คือ การยกระดับประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำของอาคารใหม่ ลดการใช้พลังงานตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ และสนับสนุนให้อาคารเข้าใกล้เป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ภาครัฐยังมีแผนที่จะขยายการบังคับใช้มาตรฐานนี้ไปยังอาคารขนาดเล็กลงและประเภทอื่น ๆ ควบคู่กับการส่งเสริมการนำมาตรฐานอาคารเขียวมาใช้ในภาคอาคารทั้งภาครัฐและเอกชน



ภาพที่ 6 เกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน 6 ระบบ

ที่มา: bec.dede.go.th

[สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2568]

2.3.3 มาตรการจูงใจทางการเงิน

มาตรการจูงใจทางการเงินเป็นอีกกลไกสำคัญในการกระตุ้นให้ภาคธุรกิจและประชาชนลงทุนปรับปรุงอาคารไปสู่การเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยภาครัฐใช้ทั้งมาตรการทางภาษีและการสนับสนุนทางการเงินผ่านกองทุนต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2565 รัฐบาลได้ออกมาตรการภาษีเด่น 2 ประการ ได้แก่

(1) มาตรการภาษีเพื่อส่งเสริมการลงทุนในอุปกรณ์และวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ให้นิติบุคคลหักลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคลได้ 1.5 เท่าของค่าใช้จ่ายที่ลงทุนในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดพลังงาน

(2) มาตรการภาษีส่งเสริมการติดตั้ง Solar Rooftop ให้บุคคลธรรมดาลดหย่อนภาษีเงินได้ตามค่าใช้จ่ายติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้จริง สูงสุดไม่เกิน 200,000 บาทต่อหลังคาเรือน

อีกทั้ง กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (Enconfund) ยังสนับสนุนโครงการผ่านการให้เงินสนับสนุนแบบให้เปล่า การร่วมลงทุน (Co-Fund) และการปล่อยสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำผ่านโครงการ Energy Efficiency Revolving Fund รวมถึงกองทุน ESCO Fund ที่ร่วมลงทุนในโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานโดยบริษัทจัดการพลังงาน ทั้งหมดนี้ช่วยลดความเสี่ยงและภาระต้นทุนของผู้ลงทุน ทำให้การลงทุนด้านพลังงานสะอาดและการปรับปรุงอาคารเป็นไปได้ง่ายขึ้น

นอกจากนี้ภาครัฐยังเน้นการติดตามและประเมินผลนโยบาย ผ่านการจัดทำรายงานสถานการณ์พลังงานประจำปีและดัชนีชี้วัดด้านพลังงาน โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ข้อมูลจากรายงานเหล่านี้และระบบรายงานการจัดการพลังงานตาม พ.ร.บ. จะถูกนำมาใช้ทบทวนและปรับปรุงแผนพลังงานทุก ๆ 4–5 ปี เช่น แผน EEP, AEDP และ แผนพลังงานชาติ (NEP) ที่บูรณาการเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality 2050) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นของมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอาคารให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในกระบวนการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการให้สามารถบรรลุเป้าหมายการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎี แนวคิด ตลอดจนผลการประยุกต์ใช้จริงในบริบทที่แตกต่างกัน งานวิจัยเหล่านี้ยังเป็นฐานข้อมูลที่ช่วยวางกรอบการวิเคราะห์ ประเมินความเป็นไปได้ และสังเคราะห์ข้อเสนอที่เหมาะสม โดยได้คัดเลือกงานวิจัยทั้งจากในประเทศและต่างประเทศที่มีความเกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังนี้

2.4.1 การศึกษาของ ยชนา เชาวนะกมล (2019) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยใช้กรณีศึกษาอาคารสำนักงานขององค์การเภสัชกรรมเป็นตัวอย่าง การวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์ข้อมูลระบบอาคารเดิม พร้อมเสนอแนวทางการปรับปรุง เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟให้เป็นระบบแอลอีดี (LED) และการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากนั้นจึงจำลองผลลัพธ์ด้วยโปรแกรมประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร (Building Energy Code; BEC) เพื่อประเมินการลดใช้พลังงานในภาพรวม ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าความถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร (Overall Thermal

Transfer Value; OTTV) ค่าความถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value; RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Lighting Power Density; LPD) ค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio; EER) และการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมรายปี ผลการศึกษาพบว่าอาคารดังกล่าวมีค่า RTTV, LPD และ EER ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของ BEC จึงได้ดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอ ซึ่งส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมได้ถึงร้อยละ 29.66 คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้ประมาณ 964,972 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุน 6 ปี 5 เดือน (ยชนา เชาวนะกมล, 2019)

2.4.2 การศึกษาของ ศรัณย์ ตันรัตนวงศ์ (2018) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานตามแบบมาตรฐานของสำนักงานเขต เพื่อมุ่งสู่การเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยเน้นการประเมินองค์ประกอบที่มีผลต่อสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคาร ได้แก่ ความหนาของฉนวนหลังคาและผนัง ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC) ของกระจก ประเภทของหลอดไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ การศึกษานี้ใช้เครื่องมือการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรมประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร (Building Energy Code; BEC) Version 1.0.6 เพื่อวิเคราะห์แนวทางการออกแบบที่เหมาะสมในการลดการใช้พลังงานรวมของอาคาร โดยผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนความหนาแน่น 32 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณผนังและหลังคา การใช้กระจกประหยัดพลังงานที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.41 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นแบบ LED และการเปลี่ยนระบบปรับอากาศเป็นแบบ Inverter รวมถึงการติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ผลลัพธ์จากการดำเนินมาตรการเหล่านี้ส่งผลให้การใช้พลังงานรวมของอาคารลดลงได้ร้อยละ 17.1 และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 14.39 ปี (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์, 2018)

2.4.3 การศึกษาของ Noor Laily Mohamad และคณะ (2023) ได้ศึกษาการปรับปรุงเปลือกอาคาร (Building Envelope) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานราชการในประเทศมาเลเซีย โดยใช้วิธีการจำลองพลังงานแบบสอบเทียบ (Calibrated Simulation) กับข้อมูลพลังงานจริงของอาคาร โดยใช้อาคาร Wisma Persekutuan Seremban ซึ่งเป็นอาคารสูง 13 ชั้น เป็นอาคารกรณีศึกษา อาคารนี้มีพื้นที่ใช้สอยรวม 18,391.09 ตารางเมตร การศึกษานี้แบ่งการดำเนินการเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลังและลักษณะกายภาพของอาคาร และระยะที่ 2 เป็นการจำลองแบบสามมิติของอาคาร พร้อมการปรับปรุงเปลือกอาคารในระดับต่าง ๆ ได้แก่ การลดพื้นที่กระจก (Window-to-Wall Ratio; WWR) การเพิ่มฉนวน และการเปลี่ยนกระจกให้มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้โปรแกรม IES และเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อน Mean Bias Error (MBE) และ Root Mean Square Error (RMSE) ในการสอบเทียบ

แบบจำลองกับข้อมูลจริง ผลการศึกษาพบว่า อาคารเดิมมีค่า Building Energy Intensity (BEI) เท่ากับ 161.63 kWh/m²/yr ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐานตามแนวทาง Green Building Index (GBI = 150, EPU = 140) การปรับปรุงในระดับ Minor, Moderate และ Major สามารถลดค่า BEI เหลือ 115.63, 113.00 และ 110.06 kWh/m²/yr ตามลำดับ มาตรการที่มีผลมากที่สุดคือการลดสัดส่วนพื้นที่กระจก (Window-to-Wall Ratio; WWR) เหลือร้อยละ 30 ร่วมกับการติดตั้งฉนวนและกระจกประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถลดความร้อนแฝงเข้าสู่อาคารและลดภาระระบบปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยลดการใช้พลังงานได้สูงสุดถึง 0.98% ต่อปี ขณะเดียวกัน การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์พบว่ากลยุทธ์ระดับ Minor มีระยะคืนทุนประมาณ 10.5 ปี ในขณะที่ระดับ Major แม้จะคืนทุนใน 14 ปี แต่สามารถประหยัดพลังงานต่อปีได้มากที่สุด (Mohamad et al., 2023)

2.4.4 การศึกษาของ Leni Sagita Riantini และคณะ (2024) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคารร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบฝังในอาคาร (Building-Integrated Photovoltaics; BIPV) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงแรมสูง 21 ชั้นในจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย โดยอาศัยการจำลองพลังงานโดยใช้ Building Information Modeling (BIM) ผ่านโปรแกรม Autodesk Revit 2023.1 และใช้ Insight 360 เพื่อคำนวณค่า Energy Use Intensity (EUI) ในแต่ละแนวทางการปรับปรุง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนา 5 รูปแบบการปรับปรุง (Scenarios A–E) ที่ครอบคลุมการใช้ฉนวนประเภทต่าง ๆ การเลือกวัสดุหลังคาที่สะท้อนแสง (Reflective Roof) การออกแบบเปลือกอาคารแบบ Double-Skin Façade ตลอดจนการติดตั้งระบบ BIPV เพื่อเปรียบเทียบกับอาคาร Base Case ซึ่งมีค่า EUI อยู่ที่ 336.7 kWh/m²/yr ผลการศึกษาพบว่า Scenario E ซึ่งเป็นการผสมผสานกลยุทธ์ Passive (PU Foam และ Reflective Roof) ร่วมกับ BIPV Double-Skin Façade สามารถลดค่า EUI ได้สูงสุดถึง 32.2% รองลงมาคือ Scenario C1 ที่รวมฉนวน PU Foam กับ Reflective Roof ซึ่งลด EUI ได้ 27.7% ในขณะที่การใช้ BIPV เพียงอย่างเดียวใน Scenario D2 ลด EUI ได้เพียง 8.6% สะท้อนให้เห็นว่าการพึ่งพาเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนเพียงด้านเดียวยังไม่เพียงพอหากปราศจากการจัดการด้านเปลือกอาคารและวัสดุอย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางเชิงบูรณาการในการออกแบบอาคารเขตร้อนที่สามารถยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในแง่ของผลลัพธ์และความคุ้มค่าในการลงทุน (Riantini et al., 2024)

2.4.5 การศึกษาของ Nirmal Kishnani และคณะ (2024) ได้ศึกษาการปรับปรุงอาคารเรียน SDE3 (School of Design and Environment) ของมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS) ซึ่งเป็นอาคารเรียนสูง 5 ชั้นที่มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า 45 ปี โดยมุ่งเน้นการยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านแนวทางการปรับปรุงอาคาร (Retrofit) ที่ครอบคลุมทั้งกลยุทธ์แบบ Passive และ Active การศึกษานี้ใช้โปรแกรม IESVE (Integrated Environmental Solutions Virtual

Environment) เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์พลังงานควบคู่กับระบบ Hybrid Ventilation Demo Lab เพื่อประเมินสมรรถนะของการระบายอากาศในพื้นที่ใช้งานจริง ทั้งนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงองค์ประกอบของเปลือกอาคาร เช่น การติดตั้ง Butterfly Façade การใช้ Louvers เดิม และระบบ Hybrid Ventilation พร้อมด้วยการออกแบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ (HVAC) และการควบคุมการใช้งานพื้นที่ด้วยระบบ Occupancy Control ผลการศึกษาพบว่าอาคารเรียนที่ได้รับการปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานได้มากถึง 5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารเดิมก่อนปรับปรุง โดยไม่รวมการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (PV) และเมื่อมีการติดตั้งระบบ PV เพิ่มเติม อาคารยังสามารถบรรลุการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังสามารถลดค่า Embodied Carbon ได้ถึง 7 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างใหม่ อีกทั้งยังส่งผลให้ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารเพิ่มขึ้นจาก 40% เป็น 90% งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนด้วยแนวคิดการออกแบบยั่งยืนไม่เพียงช่วยลดการใช้พลังงานเท่านั้น แต่ยังสามารถยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในและประสบการณ์ของผู้ใช้งานได้อีกด้วย

2.4.6 งานวิจัยของ Arif และ Ramadhan (2024) ได้ดำเนินการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสถานศึกษาขนาดใหญ่โดยเน้นที่การวิเคราะห์เปลือกอาคารผ่านการสังเกตภาคสนามและการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Sefaira กรณีศึกษาอาคาร FIP B ซึ่งตั้งอยู่ที่ Universitas Pendidikan Indonesia เมืองบันดุง ประเทศอินโดนีเซีย อาคารนี้มีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ใช้สอย 18,688 ตารางเมตร งานวิจัยเริ่มต้นจากการตรวจพบปัญหาหลักของอาคารเดิมคือข้อจำกัดในการเข้าถึงแสงธรรมชาติและการระบายอากาศ ส่งผลให้ต้องพึ่งพาระบบปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่างอย่างมาก ผู้วิจัยใช้วิธีเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ เช่น การวัดขนาด ความสูงและพื้นที่ต่างๆ ของอาคาร กับเชิงคุณภาพผ่านการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน รวมถึงสร้างแบบจำลองสามมิติของอาคารด้วยโปรแกรม Sketchup ก่อนนำข้อมูลไปจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Sefaira ผลจากแบบจำลองพบว่าอาคารเดิมมีการใช้พลังงานรวม 1,813,861 kWh/yr หรือ EUI 97.06 kWh/m^2/yr โดยอัตราการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ระบบทำความเย็น 39% รองลงมา คือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า ขณะที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคารก่อนปรับปรุงประมาณ 72% มีแสงสว่างจากธรรมชาติไม่เพียงพอ

แนวทางการปรับปรุงอาคารจะเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศและการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร เช่น การเจาะ Skylight ที่หลังคา การสร้าง Atrium ขนาดใหญ่ตรงแกนอาคาร และการเพิ่มสัดส่วนกระจกต่อผนังจาก 18.84% เป็น 33.26% พร้อมลดพื้นที่ชั้นกลางบางส่วน เพื่อเพิ่มช่องว่างแสงและลม ผลจากการปรับปรุงพบว่าการใช้พลังงานต่อปีลดลงเหลือ

1,633,877 kWh/yr ค่า EUI ลดลงเหลือ 94.95 kWh/m^2/yr ลดลงรวม 9.92% ขณะที่อัตราพื้นที่ได้รับแสงธรรมชาติระดับดีเพิ่มขึ้นเป็น 40% ลดการพึ่งไฟฟ้าแสงสว่างโดยตรง อีกทั้งรายหัวข้อการใช้พลังงาน เช่น ระบบ AHU fan และ AHU cooling ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ แบบอาคารใหม่ยังช่วยกระจายแสงธรรมชาติและอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่อาคารได้ทั่วถึงมากขึ้น สร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อสุขภาวะและประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้เสนอแนวคิดว่า เปลือกอาคาร มีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพพลังงานในอาคารขนาดใหญ่ เขตร้อนและสามารถต่อยอดใช้กับบริบทอาคารสถานศึกษาอื่น ๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรม (Arif & Ramadhan, 2024)

2.4.7 งานวิจัยของ Nindita และคณะ (2025) ได้วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบซอฟต์แวร์โปรแกรม EDGE และ Sefaira เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารภายในมหาวิทยาลัย โดยมีการศึกษาทดลองกับอาคาร 3 แห่ง ได้แก่ Psychology Building และ Widya Puraya Building ของมหาวิทยาลัย Diponegoro (Universitas Diponegoro) และ Campus IV ของมหาวิทยาลัย PGRI Semarang (Universitas PGRI Semarang) ได้ผลดังนี้ (1) อาคาร Psychology มีพื้นที่ 7,888 ตารางเมตร หนาแน่นผู้ใช้งาน 4.2 ตารางเมตรต่อคน มีผู้ใช้งานราว 1,863 คน ใช้ไฟฟ้าปีละ 570,000 kWh ค่า Window to Wall Ratio (WWR) อยู่ที่ 23.59% ค่า Overall Thermal Transfer Value (OTTV) 44.35 W/m^2 เกินเกณฑ์ที่กำหนด โปรแกรม Sefaira ประเมินใช้พลังงาน 1,049,254 kWh/yr ส่วนโปรแกรม EDGE ประเมินที่ 421,549 kWh/yr (2) อาคาร Widya Puraya พื้นที่ 6,333 ตารางเมตร ผู้ใช้งานราว 1,195 คน ความหนาแน่น 5.3 ตารางเมตรต่อคน ใช้ไฟฟ้าปีละ 480,000 kWh WWR รวม 15.13% OTTV 39.67 W/m^2 ต่ำกว่ามาตรฐาน โปรแกรม Sefaira ประเมินที่ 989,170 kWh/yr ส่วนโปรแกรม EDGE ประเมินที่ 391,756 kWh/yr (3) อาคาร Campus IV มหาวิทยาลัย PGRI Semarang พื้นที่ 9,501 ตารางเมตร มีผู้ใช้ 1,863 คน WWR รวม 11.53% OTTV อยู่ในเกณฑ์ โปรแกรม Sefaira ประเมินการใช้พลังงาน 1,203,908 kWh/yr ส่วนโปรแกรม EDGE ประเมินที่ 436,227 kWh/yr

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลดิจิทัลจากการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติด้วย SketchUp แล้วนำไปวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม EDGE และ Sefaira โดยโปรแกรม EDGE ใช้วิธีการประมาณค่าจากฐานข้อมูลและพารามิเตอร์มาตรฐาน ส่วนโปรแกรม Sefaira ใช้การจำลองพลังงานตามแบบเรียลไทม์และข้อมูลทางกายภาพของอาคารอย่างละเอียด ผ่าน EnergyPlus ซึ่งให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากกว่า ค่าการใช้พลังงานที่ได้จากโปรแกรม EDGE กับ Sefaira แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยโปรแกรม Sefaira มักจะให้ค่าการใช้พลังงานสูงกว่า เนื่องจากพิจารณารายละเอียดข้อมูลทางกายภาพและปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนกว่า EDGE ที่ใช้ค่าเฉลี่ยและตัวแปรหลัก ผลการทดลองแสดงว่าอาคารที่มี WWR สูงและไม่มีแผงบังแดดหรือฉนวนที่เหมาะสม จะมีค่า OTTV และการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศสูง

งานวิจัยนี้ยังได้เสนอแนวทางการปรับปรุง เช่น การเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบ Split AC เป็นระบบ Variable Refrigerant Flow (VRF) ซึ่งสามารถลดค่าโหลดความเย็นได้ 15% ใน อาคาร Psychology และ 13% ในอาคาร Widya Puraya รวมถึงการติดตั้งฉนวนหลังคาเพิ่ม, ระบบควบคุมอัจฉริยะ, และการใช้แผงบังแดดทั้งแนวนอนและแนวตั้งให้เหมาะกับทิศของอาคารแต่ละแห่ง งานวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า EDGE และ Sefaira มีจุดดีและจุดด้อยเฉพาะตัว โดยโปรแกรม EDGE เหมาะกับการตัดสินใจในขั้นต้นที่ต้องการความรวดเร็ว ส่วนโปรแกรม Sefaira เหมาะกับการตรวจสอบรายละเอียดเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงอาคารที่ต้องการข้อมูลเชิงลึก ซึ่งงานวิจัยนี้แนะนำให้ประยุกต์ใช้ทั้งสองเครื่องมือร่วมกัน เริ่มจากการประเมินเบื้องต้นด้วยโปรแกรม EDGE แล้วจึงค่อยวิเคราะห์โดยละเอียดด้วยโปรแกรม Sefaira เพื่อให้ได้แนวทางที่ทั้งประหยัดเวลาและตอบโจทย์เชิงเทคนิค (Nindita et al., 2025)

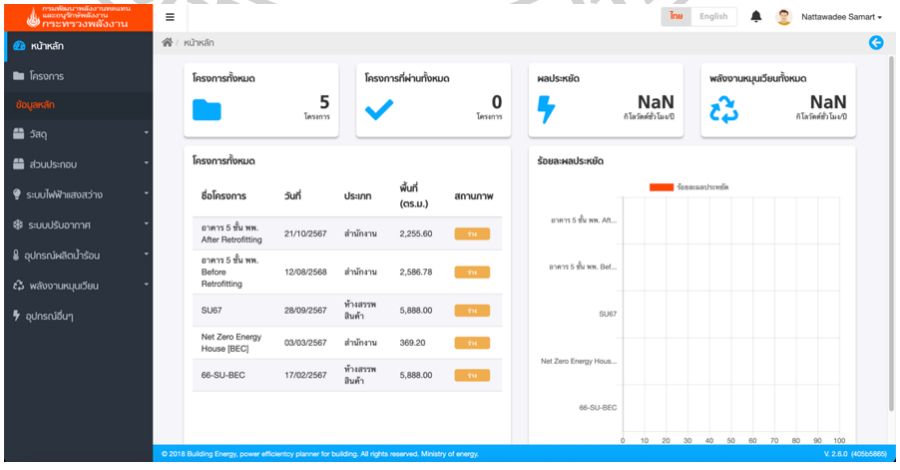
2.5 โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานของอาคาร

โปรแกรมที่นำมาใช้ในการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อตอบสนองต่อแนวคิดอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ โปรแกรม BEC Web-Based และโปรแกรม Sefaira

2.5.1 โปรแกรม BEC Web-Based

โปรแกรม BEC Web-Based ถูกพัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหลักสำหรับประเมินการใช้พลังงานอาคารตามเกณฑ์มาตรฐาน Building Energy Code (BEC) ผ่านระบบออนไลน์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนการบังคับใช้กฎหมายอาคารอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ อาคารที่จะก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ในอาคาร 9 ประเภท เช่น สถานศึกษา สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น จะต้องผ่านการออกแบบตามเกณฑ์มาตรฐาน BEC โปรแกรม BEC Web-Based ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถป้อนข้อมูลรายละเอียดอาคารผ่านเว็บ ได้แก่ ข้อมูลเปลือกอาคาร เช่น พื้นที่ผนัง-กระจกแต่ละด้าน, ชนิดวัสดุและค่าการถ่ายเทความร้อน U-value, ค่ากรองแสงของกระจก เป็นต้น เพื่อนำมาคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value; OTTV) และ หลังคา (Roof Thermal Transfer Value; RTTV) นอกจากนี้ยังต้องป้อนข้อมูลระบบแสงสว่าง (ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดหรือ Lighting Power Density; LPD) และ ระบบปรับอากาศ (ประสิทธิภาพเชิงฤดูหรือ SEER/EER ของเครื่องปรับอากาศ, ประเภทระบบปรับอากาศที่ใช้) รวมถึงอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน เพื่อให้โปรแกรมประเมินตามหัวข้อที่กำหนดในกฎหมาย

การคำนวณของ BEC Web-Based ใช้โมเดลเชิงสถิติที่อ้างอิงสมการตามมาตรฐาน BEC ซึ่งเป็นแบบจำลองพลังงานที่พัฒนาจากแนวคิด OTTV กล่าวคือ ระบบจะคำนวณภาระความร้อนผ่านเปลือกอาคารเฉพาะส่วนที่มีการปรับอากาศ ส่วนที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศจะไม่นำมาคิด โดยคำนวณค่า OTTV รายส่วนของผนัง/กระจกแต่ละทิศแล้วถ่วงน้ำหนักตามพื้นที่เพื่อให้ได้ค่า OTTV รวมทั้งอาคาร สำหรับหลังคาก็ประเมินค่า RTTV ในลักษณะเดียวกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด เช่น ค่า OTTV ของผนังภายนอกต้องไม่เกิน 50 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า RTTV ของหลังคาต้องไม่เกิน 15 วัตต์ต่อตารางเมตร (สำหรับอาคารสำนักงานที่มีเวลาปฏิบัติงานประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน) นอกจากนี้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Lighting Power Density; LPD) ของอาคารต้องไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด เช่น ≤ 10 W/m² สำหรับสำนักงาน และประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศต้องไม่น้อยกว่าค่ามาตรฐาน (เช่น SEER ≥ 12.4) โปรแกรมจะสรุปออกมาเป็นรายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานซึ่งแสดงค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนด พร้อมสถานะผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์ในแต่ละหมวด รวมถึงรายงานการใช้พลังงานรวมของอาคารต่อปี เพื่อประเมินภาพรวมว่าอาคารใช้พลังงานเกินมาตรฐานหรือไม่ ตัวอย่างเช่น กรณีศึกษาอาคารสำนักงานหนึ่งพบว่าค่า OTTV ที่คำนวณได้ 112.63 W/m² สูงกว่าค่ามาตรฐาน 50 W/m² ไม่ผ่านเกณฑ์ ขณะที่ RTTV 3.73 W/m² อยู่ในเกณฑ์ผ่าน และ LPD 7.62 W/m² อยู่ในเกณฑ์ผ่าน ส่วนการใช้พลังงานรวมทั้งอาคารที่คำนวณได้ 264,474 kWh/yr นั้นสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด 226,022 kWh/yr ทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์ภาพรวมจนกว่าจะปรับปรุงเพิ่มเติม ผลลัพธ์ดังกล่าวใช้ในการวิเคราะห์อาคารเบื้องต้น โดยผู้วิจัยหรือผู้ออกแบบจะทราบจุดที่อาคารไม่ผ่านมาตรฐานและสามารถพิจารณามาตรการปรับปรุงที่เหมาะสมต่อไป เช่น เพิ่มฉนวนบริเวณผนัง หรือหลังคา เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือลดกำลังไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง เป็นต้น



ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของหน้าหลัก (Dashboard) BEC Web-Based

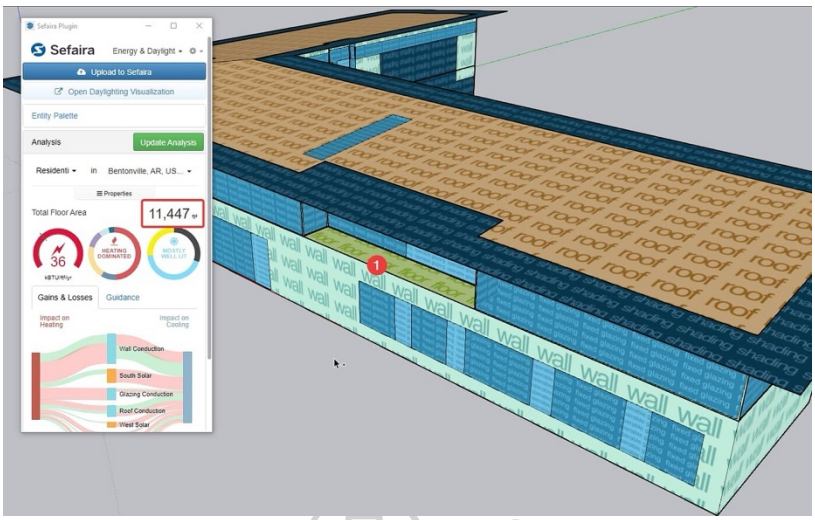
โปรแกรม BEC Web-Based คือเป็นเครื่องมืออย่างเป็นทางการที่พัฒนาขึ้นสำหรับบริบทประเทศไทย ทำให้ค่ามาตรฐานและวิธีคำนวณสอดคล้องกับกฎหมายโดยตรง อีกทั้งระบบ Web-Based ช่วยให้การใช้งานสะดวก มีการจัดเก็บข้อมูลส่วนกลาง และสามารถรองรับการตรวจประเมินและออกใบรับรองในการขออนุญาตก่อสร้างได้อย่างเป็นระบบ การใช้ BEC Web-Based ในงานศึกษานี้จึงเหมาะสำหรับขั้นตอนวิเคราะห์สถานะพลังงานของอาคารเบื้องต้นและความสอดคล้องตามกฎหมายก่อนที่จะเข้าสู่การวิเคราะห์เชิงลึกด้วยเครื่องมือที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น

2.5.2 โปรแกรม Sefaira

โปรแกรม Sefaira เป็นซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการใช้พลังงานของอาคาร โดยออกแบบมาเพื่อใช้ในขั้นตอนการออกแบบเชิงมโนภาพและแนวคิด (Conceptual and Schematic Design) ผ่านการทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์เขียนแบบสถาปัตยกรรม เช่น SketchUp และ Revit โปรแกรมนี้สามารถจำลองการใช้พลังงานรายชั่วโมงตลอดปีได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้ EnergyPlus สำหรับการจำลองพลังงาน และ Radiance สำหรับการวิเคราะห์แสงธรรมชาติ ทำงานผ่านระบบคลาวด์ จุดเด่นของ Sefaira คือการให้ผลวิเคราะห์แบบ Real-Time ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเห็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาคารต่อพลังงานที่ใช้ และระดับแสงธรรมชาติได้ทันที เช่น เมื่อปรับเปลี่ยนรูปทรงอาคาร ทิศทางการวางอาคาร สัดส่วนช่องเปิด หรือการออกแบบอุปกรณ์บังแดด โปรแกรมจะแสดงตัวชี้วัดสำคัญ เช่น ค่า Energy Use Intensity (EUI), ปริมาณการใช้พลังงานต่อปี และค่า Daylight Factor ซึ่งล้วนมีส่วนช่วยในการออกแบบมาตรการ Passive Design อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ Sefaira ยังรองรับการประเมินระบบระบายอากาศตามธรรมชาติ ระบบปรับอากาศที่หลากหลาย รวมถึงการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2e) จากการใช้พลังงานของอาคาร โดยแปลงผลการใช้พลังงานเป็นค่าการปล่อย CO_2 เพื่อให้เห็นผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละทางเลือกออกแบบได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังสามารถประเมินผลของระบบพลังงานหมุนเวียน เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการบรรลุเป้าหมาย Net Zero Energy Building (NZEB)

การประยุกต์ใช้ Sefaira ในงานศึกษานี้ มีบทบาทสำคัญในขั้นตอนการจำลองทางเลือกการออกแบบหลังจากวิเคราะห์สถานะเบื้องต้นของอาคารด้วย BEC Web-Based แล้ว โดยผู้วิจัยสามารถทดลองปรับเปลี่ยนวัสดุผนัง กระจก ระบบแสงสว่าง หรือระบบปรับอากาศ และสังเกตผลลัพธ์ด้านการใช้พลังงานและการลดคาร์บอนแบบ Real-Time เพื่อคัดเลือกมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพัฒนาอาคารให้ใกล้เคียงแนวคิด NZEB ได้มากที่สุด



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรม Sefaira และ Sketchup

2.6 การบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) ในระบบปรับอากาศเพื่อสนับสนุนเป้าหมายอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง แนวคิดเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) ได้กลายเป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนผ่านอาคารรูปแบบเดิมไปสู่อาคารอัจฉริยะ (Smart Building) โดยหลักการพื้นฐานของ IoT คือการสร้างเครือข่ายการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทางกายภาพ (Physical Devices) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและสั่งการทำงานร่วมกันได้โดยอัตโนมัติ สำหรับงานระบบวิศวกรรมประกอบอาคาร การนำ IoT มาประยุกต์ใช้ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ผ่านระยะไกลเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงกระบวนการรวบรวมข้อมูลเชิงลึก การวิเคราะห์ผล และการตัดสินใจควบคุมระบบแบบอัตโนมัติ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบริหารจัดการทรัพยากร

2.6.1 กลไกการทำงานของระบบปรับอากาศอัจฉริยะ

ระบบปรับอากาศถือเป็นระบบที่สำคัญของการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน โดยเฉพาะในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การยกระดับระบบปรับอากาศด้วยเทคโนโลยี IoT มีกระบวนการทำงาน ดังนี้

(1) ใช้เครือข่ายการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมที่มีความแม่นยำ (Precision Environmental Monitoring) โดยเปลี่ยนจากการใช้เทอร์โมสตัท (Thermostat) เพียงจุดเดียว เป็นการติดตั้งเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks - WSNs) กระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่อาคาร อุปกรณ์เหล่านี้ทำหน้าที่ตรวจวัดตัวแปรทางกายภาพที่ส่งผลต่อความสบายและการใช้พลังงานอย่างละเอียด ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature), ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity), ความเข้มข้นของ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), และฝุ่นละอองขนาดเล็ก เพื่อนำข้อมูลดิบเหล่านี้ไปประมวลผลหาสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort)

(2) การบริหารจัดการตามปริมาณการใช้งานจริง (Occupancy-Based Demand Control) หนึ่งในความสูญเสียพลังงานที่สำคัญที่สุดในอาคารสำนักงานคือการทำความเย็นในพื้นที่ที่ไม่มีผู้ใช้งาน ระบบ IoT แก้ไขปัญหานี้ด้วยการใช้เซนเซอร์ตรวจจับการใช้งานพื้นที่ (Occupancy Sensors) หรือเซนเซอร์นับจำนวนคนแบบ Real-time ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อปรับลดภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ให้สอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้งานจริง ณ ขณะนั้น ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรูปแบบการควบคุมจากการตั้งเวลาล่วงหน้า มาเป็นการควบคุมตามความต้องการจริง

(3) การประมวลผลและการสั่งการระบบผ่านคลาวด์ (Cloud-Based Processing and Actuation) ข้อมูลจำนวนมากจากเซนเซอร์จะถูกส่งขึ้นสู่ระบบคลาวด์เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมขั้นสูง ระบบจะส่งคำสั่งกลับมายังอุปกรณ์ควบคุมของระบบปรับอากาศ เพื่อปรับรอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ปรับปริมาณลม (Air Flow Rate) หรือปรับอุณหภูมิน้ำเย็น (Chilled Water Temperature) ให้เหมาะสมที่สุด เพื่อรักษาอุณหภูมิห้องให้คงที่โดยใช้พลังงานน้อยที่สุด

2.6.2 บทบาทของ IoT ในการขับเคลื่อนอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

การบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) เข้ากับระบบปรับอากาศ (HVAC) ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนผ่านอาคารเดิมไปสู่สถานะอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) เนื่องจากการบรรลุเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องลดปริมาณความต้องการใช้พลังงานรวมของอาคารให้ต่ำที่สุด เพื่อให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตพลังงานทดแทนที่มีอยู่อย่างจำกัด สอดคล้องกับการศึกษาของ Chauhan (2025) เรื่อง “IoT Integration in HVAC Systems: Achieving Sustainable Energy Efficiency and Enhanced Occupant Comfort” ที่ได้วิเคราะห์บทบาทของระบบอัจฉริยะในอาคารจริง และสรุปประเด็นสำคัญที่สนับสนุนแนวทาง Net Zero ไว้ 4 ประการ ดังนี้

(1) การลดภาระทางพลังงานด้วยการควบคุมตามความต้องการจริง (Demand-Driven Energy Reduction) หัวใจสำคัญของอาคาร NZEB คือการลดความสูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็น เทคโนโลยี IoT ช่วยเปลี่ยนรูปแบบการจัดการพลังงานจากการตั้งค่าตามเวลา (Schedule-based) ไปสู่การควบคุมตามความต้องการจริง (Demand-driven Control) โดยระบบจะตรวจจับการใช้งานพื้นที่และภาระความร้อนแบบ Real-time เพื่อปรับการทำงานของระบบปรับอากาศให้แม่นยำที่สุด ซึ่งช่วยลดภาระโหลดทางพลังงานของอาคารลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการสมดุลพลังงาน

(2) การยกระดับสุขภาวะและความสบายของผู้ใช้งาน นอกจากการประหยัดพลังงาน ระบบ IoT ยังช่วยรักษาเสถียรภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)

ให้มีความสม่ำเสมอ โดยระบบจะประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นแบบ Real-time เพื่อปรับแต่งสภาวะอากาศให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานซึ่งจากการศึกษาพบว่าผู้ใช้อาคารมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากลดปัญหาความรู้สึกร้อนหรือหนาวเกินไป ส่งผลดีต่อสุขภาพและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

(3) ศักยภาพในการปรับปรุงอาคารเดิมและการบำรุงรักษา สำหรับอาคารเก่าที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้าง การใช้เซนเซอร์ IoT แบบไร้สาย (Wireless Sensors) เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงอาคาร เนื่องจากติดตั้งง่ายและไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานอาคาร นอกจากนี้ระบบยังมีความสามารถในการตรวจจับความผิดปกติและคาดการณ์แนวโน้มความเสียหายของอุปกรณ์ล่วงหน้า ช่วยให้สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างแม่นยำก่อนที่อุปกรณ์จะชำรุดเสียหาย

(4) ผลลัพธ์ด้านการลดการใช้พลังงาน จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในสถานการณ์จริง Chauhan (2025) พบว่า การประยุกต์ใช้ระบบ IoT สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าเทคโนโลยีนี้มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 20–30 (Chauhan, 2025: 98) ซึ่งตัวเลขดังกล่าวเป็นหลักฐานยืนยันถึงความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อยกระดับอาคารภาครัฐไปสู่มาตรฐานการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2.7 การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน

ในการวางแผนและตัดสินใจปรับปรุงอาคารให้เข้าสู่เป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) การพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์มีบทบาทสำคัญควบคู่ไปกับการออกแบบทางเทคนิค โดยเฉพาะการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน ซึ่งช่วยให้สามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมและให้ผลตอบแทนสูงสุดในระยะยาว การประเมินดังกล่าวสามารถดำเนินการผ่านวิธีการประเมินความคุ้มค้าในการลงทุน ดังนี้

- วิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple payback period; PB)
- วิธีค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV)
- วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return; IRR)

2.7.1 วิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB)

เป็นวิธีการประเมินความคุ้มค่าทางการลงทุนเบื้องต้น โดยเน้นระยะเวลาที่สามารถคืนต้นทุนเริ่มต้นของโครงการได้จากรายได้หรือการประหยัดที่เกิดขึ้นในแต่ละปี วิธีนี้ไม่คำนึงถึงมูลค่าเวลา (Time Value of Money) หรือกระแสเงินสดหลังจากจุดคุ้มทุน จึงเหมาะสำหรับใช้ในการพิจารณาความคุ้มค่าเบื้องต้นเท่านั้น

สูตรการคำนวณ:

$$\text{PB} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ย (บาท/ปี)}}$$

2.7.2 วิธีค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV)

เป็นวิธีที่ใช้พิจารณาความคุ้มค่าของโครงการโดยการนำกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตมาคำนวณให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน โดยใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) เป็นปัจจัยสำคัญ หากค่า NPV มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าต้นทุนที่ลงทุน

สูตรการคำนวณ:

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$$

โดย

C_t = กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ t (บาท)

r = อัตราคิดลด

n = อายุโครงการ (ปี)

C_0 = เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)

หลักการตัดสินใจ NPV เพื่อการลงทุน

NPV < 0 ไม่สมควรลงทุน

NPV = 0 เท่าทุน

NPV > 0 คุ้มค่าแก่การลงทุน

2.7.3 วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return; IRR)

เป็นวิธีที่ใช้วัดอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้ค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการเท่ากับศูนย์ กล่าวคือเป็นอัตราที่ทำให้มูลค่ารวมของกระแสเงินสดที่ปรับด้วยอัตราดอกเบี้ย เท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้น หากค่า IRR สูงกว่าอัตราคิดลดหรือผลตอบแทนขั้นต่ำที่คาดหวัง โครงการนั้นถือว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน

สูตรการคำนวณ:

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+\text{IRR})^t} - C_0$$

IRR คือค่าที่ทำให้สมการข้างต้นเป็นจริง

โดย

IRR = อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (ร้อยละ)

B_t = ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ t (บาท)

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t (บาท)

t = ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n

n = อายุโครงการ (ปี)

r = อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน (ร้อยละ)

หลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุน โดยนำค่า IRR ไปเปรียบเทียบกับอัตราเสียโอกาส ของเงินทุน ซึ่งอาจเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของสถาบันการเงิน เป็นต้น

ถ้า IRR < r ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

IRR = r เท่าทุน

IRR > r คุ้มค่าแก่การลงทุน

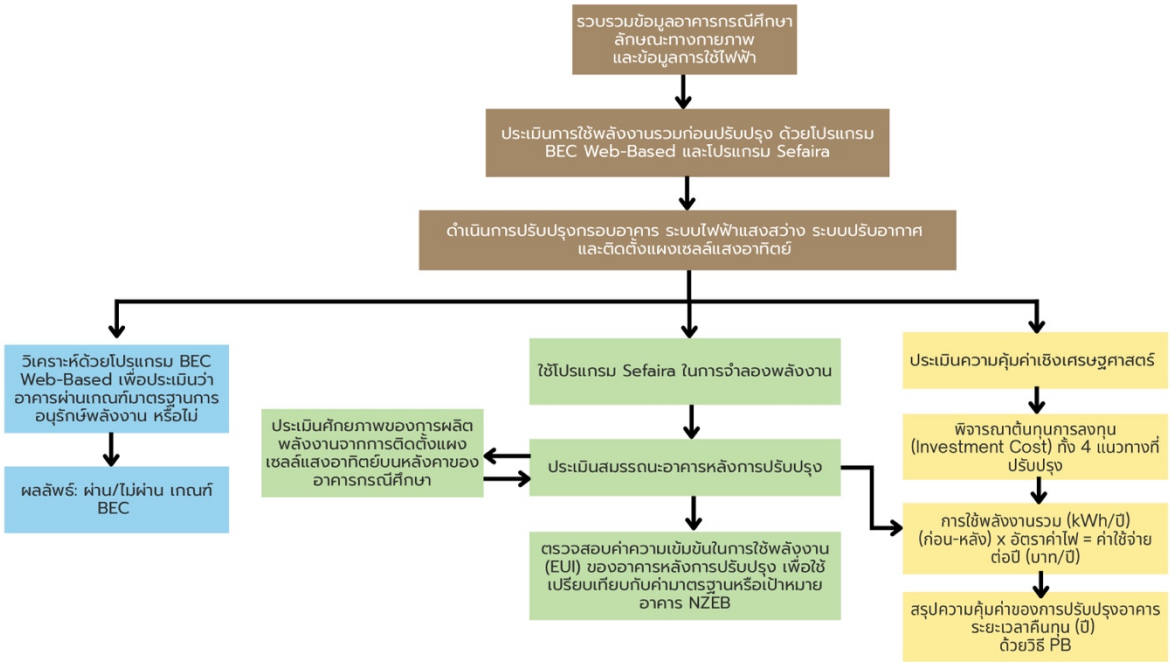
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ

วิธีการประเมิน	ข้อดี	ข้อเสีย
1. PB	- คำนวณง่าย ไม่ซับซ้อน - เหมาะสำหรับการประเมินเบื้องต้น และตัดสินใจรวดเร็ว - ใช้ข้อมูลน้อย	- ไม่คำนึงถึงมูลค่าเงินตามเวลา (Time Value of Money) - ไม่แสดงผลตอบแทนหลังจากจุดคืนทุน - ไม่เหมาะกับโครงการระยะยาว
2. NPV	- พิจารณามูลค่าเงินตามเวลา - สะท้อนความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจได้แม่นยำ - ใช้เปรียบเทียบโครงการต่าง ๆ ได้	- ต้องกำหนดอัตราคิดลดที่เหมาะสม ซึ่งอาจมีความไม่แน่นอน - คำนวณซับซ้อนกว่า PB - ต้องใช้ข้อมูลกระแสเงินสดตลอดอายุโครงการ
3. IRR	- แสดงอัตราผลตอบแทนที่เข้าใจง่าย. – ใช้เปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทน ขั้นต่ำ หรือดอกเบี้ยเงินกู้ได้โดยตรง - เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบโครงการหลายทางเลือก	- อาจให้ผลลัพธ์หลายค่าหากกระแส เงินสดมีการเปลี่ยนแปลงหลายครั้ง (Non-normal cash flows) - ต้องใช้เครื่องมือคำนวณ เช่น Excel หรือโปรแกรมเฉพาะ - ไม่เหมาะกับการเปรียบเทียบโครงการที่มีขนาดการลงทุนต่างกันมาก

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้การคำนวณวิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB) ในการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษา สามารถให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว เข้าใจง่าย และเพียงพอต่อการเปรียบเทียบทางเลือกในการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในเบื้องต้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงอาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้สามารถบรรลุการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยดำเนินการวิเคราะห์ผ่านการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม BEC Web-Based (BEC) และ Sefaira เพื่อประเมินค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารต่อปี จากนั้นประยุกต์เข้ากับพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ เพื่อให้การใช้พลังงานสุทธิของอาคารมีค่าเท่ากับศูนย์อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับเป้าหมายด้านการอนุรักษ์พลังงานในภาคอาคาร โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 9 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1 เก็บข้อมูลลักษณะอาคารกรณีศึกษา

(1) ลักษณะทางกายภาพ

- วิเคราะห์ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Site Analysis) ประกอบด้วย วิเคราะห์บริบทโดยรอบอาคาร แดดเงา ทิศทางลม และสภาพภูมิอากาศ

- ลักษณะของอาคาร ประกอบด้วย พื้นที่ใช้สอย พื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศ/ไม่ปรับอากาศ และวัสดุประกอบอาคาร

- ลักษณะการใช้งานและจำนวนของผู้ใช้อาคาร ประกอบด้วย จำนวนผู้ใช้งานในแต่ละพื้นที่ ตารางเวลาการใช้งาน

(2) ข้อมูลทางการใช้ไฟฟ้าของอาคาร

- ข้อมูลระบบแสงสว่าง ประกอบด้วย ชนิด, กำลังไฟฟ้า และจำนวนของหลอดไฟ

- ข้อมูลระบบปรับอากาศ ประกอบด้วย ชนิด, กำลังไฟฟ้า, จำนวน และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

- ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย ชนิด, กำลังไฟฟ้า และจำนวนของแต่ละอุปกรณ์

3.1.2 ศึกษาข้อมูลวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน

(1) ข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร

รวบรวมข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร ด้านค่าคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุที่ใช้ จากคู่มือวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ราคาวัสดุจาก บริษัทผู้ผลิต หรือผู้แทนจำหน่าย เช่น วัสดุผนัง ฉนวนกันความร้อน ฉนวนหลังคา และกระจก

(2) ข้อมูลงานระบบ

- อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- อุปกรณ์ระบบปรับอากาศ
- อุปกรณ์พลังงานหมุนเวียน

3.1.3 นำข้อมูลมาเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงอาคาร

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอาคาร ข้อมูลการใช้พลังงาน และคุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารที่ได้จากการสำรวจและรวบรวม มาวิเคราะห์เพื่อระบุจุดที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานสูง เช่น พื้นที่ผนังหรือกระจกที่มีค่า U-value สูง ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน หรือระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ จากนั้นจึงกำหนดมาตรการปรับปรุงที่เหมาะสม โดยพิจารณาปรับปรุงด้านเปลือกอาคาร (Envelope) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และการติดตั้งระบบพลังงานหมุนเวียน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการลดการใช้พลังงานและเข้าสู่เกณฑ์อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

3.1.4 ประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based

ใช้โปรแกรม BEC Web-Based ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ในการประเมินค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง โดยโปรแกรมจะคำนวณและเปรียบเทียบค่าที่ได้กับเกณฑ์มาตรฐาน Building Energy Code (BEC) ในด้านค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV), ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV), ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) และ ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ (COP/SEER) เพื่อระบุว่าการออกแบบหรือแนวทางการปรับปรุงผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่

3.1.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira

นำแบบจำลองสามมิติของอาคาร (3D Model) ที่พัฒนาในโปรแกรม SketchUp มาประมวลผลด้วย Sefaira เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร (Building Performance Simulation) ทั้งในสภาวะก่อนและหลังการปรับปรุง โดยโปรแกรมจะประเมินค่า Energy Use Intensity (EUI), ปริมาณการใช้พลังงานต่อปี และค่า Daylight Factor ซึ่งช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณของแนวทางปรับปรุงแต่ละรูปแบบได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ

3.1.6 ประเมินความคุ้มทุนทางการเงินและระยะเวลาคืนทุน

ประเมินความคุ้มค่าของมาตรการปรับปรุงอาคารโดยใช้ วิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB) ซึ่งคำนวณจากสมการ

$$\text{PB} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ย (บาท/ปี)}}$$

ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเป็นจำนวนปีที่ใช้ในการคืนทุน วิธีนี้เหมาะสำหรับการประเมินเบื้องต้น เนื่องจากเข้าใจง่ายและใช้ข้อมูลไม่ซับซ้อน โดยจะนำผลจากการประหยัดพลังงานที่ได้จากการจำลองด้วย BEC Web-Based และ Sefaira มาคำนวณเพื่อหาค่า PB เพื่อพิจารณาความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการปรับปรุง

3.1.7 สรุปผล

รวบรวมและสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมด ทั้งในด้านการลดการใช้พลังงาน ประสิทธิภาพของมาตรการปรับปรุง และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงวิชาการสำหรับแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการสู่การเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานอาคาร 2 โปรแกรมหลัก ได้แก่ BEC Web-Based และ Sefaira ซึ่งมีขั้นตอนการใช้งานและบทบาทที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.2.1 โปรแกรม BEC Web-Based

โปรแกรม BEC Web-Based เป็นเครื่องมือออนไลน์ที่พัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้ประเมินว่าอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code; BEC) หรือไม่ โดยขั้นตอนการใช้งานในงานศึกษานี้ประกอบด้วย

(1) กรอกข้อมูลทั่วไปของอาคาร เช่น ประเภทอาคาร ขนาดพื้นที่ใช้สอย พื้นที่ส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

(2) ป้อนข้อมูลลักษณะเปลือกอาคาร (Building Envelope) เช่น ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (Overall Thermal Transfer Value; OTTV) และหลังคา (Roof Thermal Transfer Value; RTTV) รวมถึงค่าการส่งผ่านแสงและความร้อนของกระจก

(3) ป้อนข้อมูลระบบแสงสว่าง เช่น ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Lighting Power Density; LPD)

(4) ป้อนข้อมูลระบบปรับอากาศ เช่น ชนิดเครื่องปรับอากาศ ค่าประสิทธิภาพ (Coefficient of Performance; COP) และกำลังไฟฟ้า

(5) โปรแกรมจะประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน โดยระบุว่าผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์ในแต่ละหมวด พร้อมค่าสรุปของอาคาร ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการวางแผนปรับปรุงอาคารให้สอดคล้องกับเกณฑ์

3.2.2 โปรแกรม Sefaira

โปรแกรม Sefaira เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะพลังงานและความสบายในอาคารแบบ Real-time โดยเชื่อมต่อกับโปรแกรม SketchUp เพื่อจำลองพฤติกรรม

การใช้พลังงานและประเมินผลกระทบของมาตรการปรับปรุงในเชิงสถาปัตยกรรมและระบบอาคาร ขั้นตอนการใช้งานในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

(1) สร้างหรือนำเข้าโมเดลสามมิติของอาคารกรณีศึกษา ในโปรแกรม SketchUp พร้อมกำหนดโซนการใช้งานภายในอาคาร (Zoning)

(2) ตั้งค่าข้อมูลภูมิอากาศและสถานที่ตั้ง (Location & Weather Data) โดยเลือกจากฐานข้อมูลมาตรฐานของ Sefaira ให้ตรงกับพื้นที่ตั้งจริง

(3) ป้อนข้อมูลสมรรถนะวัสดุเปลือกอาคาร เช่น ค่าการนำความร้อน ความหนา ค่าสะท้อนแสง และคุณสมบัติของกระจก

(4) ป้อนข้อมูลระบบปรับอากาศ เช่น ชนิดระบบ, ค่าประสิทธิภาพ (COP), และตารางเวลาการทำงาน

(5) ป้อนข้อมูลระบบแสงสว่าง เช่น ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (LPD) และตารางการใช้งาน

(6) ป้อนข้อมูลระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar PV System) โดยกำหนดขนาดกำลังผลิตติดตั้ง (kWp), ประสิทธิภาพแผง, มุมเอียง (Tilt Angle), ทิศทางการติดตั้ง (Orientation) และอัตราการสูญเสียของระบบ (System Loss) เพื่อให้โปรแกรมคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ต่อปีและหักลบออกจากการใช้พลังงานรวมของอาคาร

(7) ป้อนข้อมูลการใช้งานอาคาร (Occupancy & Schedule) เพื่อสะท้อนพฤติกรรมการใช้พลังงานจริง

(8) เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ เช่น การใช้พลังงานรวมต่อปี (Annual Energy Use), ค่าความต้องการพลังงานสูงสุด (Peak Load), ค่าดัชนีความสบาย (Thermal Comfort) และสัดส่วนการชดเชยพลังงานจากพลังงานหมุนเวียน

(9) ดำเนินการจำลอง (Simulation) เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ทั้งในรูปแบบตัวเลข ตาราง และกราฟ สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงได้อย่างชัดเจน

(10) ตรวจสอบค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity, EUI) ซึ่งเป็นผลลัพธ์สำคัญของการวิเคราะห์ โดยโปรแกรมจะแสดงค่า kWh/m^2/yr เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือเป้าหมาย อาคาร NZEB

บทที่ 4
อาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสำนักงาน สูง 5 ชั้น ภายในกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร อาคารมีพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น 3,083.04 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น ส่วนปรับอากาศ 2,586.78 ตารางเมตร ส่วนที่ไม่ปรับอากาศ 496.26 ตารางเมตร เปิดทำการวันจันทร์ - ศุกร์ ช่วงเวลาทำการของอาคารคือ 08:30 – 16:30 น. มีบุคลากรที่ใช้งานอาคารประจำ จำนวน 119 คน



ภาพที่ 10 อาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
(ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อ สิงหาคม 2568)

4.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร

4.1.1 ที่วิเคราะห์ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Site Analysis)

อาคาร 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หรือที่เรียกว่า อาคาร 8 ตั้งอยู่ภายในพื้นที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ที่มีพื้นที่รวมทั้งหมด 5 ไร่ 2 งาน 43 ตารางวา ลักษณะอาคารเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แนวอาคารวางขนานไปกับทิศเหนือ-ใต้ มีสภาพแวดล้อมโดยรอบ ดังนี้

ทิศเหนือ (ด้านหน้าอาคาร) - หันหน้าให้กับอาคารอื่นๆภายในหน่วยงาน
ทิศตะวันออก (ด้านข้างอาคาร) - ติดกับรางรถไฟสถานีหัวลำโพง
ทิศใต้ (ด้านหลังอาคาร) - ติดกับถนนพระราม 1
ทิศตะวันตก (ด้านข้างอาคาร) - ติดกับเชิงสะพานกษัตริย์ศึกซึ่งเป็นทางเข้าหน่วยงาน



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 11 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร

(ก) ด้านทิศเหนือ (ข) ด้านทิศตะวันออก

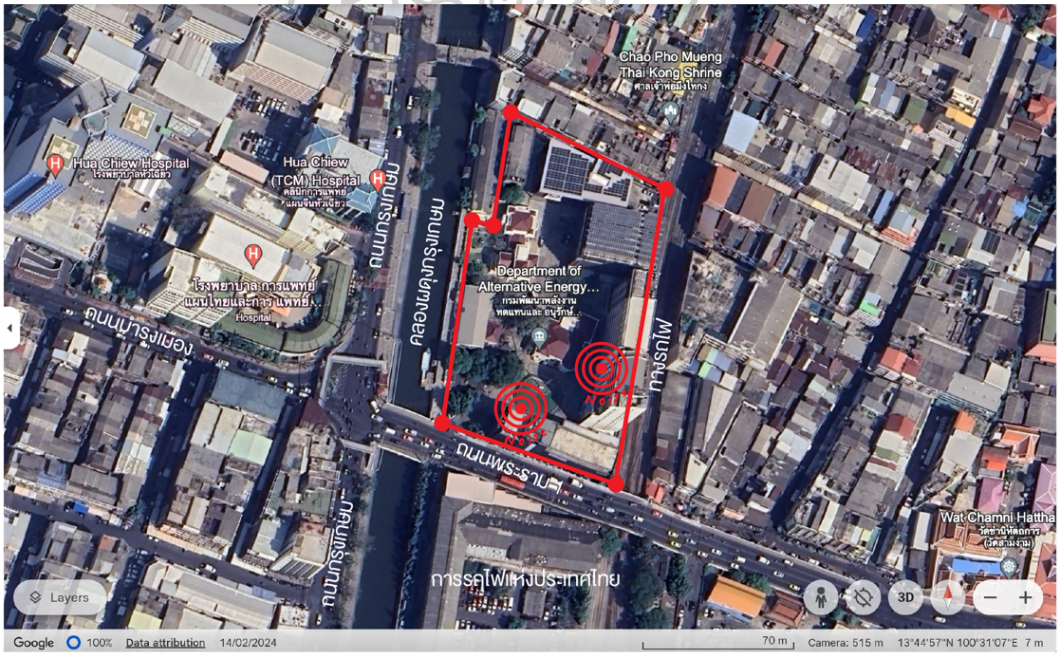
(ค) ด้านทิศใต้ (ง) ด้านทิศตะวันตก

(ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อ สิงหาคม 2568)



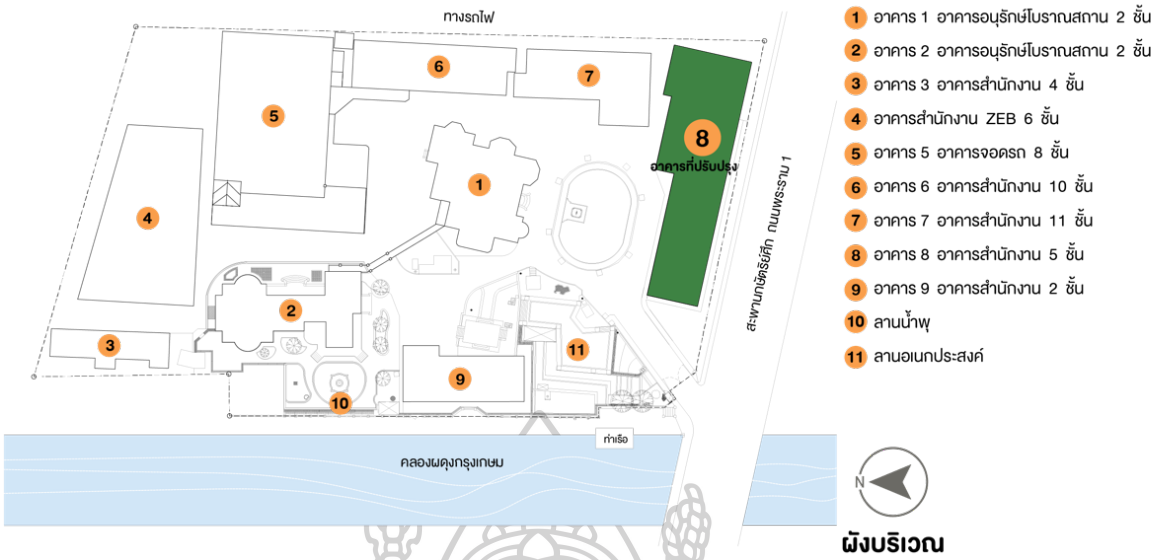
ภาพที่ 13 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแน่งและบริบทรอบข้าง (1)

ที่มา: google eaeth

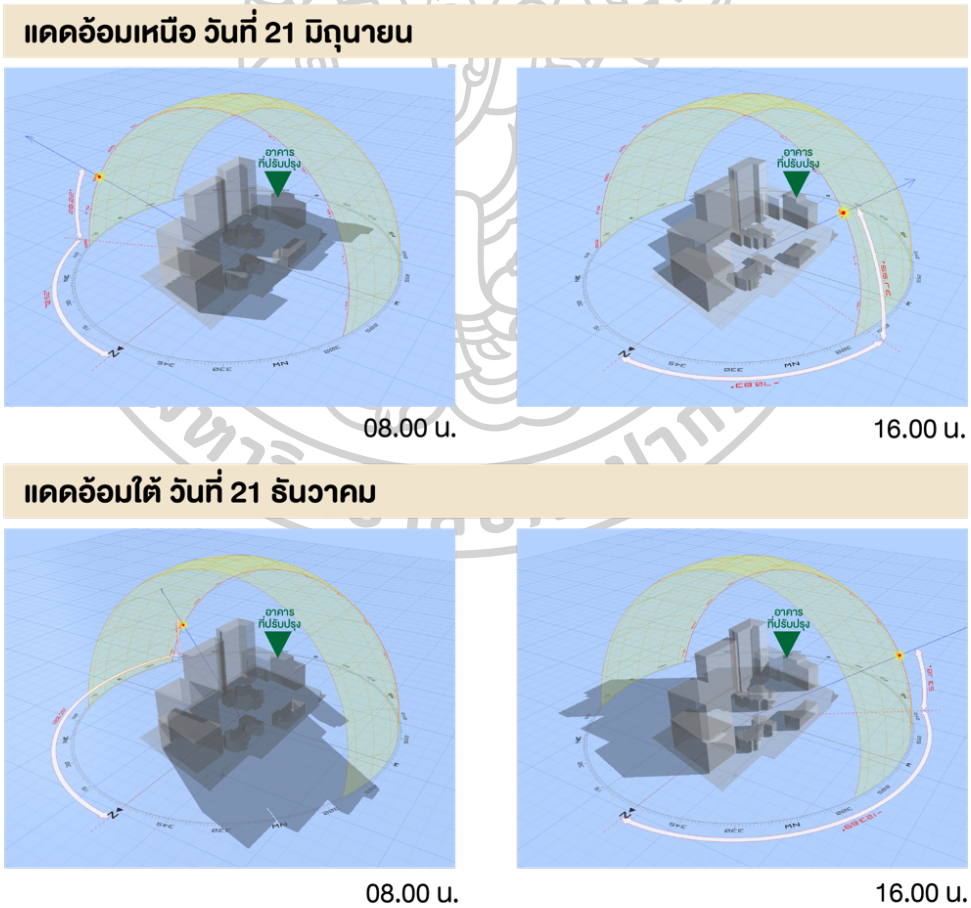


ภาพที่ 12 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแน่งและบริบทรอบข้าง (2)

ที่มา: google eaeth



ภาพที่ 15 ผังบริเวณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

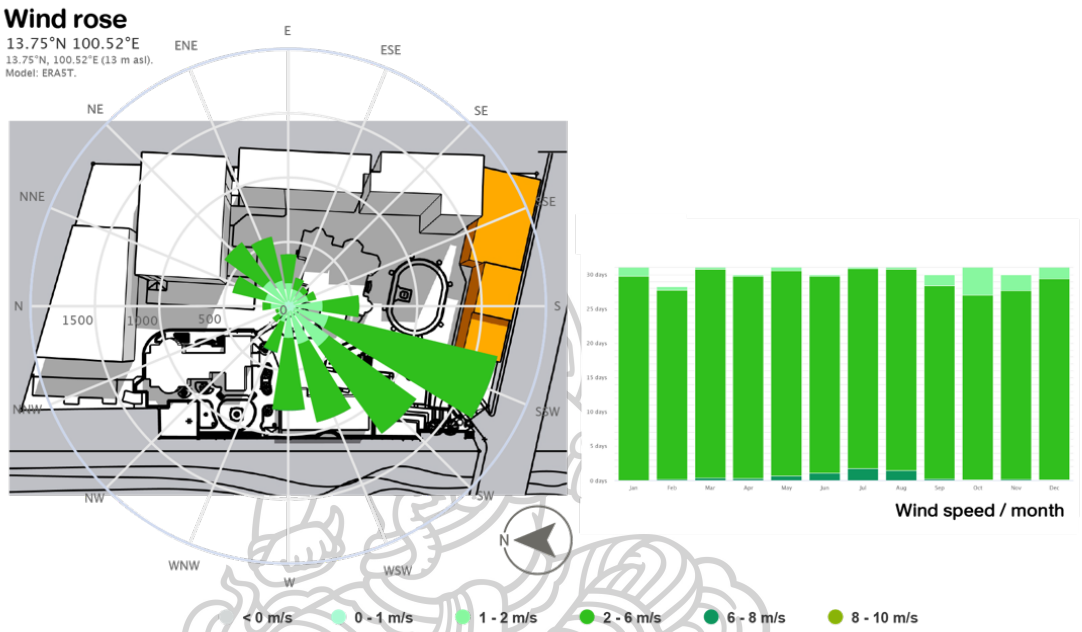


ภาพที่ 14 การวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และรูปแบบเงาที่ตกกระทบอาคาร

ที่มา: https://andrewmarsh.com/software

https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html

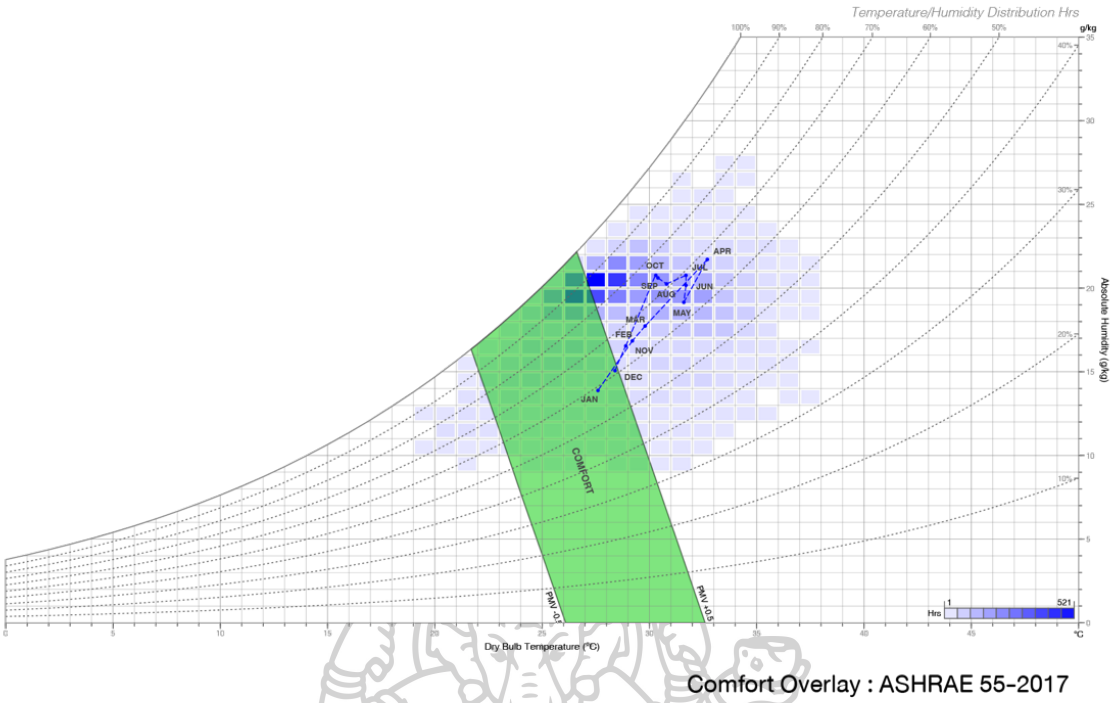
ภาพนี้แสดงการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และรูปแบบเงาที่ตกกระทบอาคารในวันที่ 21 มิถุนายนและ 21 ธันวาคม เพื่อประเมินทิศทางและมุมตกกระทบของแสงแดดตลอดวัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวช่วยในการออกแบบช่องเปิด และแผงบังแดด เพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและฤดูกาล



ภาพที่ 16 การวิเคราะห์ทิศทางและความเร็วลม

ที่มา: https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/climatemodelled/13.749N100.518E

การวิเคราะห์ทิศทางและความเร็วลมของพื้นที่โครงการ โดยใช้กราฟแบบ Wind Rose ซึ่งจะแสดงทิศทางลมหลักที่พัดผ่านตลอดปี โดยมีความถี่สูงสุดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ถึงทิศใต้ ขณะที่กราฟแท่งจะแสดงจำนวนวันในแต่ละเดือนที่มีความเร็วลมอยู่ในช่วงต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีความเร็วเฉลี่ยระหว่าง 2–6 เมตรต่อวินาที ข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้กำหนดทิศทางอาคาร การวางช่องเปิด และการออกแบบระบบระบายอากาศธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร



ภาพที่ 17 แสดงกราฟไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ของพื้นที่โครงการ

ที่มา: https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html,

ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น https://data-service.tmd.go.th,

https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_2_Asia/THA_Thailand/index.html

กราฟไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) นี้ ใช้วิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของพื้นที่โครงการ โดยพล็อตค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดทั้งปี จุดข้อมูลสีฟ้าแสดงการกระจายของสภาพอากาศจริงตามแต่ละเดือน ส่วนพื้นที่สีเขียวคือโซนสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) อ้างอิงจากมาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2017 จากผลการวิเคราะห์แสดงว่าสภาพอากาศส่วนใหญ่ของพื้นที่อยู่นอกโซนสภาวะสบาย จึงจำเป็นต้องมีกลยุทธ์ในการออกแบบอาคารและระบบปรับอากาศเพื่อเพิ่มความสบายให้แก่ผู้ใช้งานอาคาร

4.1.2 ลักษณะของอาคาร

อาคารสำนักงาน 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน มีความสูงระหว่างชั้น (Floor-to-Floor) 3.20 ม. พื้นที่ใช้สอยรวม 3,083.04 ตร.ม. แบ่งเป็น พื้นที่ปรับอากาศ 2,586.78 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 83.92 และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 496.26 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 16.08 แต่ละชั้นมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 1 (ก่อนปรับปรุง)

พื้นที่ปรับอากาศ		**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	
ห้อง	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ห้อง**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
1. กลุ่มประชาสัมพันธ์	273.48	1. โถงต้อนรับ และโถงบันได	58.28
2. ศูนย์ประสานงาน BEC	31.46	2. ห้อง รปภ.	4.80
3. ห้องสมุด	202.86	3. ห้องเก็บของ	13.86
		4. ห้องเก็บเอกสาร	15.71
รวมพื้นที่ปรับอากาศ	**507.80**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**92.65**
รวมพื้นที่ชั้น 1 600.45 ตารางเมตร			

ตารางที่ 3 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 2 (ก่อนปรับปรุง)

พื้นที่ปรับอากาศ		**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	
ห้อง	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ห้อง**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
1. กลุ่มตรวจสอบภายใน	178.66	1. โถงบันได	62.96
2. กลุ่มนิติการ	284.22	2. ห้องน้ำชาย	14.42
3. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	125.18	3. ห้องน้ำหญิง	12.75
		4. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20
รวมพื้นที่ปรับอากาศ	**588.06**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**93.33**
รวมพื้นที่ชั้น 2 681.39 ตารางเมตร			

ตารางที่ 4 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 3 (ก่อนปรับปรุง)

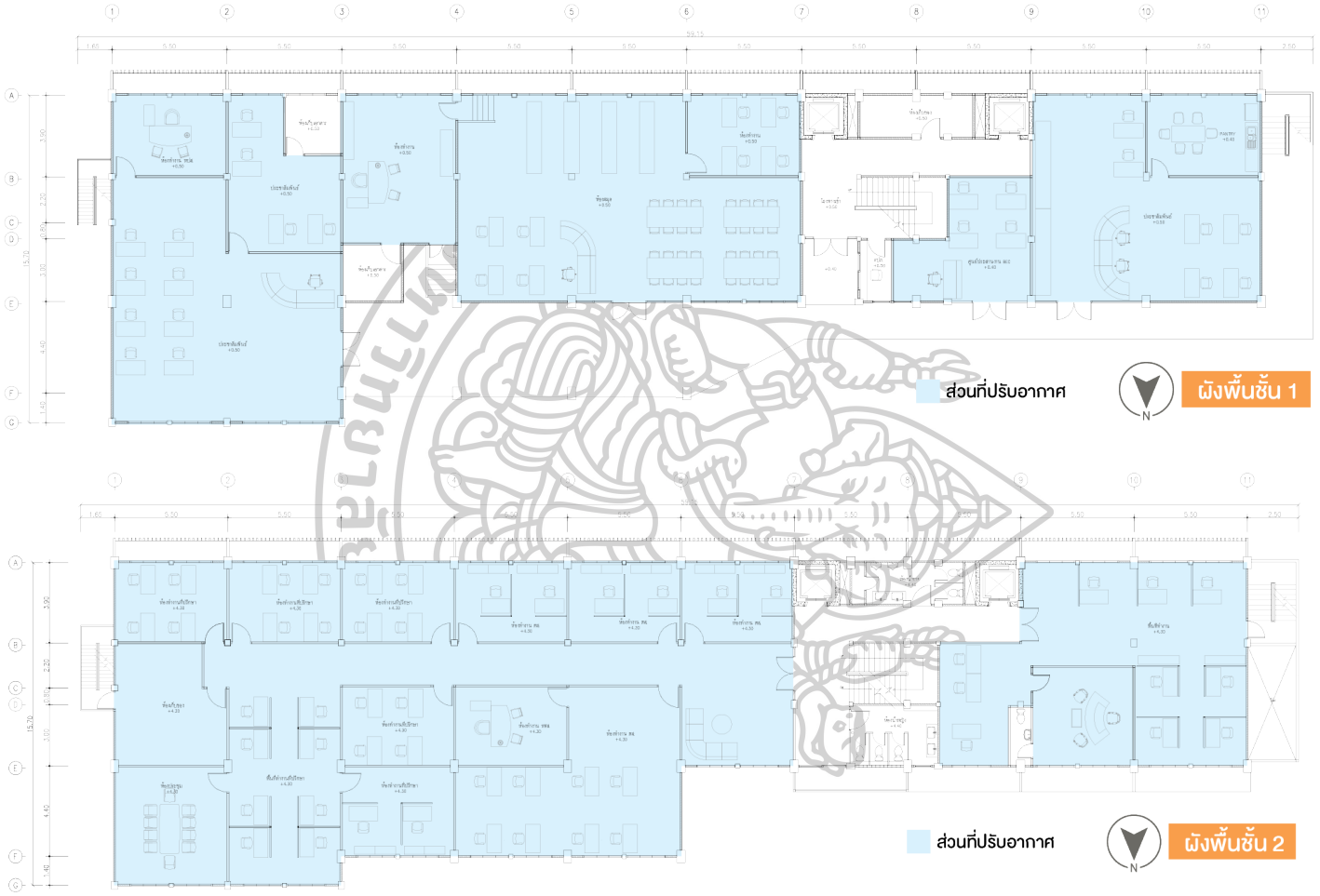
พื้นที่ปรับอากาศ		**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	
ห้อง	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ห้อง**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
1. กลุ่มวิชาการ	189.57	1. โถงบันได	85.96
2. กลุ่มบริหารจัดการพลังงานทดแทน	69.86	2. ห้องน้ำชาย	14.42
3. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	281.56	3. ห้องน้ำหญิง	12.75
		4. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20
รวมพื้นที่ปรับอากาศ	**540.99**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**116.33**
รวมพื้นที่ชั้น 3 657.32 ตารางเมตร			

ตารางที่ 5 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 4 (ก่อนปรับปรุง)

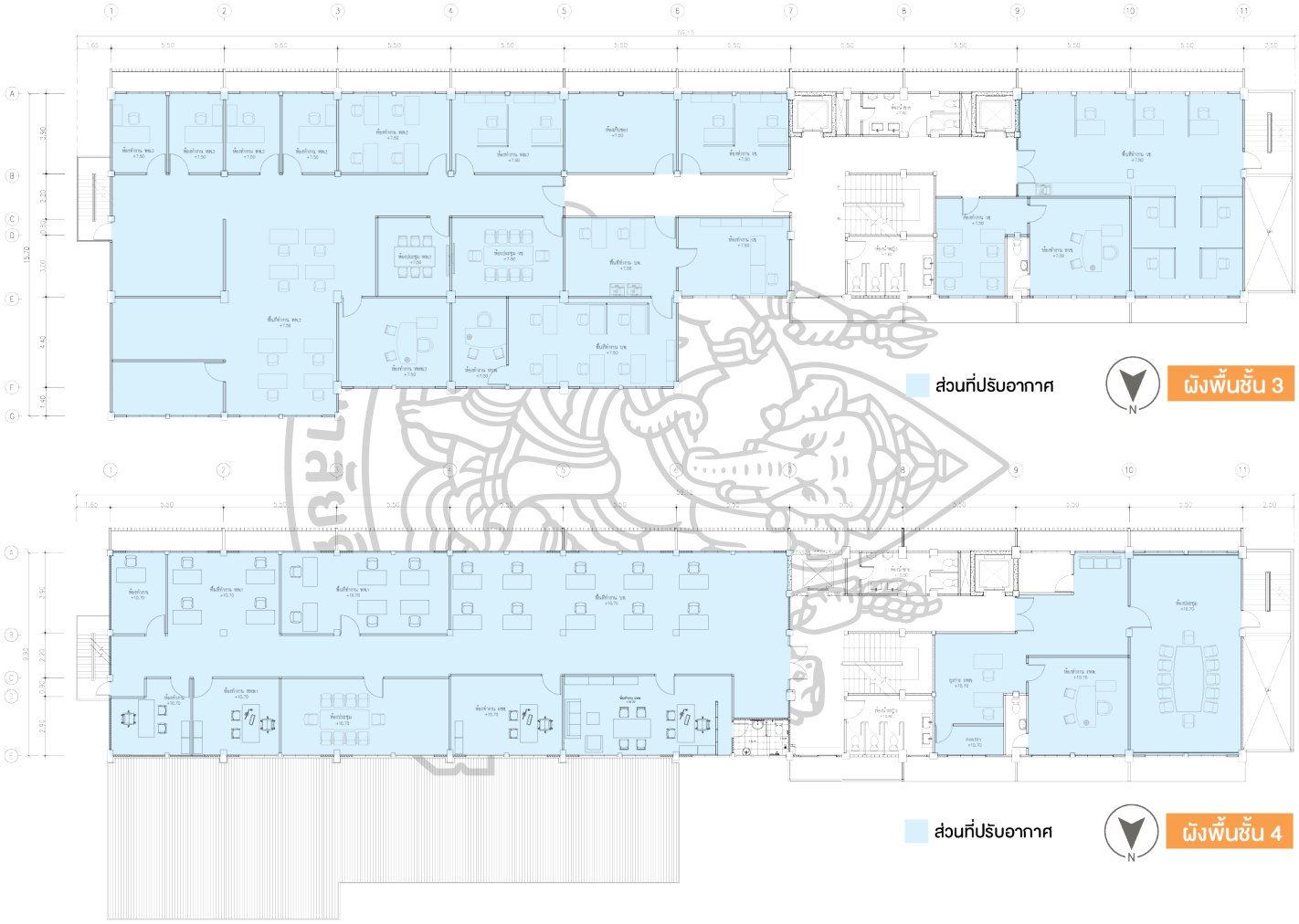
พื้นที่ปรับอากาศ		**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	
ห้อง	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ห้อง**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
1. ห้องประชุม 1	54.45	1. โถงบันได	62.96
2. ห้องประชุม 2	30.94	2. ห้องน้ำชาย	14.42
3. กลุ่มบริหารงานทั่วไป	104.09	3. ห้องน้ำหญิง	12.75
4. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	131.92	4. ห้องน้ำในห้องทำงาน	8.14
5. ห้องทำงานผู้อำนวยการกอง	32.17	5. ห้องเก็บของ	5.55
6. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญ	21.72		
7. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	119.63		
รวมพื้นที่ปรับอากาศ	**494.92**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**103.82**
รวมพื้นที่ชั้น 4 598.74 ตารางเมตร			

ตารางที่ 6 รายละเอียดพื้นที่ส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผังพื้นชั้น 5 (ก่อนปรับปรุง)

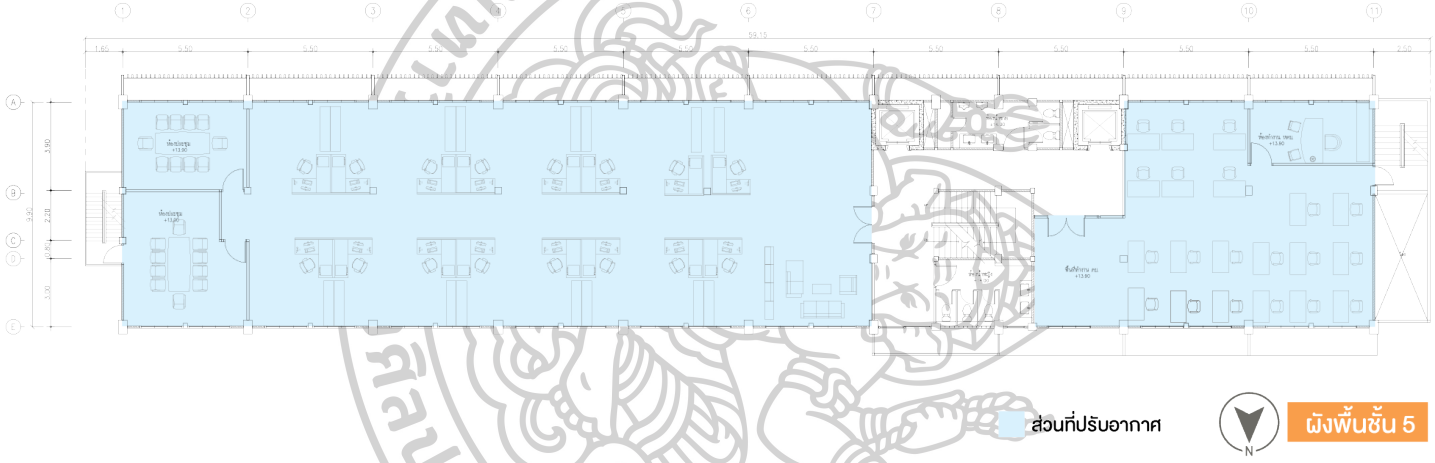
พื้นที่ปรับอากาศ		**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	
ห้อง	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ห้อง**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
1. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	128.31	1. โถงบันได	62.96
2. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งซ้าย)	272.25	2. ห้องน้ำชาย	14.42
3. ห้องประชุม 1	21.45	3. ห้องน้ำหญิง	12.75
4. ห้องประชุม 2	33.00		
รวมพื้นที่ปรับอากาศ	**455.01**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**90.13**
รวมพื้นที่ชั้น 5 545.14 ตารางเมตร			



ภาพที่ 18 แสดงผังพื้นชั้น 1 และชั้น 2 (ก่อนปรับปรุง)



ภาพที่ 19 แสดงผังพื้นชั้น 3 และชั้น 4 (ก่อนปรับปรุง)



ภาพที่ 20 แสดงผังพื้นชั้น 5 (ก่อนปรับปรุง)

วัสดุประกอบอาคาร

อาคารสำนักงาน 5 ชั้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นอาคารที่มีโครงสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก จากการสำรวจ พบว่าอาคารมีรายละเอียดของวัสดุประกอบอาคาร ดังนี้

ตารางที่ 7 รายละเอียดวัสดุประกอบอาคาร

องค์ประกอบ	รายละเอียดวัสดุ
พื้น	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ หนา 15 ซม.
วัสดุปูพื้น	กระเบื้องยาง หนา 2 มม.
ผนัง	ผนังภายนอก - คอนกรีตบล็อก ฉาบเรียบ 2 ด้าน หนา 10 ซม. ผนังภายใน - ไม้อัด โครงคร่าวไม้เนื้อแข็ง
ฝ้าเพดาน	ยิปซัมบอร์ด หนา 9 มม. ไม่มีฉนวนกันความร้อน
หลังคา	หลังคา คสล. (Slab Concrete) หนา 15 ซม.
ประตู	บานประตูไม้เนื้อแข็ง ลูกฟักกระจกผิวส้ม วงกบไม้เนื้อแข็ง
หน้าต่าง	บานกรอบไม้เนื้อแข็ง ลูกฟักกระจกใส หนา 6 มม. วงกบไม้เนื้อแข็ง

4.1.3 ลักษณะการใช้งานและจำนวนของผู้ใช้อาคาร

(1) ลักษณะการใช้งาน

อาคารกรณีศึกษามีลักษณะการใช้งานเป็นสำนักงานราชการ ซึ่งดำเนินงานในลักษณะประจำ (Regular Occupancy) โดยมีวันทำการตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในช่วงเวลา 08:30–16:30 น. ลักษณะการใช้งานดังกล่าวทำให้การใช้พลังงานหลักของอาคารเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ ทั้งในด้านการใช้ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และอุปกรณ์สำนักงาน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์ภาระพลังงานของอาคารและกำหนดมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานให้เหมาะสมกับรูปแบบการใช้งานจริง

(2) จำนวนของผู้ใช้อาคาร

อาคารมีจำนวนผู้ใช้งานประจำรวมทั้งสิ้น 119 คน ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรจากหลายกลุ่มงานภายในองค์กร โดยมีการกระจายตัวตามพื้นที่ใช้งานและลักษณะหน้าที่แตกต่างกัน ตารางรายละเอียดการแบ่งกลุ่มงานและจำนวนบุคลากรจะแสดงในส่วนถัดไป

เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการคำนวณภาระพลังงานจากการใช้งานจริงและการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ของอาคาร

ตารางที่ 8 จำนวนบุคลากรผู้ใช้งานอาคารสำนักงาน 5 ชั้น

กลุ่มงาน / ห้อง	จำนวน (คน)
1. กลุ่มประชาสัมพันธ์	10
2. ศูนย์ประสานงาน BEC	4
3. กลุ่มองค์ความรู้พลังงานทดแทนฯ (ห้องสมุด)	8
4. กลุ่มนิติการ	14
5. กลุ่มตรวจสอบภายใน	5
6. ห้องทำงานผู้อำนวยการกองพัฒนาพลังงานทดแทน (กพพ.)	1
7. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านพลังงานทดแทน	1
8. กลุ่มวิชาการ	13
9. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	12
10. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	13
11. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	17
12. กลุ่มบริหารจัดการพลังงานทดแทน	11
13. ฝ่ายบริหารงานทั่วไป (กพพ.)	9
14. ห้อง รปภ.	1
จำนวนบุคลากรรวม	**119**



ภาพที่ 21 แสดงสภาพภายในอาคารกรณีศึกษา

4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอาคาร

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินภาระการใช้พลังงานและวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน ข้อมูลดังกล่าวครอบคลุมองค์ประกอบหลักของระบบไฟฟ้า ได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการใช้งานสำนักงาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 ข้อมูลระบบแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างของอาคารประกอบด้วยหลอดไฟชนิดต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของหลอดไฟ กำลังไฟฟ้าของแต่ละหลอด (วัตต์) และจำนวนหลอดที่ติดตั้งในแต่ละพื้นที่ ข้อมูลนี้มีความสำคัญต่อการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างรวม (Lighting Power Density; LPD) เพื่อใช้ในการประเมินว่าอาคารเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (BEC) หรือไม่ รวมถึงช่วยระบุศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบแสงสว่าง เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นชนิดที่ใช้พลังงานต่ำกว่า หรือการปรับผังการจัดวางโคมไฟให้เหมาะสมกับการใช้งาน

4.2.2 ข้อมูลระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศภายในอาคารมีบทบาทสำคัญต่อภาระการใช้พลังงานโดยรวม เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงสุดเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ การเก็บข้อมูลในส่วนนี้ประกอบด้วย ชนิดของระบบปรับอากาศ ซึ่งในอาคารกรณีศึกษาจะเป็นระบบ Split Type กำลังไฟฟ้าของแต่ละเครื่อง จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง และค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (Coefficient of Performance; COP) ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ และประเมินความสอดคล้องกับเกณฑ์ COP ขั้นต่ำตามข้อกำหนด BEC นอกจากนี้ ข้อมูลดังกล่าวยังช่วยให้สามารถระบุเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงหรือเปลี่ยนทดแทน

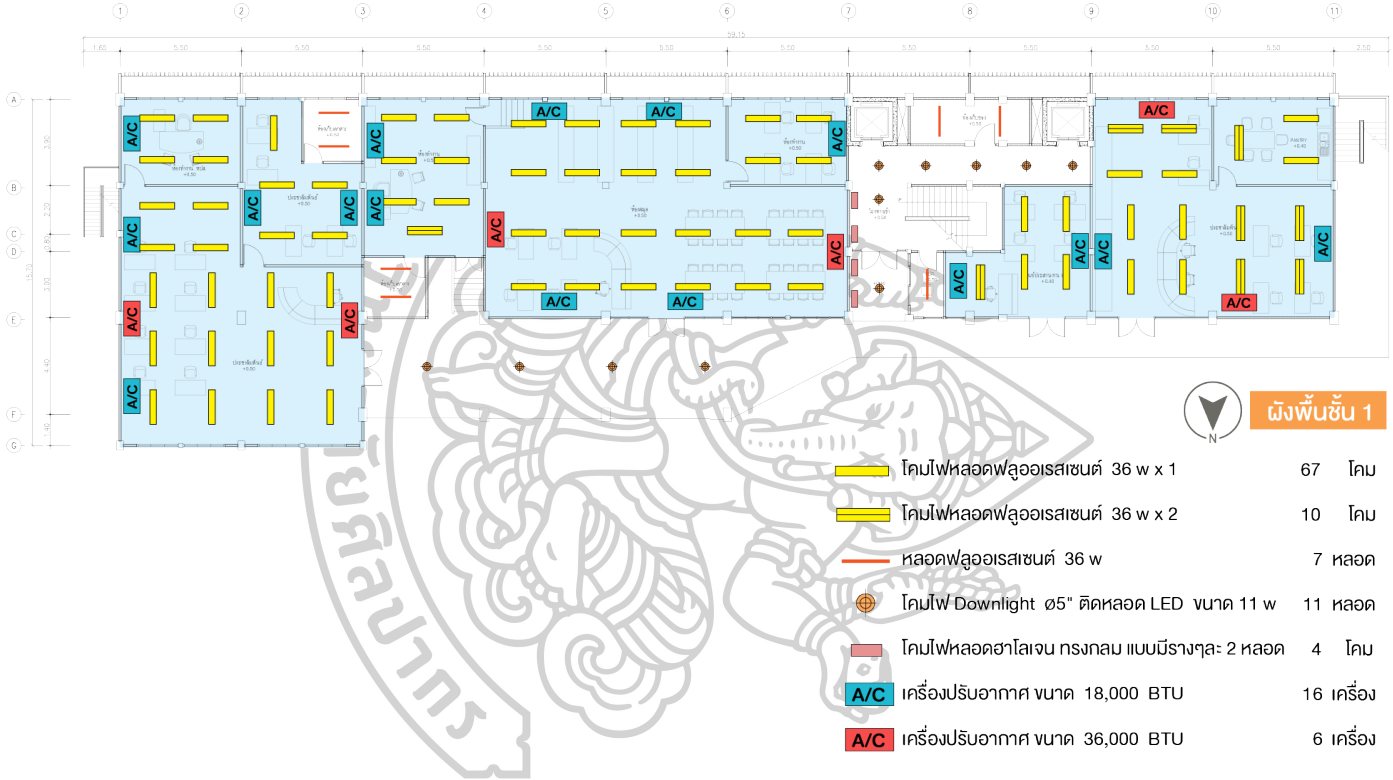
ตารางที่ 9 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 1

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์		หลอดฟลูออเรสเซนต์ (เดี่ยว)	โคมไฟ Downlight หลอด LED	โคมไฟหลอดฮาโลเจนทรงกลม	โคมไฟหลอด LED T5	กำลังไฟ (วัตต์)
		36w x 1	36w x 2	36w	11w	20w	13w	
1. กลุ่มประชาสัมพันธ์	273.48	33	7	-	-	-	-	**1,692**
2. ศูนย์ประสานงาน BEC	31.46	4	1	-	-	-	-	**216**
3. ห้องสมุด	202.86	30	1	-	-	-	-	**1,152**
4. โถงต้อนรับ และโถงบันได	52.28	-	-	-	7	4	-	**157**
5. ห้อง รปภ.	4.80	-	-	1	-	-	-	**36**
6. ห้องเก็บของ	13.86	-	-	2	-	-	-	**72**
7. ห้องเก็บเอกสาร	15.71	-	-	4	-	-	-	**144**
รวม	600.45	67	9	7	7	4	-	**3,469**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 1 มีกำลังไฟฟ้ารวม 3,469 วัตต์ พื้นที่อาคาร 600.45 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 5.78 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 10 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มประชาสัมพันธ์	18,000	16.32	1,440	7
	36,000	14.94	2,650	4
2. ศูนย์ประสานงาน BEC	18,000	16.32	1,440	2
3. ห้องสมุด	18,000	16.32	1,440	5
	36,000	14.94	2,650	2



ภาพที่ 22 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1

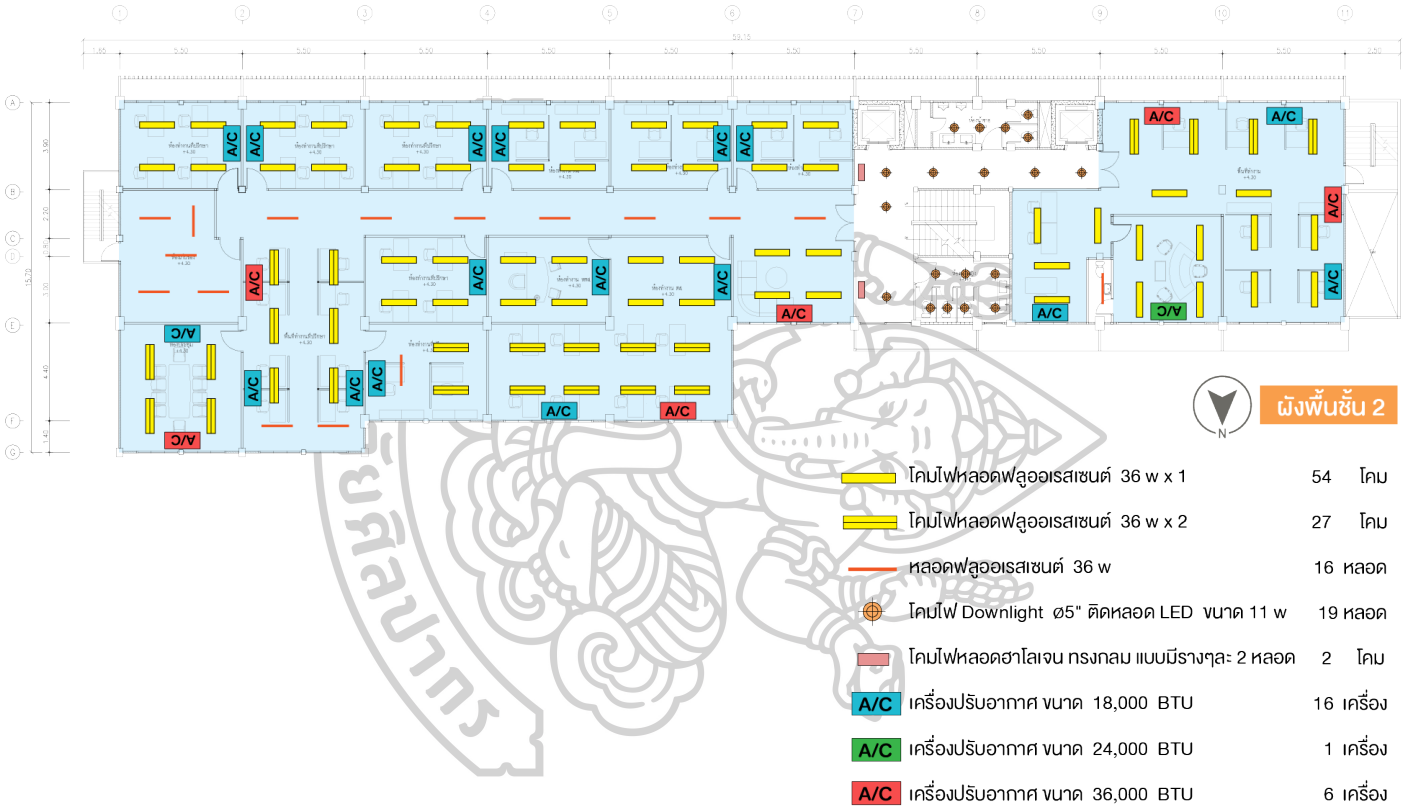
ตารางที่ 11 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 2

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์		หลอดฟลูออเรสเซนต์ (เดี่ยว)	โคมไฟ Downlight หลอด LED	โคมไฟหลอดฮาโลเจนทรงกลม	โคมไฟหลอด LED T5	กำลังไฟ (วัตต์)
		36w x 1	36w x 2	36w	11w	20w	13w	
1. กลุ่มตรวจสอบภายใน	178.66	24	8	4	-	-	-	**1,584**
2. กลุ่มนิติการ	284.22	16	12	10	-	-	-	**1,800**
3. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	125.18	14	4	-	-	-	-	**792**
4. โถงบันได	62.96	-	-	-	7	2	-	**117**
5. ห้องน้ำชาย	14.42	-	-	-	5	-	-	**55**
6. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	-	-	7	-	-	**77**
7. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20	-	-	1	-	-	-	**36**
รวม	681.39	54	24	15	19	2	-	**4,461**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 2 มีกำลังไฟฟ้ารวม 4,461 วัตต์ พื้นที่อาคาร 681.39 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 6.55 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 12 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มตรวจสอบภายใน	18,000	16.32	1,440	6
	36,000	14.94	2,650	2
2. กลุ่มนิติการ	18,000	16.32	1,440	8
	36,000	14.94	2,650	2
3. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	18,000	16.32	1,440	3
	24,000	15.05	1,830	1
	36,000	14.94	2,650	2



ภาพที่ 23 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2

ตารางที่ 13 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 3

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์		หลอดฟลูออเรสเซนต์ (เดี่ยว)	โคมไฟ Downlight หลอด LED	โคมไฟหลอดฮาโลเจนทรงกลม	โคมไฟหลอด LED T5	กำลังไฟ (วัตต์)
		36w x 1	36w x 2	36w	11w	20w	13w	
1. กลุ่มวิชาการ	189.57	24	4	-	-	-	-	**1,152**
2. กลุ่มบริหารจัดการฯ	69.86	14		-	-	-	-	**504**
3. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	281.56	32	13	-	-	-	-	**2,088**
4. โถงบันได	85.96	-	-	2	7	2	-	**189**
5. ห้องน้ำชาย	14.42	-	-	-	5	-	-	**55**
6. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	-	-	7	-	-	**77**
7. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20	-	-	1	-	-	-	**36**
รวม	657.32	70	17	3	19	2	-	**4,101**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 3 มีกำลังไฟฟ้ารวม 4,101 วัตต์ พื้นที่อาคาร 657.32 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 6.24 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 14 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มวิชาการ	18,000	16.32	1,440	5
	24,000	15.05	1,830	2
	36,000	14.94	2,650	2
2. กลุ่มบริหารจัดการพลังงานทดแทน	13,000	22.01	1,070	2
	18,000	16.32	1,440	1
	24,000	15.05	1,830	1
3. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	13,000	22.01	1,070	10
	18,000	16.32	1,440	4



ภาพที่ 24 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3

ตารางที่ 15 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 4

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์		หลอดฟลูออเรสเซนต์ (เดี่ยว)	โคมไฟ Downlight หลอด LED	โคมไฟหลอดฮาโลเจนทรงกลม	โคมไฟหลอด LED T5	กำลังไฟ (วัตต์)
		36w x 1	36w x 2	36w	11w	20w	13w	
1. ห้องประชุม 1	54.45	-	-	-	-	-	10	**130**
2. ห้องประชุม 2	30.94	6	-	-	-	-	-	**216**
3. ฝ่ายบริหารงานทั่วไป	104.09	6	4	-	-	-	-	**504**
4. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	131.92	4	8	-	-	-	-	**720**
5. ห้องทำงาน ผอ.กอง	32.17		3	-	-	-	-	**216**
6. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญ	21.72	4		-	-	-	-	**144**
7. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	119.63	7	4	-	-	-	-	**540**
8. โถงบันได	62.96	-	-	-	7	2	-	**117**
9. ห้องน้ำชาย	14.42	-	-	-	5	-	-	**55**
10. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	-	-	7	-	-	**77**
11. ห้องน้ำในห้องทำงาน	8.14	2	-	-	-	-	-	**72**
12. ห้องเก็บของ	5.55	1	-	-	-	-	-	**36**
รวม	598.74	30	19	-	19	2	10	**2,827**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 4 มีกำลังไฟฟ้ารวม 2,827 วัตต์ พื้นที่อาคาร 598.74 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 4.72 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 16 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. ห้องประชุม 1	18,000	16.32	1,440	1
	24,000	15.05	1,830	1
	36,000	14.94	2,650	1
2. ห้องประชุม 2	18,000	16.32	1,440	2
3. ฝ่ายบริหารงานทั่วไป	18,000	16.32	1,440	5
4. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	13,000	22.01	1,070	2
	18,000	16.32	1,440	5
5. ห้องทำงานผู้อำนวยการกอง	18,000	16.32	1,440	1
6. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญ	18,000	16.32	1,440	1
7. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	18,000	16.32	1,440	2
	24,000	15.05	1,830	1



ภาพที่ 25 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4

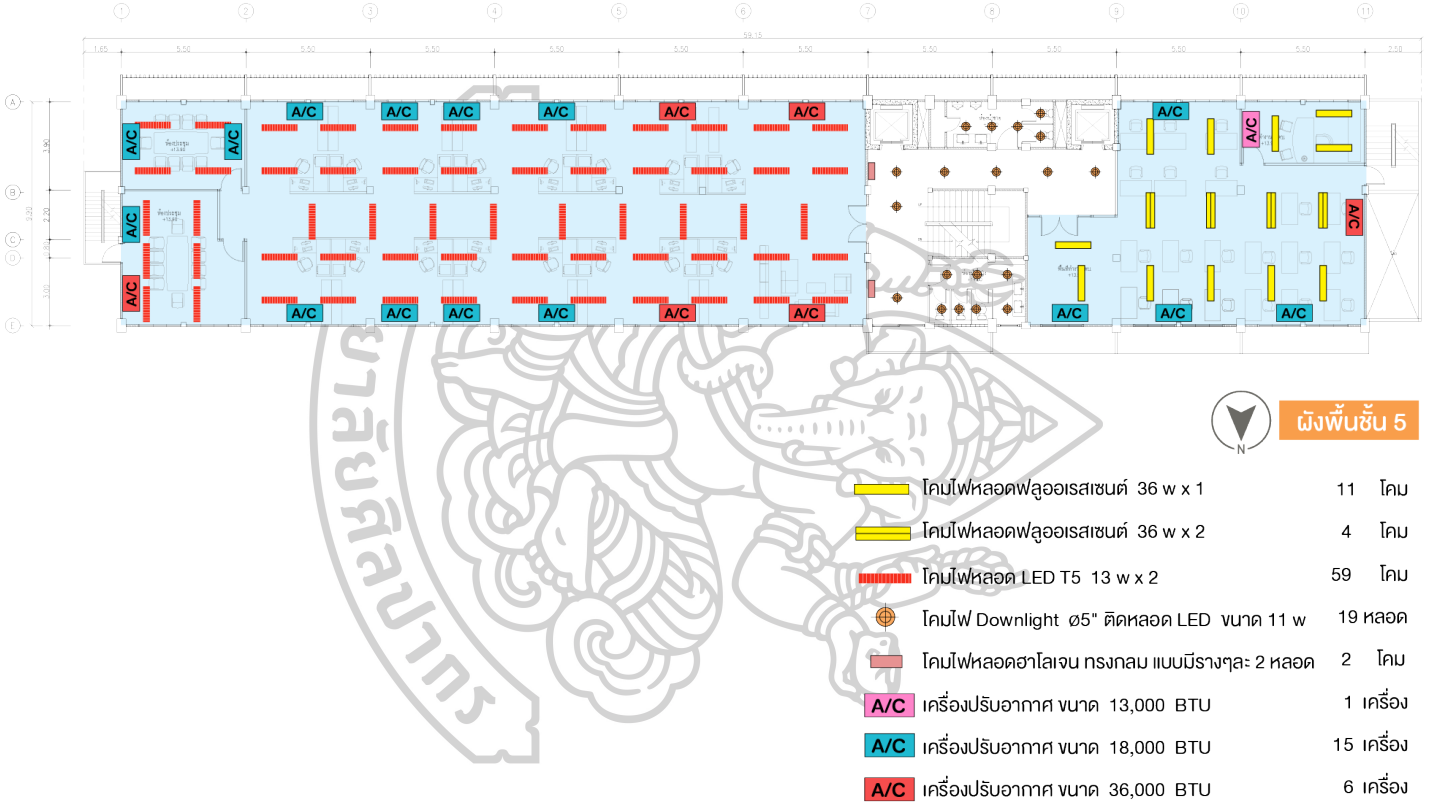
ตารางที่ 17 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 5

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์		หลอดฟลูออเรสเซนต์ (เดี่ยว)	โคมไฟ Downlight หลอด LED	โคมไฟหลอดฮาโลเจนทรงกลม	โคมไฟหลอด LED T5	กำลังไฟ (วัตต์)
		36w x 1	36w x 2	36w	11w	20w	13w	
1. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	128.31	11	4	-	-	-	-	**684**
2. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งซ้าย)	272.25	-	-	-	-	-	49	**637**
3. ห้องประชุม 1	21.45	-	-	-	-	-	4	**52**
4. ห้องประชุม 2	33.00	-	-	-	-	-	6	**78**
5. โถงบันได	62.96	-	-	-	7	2	-	**117**
6. ห้องน้ำชาย	14.42	-	-	-	5	-	-	**55**
7. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	-	-	7	-	-	**77**
รวม	545.14	11	4	-	19	2	59	**1,700**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 5 มีกำลังไฟฟ้ารวม 1,700 วัตต์ พื้นที่อาคาร 545.14 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 3.12 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 18 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	13,000	22.01	1,070	1
	18,000	16.32	1,440	4
	36,000	14.94	2,650	1
2. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งซ้าย)	18,000	16.32	1,440	8
	36,000	14.94	2,650	4
3. ห้องประชุม 1	18,000	16.32	1,440	2
4. ห้องประชุม 2	18,000	16.32	1,440	1
	36,000	14.94	2,650	1



ภาพที่ 26 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5

4.2.3 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในสำนักงานมีส่วนสำคัญต่อการใช้พลังงานรวมของอาคาร โดยการเก็บข้อมูลประกอบด้วยชนิดของอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, เครื่องพิมพ์, โทรทัศน์ กำลังไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ (วัตต์) และจำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณภาระพลังงานจากการใช้งานอุปกรณ์สำนักงาน ซึ่งมีความสำคัญต่อการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร และการพิจารณามาตรการปรับลดการใช้พลังงาน เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ประหยัดพลังงานหรือการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดกำลังไฟ (วัตต์) ของแต่ละอุปกรณ์ ดังนี้

(1) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 200 วัตต์

(2) เครื่องถ่ายเอกสาร 500 วัตต์

(3) Printer 150 วัตต์

(4) Smart TV 90 วัตต์

ตารางที่ 19 รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงาน

กลุ่มงาน/ห้อง	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (เครื่อง)	เครื่องถ่ายเอกสาร (เครื่อง)	Printer (เครื่อง)	Smart TV (เครื่อง)	กำลังไฟที่ใช้ (วัตต์)
ชั้น 1				-	
1. กลุ่มประชาสัมพันธ์	10	2	4	-	**3,600**
2. ศูนย์ประสานงาน BEC	4	1	1		**1,450**
3. ห้องสมุด	8	2	2	2	**3,080**
ชั้น 2					
1. กลุ่มตรวจสอบภายใน	5	1	1	-	**1,650**
2. กลุ่มนิติการ	14	1	2		**3,600**
3. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	-	-	-	-	**-**
ชั้น 3					
1. กลุ่มวิชาการ	13	1	2	1	**3,490**
2. กลุ่มบริหารจัดการฯ	11	1	3	-	**3,150**
3. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	13	1	3	2	**3,730**
ชั้น 4					
1. ห้องประชุม 1	-	-	-	1	**90**
2. ห้องประชุม 2	-	-	-	1	**90**
3. กลุ่มบริหารงานทั่วไป	9	1	1	-	**2,450**
4. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	12	1	2	1	**3,290**

กลุ่มงาน/ห้อง	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (เครื่อง)	เครื่องถ่ายเอกสาร (เครื่อง)	Printer (เครื่อง)	Smart TV (เครื่อง)	กำลังไฟที่ใช้ (วัตต์)
5. ห้องทำงาน ผอ.กอง	1	-	1	1	**440**
6. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญ	1	-	1	1	**440**
7. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งขวา)	-	-	-	-	**-**
ชั้น 5					
1. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	17	2	3	1	**4,940**
2. พื้นที่ทำงาน (ฝั่งซ้าย)	-	-	-	-	**-**
3. ห้องประชุม 1	-	-	-	1	**90**
4. ห้องประชุม 2	-	-	-	1	**90**
รวม	118	14	26	13	**35,670**

จากตารางที่ 19 พบว่า อุปกรณ์ไฟฟ้ามีกำลังรวมทั้งหมด 35,670 วัตต์ ใช้ในพื้นที่ปรับอากาศ 2,586.78 ตร.ม. คิดเป็นค่ากำลังไฟฟ้าของระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่ปรับอากาศ (EQD) เท่ากับ 13.79 วัตต์/ตร.ม.

4.3 วัสดุระบบเปลือกอาคาร

วัสดุที่ใช้ในระบบเปลือกอาคาร (Building Envelope) มีบทบาทสำคัญต่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อภาระการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ การระบุชนิดและคุณสมบัติของวัสดุแต่ละส่วนอย่างถูกต้องเป็นขั้นตอนสำคัญในการป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม BEC Web-Based เพื่อคำนวณค่าดัชนีด้านพลังงาน เช่น ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV) ซึ่งใช้ประเมินว่ากรอบอาคารมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ ซึ่งสำหรับอาคารกรณีศึกษามีวัสดุระบบกรอบอาคาร ดังนี้

4.3.1 ผนังทึบ ผนังอาคารก่อด้วยคอนกรีตบล็อกฉาบเรียบ 2 ด้าน หนา 10 เซนติเมตร ซึ่งมีคุณสมบัติด้านความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance) ปานกลาง เหมาะกับงานก่อสร้างทั่วไป แต่หากไม่มีการเพิ่มฉนวน อาจมีค่าการนำความร้อนสูง ส่งผลต่อการเพิ่มภาระความเย็นในอาคาร

4.3.2 ผนังโปร่งแสง ในส่วนหน้าต่างของอาคารใช้กระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC)

และค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (Visible Light Transmittance; VLT) ที่ต้องพิจารณาเนื่องจากกระจกใสมีแนวโน้มให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้มาก

4.3.3 หลังคา โครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Slab Concrete) หนา 15 เซนติเมตร มีช่องอากาศหนา 0.30 เมตร และปิดทับด้านล่างด้วยแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ซึ่งช่องอากาศดังกล่าวช่วยลดการส่งผ่านความร้อนลงสู่พื้นที่ภายใน แต่ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับการระบายอากาศในช่องว่างและคุณสมบัติฉนวนของวัสดุประกอบ

ข้อมูลวัสดุผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคาจะถูกป้อนเข้าสู่โปรแกรม BEC Web-Based พร้อมค่าคุณสมบัติความร้อนเฉพาะของวัสดุ เพื่อให้การคำนวณค่า OTTV และ RTTV มีความถูกต้องแม่นยำ และแสดงถึงสภาพการใช้งานจริงของอาคารได้อย่างครบถ้วน โดยตารางต่อไปนี้จะเป็นรายละเอียดของคุณสมบัติวัสดุระบบกรอบอาคาร

ตารางที่ 20 รายละเอียดคุณสมบัติวัสดุผนัง และหลังคาอาคาร

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m°C)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg°C)
คอนกรีตบล็อก	8	0.546	2,210	0.92
ปูนฉาบ	1	0.72	1,860	0.84
ยิปซัมบอร์ด	0.9	0.306	725	1.09
คอนกรีต	15	1.442	2,400	0.92
ช่องว่างอากาศ	30	ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง >0.2		

ที่มา: คู่มือวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

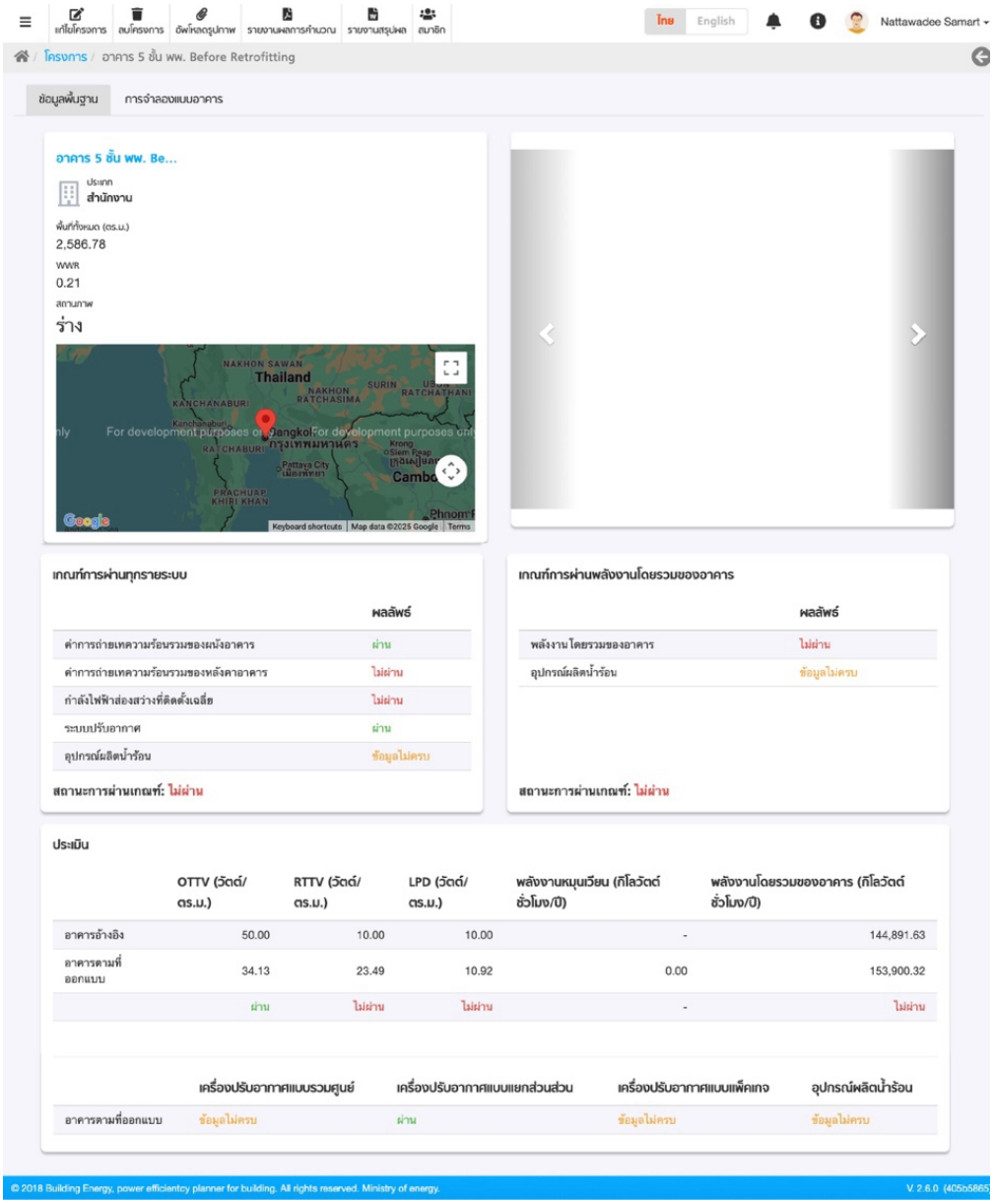
ตารางที่ 21 รายละเอียดคุณสมบัติกระจก

วัสดุ	ความหนา (มม.)	ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (T_{vis})	ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
กระจกใส	6	0.91	0.75

ที่มา: คู่มือวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

4.4 ประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based

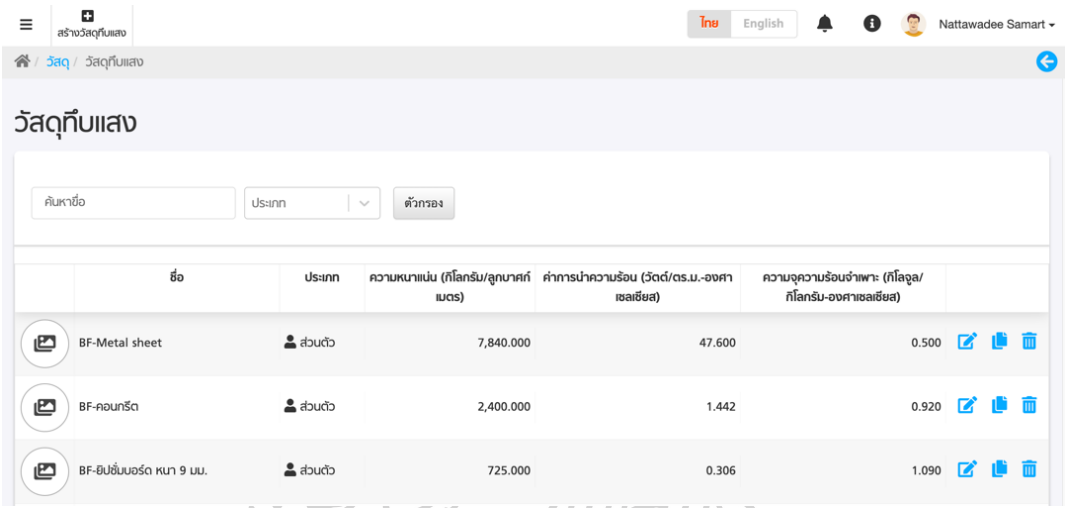
เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับสมรรถนะด้านพลังงานของอาคารกรณีศึกษาในสภาพปัจจุบัน งานศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม BEC Web-Based ในการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร (OTTV และ RTTV) รวมถึงการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ตามเกณฑ์ของกฎหมายอาคารอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นค่าพื้นฐาน (Baseline) ของการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะของอาคารหลังการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป



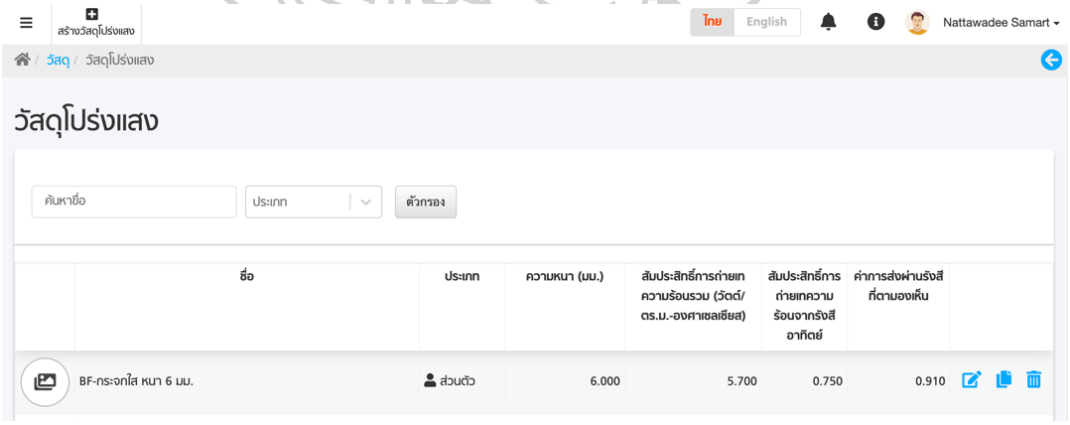
ภาพที่ 27 แสดงข้อมูลพื้นฐานและผลสรุปของโครงการ

4.4.1 การกำหนดข้อมูลวัสดุและอุปกรณ์

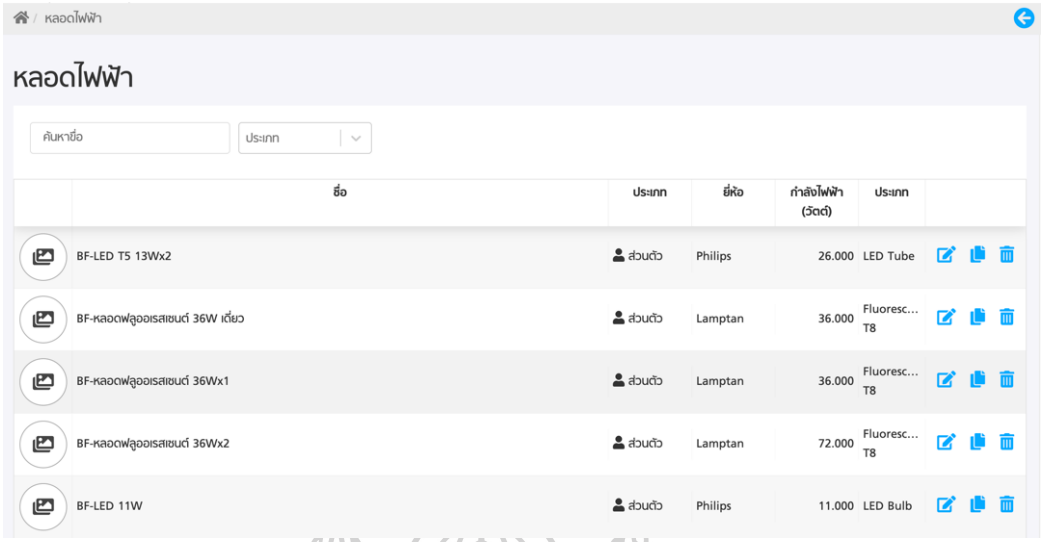
กำหนดคุณสมบัติวัสดุของเปลือกอาคารทั้งวัสดุทึบแสง และวัสดุโปร่งแสง เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า U-value, SHGC และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ OTTV/RTTV ได้อย่างถูกต้อง จากนั้นจึงกำหนดรายการ โคม/หลอดไฟ พร้อมกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้คำนวณ LPD และบันทึกคุณลักษณะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เช่น ขนาด BTU, กำลังไฟฟ้า และค่า SEER เพื่อให้ระบบตรวจความสอดคล้องตามเกณฑ์ BEC



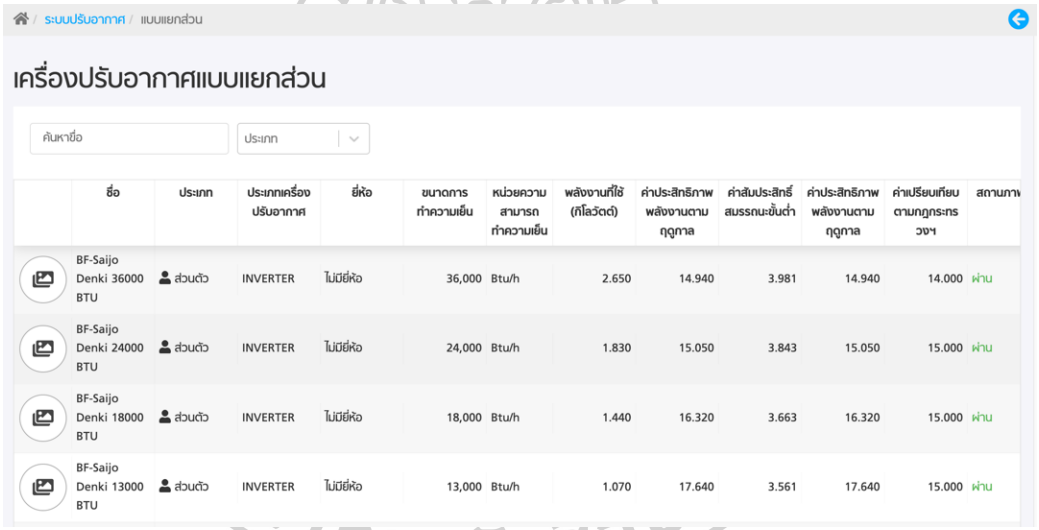
ภาพที่ 29 แสดงหน้ากำหนดวัสดุทึบแสง



ภาพที่ 28 แสดงหน้ากำหนดวัสดุโปร่งแสง



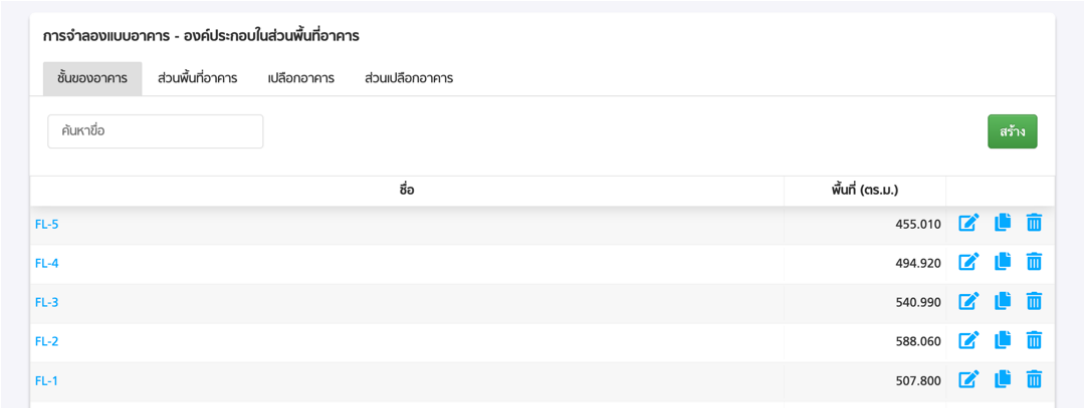
ภาพที่ 30 แสดงหน้ารายการหลอดไฟฟ้าเพื่อใช้คำนวณ LPD



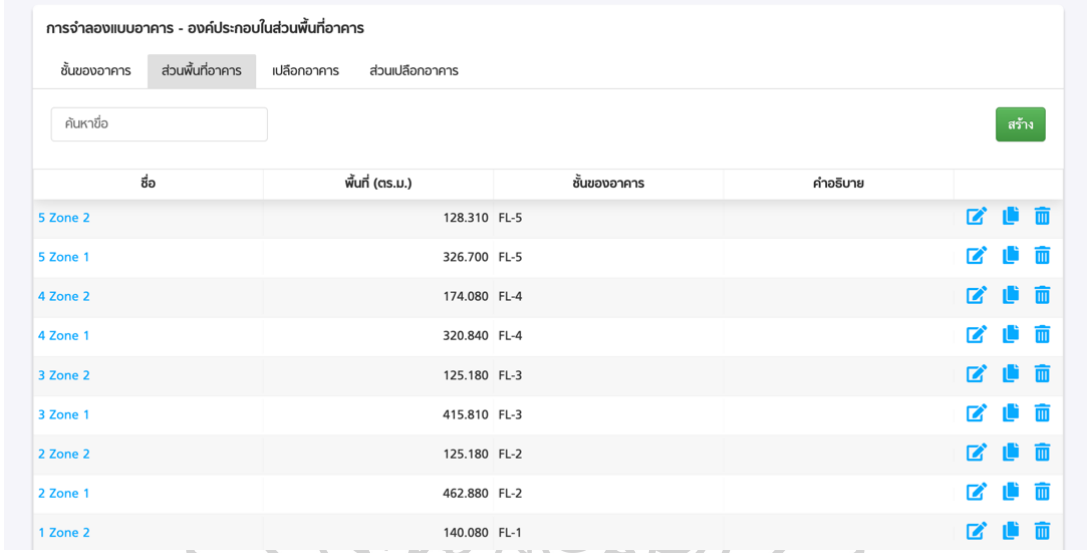
ภาพที่ 31 แสดงหน้ารายการเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4.4.2 การกำหนดพื้นที่และเปลือกอาคาร

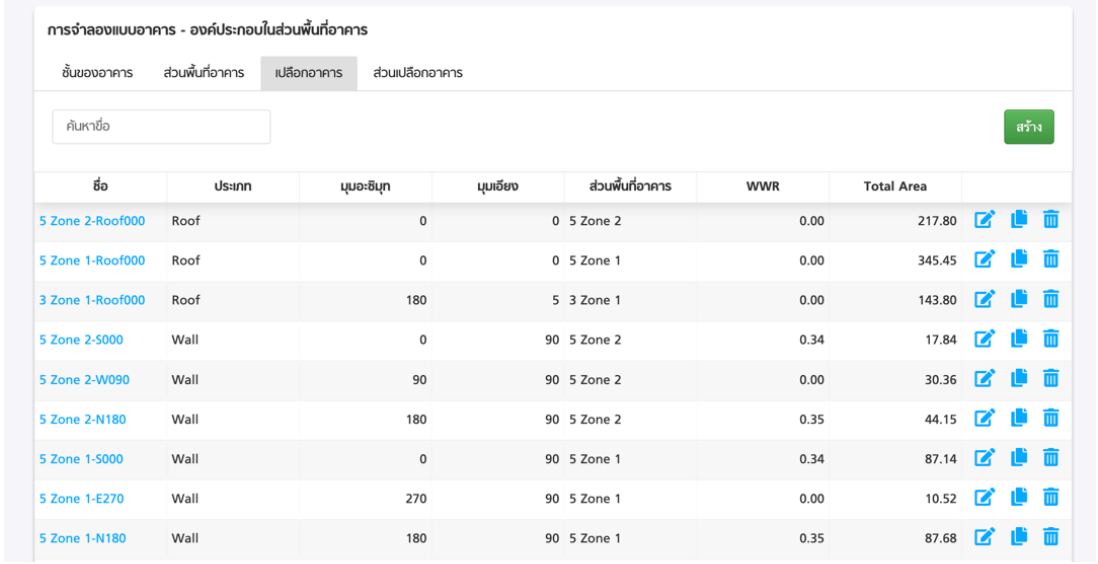
ในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการระบุชั้นของอาคาร (FL-1 ถึง FL-5) และแบ่งพื้นที่การใช้งานภายในแต่ละชั้นออกเป็นโซนต่าง ๆ พร้อมระบุขนาดพื้นที่ของแต่ละโซน หลังจากนั้นจึงกำหนดองค์ประกอบของเปลือกอาคาร ไม่ว่าจะเป็นผนังรอบด้านหรือหลังคา โดยใส่รายละเอียด เช่น ทิศทาง มุมเอียง อัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อหน้าต่าง (WWR) และพื้นที่ของผิวผนังแต่ละส่วน ข้อมูลเหล่านี้จะทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณการรับความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้าสู่โซนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องตามทิศทางแดดและรูปแบบอาคารจริง



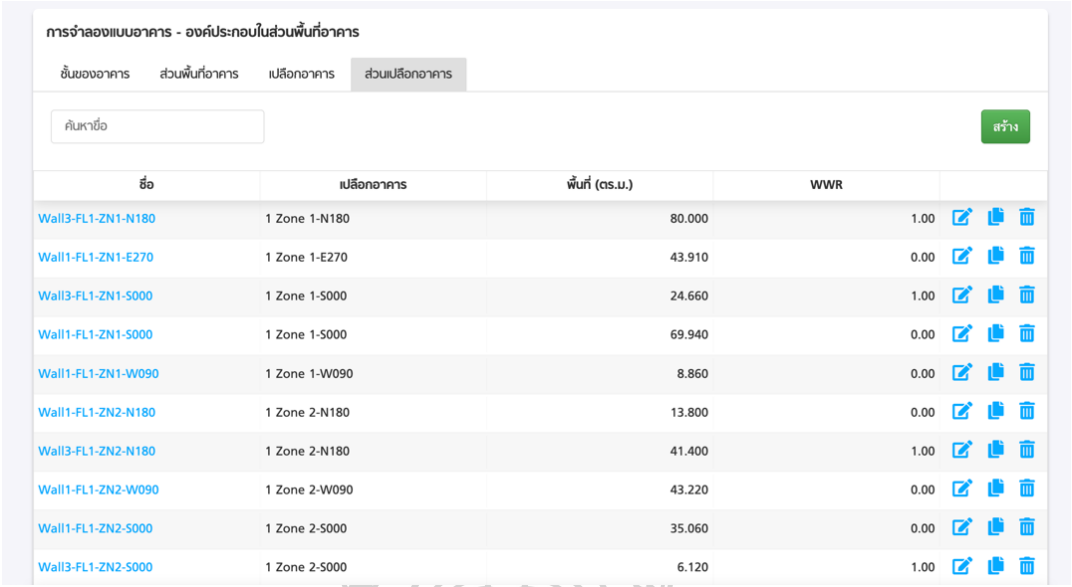
ภาพที่ 32 แสดงชั้นของอาคาร (FL-1 ถึง FL-5) พร้อมพื้นที่แต่ละชั้น



ภาพที่ 34 แสดงส่วนพื้นที่อาคาร (Zones) ของแต่ละชั้น พร้อมพื้นที่ใช้งาน



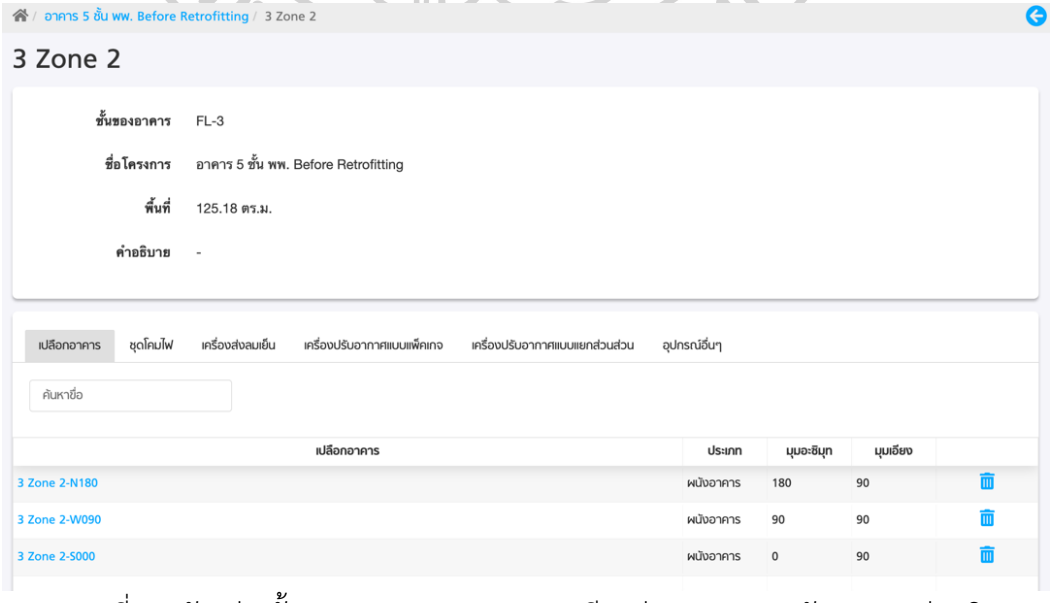
ภาพที่ 33 แสดงเมนูส่วนเปลือกอาคารที่เชื่อมโยงข้อมูลกับส่วนพื้นที่อาคาร



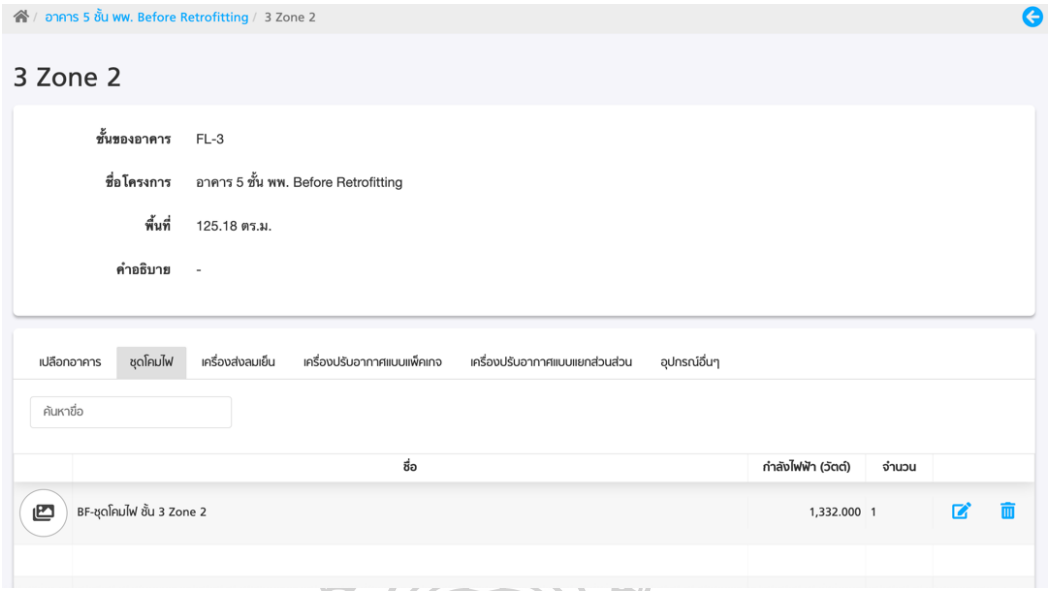
ภาพที่ 35 แสดงเมนูส่วนเปลือกอาคารที่ระบุตามทิศและตามส่วนพื้นที่อาคาร

4.4.3 การกำหนดอุปกรณ์แต่ละโซนและตรวจสอบตามเกณฑ์

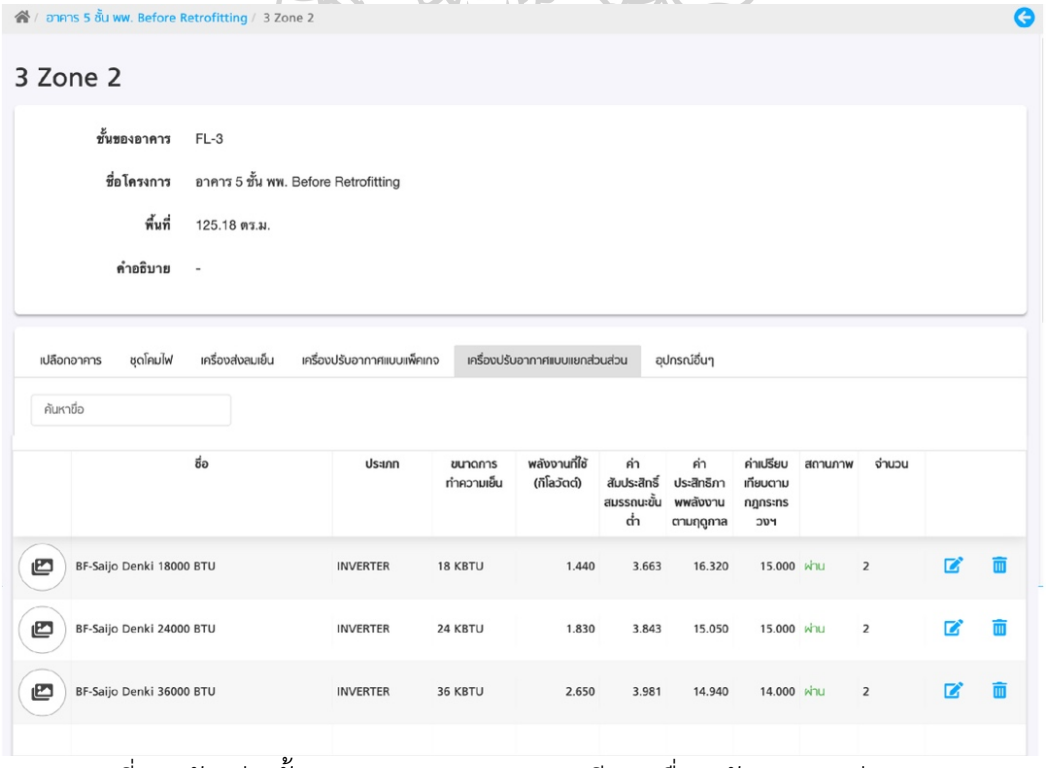
หลังจากกำหนดโครงสร้างพื้นที่และองค์ประกอบเปลือกอาคารแล้ว จึงกรอกข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์แต่ละโซน โดยมีการระบุประเภทผนังและหลังคา รวมทั้งชุดโคมไฟฟ้าและระบบปรับอากาศที่ใช้งานอยู่ในพื้นที่นั้น ข้อมูลเหล่านี้ทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Power Density; LPD) และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานได้โดยอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลทั้งหมดครบถ้วน โปรแกรมจะแสดงผลการประเมินในภาพรวมของอาคาร



ภาพที่ 36 ตัวอย่างชั้น 3 Zone 2 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบผนังอาคารแต่ละทิศ



ภาพที่ 38 ตัวอย่างชั้น 3 Zone 2 แสดงข้อมูลหลอดไฟแต่ละประเภทที่ใช้ในอาคาร



ภาพที่ 37 ตัวอย่างชั้น 3 Zone 2 แสดงรายละเอียดเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภท

4.4.4 สรุปผลการประเมินอาคารก่อนปรับปรุง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

2E BUILDING

Building Information

Project Name :	อาคาร 5 ชั้น พพ. Before Retrofitting
Building Name :	อาคาร 5 ชั้น พพ. Before Retrofitting
Building Type :	สำนักงาน
Location :	กรุงเทพมหานคร

เกณฑ์ในการออกแบบ					
ทางเลือก 1 ผ่านเกณฑ์ทุกระบบ			ทางเลือก 2 ใช้ประเมินค่าพลังงานรวม		
1. ระบบกรอบอาคาร	*OTTV:*	passed	พลังงานของอาคารที่ออกแบบ	<	พลังงานของอาคารที่อ้างอิง
	RTTV:	failed			
2. ระบบแสงสว่าง		failed	failed		
3. ระบบปรับอากาศ		passed			
4. ระบบผลิตน้ำร้อน		unset			

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ failed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	153,900.323	kWh/Year
Energy from PV System :		kWh/Year
Energy from Heat to Electrical System :		kWh/Year
Energy from Other System :		kWh/Year
Net Energy consumption (Evaluated Building) :	153,900.323	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	144,891.630	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	failed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	34.126	W/m²
OTTV (A/C Zone) :	34.126	W/m²

ภาพที่ 39 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (1)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Code OTTV :	50.000 W/m²
Building OTTV Status :	passed
RTTV (A/C Zone) :	23.487 W/m²
Code RTTV :	10.000 W/m²
Building RTTV Status :	failed

Building Lighting System

Total Power :	28,254.000 Watts
Total Building Area :	2,586.780 m²
Power Density :	10.922 W/m²
Compliance :	10.000 W/m²
Lighing System Status :	failed

Building Energy by Floor

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
FL-1	507.800	397.410	0.000	34.526		11.981	0.100	0.250	31,178.431
FL-2	588.060	333.430	0.000	34.197		12.856	0.100	0.250	34,842.065
FL-3	540.990	333.110	143.800	34.199	35.209	13.509	0.100	0.250	37,383.632
FL-4	494.920	304.710	0.000	33.712		9.181	0.100	0.250	24,883.830
FL-5	455.010	277.690	563.250	33.837	20.494	6.061	0.100	0.250	25,612.364

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP	EQD (W/m²)	OCCU (head/m²)	VENT (l/s)	Energy Lighting kWh/y	Energy Equipment kWh/y	Energy A/C kWh/y	Total Energy kWh/y
1 Zone 1	367.720	257.810	0.000	34.669		11.846	3.790		0.100	0.250	10,193.040	0.000	11,658.583	21,851.623
1 Zone 2	140.080	139.600	0.000	34.262		12.336	3.822		0.100	0.250	4,043.520	0.000	5,283.288	9,326.808
2 Zone 1	462.880	241.080	0.000	34.449		13.222	3.779		0.100	0.250	14,320.800	0.000	13,227.586	27,548.386
2 Zone 2	125.180	92.350	0.000	33.537		11.503	3.845		0.100	0.250	3,369.600	0.000	3,924.078	7,293.678
3 Zone 1	415.810	240.760	143.800	34.453	35.209	14.372	3.629		0.100	0.250	13,983.840	0.000	16,434.807	30,418.647
3 Zone 2	125.180	92.350	0.000	33.537		10.641	3.865		0.100	0.250	3,116.880	0.000	3,848.106	6,964.986
4 Zone 1	320.840	203.640	0.000	33.671		10.435	3.654		0.100	0.250	7,834.320	0.000	9,706.485	17,540.805

ภาพที่ 40 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (2)

ตารางที่ 22 ผลสรุปอาคารก่อนปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 50.00	34.13	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	23.49	ไม่ผ่าน
ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	10.92	ไม่ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 14.00	14.94	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	≤ 130,992.52	153,900.32	ไม่ผ่าน

จากการประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based พบว่าอาคารมีค่าการใช้พลังงานรวม (Building Energy Consumption) เท่ากับ 153,900.32 kWh/yr ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิงที่กำหนดไว้ที่ 130,992.52 kWh/yr ส่งผลให้การประเมินภาพรวมของอาคาร **ไม่ผ่านเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงาน** ตามข้อกำหนดกฎหมายอาคารอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อพิจารณารายระบบ พบว่า

(1) ระบบเปลือกอาคาร (Building Envelope) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) เท่ากับ 34.13 W/m² ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 50 W/m² จึงผ่านเกณฑ์ แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) เท่ากับ 23.49 W/m² สูงกว่าค่ามาตรฐาน 10 W/m² จึงไม่ผ่านเกณฑ์

(2) ระบบแสงสว่าง (Lighting System) ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) เท่ากับ 10.92 W/m² สูงกว่าค่ามาตรฐาน 10 W/m² จึงไม่ผ่านเกณฑ์

(3) ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System) เครื่องปรับอากาศชนิด Split Type ขนาด 13,000–36,000 BTU ที่ติดตั้งในอาคารทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน COP และ SEER ที่กำหนด

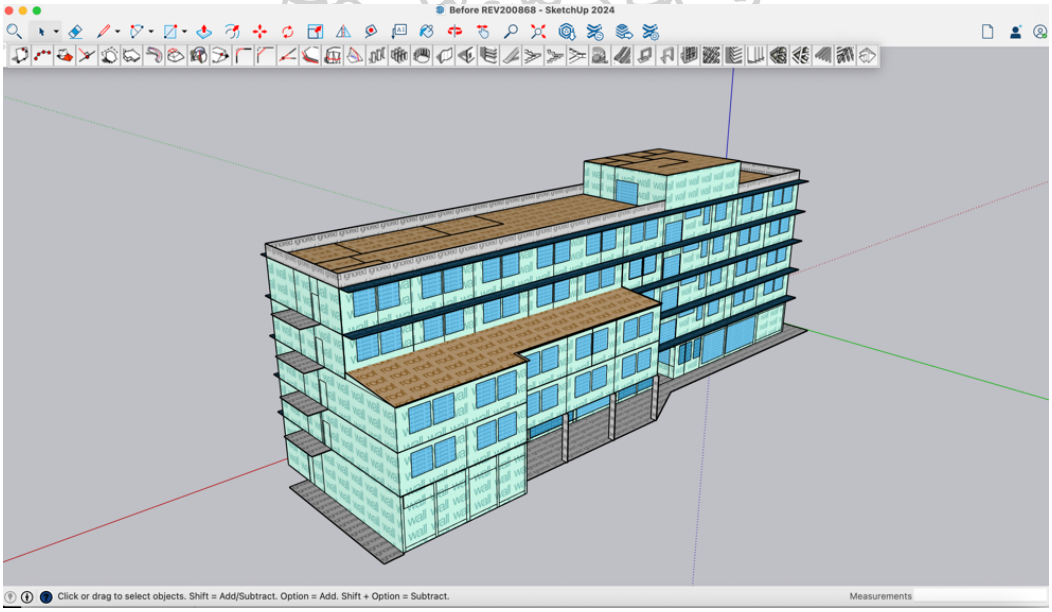
(4) ระบบผลิตน้ำร้อน (Hot Water System) ไม่มีการใช้งานในอาคารนี้ จึงไม่ถูกนำมาพิจารณา

สรุปได้ว่า อาคารกรณีศึกษามีเพียงระบบผนังที่ผ่านเกณฑ์ ส่วนระบบหลังคาและระบบแสงสว่างยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน และเมื่อรวมผลการใช้พลังงานสุทธิแล้วทำให้ **อาคารไม่ผ่านเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงาน** ตามที่กำหนด ค่าดังกล่าวจะถูกใช้เป็นค่าพื้นฐาน (Baseline) สำหรับเปรียบเทียบผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของอาคารหลังการปรับปรุง

4.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira

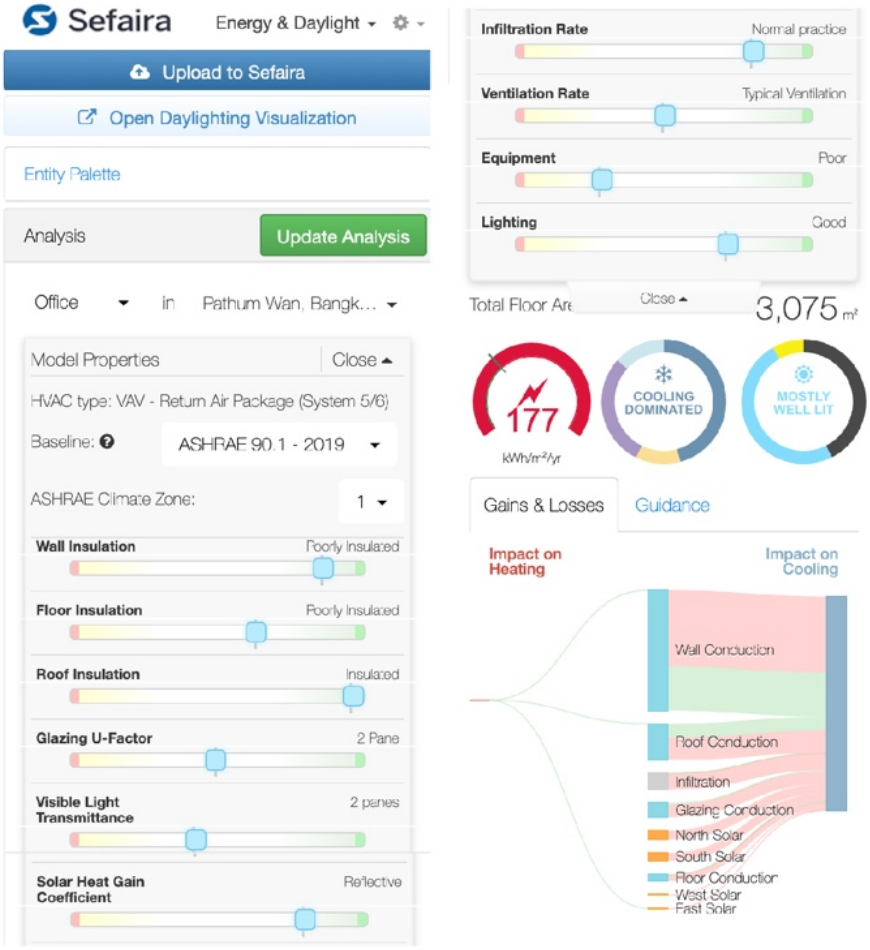
การตรวจสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุง ได้ดำเนินการโดยการจำลองผ่านโปรแกรม Sefaira ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประเมินการใช้พลังงานและสมรรถนะของอาคาร โดยสามารถคำนวณผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณลักษณะเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศ อัตราการระบายอากาศ และลักษณะการใช้งานพื้นที่ โปรแกรมนี้ช่วยให้สามารถแสดงค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) รวมถึงการกระจายการใช้พลังงานตามประเภทการใช้งาน (End-use) ได้อย่างละเอียด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) ของอาคารในสภาพก่อนการปรับปรุง ทั้งนี้ผลการจำลองจาก Sefaira จะเป็นเครื่องมือสนับสนุนการวิเคราะห์และเปรียบเทียบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและแนวทางสู่การพัฒนาอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในขั้นตอนถัดไปของการศึกษา

4.5.1 การตั้งค่าข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira



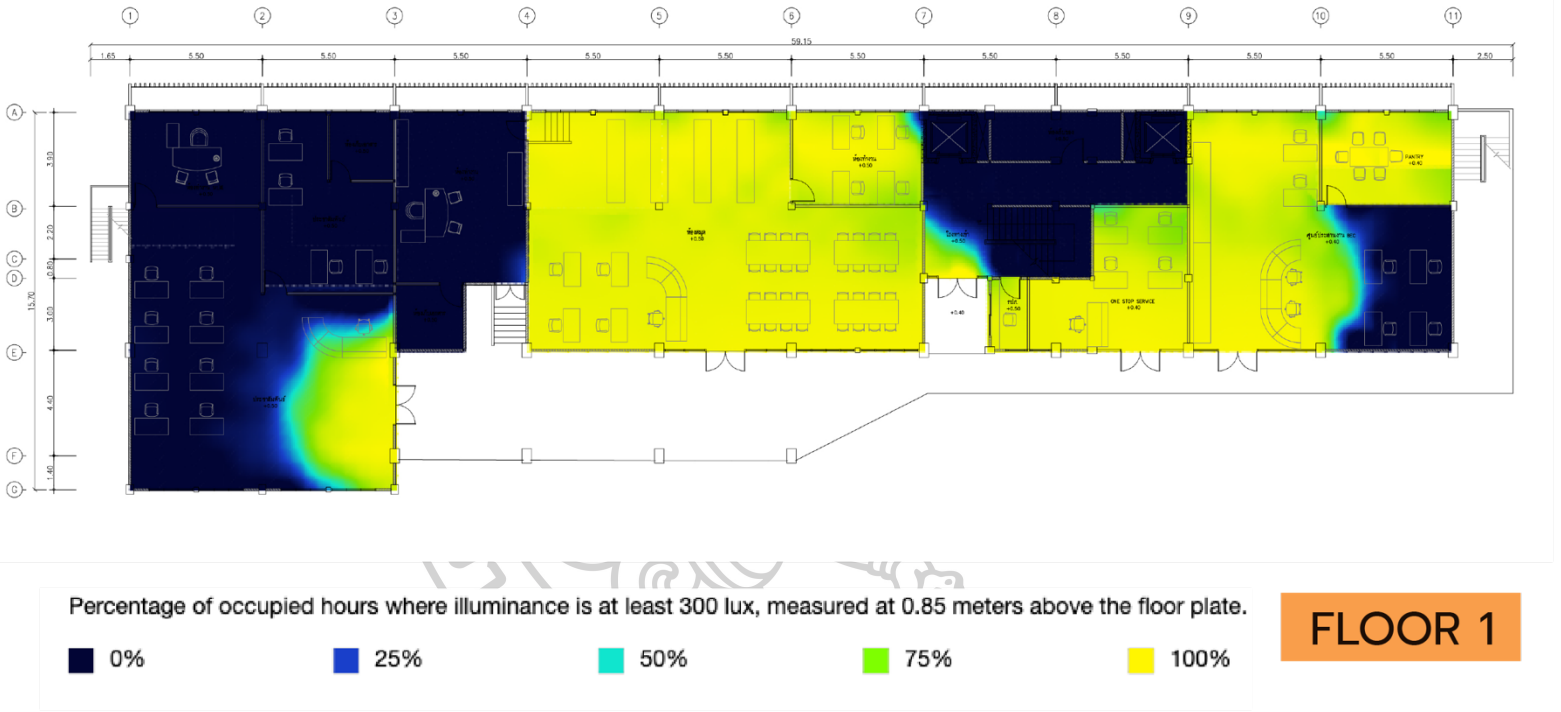
ภาพที่ 41 การสร้างโมเดลอาคารกรณีศึกษาในโปรแกรม SketchUp
เพื่อนำไปจำลองพลังงานในโปรแกรม Sefaira

โมเดลสามมิติของอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม SketchUp โดยกำหนดรูปทรง พื้นที่ใช้สอย และองค์ประกอบเปลือกอาคารให้ใกล้เคียงกับอาคารจริงมากที่สุด โมเดลนี้ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจำลองพลังงานใน Sefaira เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานปัจจุบัน และเปรียบเทียบผลการปรับปรุงในลำดับต่อไป

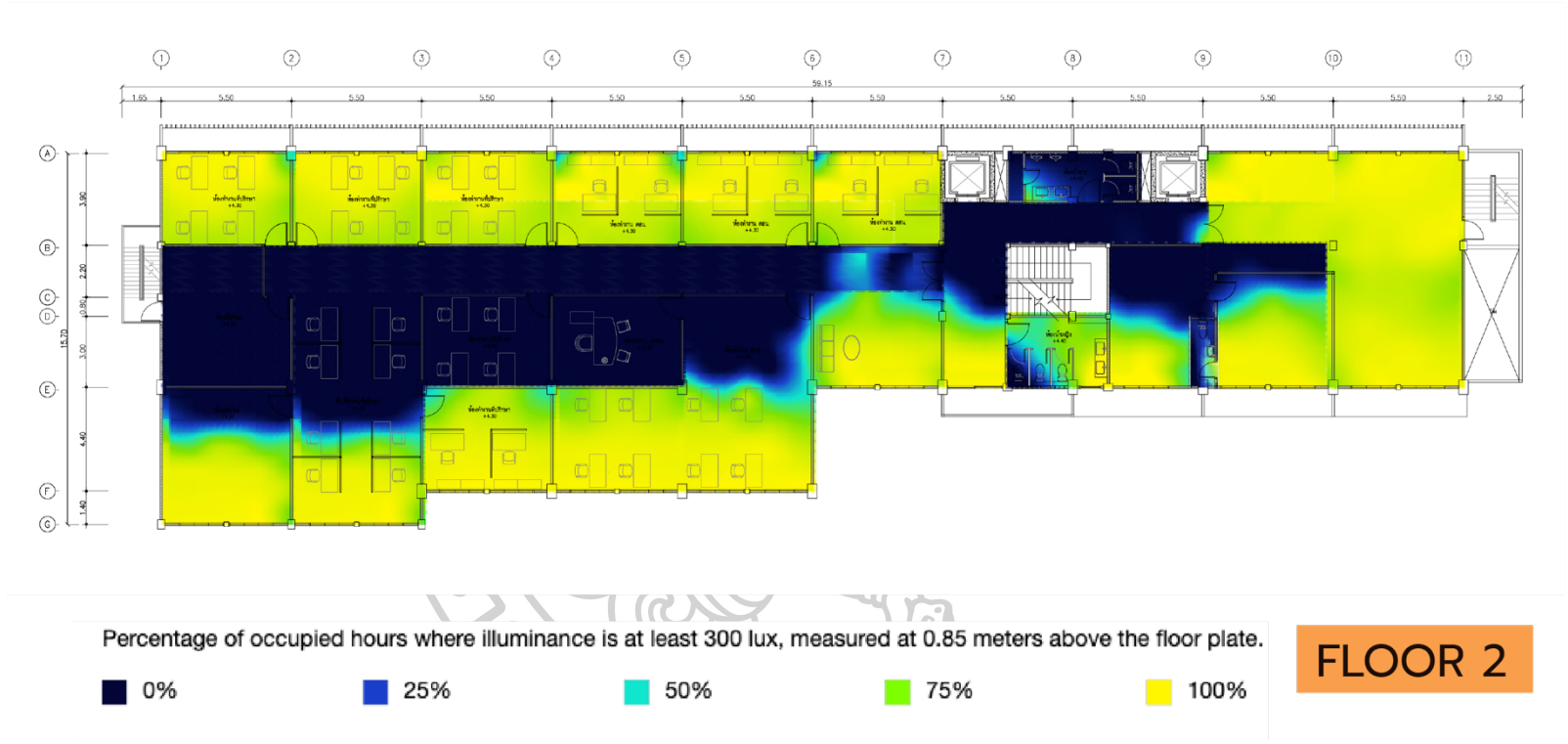


ภาพที่ 42 แสดงผลการจำลองพลังงานขั้นต้นของอาคารก่อนปรับปรุงโดยโปรแกรม Sefaira

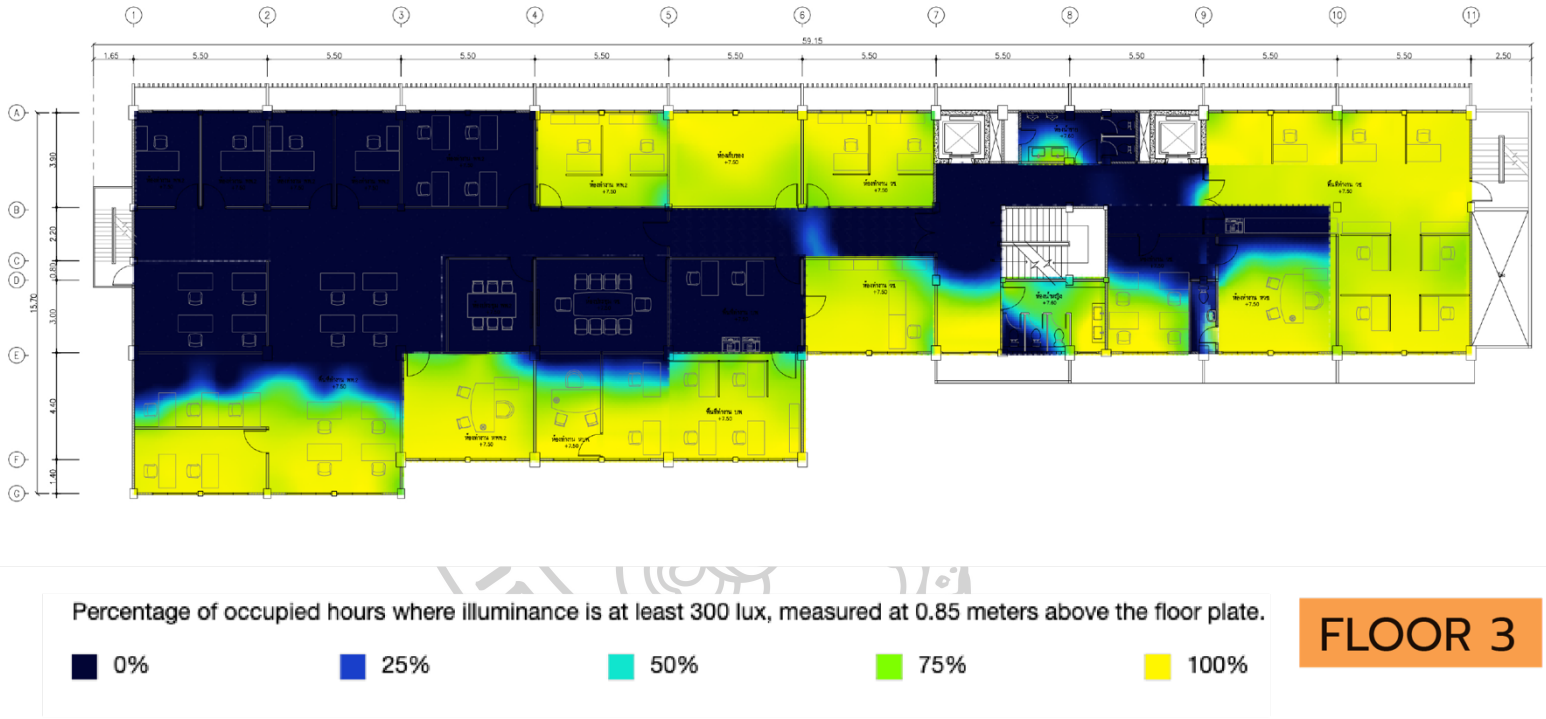
การตั้งค่าใน Sefaira ได้ใช้มาตรฐาน ASHRAE 90.1–2019 และกำหนด Climate Zone 1 ตามลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้นของกรุงเทพมหานคร ผลการวิเคราะห์เบื้องต้นแสดงค่า EUI = 177 kWh/m²/yr โดยอาคารมีลักษณะ Cooling Dominated ซึ่งหมายถึงภาระพลังงานส่วนใหญ่เกิดจากระบบปรับอากาศ ขณะเดียวกันโปรแกรมยังรายงานว่าอาคารมีสภาวะ Mostly Well Lit ซึ่งแสดงว่าอาคารนี้ได้รับแสงธรรมชาติเพียงพอ ส่งผลดีต่อการลดการใช้พลังงานจากระบบแสงสว่าง



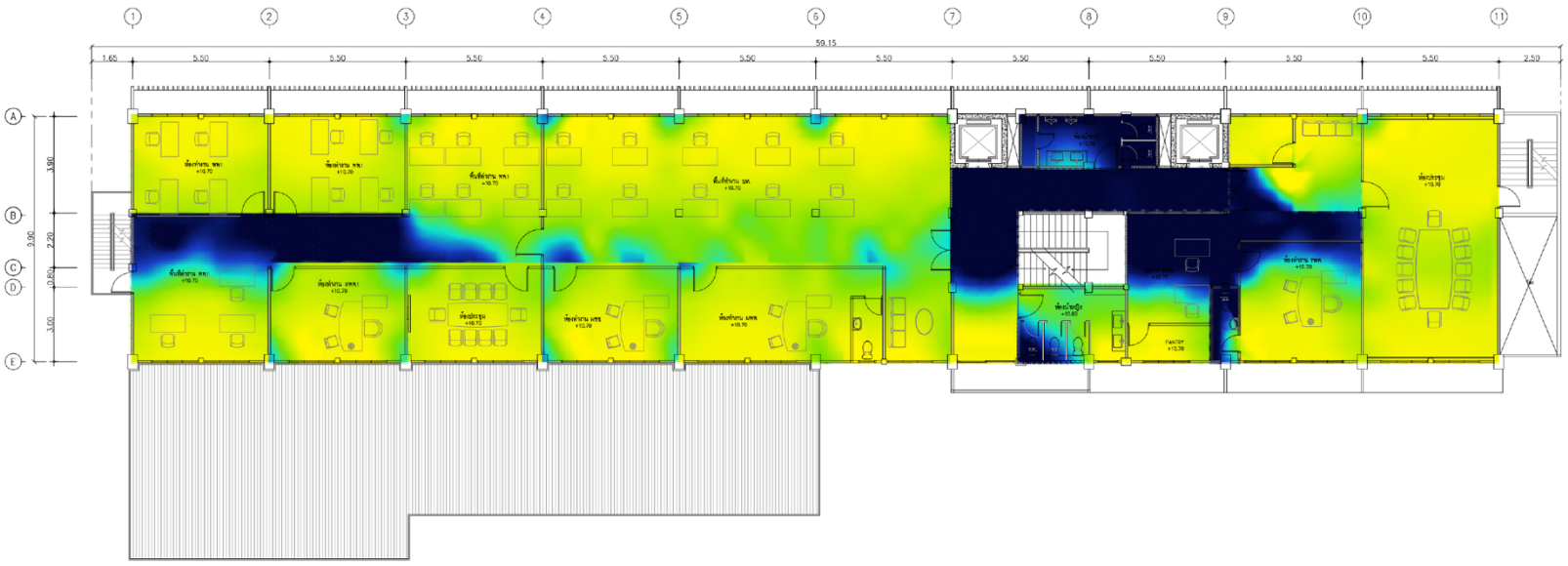
ภาพที่ 43 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 1



ภาพที่ 44 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 2



ภาพที่ 45 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 3

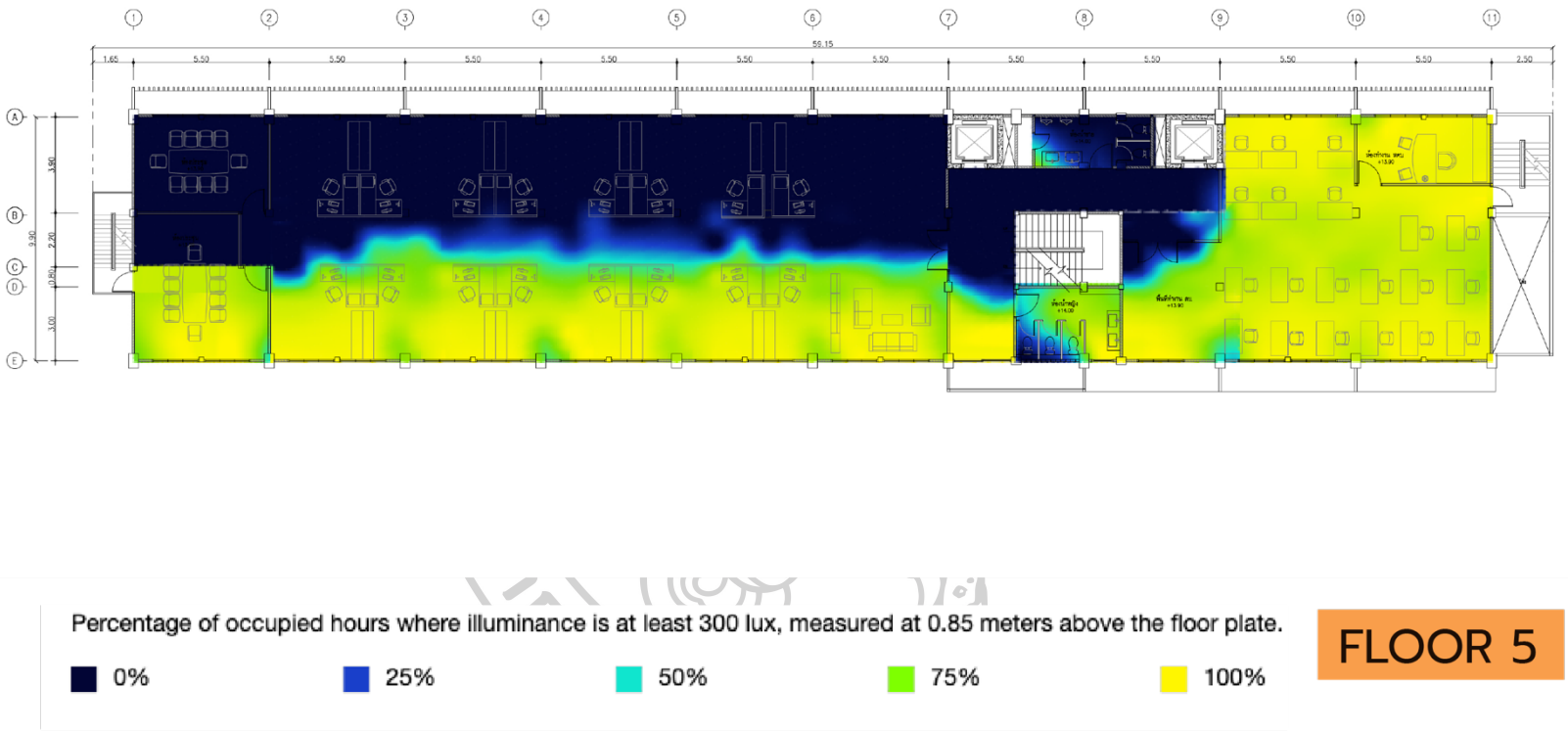


Percentage of occupied hours where illuminance is at least 300 lux, measured at 0.85 meters above the floor plate.

0% 25% 50% 75% 100%

FLOOR 4

ภาพที่ 46 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 4

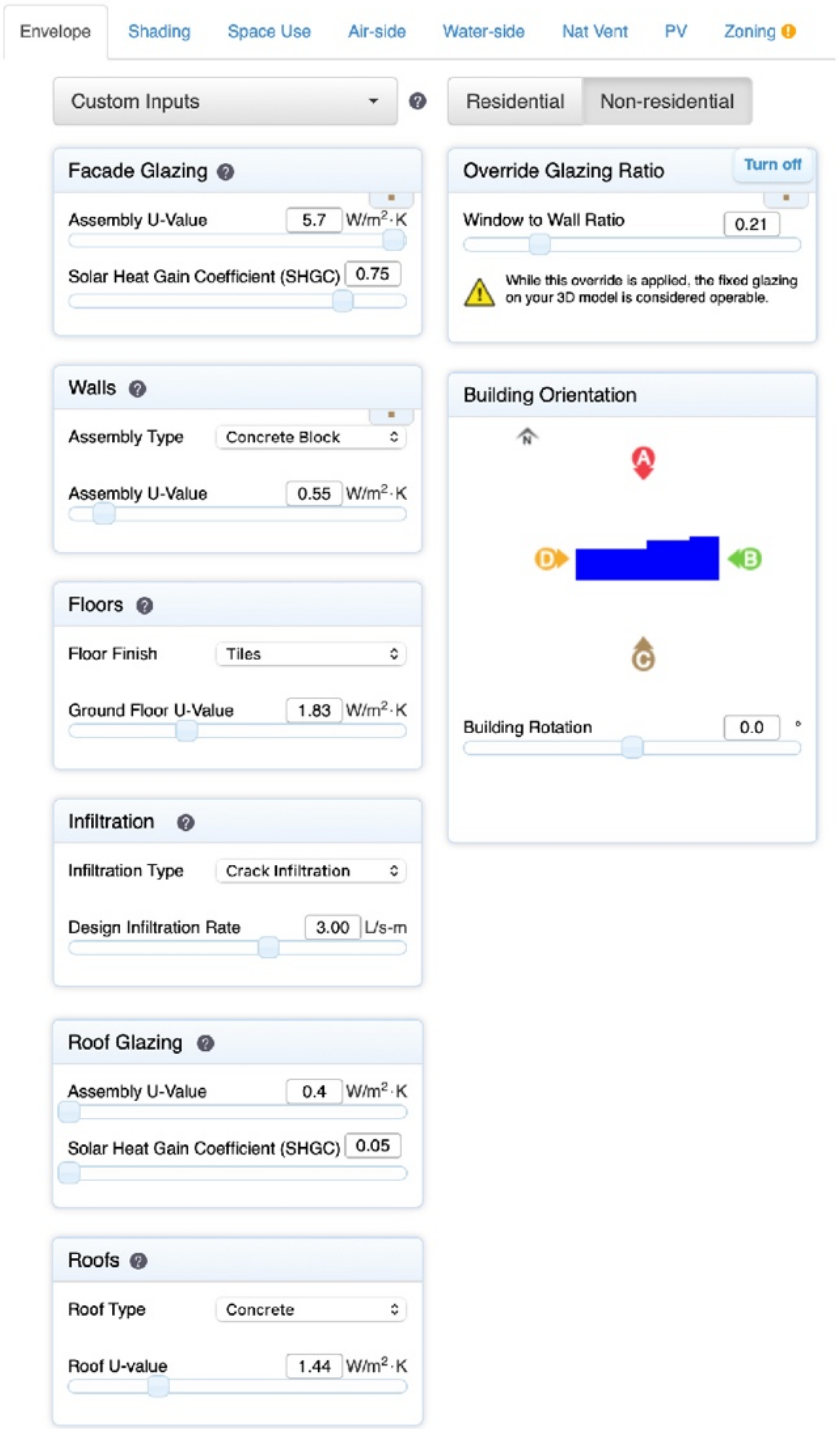


ภาพที่ 47 แสดง Daylighting Visualization ชั้น 5

แม้ว่าผลการวิเคราะห์เบื้องต้นจากโปรแกรมจะระบุว่าอาคารอยู่ในสภาวะ Mostly Well Lit ซึ่งแสดงถึงการได้รับแสงธรรมชาติที่เพียงพอ แต่ก็ยังพบว่ามีบางพื้นที่ที่ค่าความส่องสว่างไม่ถึงเกณฑ์ โดยเฉพาะบริเวณบางส่วนของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 5 สาเหตุสำคัญมาจากการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมโดยผู้ใช้อาคาร ซึ่งได้ทำการปิดช่องแสงด้านทิศใต้ด้วยแผ่นยิปซัมบอร์ดเพื่อแก้ปัญหาความร้อนและเสียงรบกวนจากถนน การดัดแปลงดังกล่าวทำให้แสงธรรมชาติไม่สามารถส่องเข้ามาได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้บางโซนมีระดับความสว่างต่ำกว่ามาตรฐาน

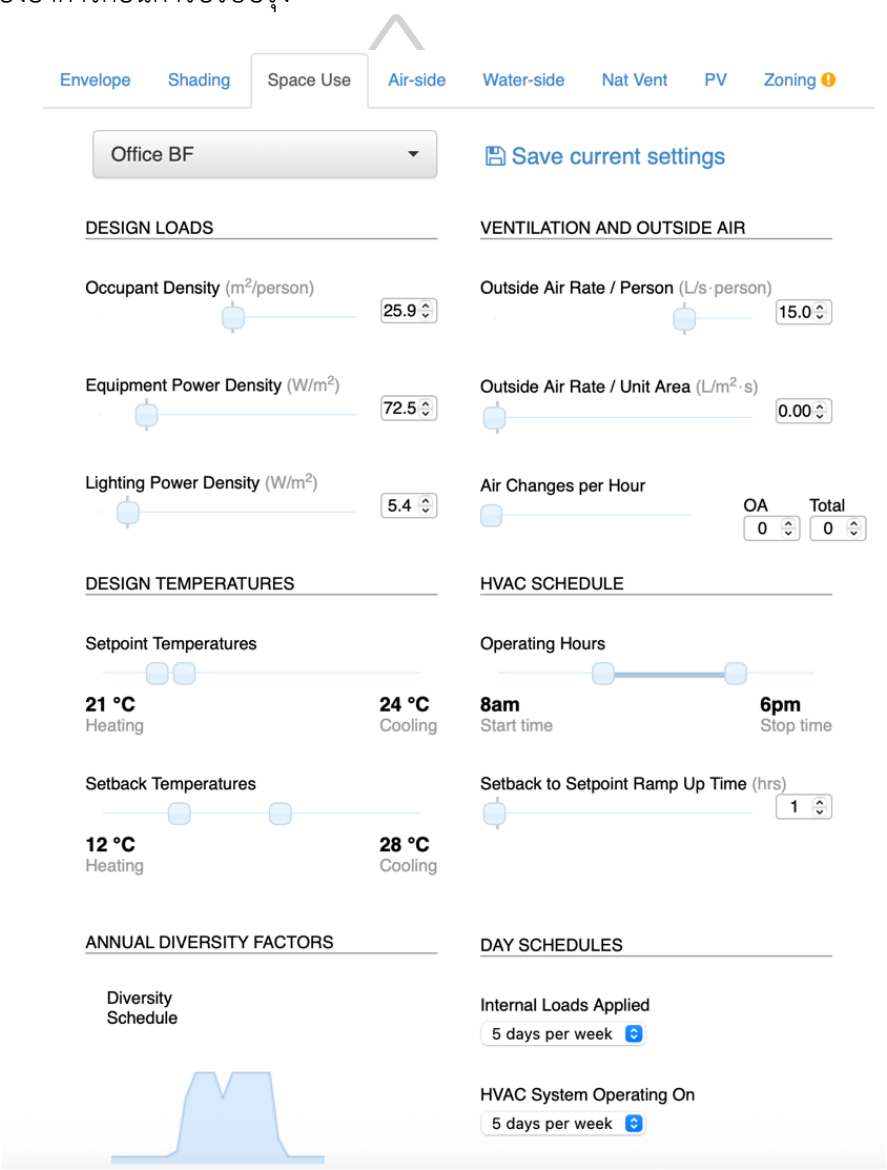


ภาพที่ 48 พื้นที่ปฏิบัติงานที่ปิดช่องแสงทางด้านทิศใต้



ภาพที่ 49 แสดงการตั้งค่าระบบเปลือกอาคารของโมเดลที่อัปโหลดเข้าสู่เว็บไซต์ Sefaira

ในการอัปโหลดโมเดลเข้าสู่หน้าเว็บของโปรแกรม Sefaira ได้มีการกำหนดค่าข้อมูลเปลือกอาคาร (Envelope) โดยกระจกใสธรรมดามีค่า Assembly U-Value เท่ากับ 5.7 W/m²·K และค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) 0.75 พร้อมกำหนดสัดส่วนช่องเปิด (WWR) ที่ 0.21 ผนังคอนกรีตบล็อกมีค่า U-Value 0.55 W/m²·K พื้นชั้นล่างปูด้วยกระเบื้องมีค่า U-Value 1.83 W/m²·K และหลังคาคอนกรีตมีค่า U-Value 1.44 W/m²·K ส่วนอัตราการรั่วซึมของอากาศถูกกำหนดเป็น Crack Infiltration ที่ 3.00 L/s·m เพื่อแสดงถึงลักษณะของอาคารเก่าที่มีช่องรั่วอากาศตามรอยต่อวัสดุ ประตู หรือหน้าต่าง ค่าเหล่านี้จึงถูกนำมาใช้เป็นเงื่อนไขเบื้องต้นในการวิเคราะห์สมรรถนะด้านพลังงานของอาคารก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 50 แสดงการตั้งค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (Space Use) ของอาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง

เพื่อให้การจำลองสมรรถนะการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม Sefaira แสดงพฤติกรรมการใช้งานจริงของอาคารกรณีศึกษา จึงได้ทำการกำหนดค่าตัวแปรหลัก ในส่วน Space Use ได้แก่ Occupant Density, Equipment Power Density (EPD) และ Lighting Power Density (LPD) โดยใช้วิธีการคำนวณจากข้อมูลจริง ดังนี้

(1) ความหนาแน่นผู้ใช้อาคาร (Occupant Density)

Occupant Density หมายถึง พื้นที่ใช้สอยต่อจำนวนผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตร/คน) ซึ่งแสดงถึงความหนาแน่นการใช้งาน โดยอาคารกรณีศึกษามีพื้นที่ใช้สอยรวม 3,083.04 ตารางเมตร และมีผู้ใช้งาน 119 คน ดังนั้นสามารถคำนวณได้ว่า

$$Occupant\ Density = \frac{3{,}083.04\ m^2}{119\ \text{คน}} = 25.9\ m^2/\text{คน}$$

ค่าที่ได้ถูกนำไปกำหนดใน Sefaira ภายใต้ช่อง Occupant Density ซึ่งปรากฏเป็นค่า 25.9 ตารางเมตร/คน

(2) ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าอุปกรณ์ (Equipment Power Density; EPD)

EPD คือ ค่ากำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์สำนักงานต่อพื้นที่ใช้สอย โดยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพบว่ามีกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์รวม 35,670 วัตต์ และพื้นที่ใช้สอย 3,083.04 ตารางเมตร ดังนั้น

$$EPD = \frac{35{,}670\ W}{3{,}083.04\ m^2} = 11.57\ W/m^2$$

อย่างไรก็ตาม ในโปรแกรม Sefaira ได้กำหนดค่าเป็น 72.5 วัตต์/ตารางเมตร เนื่องจากรวมกำลังไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ (187,800 วัตต์) เข้าไปด้วย

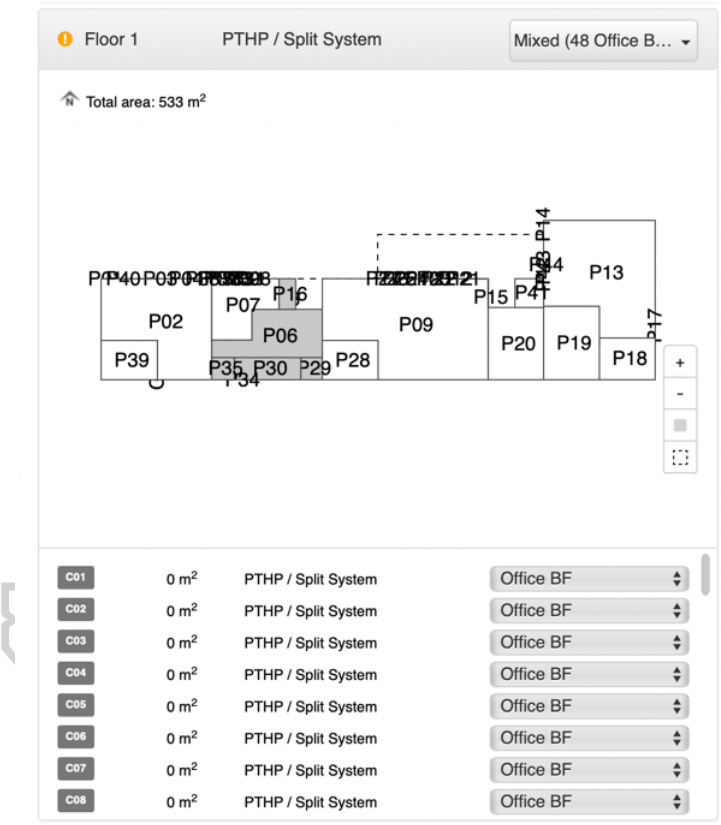
(3) ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Power Density; LPD)

LPD คือ ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยอาคารกรณีศึกษามีกำลังไฟฟ้าของระบบส่องสว่างรวม 16,558 วัตต์ และพื้นที่ใช้สอย 3,083.04 ตารางเมตร ดังนั้น

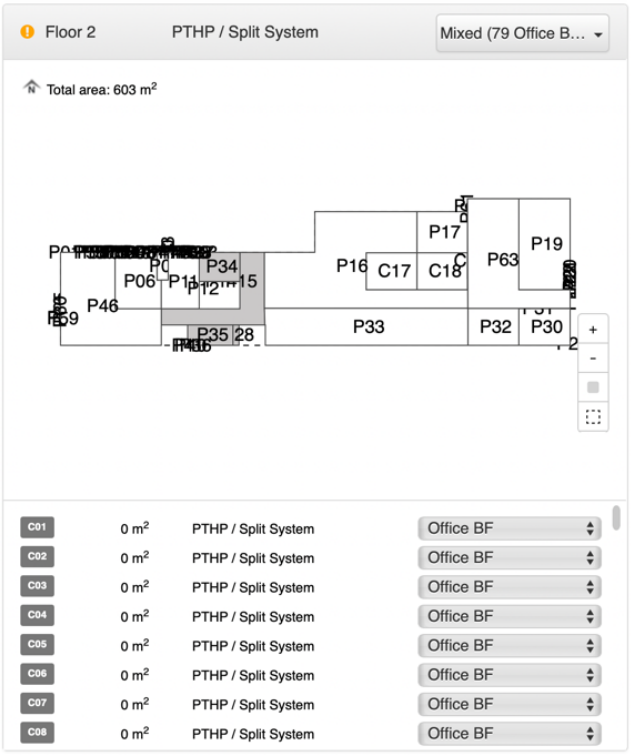
$$LPD = \frac{16{,}558\ W}{3{,}083.04\ m^2} = 5.37\ W/m^2$$

นำค่าดังกล่าวไปกำหนดในโปรแกรม Sefaira ในส่วนของ Lighting Power Density

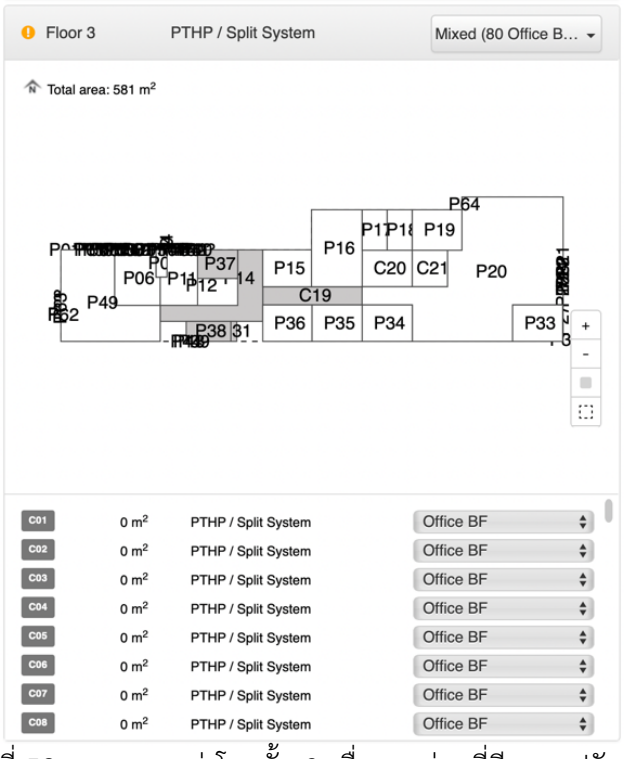
ค่าอุณหภูมิตั้งต้นในการควบคุม (Setpoint Temperature) ของระบบปรับอากาศถูกกำหนดที่ 24 °C สำหรับโหมดทำความเย็น และ 21 °C สำหรับโหมดทำความร้อน โดยมีช่วงเวลาเปิด–ปิดการทำงานของระบบตั้งแต่เวลา 08.00–18.00 น. วันละ 5 วันต่อสัปดาห์ การกำหนดเงื่อนไขการใช้งานพื้นที่ (Space Use) ของอาคารในโปรแกรม Sefaira สะท้อนถึงปัจจัยด้านภาระภายในที่ส่งผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความใกล้เคียงกับรูปแบบการใช้งานจริง และถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร



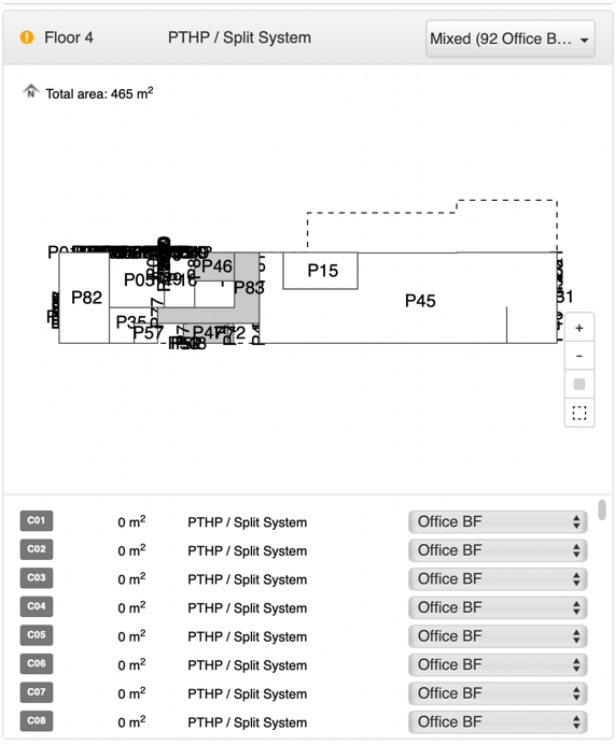
ภาพที่ 51 แสดงการแบ่งโซนชั้น 1 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ



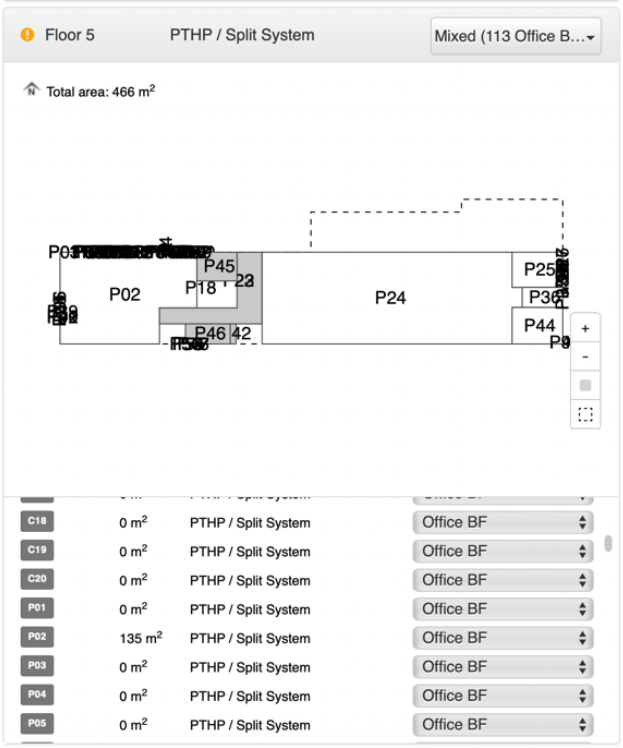
ภาพที่ 53 แสดงการแบ่งโซนชั้น 2 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ



ภาพที่ 52 แสดงการแบ่งโซนชั้น 3 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ



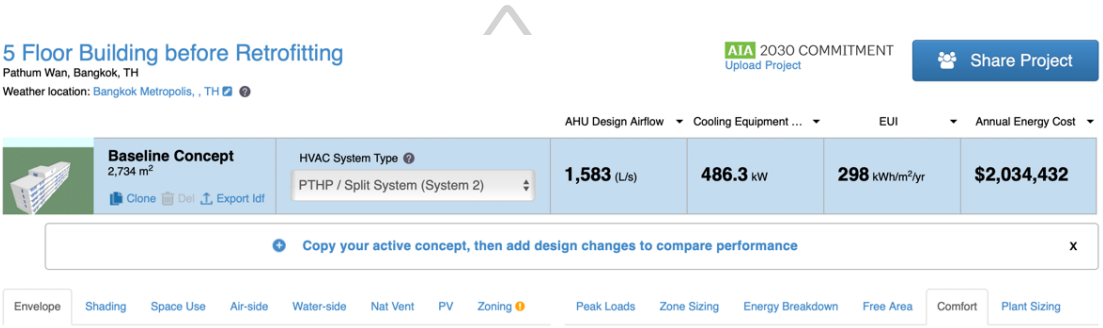
ภาพที่ 55 แสดงการแบ่งโซนชั้น 4 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศและไม่มีระบบปรับอากาศ



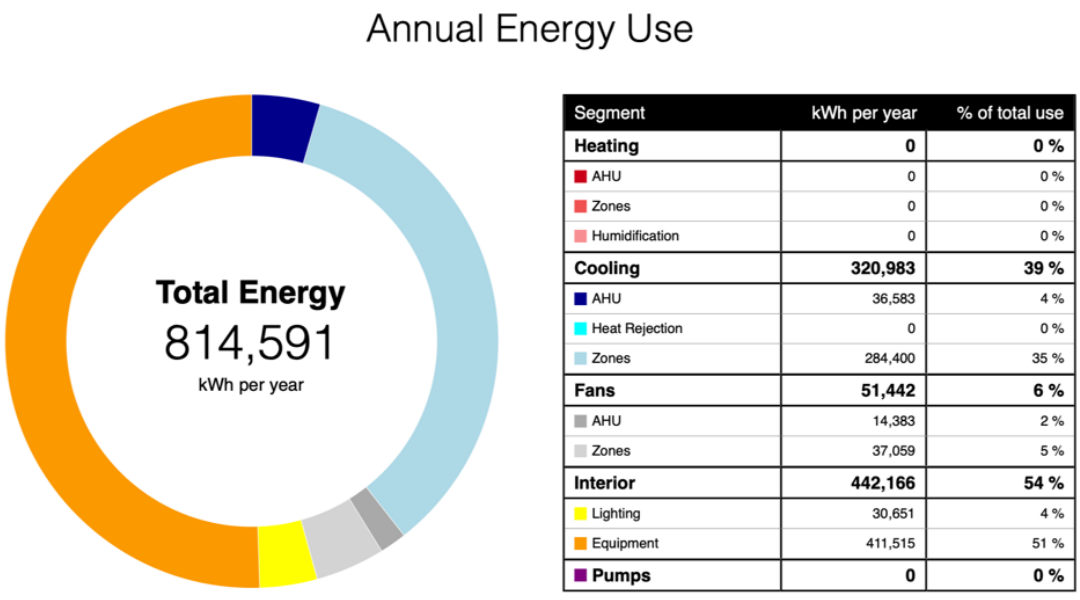
ภาพที่ 54 แสดงการแบ่งโซนชั้น 5 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศและไม่มีระบบปรับอากาศ

การจำลองพลังงานก่อนปรับปรุงอาคารได้ทำการแบ่งโซนพื้นที่ใช้งานของอาคารในโปรแกรม Sefaira ซึ่งแต่ละโซนถูกกำหนดค่าพลังงานตามพื้นที่การใช้งาน (Space Use) ที่ตั้งค่าไว้ในระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้พลังงานในพื้นที่จริง โดยโซนที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศจะถูกนำเข้าสู่การคำนวณพลังงานตามที่ระบบกำหนด ส่วนโซนที่ไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศ จะถูกกำหนดให้เป็น Ignore เพื่อไม่ถูกรวมอยู่ในการคำนวณ วิธีการดังกล่าวช่วยให้ผลลัพธ์การจำลองมีความถูกต้องและใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงของอาคารมากขึ้น

4.5.2 ผลการวิเคราะห์พลังงานของอาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 57 แสดงผลการจำลองพลังงานของอาคารก่อนการปรับปรุง



Segment	kWh per year	% of total use
Heating	**0**	**0 %**
AHU	0	0 %
Zones	0	0 %
Humidification	0	0 %
Cooling	**320,983**	**39 %**
AHU	36,583	4 %
Heat Rejection	0	0 %
Zones	284,400	35 %
Fans	**51,442**	**6 %**
AHU	14,383	2 %
Zones	37,059	5 %
Interior	**442,166**	**54 %**
Lighting	30,651	4 %
Equipment	411,515	51 %
Pumps	**0**	**0 %**

ภาพที่ 56 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารก่อนปรับปรุง

ในการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม Sefaira ของอาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง พบว่าอาคารมี การใช้พลังงานรวมต่อปี 814,591 kWh/yr โดยมีค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) เท่ากับ 298 kWh/m²/yr ซึ่งสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานของอาคารสำนักงานทั่วไปที่มีค่า EUI เฉลี่ย 225 kWh/m²/yr (Tantiwanit, 2007) แสดงให้เห็นว่าอาคารกรณีศึกษามีความจำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงาน เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานตามประเภท พบว่า การใช้พลังงานภายใน (Interior Load) มีค่ามากที่สุดโดยมีการใช้พลังงาน 442,166 kWh/yr โดยส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Load) ซึ่งมีการใช้พลังงาน 411,515 kWh/yr, ระบบปรับอากาศ (Cooling Load) ใช้พลังงาน 320,983 kWh/yr และระบบส่องสว่าง (Lighting) ใช้พลังงาน 30,651 kWh/yr

จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าอาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงมีความจำเป็นที่ต้องดำเนินการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ทั้งนี้ ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาในขั้นตอนต่อไปคือ การปรับปรุงดังกล่าวจะสามารถลดค่า Energy Use Intensity (EUI) ของอาคารลงได้มากน้อยเพียงใด และจะมีศักยภาพเพียงพอที่จะทำให้อาคารบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ได้หรือไม่ ดังนั้น ในบทต่อไปจะนำเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา โดยพิจารณาแนวทางการปรับปรุงในส่วนเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบส่องสว่าง และการใช้พลังงานหมุนเวียน รวมถึงการวิเคราะห์ผลการจำลองหลังการปรับปรุง เปรียบเทียบกับค่าพลังงานก่อนการปรับปรุง เพื่อประเมินศักยภาพของอาคารในการบรรลุเป้าหมายอาคาร NZEB ได้อย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์พลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง

บทนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์สมรรถนะด้านพลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง การออกแบบผังพื้นใหม่เพื่อเพิ่มการใช้แสงธรรมชาติ และการตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อกำหนดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร (BEC) จากนั้นจึงทำการจำลองด้วยโปรแกรม Sefaira เพื่อประเมินค่า EUI และปริมาณการใช้พลังงาน รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยได้ดำเนินการดังนี้

5.1 การเปรียบเทียบวัสดุและระบบที่ใช้ในการปรับปรุง

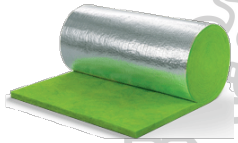
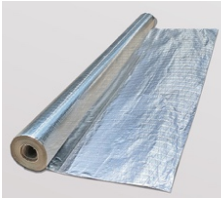
5.1.1 วัสดุเปลือกอาคาร (Building Envelope Materials)

วัสดุเปลือกอาคารเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทความร้อนและการใช้พลังงานของอาคาร โดยเฉพาะในอาคารสำนักงานซึ่งมีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดช่วงเวลาทำงาน การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติด้านการกันความร้อนที่เหมาะสม เช่น ผนัง หลังคา และกระจก จึงเป็นวิธีที่ช่วยลดภาระการทำความเย็นได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคารโดยเน้นการเสริมฉนวนกันความร้อน และเลือกใช้กระจกกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ดังนี้

(1) ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation)

ฉนวนกันความร้อนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อภาระการทำงานของระบบปรับอากาศและการใช้พลังงานโดยรวม ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนกันความร้อนจำนวน 6 ประเภท ได้แก่ ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม (PU Foam), ฉนวนโพลีสไตรีนชนิดแข็ง (PS, EPS), ฉนวนร็อควูล (Rockwool), ฉนวนใยแก้ว (Glass Wool), ฉนวนโพลีเอทิลีนโฟม (PE Foam) และฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil) โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพในการกันความร้อน 2) คุณสมบัติการกันเสียง 3) ความสามารถในการทนไฟ 4) ความเหมาะสมด้านราคา และ 5) ความสามารถในการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ เพื่อหาฉนวนที่มีคุณสมบัติครบถ้วนและเหมาะสมที่สุดสำหรับการนำมาใช้ในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบฉนวนแต่ละประเภท

ประเภทฉนวน	การกันความร้อน	การกันเสียง	การกันไฟ	ราคา (บาท/ตร.ม.)	การนำกลับมาใช้ใหม่
ฉนวน PU Foam 	0.020 – 0.025 W/m·K	กันเสียงปานกลาง	ไวไฟหากไม่มีสารหน่วงไฟ	450 - 600	รีไซเคิลยาก
ฉนวน PS/EPS 	0.030 – 0.035 W/m·K	กันเสียงต่ำ	ไวไฟ เกิดควันพิษ	100 - 150	รีไซเคิลได้บางส่วน
ฉนวน Rockwool 	0.035 – 0.040 W/m·K	กันเสียงดีมาก	ไม่ติดไฟ ทนความร้อนสูง	200 - 300	รีไซเคิลง่าย
ฉนวนใยแก้ว (Glass Wool) 	0.035 – 0.040 W/m·K	กันเสียงดี	ไม่ติดไฟ	120 - 200	รีไซเคิลได้บางส่วน
ฉนวนโพลีเอทิลีนโฟม (PE Foam) 	0.035 – 0.040 W/m·K	กันเสียงปานกลาง	ติดไฟได้แต่ลามไฟช้า	80 - 120	รีไซเคิลได้บางส่วน
ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil) 	0.030 – 0.040 W/m·K	ไม่ดูดซับเสียง	ไม่ติดไฟ	60 - 90	รีไซเคิลง่าย

เพื่อให้สามารถคัดเลือกวัสดุฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา จึงได้กำหนดเกณฑ์การประเมินใน 5 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพในการกันความร้อน ซึ่งพิจารณาจากค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity; K Value) ของวัสดุ 2) สมบัติการกันเสียง เพื่อประเมินความสามารถในการลดการถ่ายเทเสียงผ่านเปลือกอาคาร 3) ความสามารถในการทนไฟ ซึ่งมีความสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร 4) ราคา โดยอ้างอิงจากราคาท้องตลาดในประเทศไทย และ 5) ความสามารถในการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้ ทั้งนี้ ได้กำหนดการให้คะแนนในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 1–5 คะแนน โดยคะแนน 5 หมายถึงคุณสมบัติที่ดีที่สุด และคะแนน 1 หมายถึงคุณสมบัติที่ด้อยที่สุด การให้คะแนนดังกล่าวช่วยให้สามารถตัดสินใจเลือกวัสดุฉนวนที่มีความเหมาะสมใช้เป็นข้อมูลประกอบในการประเมินและปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร

ตารางที่ 24 เกณฑ์การให้คะแนนของวัสดุฉนวนกันความร้อน

คะแนน / เกณฑ์	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
K Value (W/mK)	≤ 0.025	0.026 - 0.035	0.036 - 0.045	0.046 - 0.055	≥ 0.056
การกันเสียง (STC)	≥ 45	40 - 44	35 - 39	30 - 34	< 30
การกันไฟ	ไม่ลามไฟ, ทนไฟ >2ชม.	ทนไฟ 1-2 ชม.	ทนไฟ 0.5-1 ชม.	ทนไฟ < 0.5 ชม.	ไวไฟ
ราคา (บาท/ตร.ม.)	≤ 100	101-200	201-300	301-400	> 401
การรีไซเคิล	100% รีไซเคิล	75-99% รีไซเคิล	50-74% รีไซเคิล	25-49% รีไซเคิล	<25% หรือไม่ได้เลย

ตารางที่ 25 ผลสรุปคะแนนการประเมินวัสดุฉนวนกันความร้อน

ประเภท	กันความร้อน	กันเสียง	กันไฟ	ราคา	การรีไซเคิล	คะแนนรวม
PU Foam	5	3	2	1	1	12
PS/EPS	4	2	1	4	2	13
Rockwool	3	5	5	3	5	21
ใยแก้ว	3	4	5	4	2	18
PE Foam	3	3	3	5	2	16
อลูมิเนียมฟอยล์	4	1	5	5	5	20

จากการเปรียบเทียบฉนวนกันความร้อนทั้ง 6 ประเภท พบว่าแต่ละวัสดุมีจุดเด่นแตกต่างกัน โดย PU Foam กันความร้อนได้ดีที่สุด แต่มีต้นทุนสูงและข้อจำกัดด้านการทนไฟ ขณะที่ PS/EPS และ PE Foam แม้จะราคาถูก แต่มีคุณสมบัติด้อยด้านการกันไฟและกันเสียง ส่วนอลูมิเนียมฟอยล์มีคุณสมบัติด้อยที่สุดด้านการกันเสียง ผลการให้คะแนนรวมชี้ว่า ฉนวนร็อควูล (Rockwool) มีความสมดุลของคุณสมบัติสูงสุด และเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

(2) กระจก (Glazing)

กระจกเป็นองค์ประกอบของเปลือกอาคารที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร เนื่องจากมีผลต่อทั้งการถ่ายเทความร้อน แสงอาทิตย์ และการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ คุณสมบัติหลักที่ใช้ในการประเมินกระจก ได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC) ค่าการส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็นได้ (Visible Light Transmittance; VLT) ตลอดจนสมรรถนะในการลดเสียงและความเหมาะสมด้านราคา ซึ่งล้วนส่งผลต่อภาระการทำความเย็นภายในอาคาร

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกระจก 4 ประเภท ได้แก่ 1) กระจกใส (Clear Glass) ซึ่งใช้เป็นกรณีอ้างอิง 2) กระจกตัดแสง (Tinted Glass) ที่สามารถลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้บางส่วน 3) กระจกประสิทธิภาพสูงชนิด Low-E Insulated Glass Unit (Low-E IGU) ที่ช่วยลดทั้งค่าการถ่ายเทความร้อนและการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ และ 4) กระจกลามิเนต (Laminated Glass) ที่มีคุณสมบัติเด่นในด้านการลดเสียงรบกวนและเพิ่มความปลอดภัย

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบคุณสมบัติกระจก 4 ประเภท

ประเภทกระจก	U-value ($W/m^2 \cdot K$)	SHGC	VLT (%)	การกันเสียง (STC)	ราคา (บาท/ตร.ม.)
กระจกใส (Clear 6 mm.)	5.7 – 5.8	0.80 – 0.84	80 - 85	27 - 29	500 - 600
กระจกตัดแสง (Tinted 6 mm.)	5.7 – 5.8	0.55 – 0.65	40 -60	28 - 30	650 - 750
กระจก Low-E IGU (6+12+6mm.)	1.6 – 2.8	0.25 – 0.40	50 - 70	32 - 35	2,500 – 3,000
กระจกลามิเนต (Laminated 6+0.76PVB+6mm).	5.4 – 5.6	0.65 – 0.75	70 - 80	35 - 40	1,500 – 2,000

ที่มา: ข้อมูลคุณสมบัติกระจก (U-value, SHGC, VLT, STC) อ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM, ISO และข้อมูลผู้ผลิตในประเทศไทย (พพ., 2024; ตลาดวัสดุก่อสร้าง, 2025)

เพื่อประเมินความเหมาะสมของกระจกแต่ละประเภทในการปรับปรุงอาคาร จึงได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 4 ด้าน ได้แก่ การกันความร้อน การกันเสียง การส่งผ่านแสง และราคา โดยได้กำหนดการให้คะแนนในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 1–5 คะแนน โดยคะแนน 5 หมายถึงคุณสมบัติที่ดีที่สุด และคะแนน 1 หมายถึงคุณสมบัติที่ด้อยที่สุด ทั้งนี้ การให้คะแนนช่วยให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของกระจกแต่ละประเภทได้อย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 27 เกณฑ์การให้คะแนนของวัสดุกระจก

คะแนน / เกณฑ์	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
U-value ($W/m^2 \cdot K$)	≤ 1.8	1.81-2.8	2.81-5.5	5.6-6	>6
SHGC	≤ 0.25	0.26-0.55	0.56-0.70	0.71-0.80	>0.80
การส่งผ่านแสง (VLT/%)	≥ 75	70-74	60-69	50-59	< 50
การกันเสียง (STC/dB)	≥ 39	36-38	33-35	30-32	<30
ราคา (บาท/ตร.ม.)	≤ 1,250	1,251-2,000	2,001-2,500	2,501-3,000	>3,000

ตารางที่ 28 ผลสรุปคะแนนการประเมินวัสดุกระจก

ประเภทกระจก	การกันความร้อน (U-value)	SHGC	การส่งผ่านแสง (VLT)	การกันเสียง (STC)	ราคา	คะแนนรวม
กระจกใส (Clear 6 mm.)	2	1	5	1	5	14
กระจกตัดแสง (Tinted 6 mm.)	2	3	2	1	5	13
กระจก Low-E IGU (6+12+6 mm.)	4	4	3	3	2	16
กระจกลามิเนต (Laminated 6+0.76PVB+6 mm.)	3	3	4	5	4	19

จากผลการประเมินคะแนนตามเกณฑ์ พบว่า กระจกลามิเนต (Laminated Glass) ได้คะแนนรวมสูงสุดที่ 19 คะแนน โดยมีคุณสมบัติที่โดดเด่นที่สุดในด้านการกันเสียง (STC) ซึ่งได้ 5 คะแนน และยังมีคุณสมบัติด้านการส่งผ่านแสง (VLT) และราคา อยู่ในเกณฑ์ดีมาก (4 คะแนน) ส่วนคุณสมบัติด้านการกันความร้อน (U-value และ SHGC) อยู่ในระดับดี (3 คะแนน) รองลงมา คือ กระจก Low-E IGU ได้คะแนนรวม 16 คะแนน ซึ่งมีจุดเด่นชัดเจนในด้านการกันความร้อน (ทั้ง U-value และ SHGC ได้ 4 คะแนน) แต่ได้คะแนนน้อยในด้านราคา (2 คะแนน) ในขณะที่ กระจกใส (Clear Glass) และ กระจกตัดแสง (Tinted Glass) ได้คะแนนรวมน้อยที่สุด 14 และ 13 คะแนน ตามลำดับ แม้ว่าจะมีจุดเด่นด้านราคา (5 คะแนน) แต่มีประสิทธิภาพในการกันความร้อน (U-value) และการกันเสียง (STC) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดังนั้น จากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ด้านที่กำหนดขึ้น กระจกลามิเนต ถือเป็นตัวเลือกที่มีคุณสมบัติโดยรวมที่สมดุลและเหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

5.1.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Systems)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอาคารที่ยังคงใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพการให้แสงต่ำและมีอายุการใช้งานสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีแสงสว่างสมัยใหม่อย่างหลอด Light Emitting Diode (LED) ที่ให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงกว่าและมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า นอกจากนี้ การเลือกใช้ระบบควบคุมแสง เช่น Motion Sensor, Timer หรือ Dimming System ยังมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่าง ระบบแสงสว่างเดิม (Fluorescent) และ ระบบแสงสว่างที่ปรับปรุงแล้ว (LED ร่วมกับ Lighting Control System) โดยพิจารณาตามเกณฑ์ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Lighting Power Density; LPD) 2) อายุการใช้งานและค่าบำรุงรักษา 3) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และ 4) ความสามารถในการผสานการออกแบบกับแสงธรรมชาติ (Daylighting Integration)

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เกณฑ์การเปรียบเทียบ	ระบบเดิม (Fluorescent)	ระบบปรับปรุง (LED + Lighting Control)
1) ประสิทธิภาพพลังงาน (LPD)	LPD สูง ~10–12 W/m², ประสิทธิภาพแสง 60–80 lm/W	LPD ต่ำ ~5–7 W/m², ประสิทธิภาพแสง 100–150 lm/W ทำให้ลดพลังงานได้ 30–50%
2) อายุการใช้งานและบำรุงรักษา	อายุใช้งานเฉลี่ย 8,000–10,000 ชั่วโมง ต้องเปลี่ยนหลอดบ่อย	อายุใช้งานเฉลี่ย 30,000–50,000 ชั่วโมง บำรุงรักษาน้อย
3) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	ต้นทุนเริ่มต้นต่ำ แต่ค่าดำเนินงานสูง (เปลี่ยนหลอด + ค่าไฟ)	ต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่า แต่ค่าดำเนินงานต่ำ (เปลี่ยนหลอด + ค่าไฟ)
4) การผสานแสงธรรมชาติ (Daylighting Integration)	ไม่มีระบบควบคุมอัจฉริยะ เปิด–ปิดตามผู้ใช้งาน	รองรับ Motion Sensor, Timer, Dimming ควบคุมตามสภาพแสง ทำให้ประหยัดพลังงานเพิ่ม

จากการเปรียบเทียบพบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่างแบบ LED ร่วมกับระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงกว่าอาคารเดิมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างชัดเจน ทั้งในด้านค่า LPD ที่ต่ำลง อายุการใช้งานที่ยาวนาน และการบำรุงรักษาที่น้อยกว่า อีกทั้งยังสามารถผสานการทำงานร่วมกับแสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารกรณีศึกษา

5.1.3 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System)

ระบบปรับอากาศเป็นองค์ประกอบที่ใช้พลังงานมากที่สุดในอาคารสำนักงาน และมีผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคาร ถึงแม้ว่าอาคารกรณีศึกษานี้ใช้ระบบปรับอากาศชนิดแยกส่วนแบบอินเวอร์เตอร์ (Split Type Inverter) แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านการกระจายลมและการควบคุมพลังงานที่ไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริงในแต่ละพื้นที่

ดังนั้น การปรับปรุงระบบในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพร่วมกับระบบควบคุมที่เหมาะสม โดยอาคารกรณีศึกษาจะปรับเปลี่ยนไปใช้ เครื่องปรับอากาศชนิด Split Type Inverter แบบฝังฝ้า ซึ่งสามารถกระจายลมได้สม่ำเสมอและเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานร่วมกับการติดตั้ง ระบบควบคุมอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT (IoT-based Smart Control System) เพื่อปรับการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง ลดการสูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็น และช่วยยกระดับสมรรถนะด้านพลังงานของอาคารให้ดียิ่งขึ้น อันเป็นส่วนสำคัญ

ในการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาอาคารสู่แนวคิดอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB)

ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเดิมและระบบที่ปรับปรุงใหม่

เกณฑ์การเปรียบเทียบ	ระบบเดิม (Split Type Inverter แบบแขวนใต้ฝ้า)	ระบบปรับปรุง (Split Type Inverter แบบฝังฝ้า + IoT Control)
ประสิทธิภาพพลังงาน	ระบบ On–Off ทำงานเต็มกำลังทุกครั้งที่เปิด ใช้พลังงานมากเกินจำเป็น	Inverter ปรับรอบคอมเพรสเซอร์ตามโหลดจริง ลดการใช้พลังงานโดยรวม
การกระจายลม	ใช้เครื่องแขวนใต้ฝ้า การกระจายลมไม่ทั่วถึง	ฝังฝ้า กระจายลมทั่วพื้นที่ ลดจุดร้อน–เย็น เพิ่มความสบาย
การควบคุม	ปรับด้วยรีโมตทีละเครื่อง ควบคุมแยก ไม่สัมพันธ์กับการใช้งานจริง	ระบบ IoT ควบคุมอัจฉริยะ ตรวจจับผู้ใช้งาน/สภาพแวดล้อม ปรับการทำงานอัตโนมัติ
ความยืดหยุ่น	ไม่สามารถตั้งเวลา หรือควบคุมรวมศูนย์	สามารถตั้งเวลา ทำงานตามโซน หรือควบคุมจากศูนย์กลางได้
ต้นทุนการติดตั้ง	ลงทุนเริ่มต้นต่ำ แต่สิ้นเปลืองไฟฟ้าในระยะยาว	ลงทุนสูงกว่าเล็กน้อย แต่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อเนื่อง
การบำรุงรักษา	ซ่อมบำรุงง่าย แต่อุปกรณ์มีจำนวนมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมสูง	ซ่อมบำรุงสะดวก จำนวนเครื่องลดลง และระบบแจ้งเตือนผ่าน IoT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูแล

จากการเปรียบเทียบพบว่า ระบบปรับอากาศเดิมแบบ Split Type Inverter แบบแขวนใต้ฝ้า ยังมีข้อจำกัดด้านการใช้พลังงานและการควบคุมการทำงาน ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น ขณะที่ระบบที่ปรับปรุงใหม่ซึ่งใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Split Type Inverter ชนิดฝังฝ้าร่วมกับระบบควบคุมอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในหลายด้าน ทั้งในด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การกระจายลมที่สม่ำเสมอ ความสะดวกในการควบคุม รวมถึงความคุ้มค่าในระยะยาว แม้จะมีต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นสูงกว่า แต่ผลประโยชน์ด้านการลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทำให้ระบบใหม่นี้มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาอาคารกรณีศึกษาให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเป็นอาคาร NZEB

5.1.4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic System)

การบูรณาการพลังงานหมุนเวียนเป็นองค์ประกอบสำคัญในการขับเคลื่อนอาคารไปสู่แนวคิดอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) สำหรับอาคารกรณีศึกษานี้

ได้มีการพิจารณาการติดตั้ง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) บนพื้นที่หลังคาคอนกรีต โดยออกแบบให้ครอบคลุมพื้นที่หลังคาเกือบทั้งหมดเพื่อให้สามารถผลิตพลังงานได้มากที่สุด ระบบดังกล่าวจะเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าภายในอาคารเพื่อชดเชยการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายหลัก ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และช่วยเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนภายในอาคาร

การออกแบบระบบ Solar PV จะพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ พื้นที่และทิศทางการติดตั้ง ความลาดเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงประสิทธิภาพของแผงและอินเวอร์เตอร์ (Solar Inverter) โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ใกล้เคียงกับความต้องการใช้พลังงานรวมของอาคารมากที่สุด นอกจากจะช่วยลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกแล้ว การติดตั้งระบบดังกล่าวยังมีส่วนสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว และสนับสนุนให้การปรับปรุงอาคารครั้งนี้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เพื่อให้สามารถเลือกใช้ระบบที่เหมาะสมที่สุด จำเป็นต้องทำการ เปรียบเทียบคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท ทั้งในด้านประสิทธิภาพ ต้นทุน และความเหมาะสมในการใช้งานกับอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท

ประเภท	ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า	พื้นที่ติดตั้งที่ต้องการ	อายุการใช้งาน (ปี)	ราคาโดยประมาณ (บาท/วัตต์)	ความเหมาะสมกับอาคารกรณีศึกษา
Monocrystalline	สูง (18–22%)	ใช้พื้นที่น้อยกว่า (เหมาะกับพื้นที่จำกัด)	25–30	20–25	เหมาะสมที่สุด เนื่องจากหลังคามีพื้นที่จำกัดและต้องการประสิทธิภาพสูง
Polycrystalline	ปานกลาง (15–17%)	ต้องการพื้นที่มากกว่า Monocrystalline	20–25	15–20	พอใช้ได้ แต่ไม่เหมาะเท่า Monocrystalline หากต้องการผลิตไฟฟ้าสูงสุด
Thin-Film	ต่ำ (10–12%)	ต้องการพื้นที่มากที่สุด	10–20	12–15	ไม่เหมาะกับอาคารนี้ เนื่องจากประสิทธิภาพต่ำและอายุการใช้งานสั้น

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์แต่ละประเภท พบว่าแผงชนิด Monocrystalline มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงและใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับชนิดอื่น แม้ว่าจะมีต้นทุนสูงกว่าเล็กน้อย แต่ด้วยอายุ

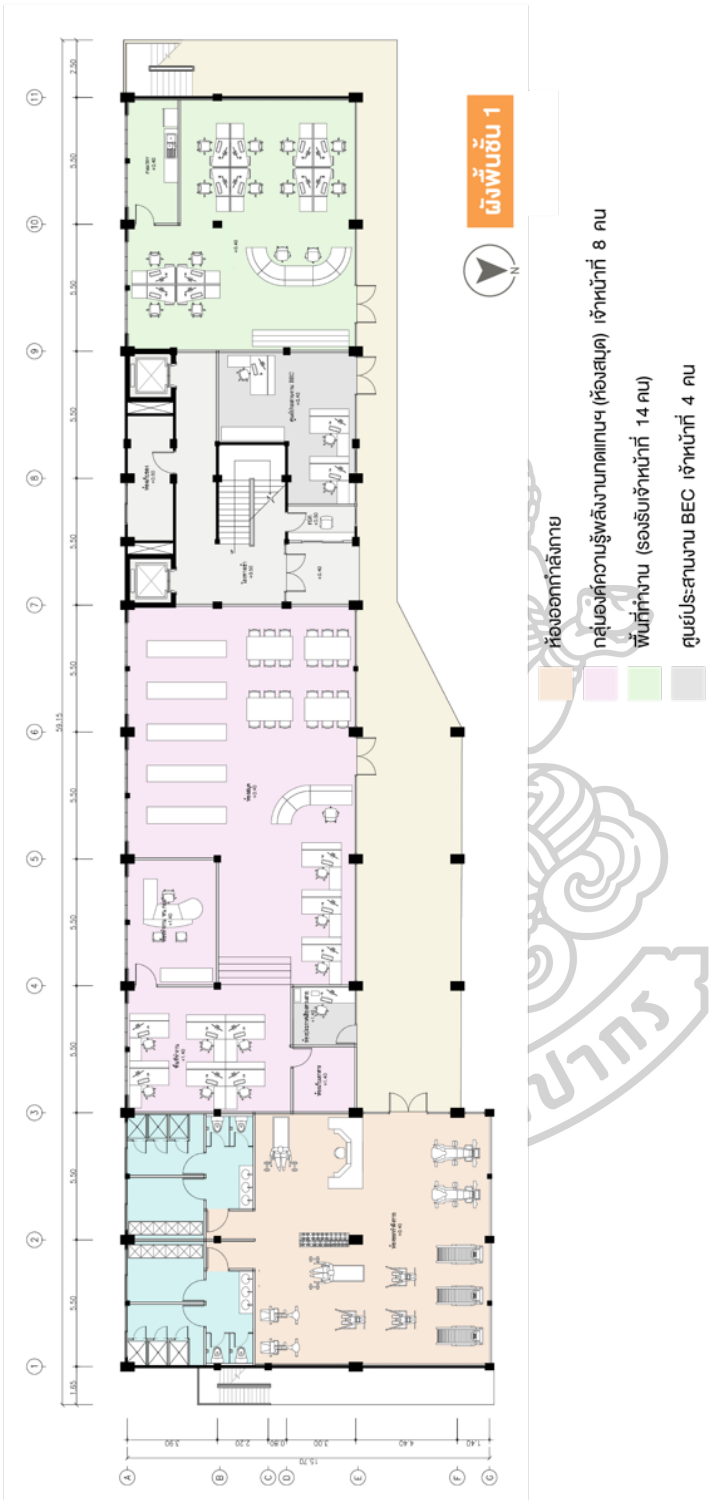
การใช้งานที่ยาวนานและความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้มากในพื้นที่จำกัด จึงสามารถตอบโจทย์การเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนภายในอาคารได้ดีกว่า

5.2 การปรับปรุงผังพื้น (Floor Plan Design)

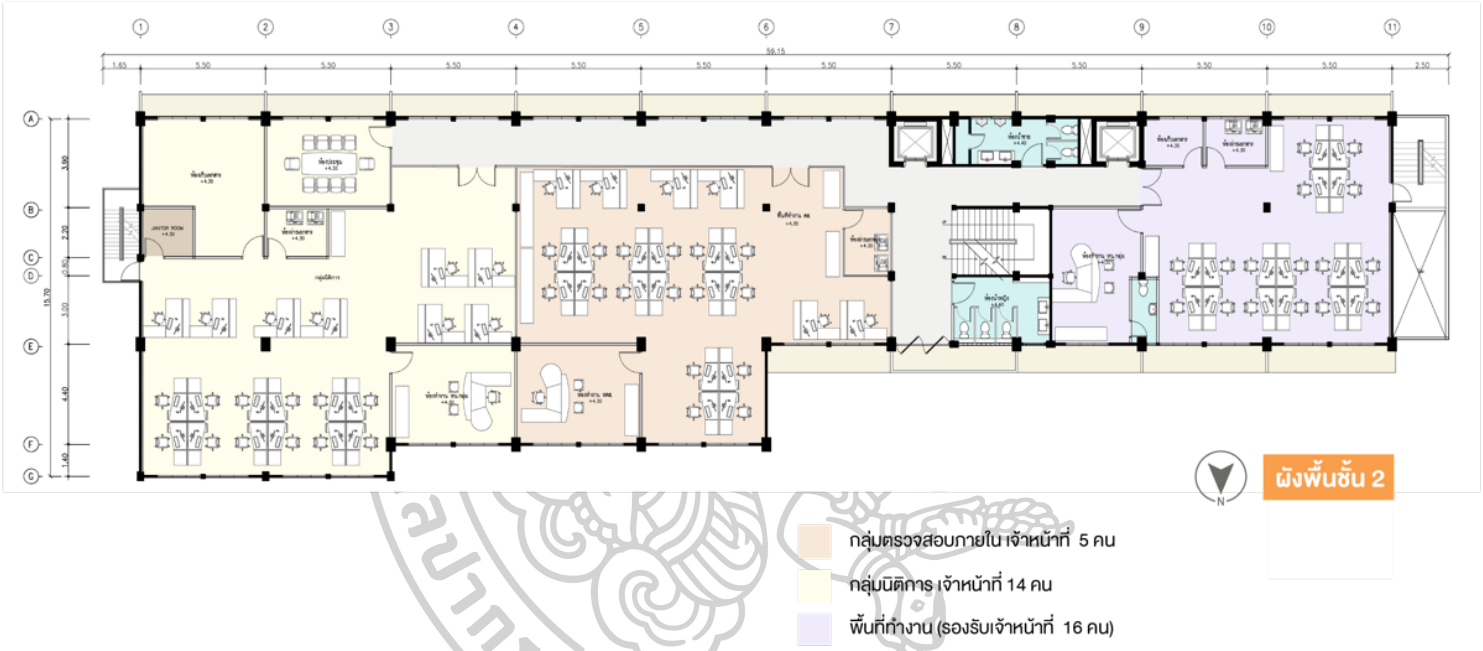
การออกแบบผังพื้นมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร เนื่องจากสามารถกำหนดทิศทางการรับแสงธรรมชาติ การระบายอากาศ และการจัดการพื้นที่ใช้งานที่สัมพันธ์กับภาระพลังงานโดยตรง สำหรับอาคารกรณีศึกษานี้ ได้ดำเนินการปรับปรุงผังพื้นเพื่อเพิ่มศักยภาพของการใช้แสงธรรมชาติ (Daylighting) ภายในพื้นที่ทำงาน โดยเน้นการจัดวางพื้นที่ทำงานให้อยู่ใกล้กับช่องเปิดและผนังกระจกที่สามารถรับแสงได้อย่างทั่วถึง เพื่อลดความจำเป็นในการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงกลางวัน

นอกจากนี้ การปรับปรุงผังพื้นยังพิจารณาการจัดตำแหน่งอุปกรณ์แสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับความเข้มของแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามา โดยเลือกใช้การผสมผสานระหว่างการออกแบบช่องเปิด การใช้กระจกประสิทธิภาพสูง และการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ (Lighting Control System) ซึ่งทำให้ระบบแสงสว่างสามารถปรับระดับตามปริมาณแสงธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

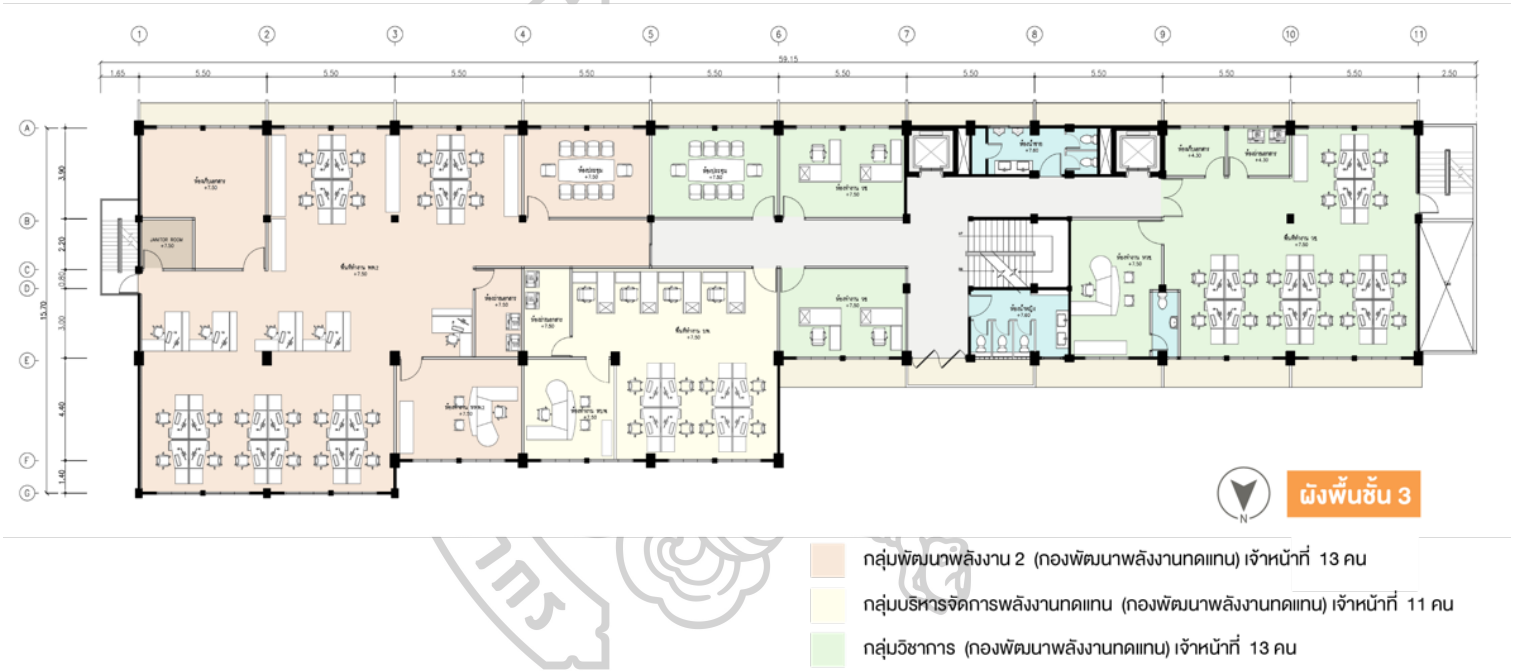
มหาวิทยาลัยศิลปากร



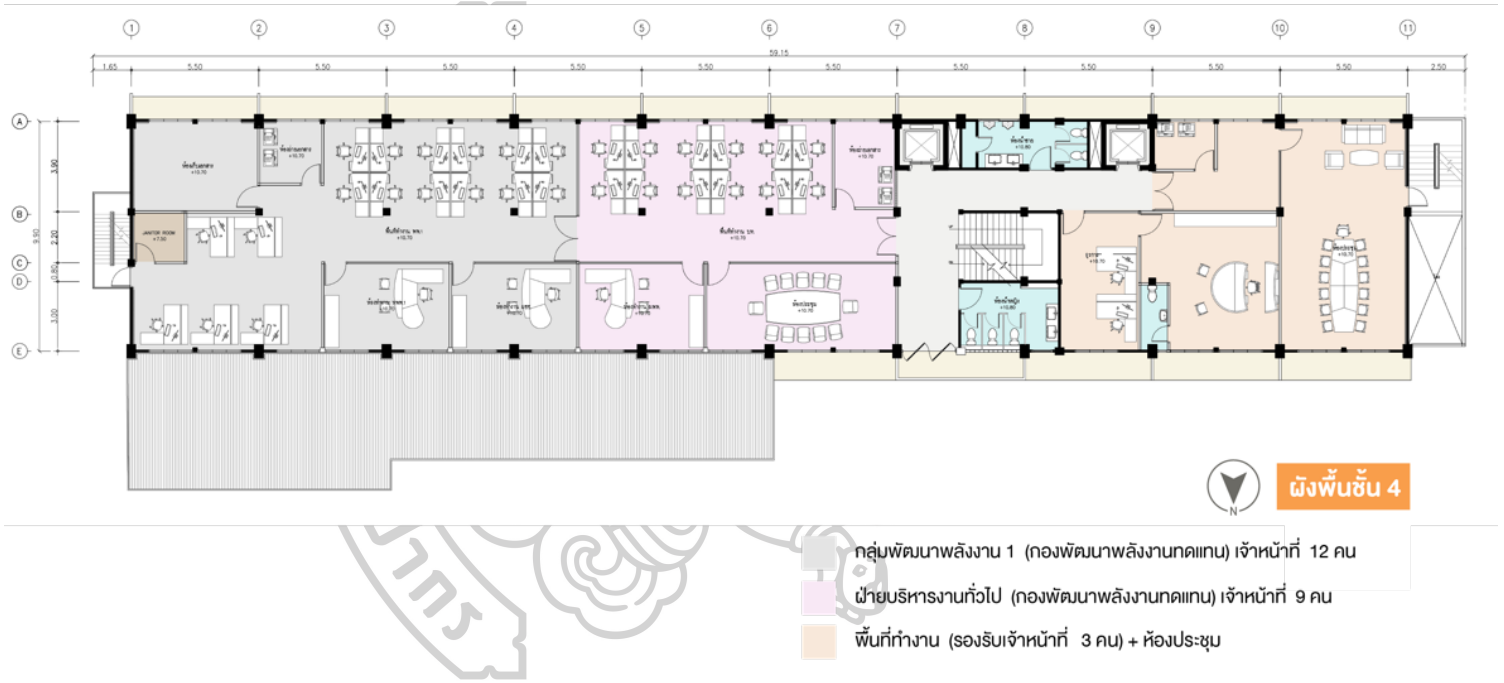
ภาพที่ 58 แสดงผังพื้นชั้น 1 (หลังปรับปรุง)



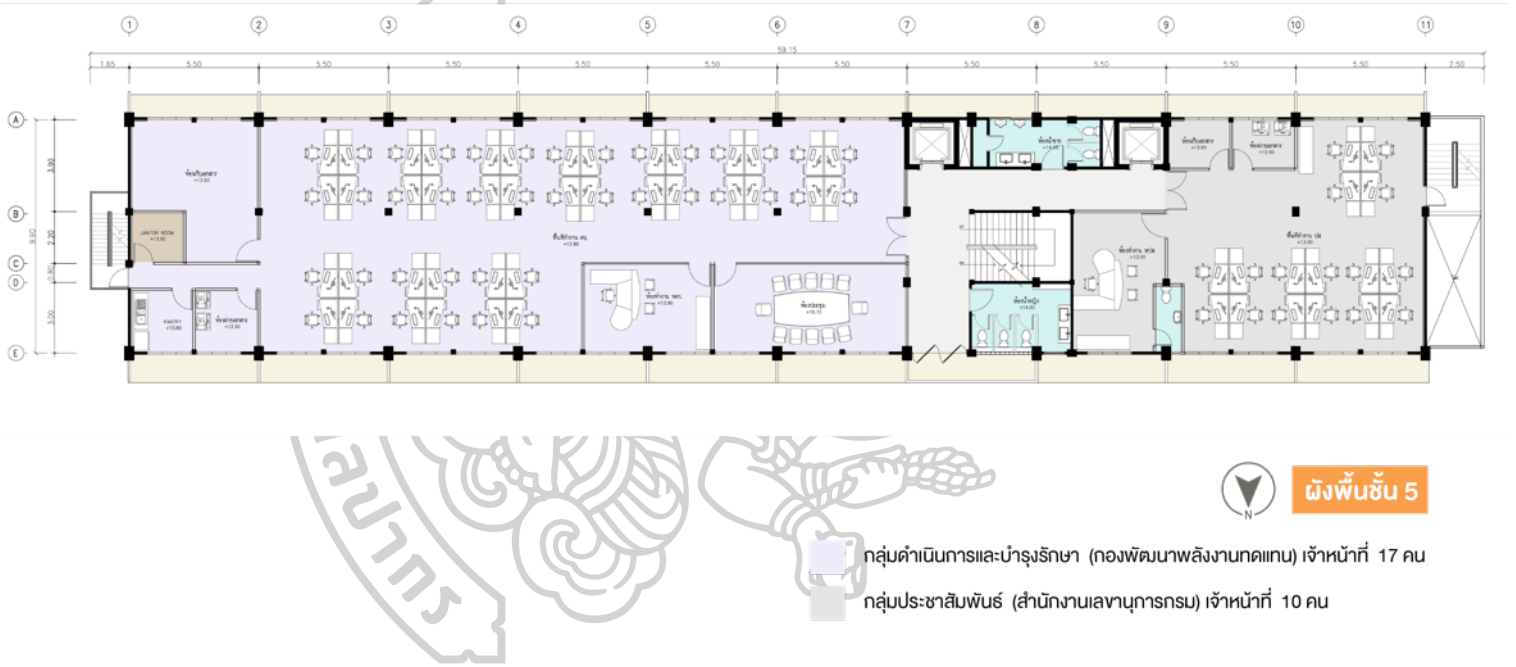
ภาพที่ 59 แสดงผังพื้นชั้น 2 (หลังปรับปรุง)



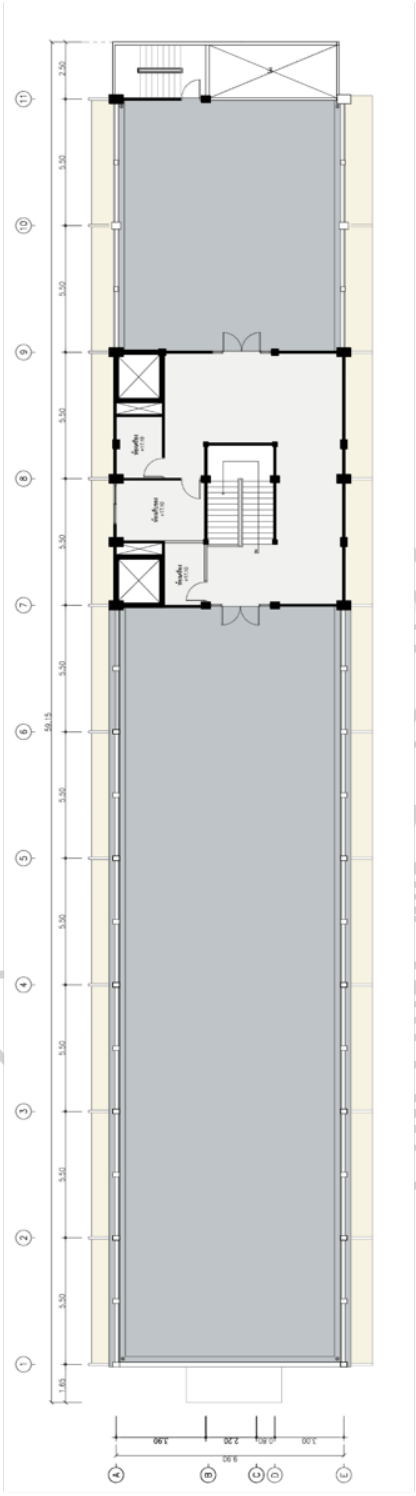
ภาพที่ 60 แสดงผังพื้นชั้น 3 (หลังปรับปรุง)



ภาพที่ 61 แสดงผังพื้นชั้น 4 (หลังปรับปรุง)



ภาพที่ 62 แสดงผังพื้นชั้น 5 (หลังปรับปรุง)



ภาพที่ 63 แสดงผังพื้นชั้นดาดฟ้า (หลังปรับปรุง)

การปรับปรุงผังพื้นของอาคารกรณีศึกษา ได้มีการออกแบบใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่และการใช้พลังงาน โดยเน้นการจัดวางพื้นที่สำนักงานให้สอดคล้องกับการใช้แสงธรรมชาติ การปรับปรุงพื้นที่ประชุมและสำนักงานย่อยเพื่อรองรับผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้นในอนาคต รวมถึงการเตรียมพื้นที่ดาดฟ้าสำหรับติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งหมดนี้เพื่อลดการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์และสนับสนุนการมุ่งสู่อาคาร NZEB

5.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศหลังการปรับปรุง

การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศถือเป็นแนวทางสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานของอาคาร เนื่องจากเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานหลักในอาคารสำนักงาน จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปัจจุบันในบทที่ 4 พบว่าระบบเดิมยังใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ที่มีข้อจำกัดด้านการควบคุมและการกระจายลมที่ไม่เหมาะสมในบางพื้นที่ ดังนั้น ในการปรับปรุงจึงได้กำหนดแนวทางดังนี้

(1) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ได้เปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ไปใช้หลอด LED ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า และติดตั้งร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ (Lighting Control System) เพื่อปรับลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น การจัดวางตำแหน่งโคมไฟถูกปรับให้สอดคล้องกับการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิด เพื่อเพิ่มค่า Daylight Factor และลดภาระจากการใช้แสงประดิษฐ์

(2) ระบบปรับอากาศ ได้ปรับเปลี่ยนจากการใช้ Split Type Inverter แบบแขวนใต้ฝ้า มาเป็น Split Type Inverter แบบฝังฝ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงขึ้น สามารถกระจายลมเย็นได้อย่างทั่วถึงในแต่ละพื้นที่ พร้อมติดตั้งระบบ ควบคุมด้วย IoT ที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ตรวจจับการใช้งานและสภาพแวดล้อม เพื่อปรับการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้ใช้งานจริงและเงื่อนไขภายในอาคาร ลดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น

ตารางที่ 32 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 1 (หลังปรับปรุง)

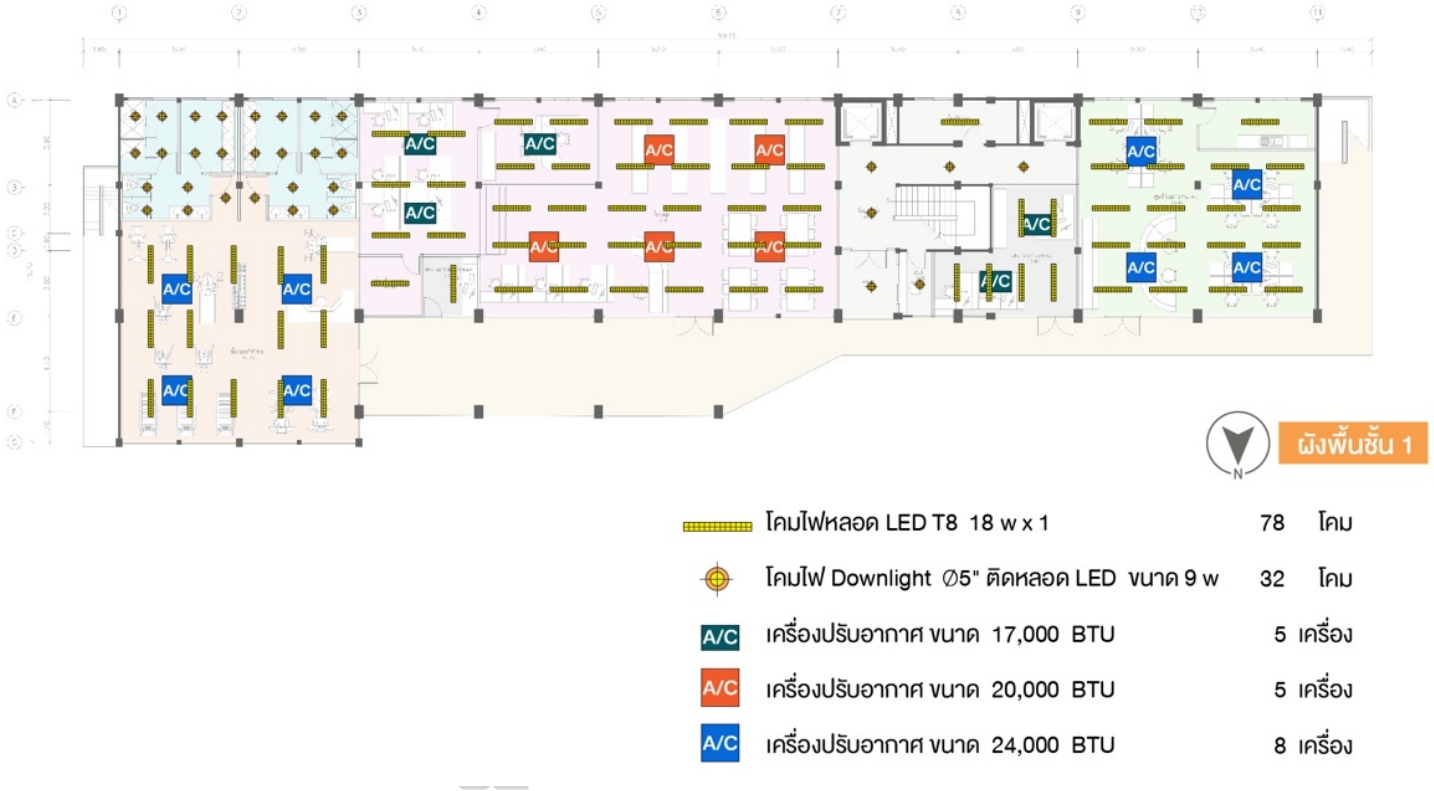
กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟ หลอด LED T8	โคมไฟ Downlight หลอด LED	กำลังไฟ (วัตต์)
		18w	9w	
1. ห้องออกกำลังกาย	115.45	14	2	**270**
2. ห้องแต่งตัวชาย	26.65	-	12	**108**
3. ห้องแต่งตัวหญิง	26.65	-	12	**108**
4. โถงต้อนรับ และโถงบันได	52.28	-	5	**45**

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอด LED T8	โคมไฟ Downlight หลอด LED	กำลังไฟ (วัตต์)
		18w	9w	
5. ห้อง รปภ.	4.80	-	1	**9**
6. ห้องสมุด	217.80	38	-	**684**
7. ศูนย์ประสานงาน BEC	33.80	6	-	**108**
8. พื้นที่ทำงาน	108.90	19	-	**342**
9. ห้องเก็บของ	13.86	1	-	**18**
รวม	600.45	78	32	**1,692**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 1 มีกำลังไฟฟ้ารวม 1,692 วัตต์ พื้นที่อาคาร 600.45 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 2.82 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 33 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. ห้องออกกำลังกาย	24,000	19.99	2,000	4
2. ห้องสมุด	17,000	17.13	1,400	3
	20,000	19.55	1,690	5
3. ศูนย์ประสานงาน BEC	17,000	17.13	1,400	2
4. พื้นที่ทำงาน	24,000	19.99	2,650	4



ภาพที่ 64 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1 (หลังปรับปรุง)

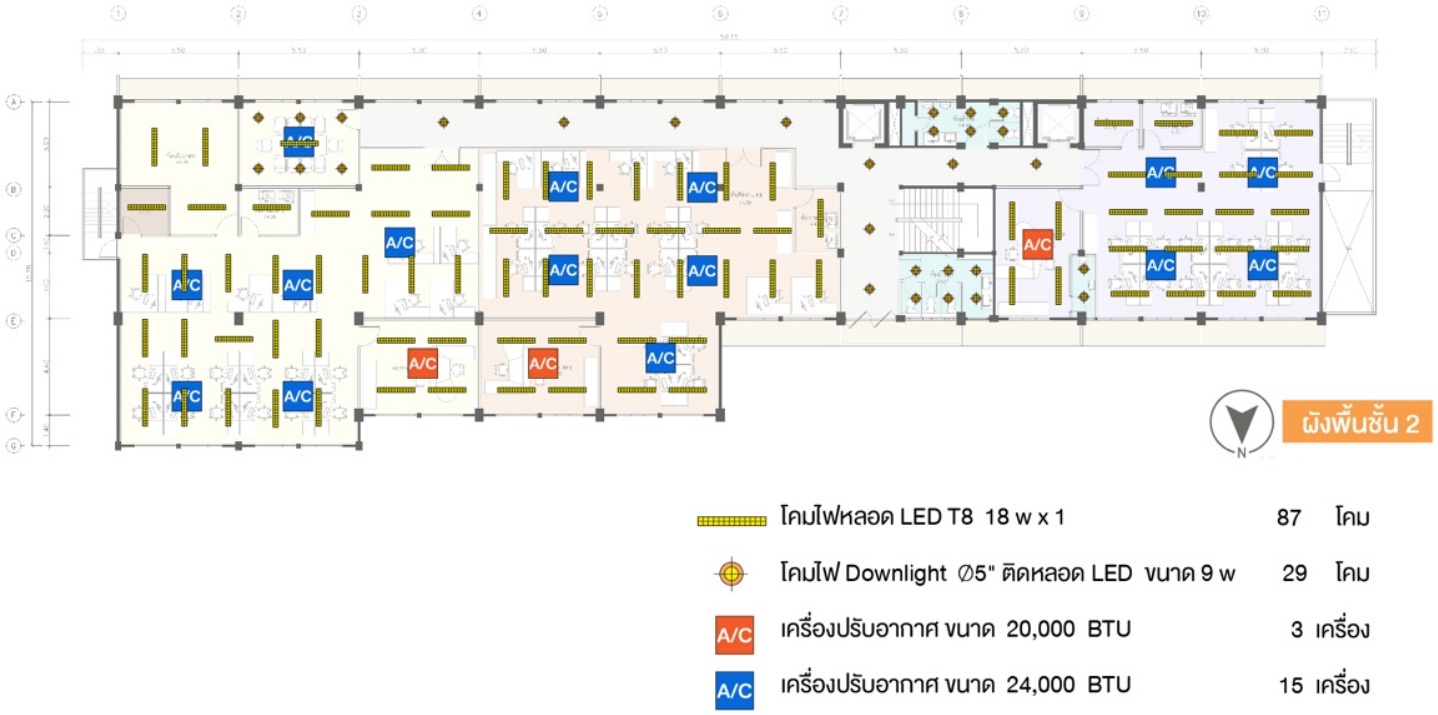
ตารางที่ 34 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 2 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟ หลอด LED T8	โคมไฟ Downlight หลอด LED	กำลังไฟ (วัตต์)
		18w	9w	
1. กลุ่มนิติการ	206.34	30	6	**594**
2. กลุ่มตรวจสอบภายใน	173.33	30	-	**540**
3. พื้นที่ทำงาน	134.93	20	-	**360**
4. โถงบันได และทางเดิน	102.87	-	9	**81**
5. ห้องน้ำชาย	14.42	-	6	**54**
6. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	6	**54**
7. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20	-	2	**18**
8. ห้องเก็บเอกสาร	28.15	3	-	**54**
9. ห้องแม่บ้าน	5.40	1	-	**18**
รวม	681.39	84	29	**1,773**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 2 มีกำลังไฟฟ้ารวม 1,773 วัตต์ พื้นที่อาคาร 681.39 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 2.60 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 35 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มนิติการ	20,000	19.55	1,690	1
	24,000	19.99	2,000	6
2. กลุ่มตรวจสอบภายใน	20,000	19.55	1,690	1
	24,000	19.99	2,000	5
3. พื้นที่ทำงาน	20,000	19.55	1,690	1
	24,000	19.99	2,000	4



ภาพที่ 65 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 (หลังปรับปรุง)

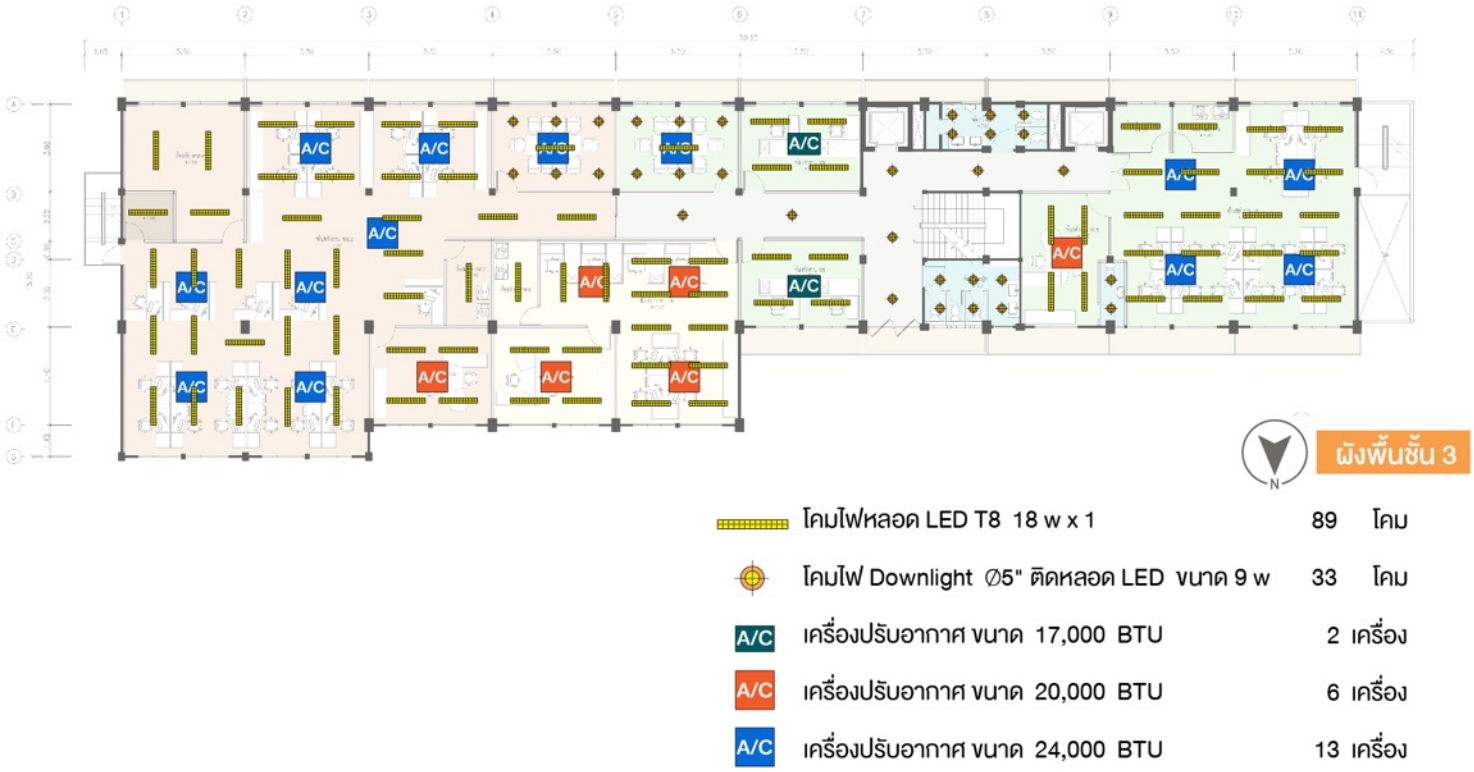
ตารางที่ 36 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 3 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอด LED T8	โคมไฟ Downlight หลอด LED	กำลังไฟ (วัตต์)
		18w	9w	
1. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	251.05	34	-	**612**
2. กลุ่มบริหารจัดการพลังงานทดแทน	91.60	17	-	**306**
3. กลุ่มวิชาการ	193.34	33	6	**648**
4. โถงบันได และทางเดิน	57.41	-	7	**63**
5. ห้องน้ำชาย	14.42	-	6	**54**
6. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	6	**54**
7. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20	-	2	**18**
8. ห้องเก็บเอกสาร	28.15	3	-	**54**
9. ห้องแม่บ้าน	5.40	1	-	**18**
รวม	657.32	88	27	**1,827**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 3 มีกำลังไฟฟ้ารวม 1,827 วัตต์ พื้นที่อาคาร 657.42 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 2.78 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 37 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 2	20,000	19.55	1,690	1
	24,000	19.99	2,000	8
2. กลุ่มบริหารจัดการพลังงานทดแทน	20,000	19.55	1,690	5
3. กลุ่มวิชาการ	17,000	17.13	1,400	2
	20,000	19.55	1,690	1
	24,000	19.99	2,000	5



ภาพที่ 66 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3 (หลังปรับปรุง)

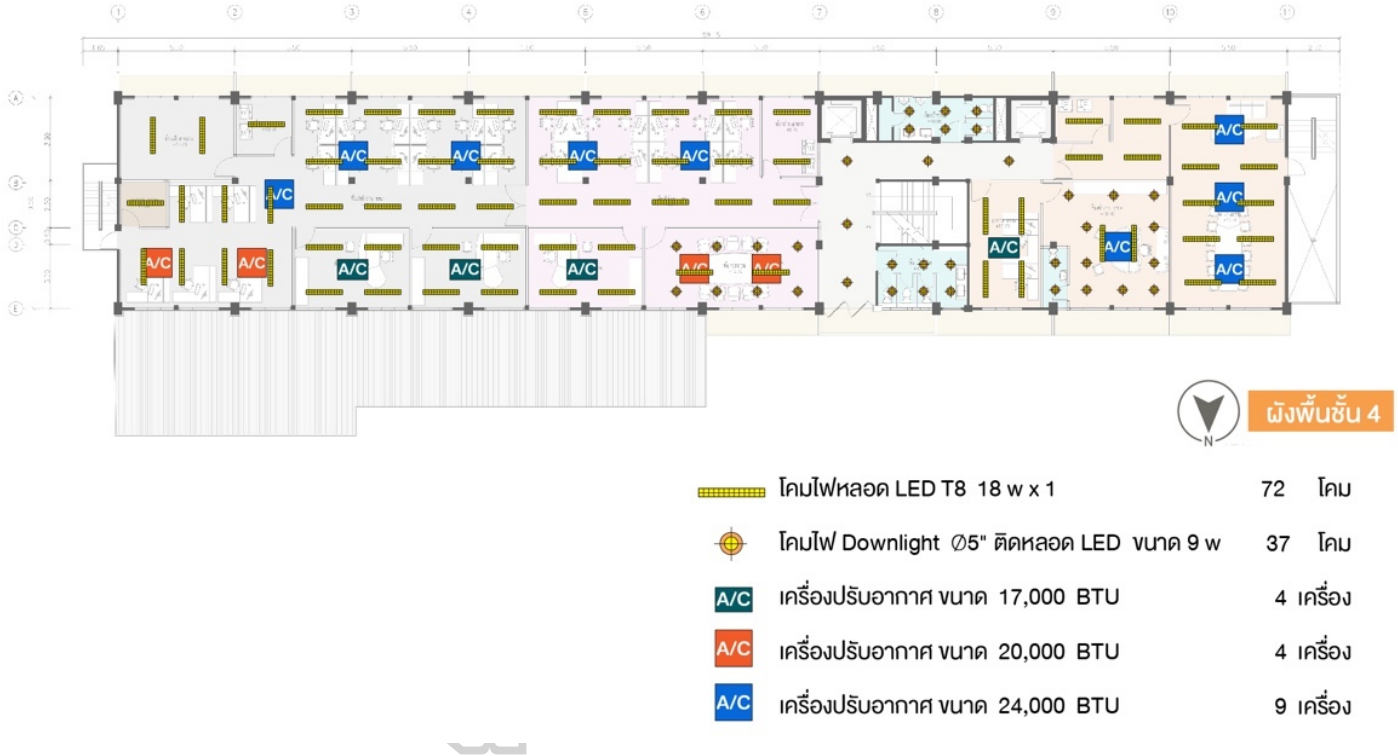
ตารางที่ 38 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 4 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟหลอด LED T8	โคมไฟ Downlight หลอด LED	กำลังไฟ (วัตต์)
		18w	9w	
1. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	142.70	23	-	**414**
2. ห้องทำงาน ผอ.กอง	20.62	4	-	**72**
3. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญ	20.62	4	-	**72**
4. ฝ่ายบริหารงานทั่วไป	134.23	15	-	**270**
5. โถงบันได และทางเดิน	62.96	-	5	**45**
6. ห้องน้ำชาย	14.42	-	6	**54**
7. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	6	**54**
8. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20	-	2	**18**
9. พื้นที่ทำงาน	74.60	10	10	**270**
10. ห้องประชุม 1	54.45	10	-	**180**
11. ห้องประชุม 2	31.34	2	8	**108**
12. ห้องเก็บเอกสาร	21.45	2	-	**36**
13. ห้องแม่บ้าน	5.40	1	-	**18**
รวม	598.74	71	37	**1,611**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 4 มีกำลังไฟฟ้ารวม 1,611 วัตต์ พื้นที่อาคาร 598.74 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 2.69 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 39 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มพัฒนาพลังงาน 1	17,000	17.13	1,400	1
	20,000	19.55	1,690	2
	24,000	19.99	2,000	3
2. ห้องทำงาน ผอ.กอง	17,000	19.55	1,690	1
3. ห้องทำงานผู้เชี่ยวชาญ	17,000	17.13	1,400	1
4. ฝ่ายบริหารงานทั่วไป	24,000	19.99	2,000	2
5. พื้นที่ทำงาน	17,000	17.13	1,400	1
	24,000	19.99	2,000	1
6. ห้องประชุม 1	24,000	19.99	2,000	3
7. ห้องประชุม 2	20,000	19.55	1,690	2



ภาพที่ 67 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4 (หลังปรับปรุง)

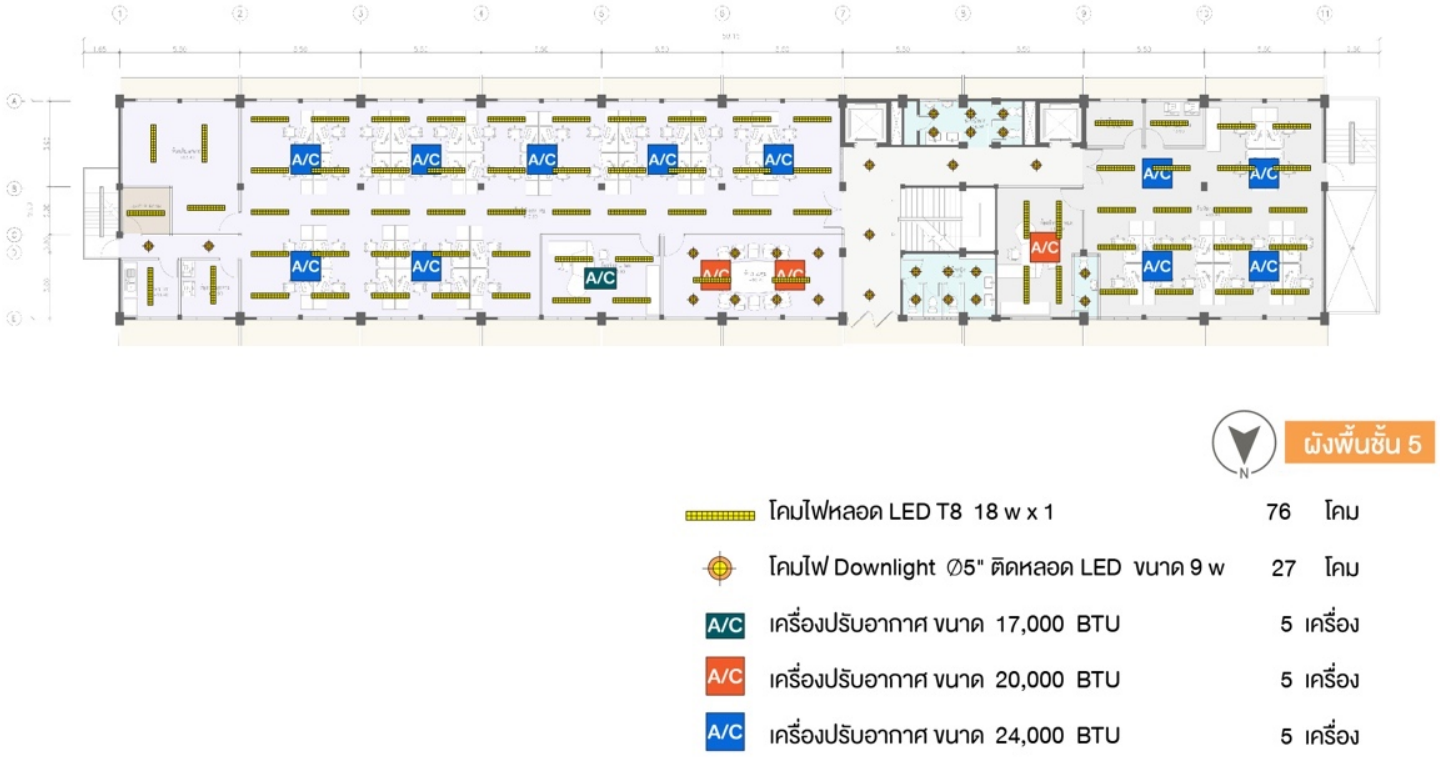
ตารางที่ 40 รายละเอียดปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ ชั้น 5 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟ หลอด LED T8	โคมไฟ Downlight หลอด LED	กำลังไฟ (วัตต์)
		18w	9w	
1. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	293.15	48	10	**954**
2. กลุ่มประชาสัมพันธ์	125.38	24	-	**432**
3. โถงบันได และทางเดิน	62.96	-	5	**45**
4. ห้องน้ำชาย	14.42	-	6	**54**
5. ห้องน้ำหญิง	12.75	-	6	**54**
6. ห้องน้ำในห้องทำงาน	3.20	-	2	**18**
7. ห้องเก็บเอกสาร	28.15	3	-	**54**
8. ห้องแม่บ้าน	5.40	1	-	**18**
รวม	545.14	76	29	**1,629**

จากข้อมูลตาราง พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ชั้น 5 มีกำลังไฟฟ้ารวม 1,629 วัตต์ พื้นที่อาคาร 545.14 ตร.ม. จึงมีค่า LPD เท่ากับ 2.99 วัตต์/ตารางเมตร

ตารางที่ 41 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5 (หลังปรับปรุง)

กลุ่มงาน/ห้อง	ขนาด BTU	ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	กำลังไฟ (วัตต์)	จำนวน (เครื่อง)
1. กลุ่มดำเนินการและบำรุงรักษา	17,000	17.13	1,400	1
	20,000	19.55	1,690	2
	24,000	19.99	2,000	7
2. กลุ่มประชาสัมพันธ์	20,000	19.55	1,690	1
	24,000	19.99	2,000	4



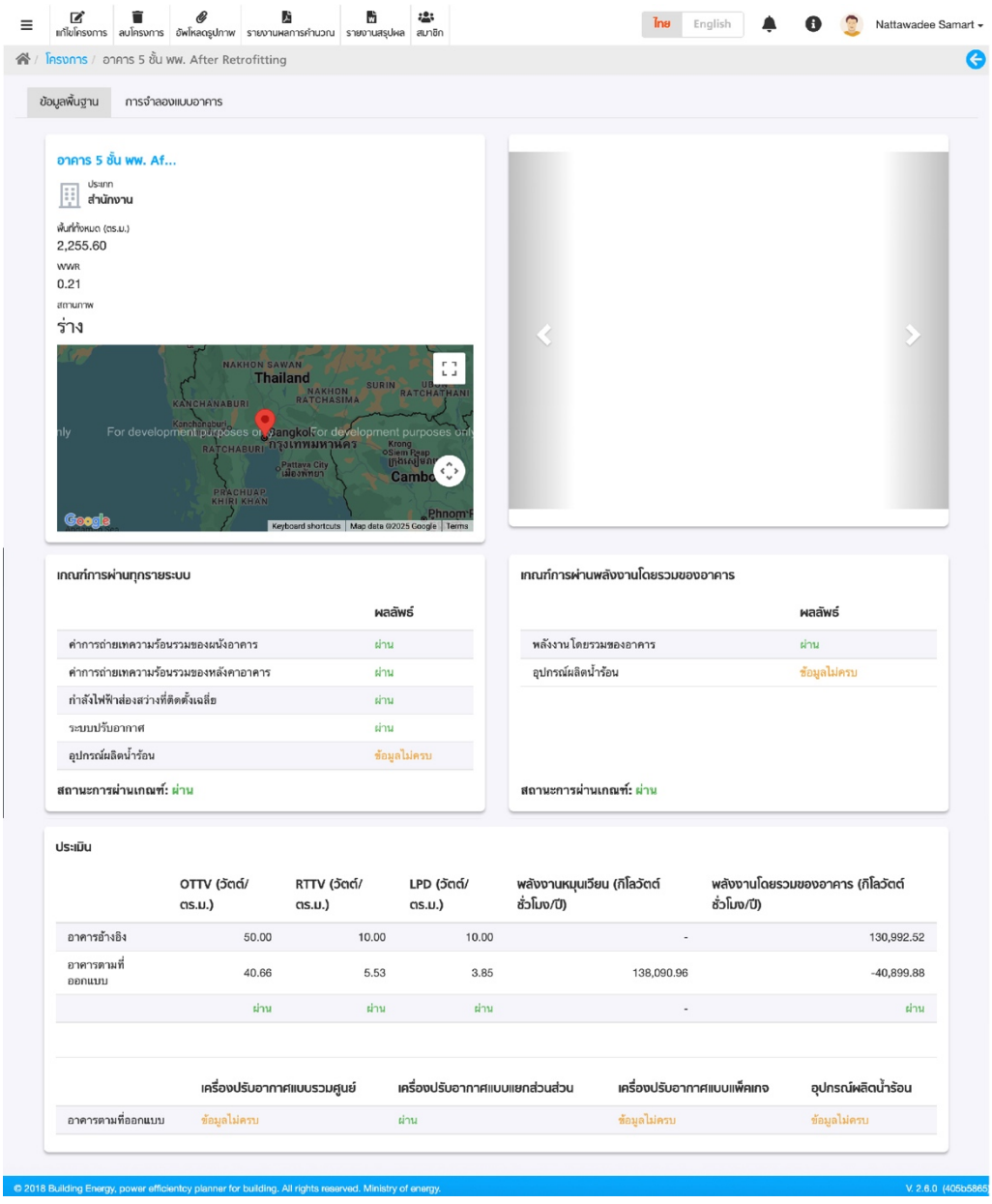
ภาพที่ 68 แสดงตำแหน่งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ ชั้น 5 (หลังปรับปรุง)

จากการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศตามที่กล่าวในข้อ 5.3 พบว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยกำลังไฟฟ้าของระบบแสงสว่างลดลงเหลือ 8,532 วัตต์จากการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED และกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศลดลงเหลือ 165,490 วัตต์จากการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวยังคงเป็นเพียงผลการปรับปรุงในระดับพื้นฐาน หากมีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติร่วมกับระบบ Smart Lighting จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานด้านแสงสว่างได้มากกว่า 30% ตามที่รายงานไว้ในงานวิจัย Advancing Smart Lighting: A Developmental Approach to Energy Efficiency (Widartha et al., 2024) ขณะเดียวกัน การศึกษาเรื่อง IoT Integration in HVAC Systems: Achieving Sustainable Energy Efficiency and Enhanced Occupant Comfort ของ Chauhan (2025) ชี้ให้เห็นว่าระบบ HVAC ที่ผนวกรวม IoT สามารถลดการใช้พลังงานได้ในช่วงประมาณ 20–30% โดยอาศัยการทำงานของเซ็นเซอร์อัจฉริยะและระบบควบคุมอัตโนมัติที่ช่วยให้เครื่องปรับอากาศตอบสนองต่อพฤติกรรมผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น เมื่อคำนวณผลการประหยัดพลังงานจากการผนวกมาตรการควบคุมอัจฉริยะเข้ากับการปรับปรุงอุปกรณ์พื้นฐาน พบว่าจากกำลังไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง 8,532 วัตต์ สามารถลดลงได้ประมาณ 30% เหลือเพียง 5,972.40 วัตต์ ส่วนกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ 165,490 วัตต์ สามารถลดลงได้เฉลี่ยราว 25% ตามงานวิจัยของ Chauhan (2025) ทำให้ลดลงเหลือ 124,117.50 วัตต์ ข้อมูลดังกล่าวจึงถูกนำไปใช้เป็นค่าตั้งต้น (Input Parameters) สำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะพลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม Sefaira เพื่อแสดงถึงผลของการปรับปรุงอย่างครบถ้วนและถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

5.4 ประเมินอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based

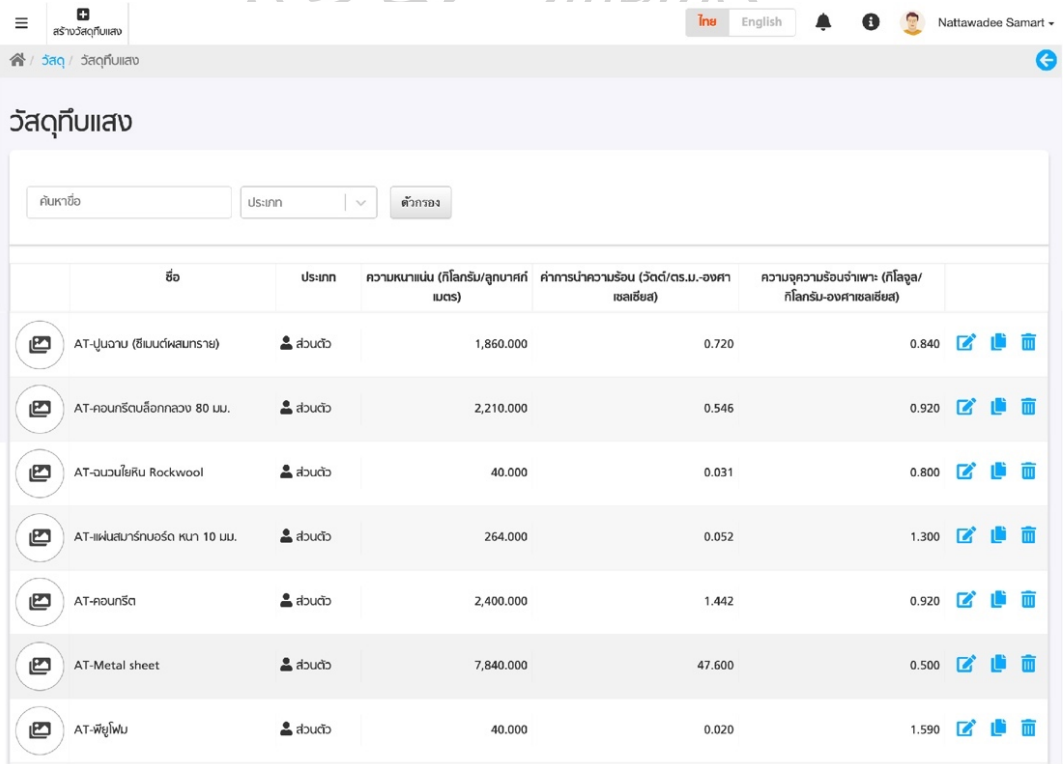
จากผลการประเมินอาคารก่อนการปรับปรุงในบทที่ 4 โดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based พบว่าอาคารกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุงยังไม่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานด้านการใช้พลังงานอาคารอย่างครบถ้วน โดยค่า Roof Thermal Transfer Value (RTTV) ของหลังคามีค่าสูงกว่าที่ข้อกำหนดกำหนดไว้ และค่า Lighting Power Density (LPD) ของระบบไฟฟ้าแสงสว่างก็มีค่ามากกว่ามาตรฐาน แม้ว่าผลการประเมินค่า Overall Thermal Transfer Value (OTTV) และค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ (Coefficient of Performance; COP) จะอยู่ในเกณฑ์ที่ผ่านมาตรฐานแล้วก็ตาม เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้ดำเนินการปรับปรุงวัสดุและระบบที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลหลังการปรับปรุงมาประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based อีกครั้ง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแนวทางการปรับปรุง และตรวจสอบความสอดคล้องตามข้อกำหนดเกณฑ์ BEC



ภาพที่ 69 แสดงข้อมูลพื้นฐานและผลสรุปของโครงการหลังปรับปรุง

5.4.1 การปรับปรุงวัสดุและอุปกรณ์

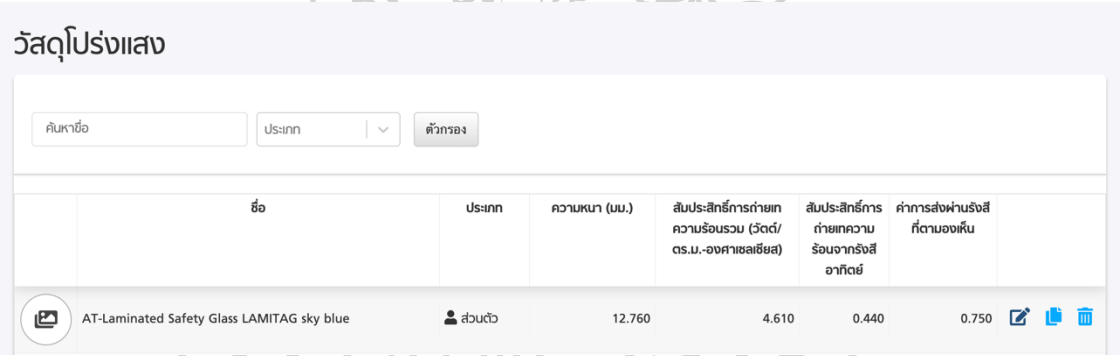
ในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ได้มีการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อเพิ่มสมรรถนะด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยในส่วนของวัสดุทึบแสง (Opaque Materials) มีการปรับเปลี่ยนมาใช้ฉนวนกันความร้อนชนิด Rockwool ซึ่งช่วยลดค่าการนำความร้อนและเพิ่มความสามารถในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคา ขณะที่วัสดุโปร่งแสงได้เลือกใช้กระจกลามิเนต ที่มีคุณสมบัติในการลดการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) และยังคงให้ค่าแสงส่องผ่านที่เหมาะสม ทำให้สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างเพียงพอโดยไม่เพิ่มภาระการทำความเย็นของอาคาร ด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้มีการเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิมมาใช้หลอดไฟ LED T8 กำลัง 18 วัตต์ และหลอด LED Bulb กำลัง 9 วัตต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าและอายุการใช้งานยาวนานกว่า อีกทั้งยังสามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมการหรี่ไฟ (Dimming System) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และในส่วนของระบบปรับอากาศ ได้เปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิด Inverter แบบฝังฝ้า (Cassette Type) ที่สามารถกระจายลมเย็นได้อย่างทั่วถึงและเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ โดยมีค่า COP สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบ Split Type ระบบเดิม ส่งผลให้ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ วัสดุและอุปกรณ์ที่ปรับปรุงทั้งหมดนี้จึงมีบทบาทสำคัญในการทำให้อาคารเข้าสู่เกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐานที่กำหนดได้อย่างครบถ้วน



ภาพที่ 70 การกำหนดค่าคุณสมบัติวัสดุทึบแสงหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 42 แสดงค่าคุณสมบัติวัสดุทึบแสงหลังการปรับปรุง

วัสดุ	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลบ.ม.)	ค่าการนำความร้อน (วัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส)	ความจุความร้อนจำเพาะ (กิโลจูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	1,860	0.720	0.840
คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม.	2,210	0.546	0.920
ฉนวนใยหิน Rockwool	40	0.031	0.800
แผ่นสมาร์ทบอร์ด หนา 10 มม.	264	0.052	1.300
คอนกรีต	2,400	1.442	0.920

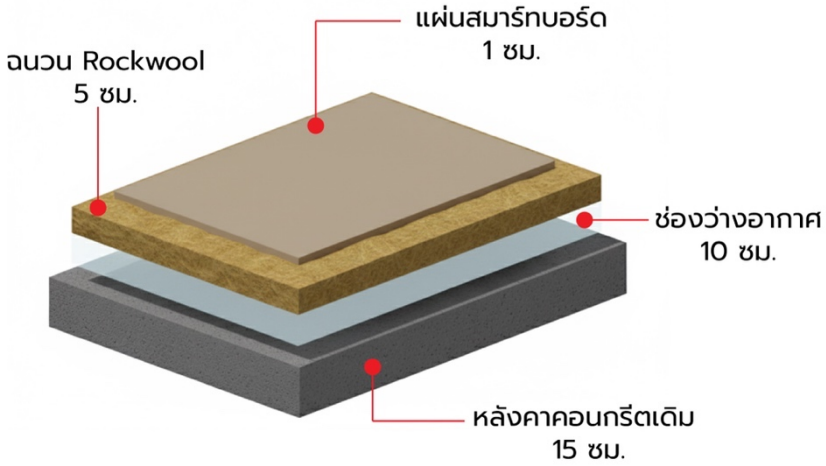


ภาพที่ 71 การกำหนดค่าคุณสมบัติวัสดุโปร่งแสงหลังการปรับปรุง

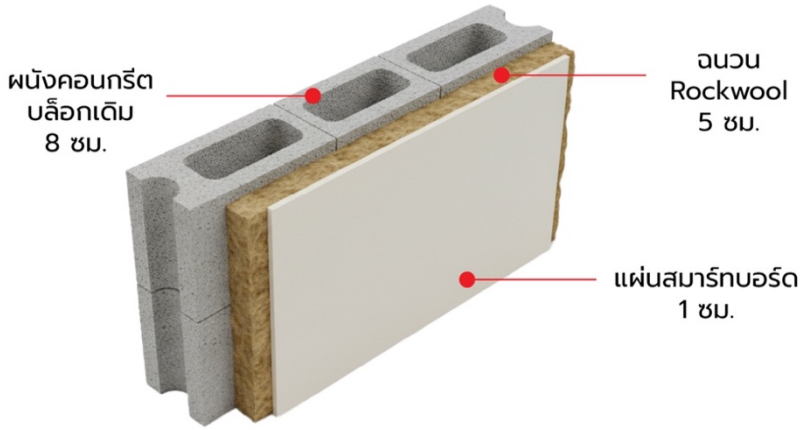
ตารางที่ 43 แสดงค่าคุณสมบัติวัสดุโปร่งแสงหลังการปรับปรุง

วัสดุ	ความหนา (มม.)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (วัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์	ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น
Laminated Safety Glass LAMITAG sky blue	12.760	4.610	0.440	0.750

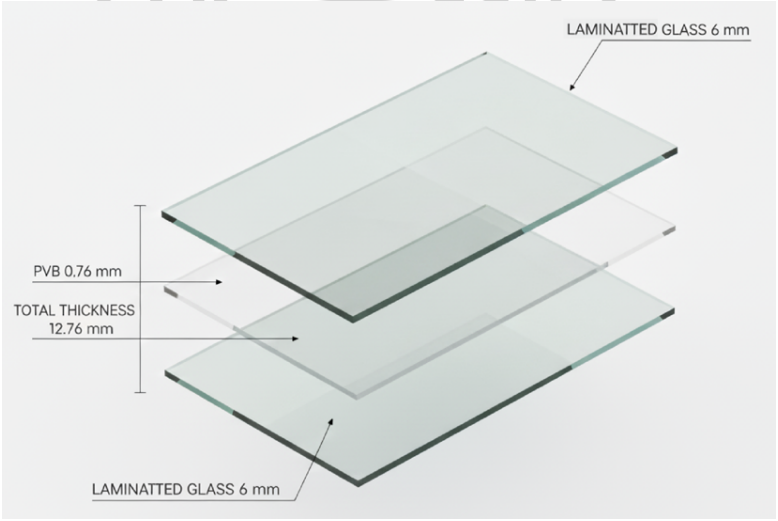
รายละเอียดส่วนประกอบเปลือกอาคารของอาคารหลังการปรับปรุง



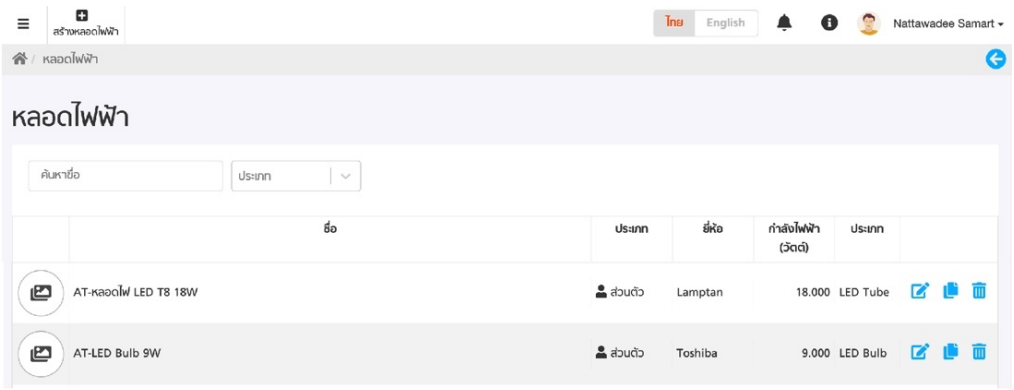
ภาพที่ 74 ส่วนประกอบชั้นวัสดุของหลังคาอาคาร



ภาพที่ 73 ส่วนประกอบชั้นวัสดุของผนังอาคาร



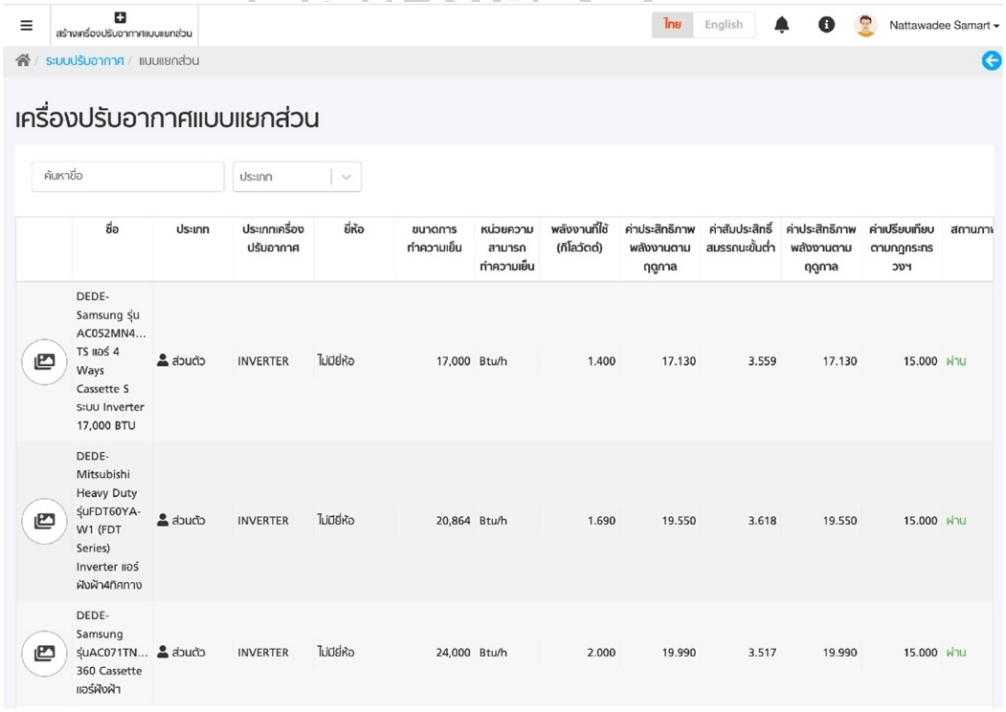
ภาพที่ 72 กระจกลามิเนต 2 ชั้น (6+0.76PVB+6 mm.)



ภาพที่ 75 รายการหลอด LED ที่ใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม

ตารางที่ 44 แสดงประเภทหลอดไฟที่ใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม

ประเภทหลอดไฟ	ยี่ห้อ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ประเภทหลอด
หลอดไฟ LED T8 18W	Lamptan	18.000	LED Tube
หลอดไฟ LED Bulb 9W	Toshiba	9.000	LED Bulb



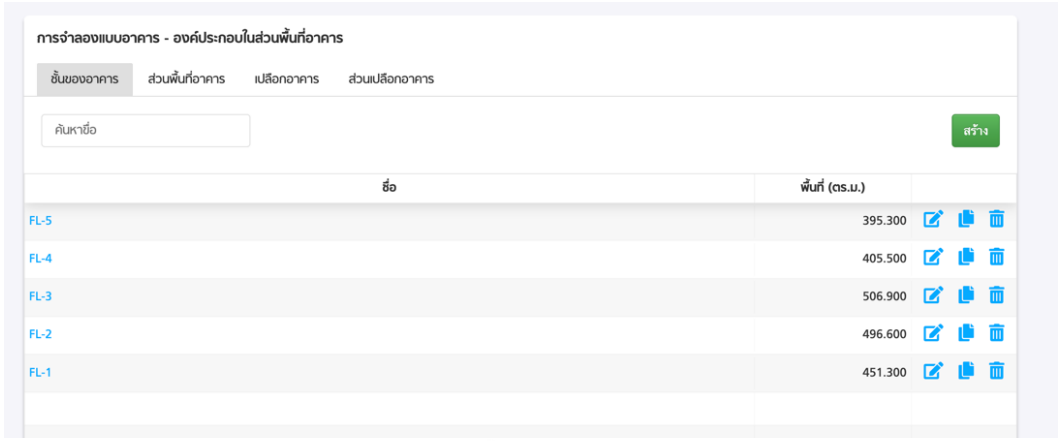
ภาพที่ 76 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type Inverter ที่เลือกใช้ในการปรับปรุงอาคาร โดยมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 45 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type Inverter ที่เลือกใช้ในการปรับปรุงอาคาร

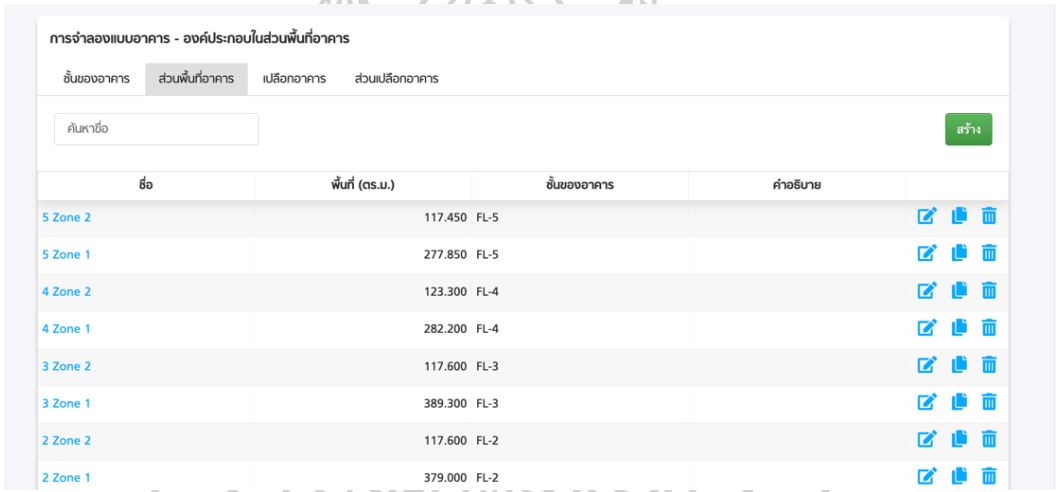
ชื่อ (รุ่น/ยี่ห้อ/ขนาด)	ประเภทเครื่อง	ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	พลังงานไฟฟ้าใช้ (กิโลวัตต์)	ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานตามฤดูกาล	สถานภาพ
Samsung รุ่น AC052MN4DKH-TS แอร์ 4 Ways Cassette S ระบบ Inverter	Inverter	17,000	1.400	17.130	ผ่าน
Mitsubishi Heavy Duty รุ่น FDT60YA-W1 (FDT Series) Inverter แอร์ฝังฝ้า 4 ทิศทาง	Inverter	20,864	1.690	19.550	ผ่าน
Samsung รุ่น AC071TN4PKC 360 Cassette แอร์ฝังฝ้า	Inverter	24,000	2.000	19.990	ผ่าน

5.4.2 การกำหนดพื้นที่และเปลือกอาคารหลังปรับปรุง

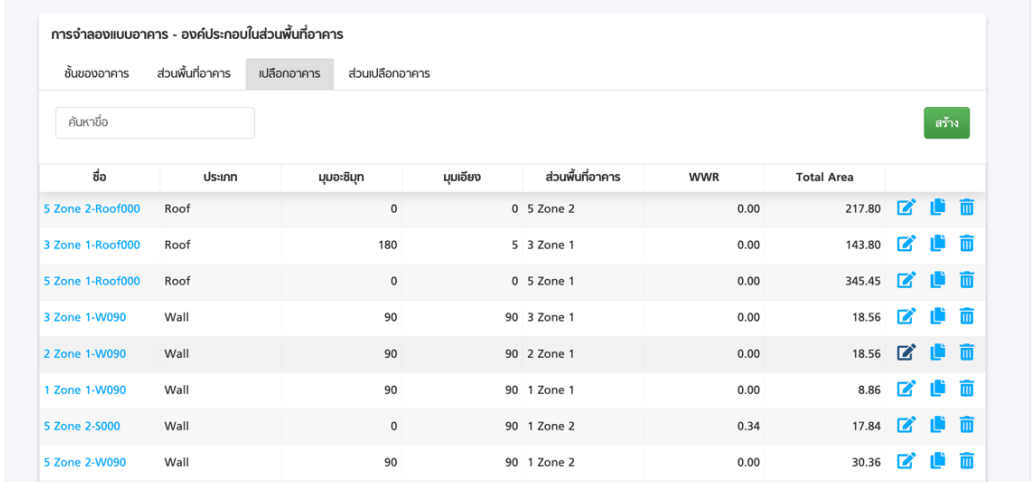
หลังการปรับปรุงอาคาร ได้มีการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่และเปลือกอาคารใหม่ทั้งหมด เพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะพลังงานด้วยโปรแกรม BEC Web-Based โดยเริ่มจากการป้อนข้อมูลพื้นที่ใช้สอยของแต่ละชั้น ตั้งแต่ชั้นที่ 1–5 ซึ่งแสดงให้เห็นขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน จากนั้นจึงแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนย่อยตามฟังก์ชันการใช้งาน เพื่อให้สะท้อนถึงลักษณะการใช้พลังงานจริงในแต่ละพื้นที่ ต่อมาได้กำหนดองค์ประกอบของเปลือกอาคาร เช่น ผนัง หลังคา และช่องเปิด โดยคำนึงถึงทิศทาง มุมเอียง และตำแหน่งที่สอดคล้องกับการออกแบบหลังการปรับปรุง พร้อมทั้งระบุรายละเอียดพื้นที่ขององค์ประกอบแต่ละส่วน ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารหลังการปรับปรุง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากอาคารก่อนปรับปรุงในลำดับถัดไป



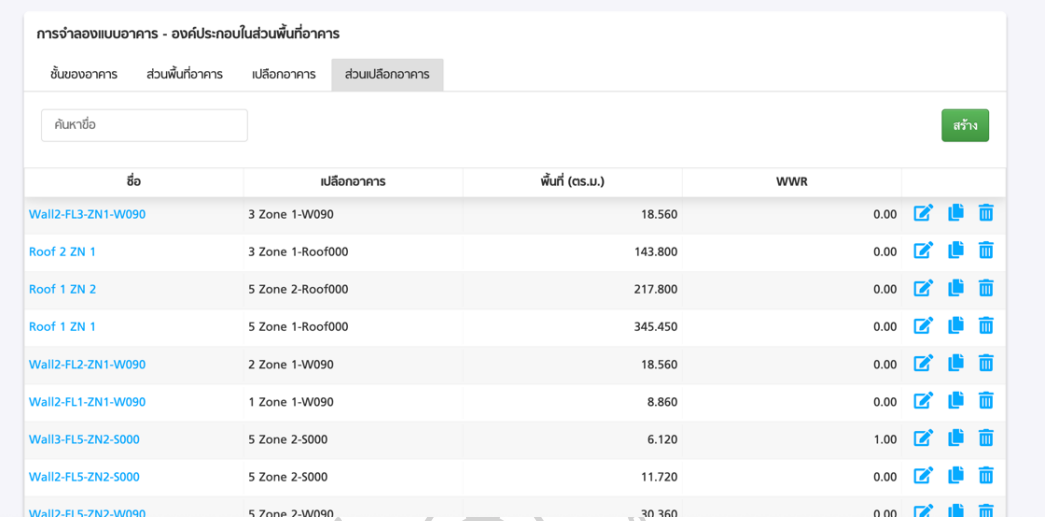
ภาพที่ 79 แสดงชั้นของอาคารหลังปรับปรุง (FL-1 ถึง FL-5) พร้อมพื้นที่แต่ละชั้น



ภาพที่ 78 แสดงส่วนพื้นที่อาคาร (Zones) ของแต่ละชั้น พร้อมพื้นที่ใช้งานแต่ละโซน ของอาคารหลังปรับปรุง



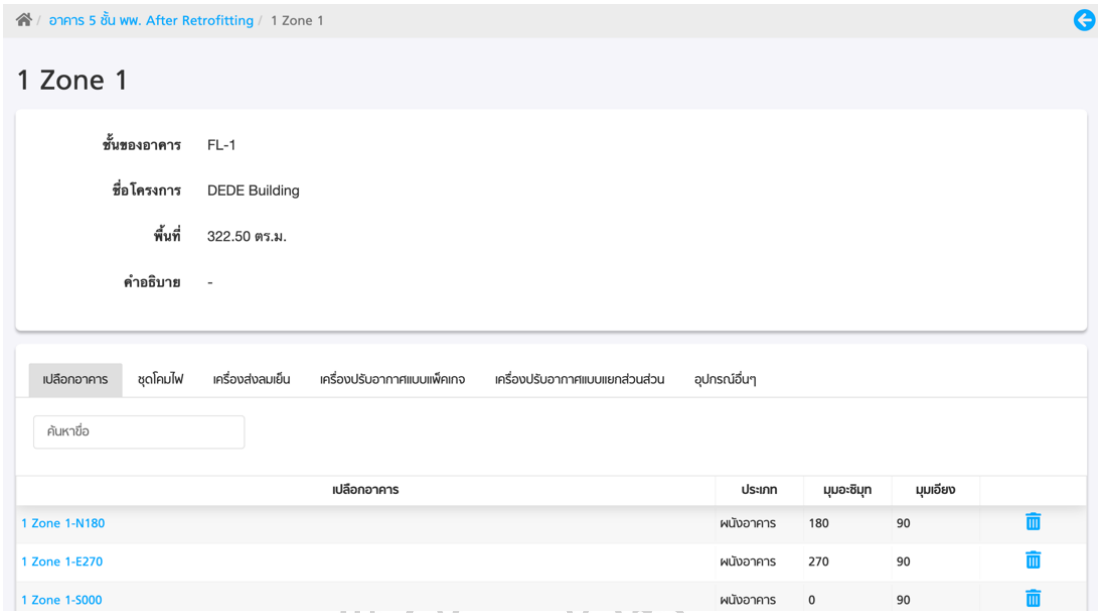
ภาพที่ 77 แสดงส่วนเปลือกอาคารที่เชื่อมโยงข้อมูลกับส่วนพื้นที่อาคารหลังปรับปรุง



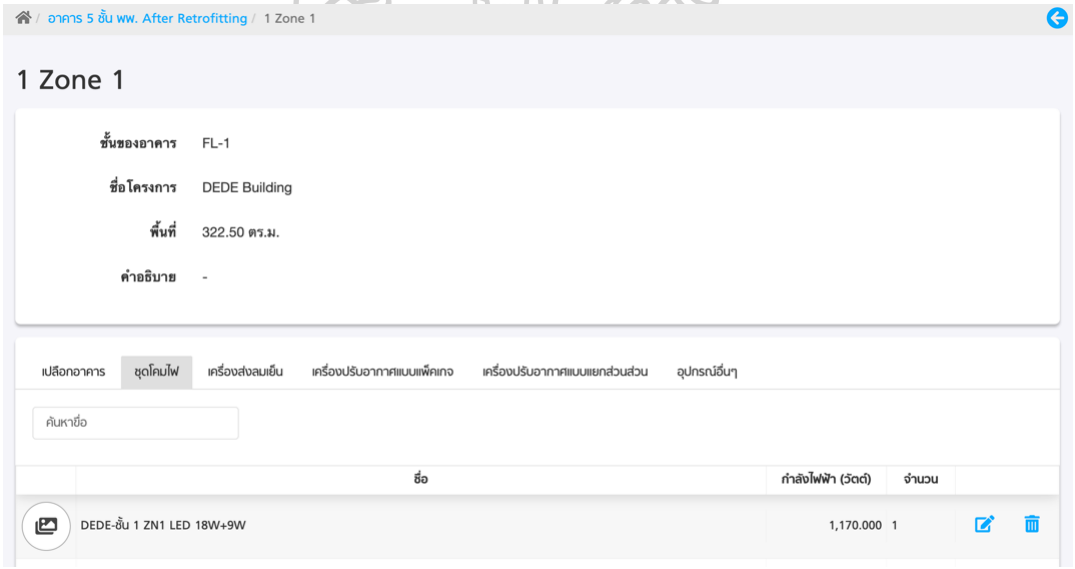
ภาพที่ 80 แสดงส่วนเปลือกอาคารที่ระบุตามทิศและตามส่วนพื้นที่ของอาคารหลังปรับปรุง

5.4.3 การปรับปรุงอุปกรณ์แต่ละโซนและตรวจสอบตามเกณฑ์

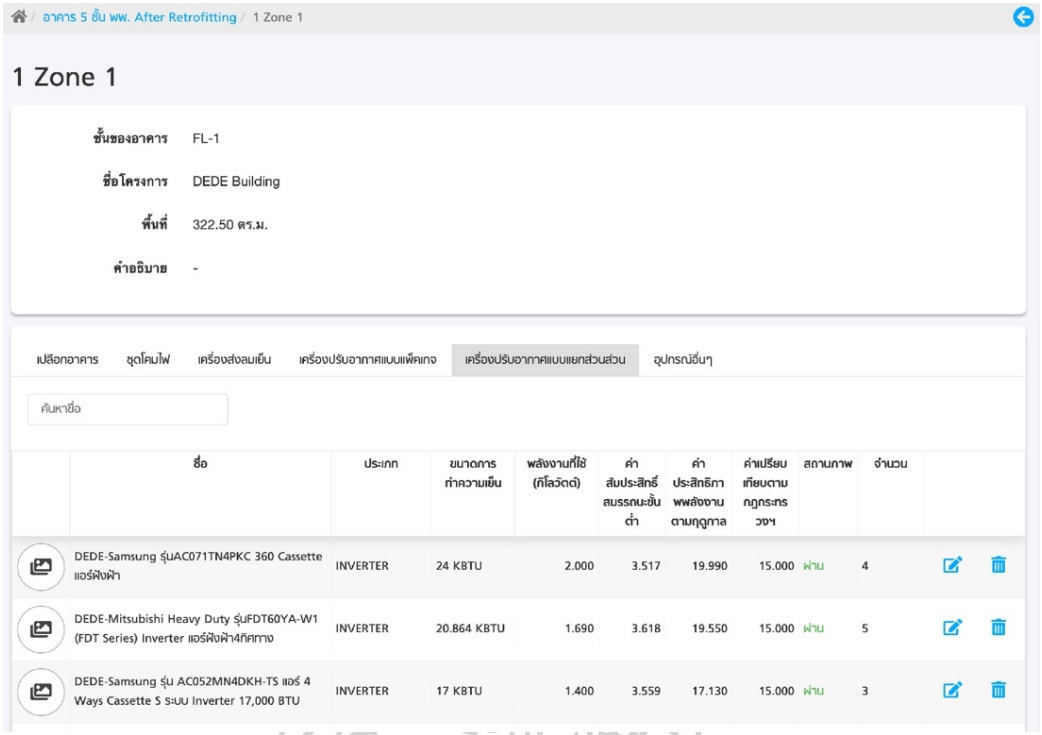
ในขั้นตอนการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ได้มีการกำหนดและติดตั้งวัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน (Zone) ตามการใช้งานของพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อให้สามารถตรวจสอบรายละเอียดของเปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศได้อย่างครบถ้วน หลังการปรับปรุงพบว่าการเลือกใช้วัสดุทึบแสง เช่น ผนังอาคารที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนที่เหมาะสม ร่วมกับการติดตั้งชุดโคมไฟ LED ที่ใช้กำลังไฟลดลงเมื่อเทียบกับระบบเดิม และระบบปรับอากาศชนิด Inverter ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม ส่งผลให้อาคารสามารถผ่านเกณฑ์การเปรียบเทียบตามข้อกำหนดของกฎหมายอาคารอนุรักษ์พลังงานได้ครบถ้วน อีกทั้งยังได้เสริมระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนโดยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 650 วัตต์ จำนวน 153 แผง ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน 20% และติดตั้งในมุมเอียงที่เหมาะสมกับทิศทางการรับแสงอาทิตย์ ช่วยให้สามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในอาคารได้อย่างมีนัยสำคัญ ลดภาระการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายหลัก และเพิ่มโอกาสในการบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) ได้อย่างยั่งยืน



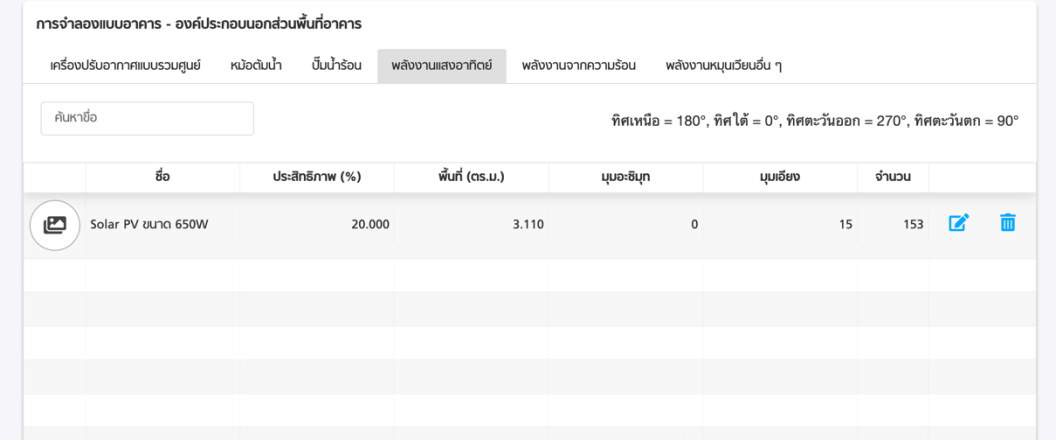
ภาพที่ 82 ตัวอย่างชั้น 1 Zone 1 ของอาคารหลังปรับปรุงที่ส่วนเปลือกอาคาร



ภาพที่ 81 ตัวอย่างชั้น 1 Zone 1 ของอาคารหลังปรับปรุงที่แสดงข้อมูลชุดโคมไฟ



ภาพที่ 84 ตัวอย่างชั้น 1 Zone 1 ของอาคารหลังปรับปรุงที่แสดงเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภท



ภาพที่ 83 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

5.4.4 สรุปผลการประเมินอาคารหลังปรับปรุง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

2E BUILDING

Building Information

Project Name :	อาคาร 5 ชั้น พพ. After Retrofitting
Building Name :	DEDE Building
Building Type :	สำนักงาน
Location :	กรุงเทพมหานคร

เกณฑ์ในการออกแบบ				
ทางเลือก 1 **ผ่านเกณฑ์ทุกระบบ**			**ทางเลือก 2** **ใช้ประเมินค่าพลังงานรวม**	
1. ระบบกรอบอาคาร	*OTTV:*	passed	พลังงานของอาคารที่ออกแบบ	< พลังงานของอาคารที่อ้างอิง
	RTTV:	passed		
2. ระบบแสงสว่าง		passed	passed	
3. ระบบปรับอากาศ		passed		
4. ระบบผลิตน้ำร้อน		unset		

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	97,191.086	kWh/Year
Energy from PV System :	138,090.964	kWh/Year
Energy from Heat to Electrical System :		kWh/Year
Energy from Other System :		kWh/Year
Net Energy consumption (Evaluated Building) :	-40,899.878	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	130,992.520	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	40.662	W/m²
OTTV (A/C Zone) :	40.662	W/m²

เอกสารวันที่ 14 พฤศจิกายน 2568 เวลา 20:29 หน้า: 1 จาก 11

ภาพที่ 85 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานของอาคารหลังปรับปรุง โดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (1)

Code OTTV :	50.000 W/m²
Building OTTV Status :	passed
RTTV (A/C Zone) :	5.535 W/m²
Code RTTV :	10.000 W/m²
Building RTTV Status :	passed

Building Lighting System

Total Power :	8,676.000 Watts
Total Building Area :	2,255.600 m²
Power Density :	3.846 W/m²
Compliance :	10.000 W/m²
Lighing System Status :	passed

Building Energy by Floor

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
FL-1	451.300	1,609.770	0.000	41.445		3.749	0.100	0.250	53,869.780
FL-2	496.600	18.560	0.000	6.721		3.679	0.100	0.250	11,001.351
FL-3	506.900	18.560	143.800	6.721	7.681	3.746	0.100	0.250	12,025.235
FL-4	405.500	0.000	0.000			4.017	0.100	0.250	9,247.878
FL-5	395.300	0.000	563.250		4.987	4.121	0.100	0.250	11,046.840

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP	EQD (W/m²)	OCCU (head/m²)	VENT (l/s)	Energy Lighting kWh/y	Energy Equipment kWh/y	Energy A/C kWh/y	Total Energy kWh/y
1 Zone 1	322.500	1,092.050	0.000	44.627		3.628	3.567		0.100	0.250	2,737.800	0.000	36,230.554	38,968.354
1 Zone 2	128.800	517.720	0.000	34.733		4.053	3.528		0.100	0.250	1,221.480	0.000	13,679.946	14,901.426
2 Zone 1	379.000	18.560	0.000	6.721		3.230	3.531		0.100	0.250	2,864.160	0.000	5,059.617	7,923.777
2 Zone 2	117.600	0.000	0.000			5.128	3.535		0.100	0.250	1,411.020	0.000	1,666.554	3,077.574
3 Zone 1	389.300	18.560	143.800	6.721	7.681	3.329	3.551		0.100	0.250	3,032.640	0.000	5,915.021	8,947.661
3 Zone 2	117.600	0.000	0.000			5.128	3.535		0.100	0.250	1,411.020	0.000	1,666.554	3,077.574
4 Zone 1	282.200	0.000	0.000			3.572	3.558		0.100	0.250	2,358.720	0.000	3,730.224	6,088.944

ภาพที่ 86 รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานของอาคารหลังปรับปรุง โดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based (2)

ตารางที่ 46 ผลสรุปอาคารหลังปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 50.00	40.66	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	5.53	ผ่าน
ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	3.85	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 14.00	17.13	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	≤ 130,992.52	-40,899.88	ผ่าน

จากการประเมินอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม BEC Web-Based พบว่าอาคารมีค่าการใช้พลังงานรวม (Building Energy Consumption) เท่ากับ 97,191.09 kWh/yr และจากการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (PV System) ที่สามารถผลิตพลังงานได้ 138,090.96 kWh/yr ส่งผลให้การใช้พลังงานสุทธิของอาคาร (Net Energy Consumption) มีค่าเท่ากับ –40,899.88 kWh/yr ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิงที่กำหนดไว้ที่ 130,992.52 kWh/yr ส่งผลให้การประเมินภาพรวมของอาคารผ่านเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานตามข้อกำหนดกฎหมายอาคารอนุรักษ์พลังงาน และสามารถเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ตามเกณฑ์ BEC

เมื่อพิจารณารายระบบ พบว่า

(1) ระบบเปลือกอาคาร (Building Envelope) มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) เท่ากับ 40.66 W/m² ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 50 W/m² จึงผ่านเกณฑ์ และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) เท่ากับ 5.53 W/m² ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 10 W/m² จึงผ่านเกณฑ์

(2) ระบบแสงสว่าง (Lighting System) มีค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) เท่ากับ 3.85 W/m² ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 10 W/m² จึงผ่านเกณฑ์

(3) ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System) ใช้เครื่องปรับอากาศชนิด Inverter แบบฝังฝ้า (Cassette Type) ขนาด 17,000–24,000 BTU ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพ (COP) เท่ากับ 17.13 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงผ่านเกณฑ์

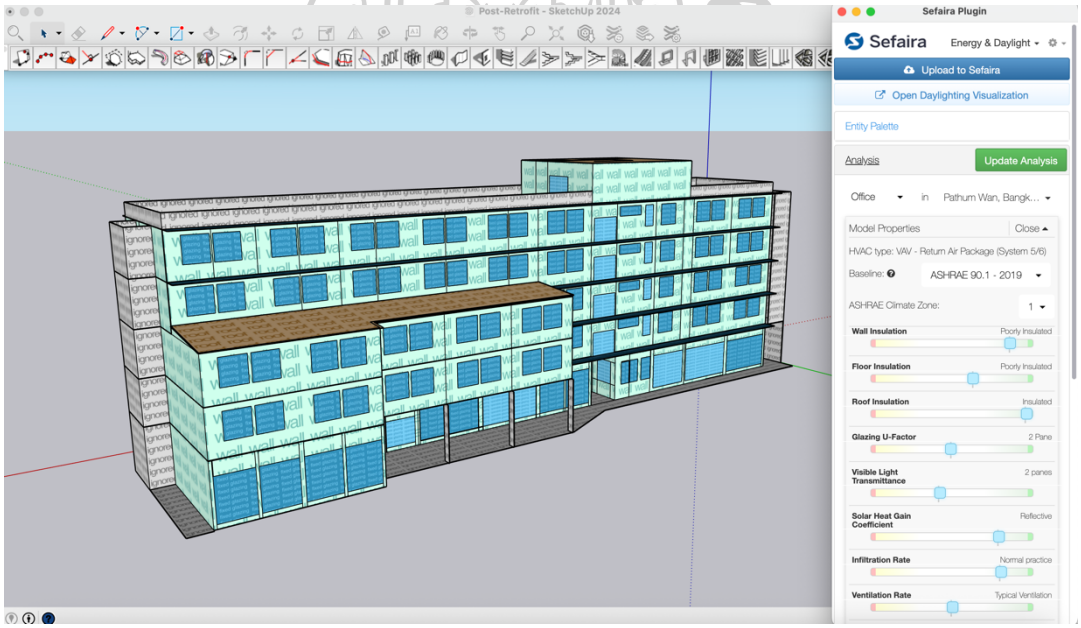
(4) ระบบผลิตน้ำร้อน (Hot Water System) ไม่มีการใช้งานในอาคารนี้ จึงไม่ถูกนำมาพิจารณา

สรุปได้ว่า อาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงมีผลการประเมิน**ผ่านเกณฑ์ในทุกระบบ** และเมื่อรวมผลการใช้พลังงานสุทธิแล้ว อาคารมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดอย่างครบถ้วน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของมาตรการปรับปรุงที่สามารถยกระดับอาคารไปสู่เป้าหมาย Net Zero Energy Building ได้อย่างมีประสิทธิผล

5.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Sefaira

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง ได้มีการสร้างโมเดลจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Sefaira โดยโมเดลนี้สะท้อนถึงลักษณะอาคารที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ทั้งในส่วนของ พื้นที่ใช้สอยภายใน ที่ได้จัดสรรใหม่ให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง รวมถึงการปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร ด้วยวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำและกระจกที่สามารถลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้ดี ซึ่งทั้งหมดนี้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่แม่นยำและสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของอาคารหลังปรับปรุง

5.5.1 การตั้งค่าข้อมูลของอาคารหลังการปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira



ภาพที่ 87 แสดงโมเดลสามมิติในโปรแกรม Sketchup ที่ได้ปรับปรุงช่องเปิดเพิ่มขึ้นเพื่อให้อาคารได้รับแสง Daylight

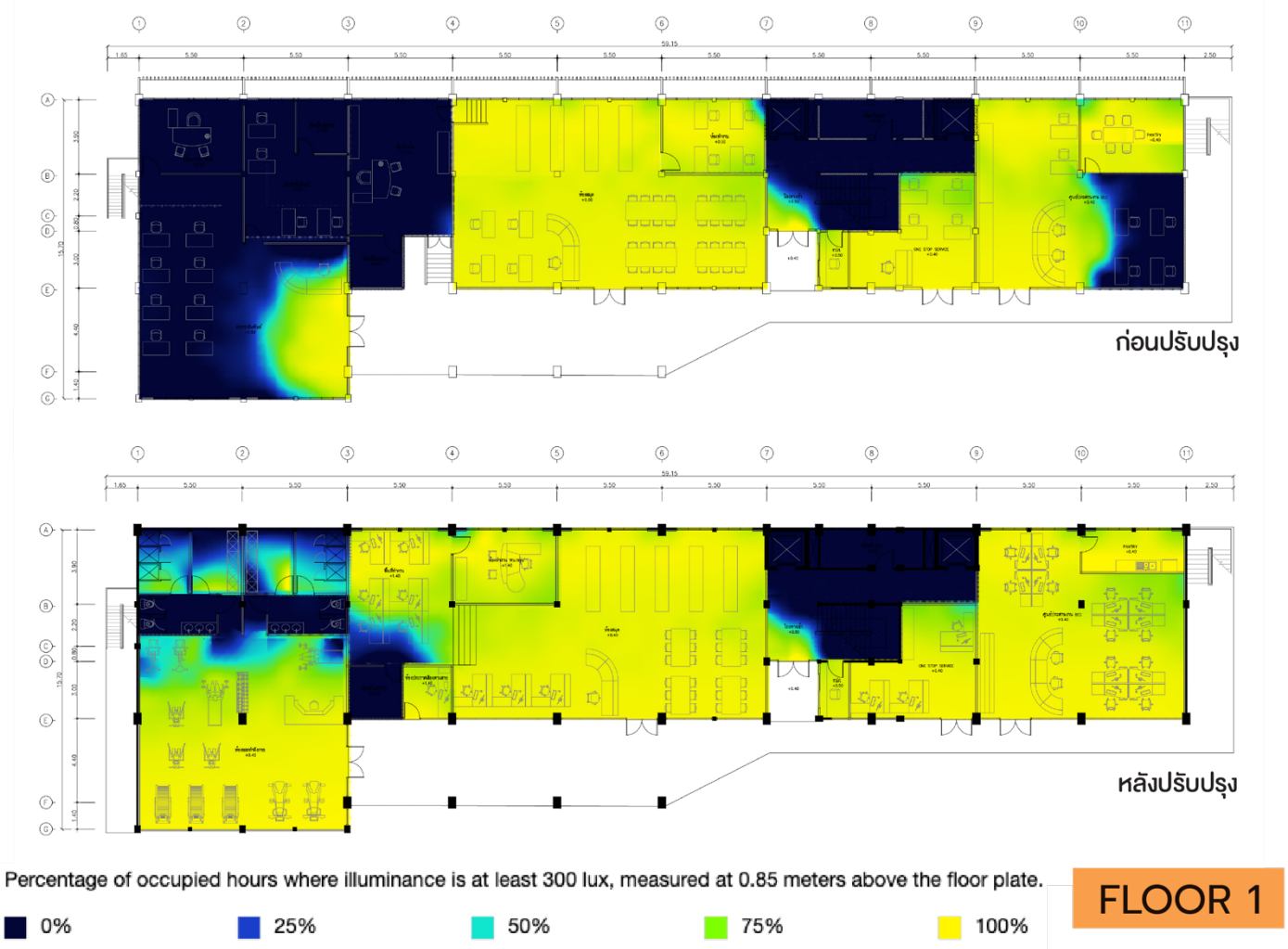


ภาพที่ 88 แสดงผลการจำลองพลังงานขั้นต้นของอาคารหลังปรับปรุงโดยโปรแกรม Sefaira

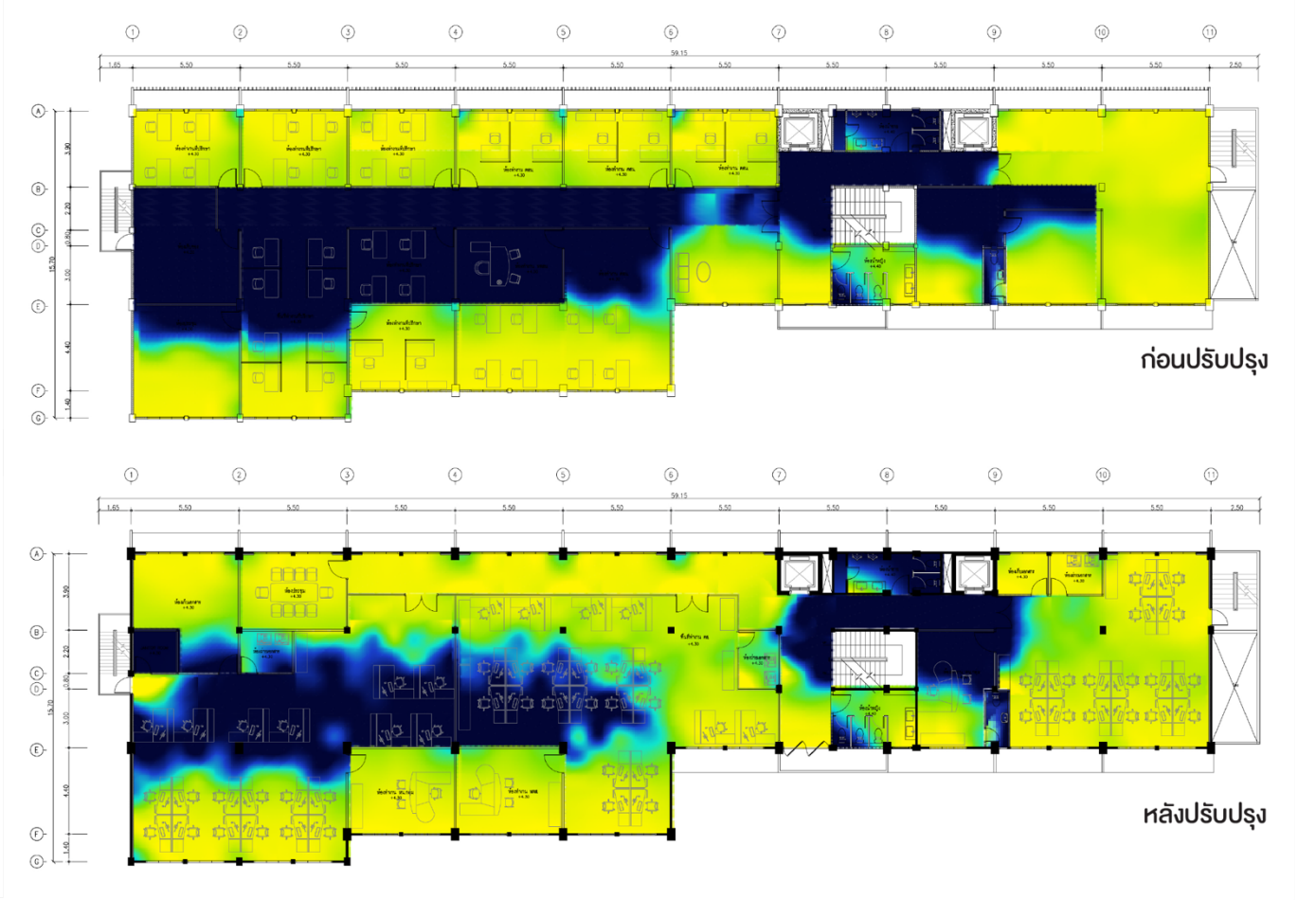
ผลการวิเคราะห์เบื้องต้นด้วยโปรแกรม Sefaira สำหรับอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง พบว่ามีค่า Energy Use Intensity (EUI) เท่ากับ 176 kWh/m²/yr ซึ่งสะท้อนถึงการใช้พลังงานที่ยังคงอยู่ในลักษณะ Cooling Dominated โดยภาระหลักมาจากระบบปรับอากาศ ขณะเดียวกันการปรับปรุงอาคารด้วยการเพิ่มช่องเปิดและการใช้วัสดุโปร่งแสงที่เหมาะสม ส่งผลให้อาคารมีสภาวะการรับแสงภายในอยู่ในระดับ Mostly Well Lit มากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง

5.5.2 ผลการวิเคราะห์การจำลองแสงธรรมชาติ (Daylighting Simulation Analysis)

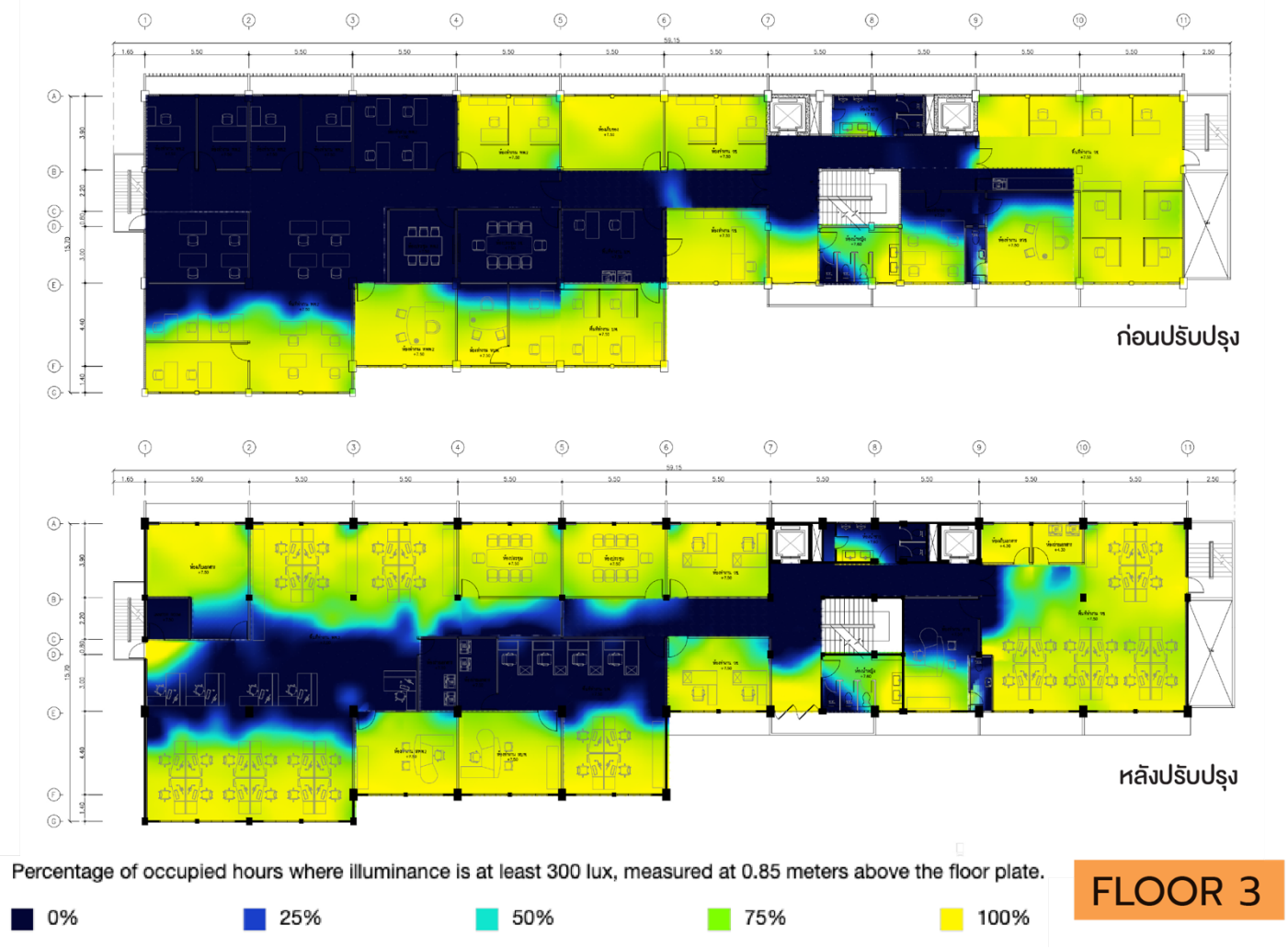
เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแนวทางการปรับปรุงอาคาร ผู้วิจัยได้นำผลการจำลองแสงธรรมชาติ (Daylighting Simulation) จากโปรแกรม Sefaira ตามเกณฑ์มาตรฐานความสว่างขั้นต่ำ 300 Lux บนระนาบทำงานที่ระดับความสูง 0.85 เมตรจากพื้น มาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองอาคารก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ในพื้นที่ปฏิบัติงานหลักทั้ง 5 ชั้น ดังนี้



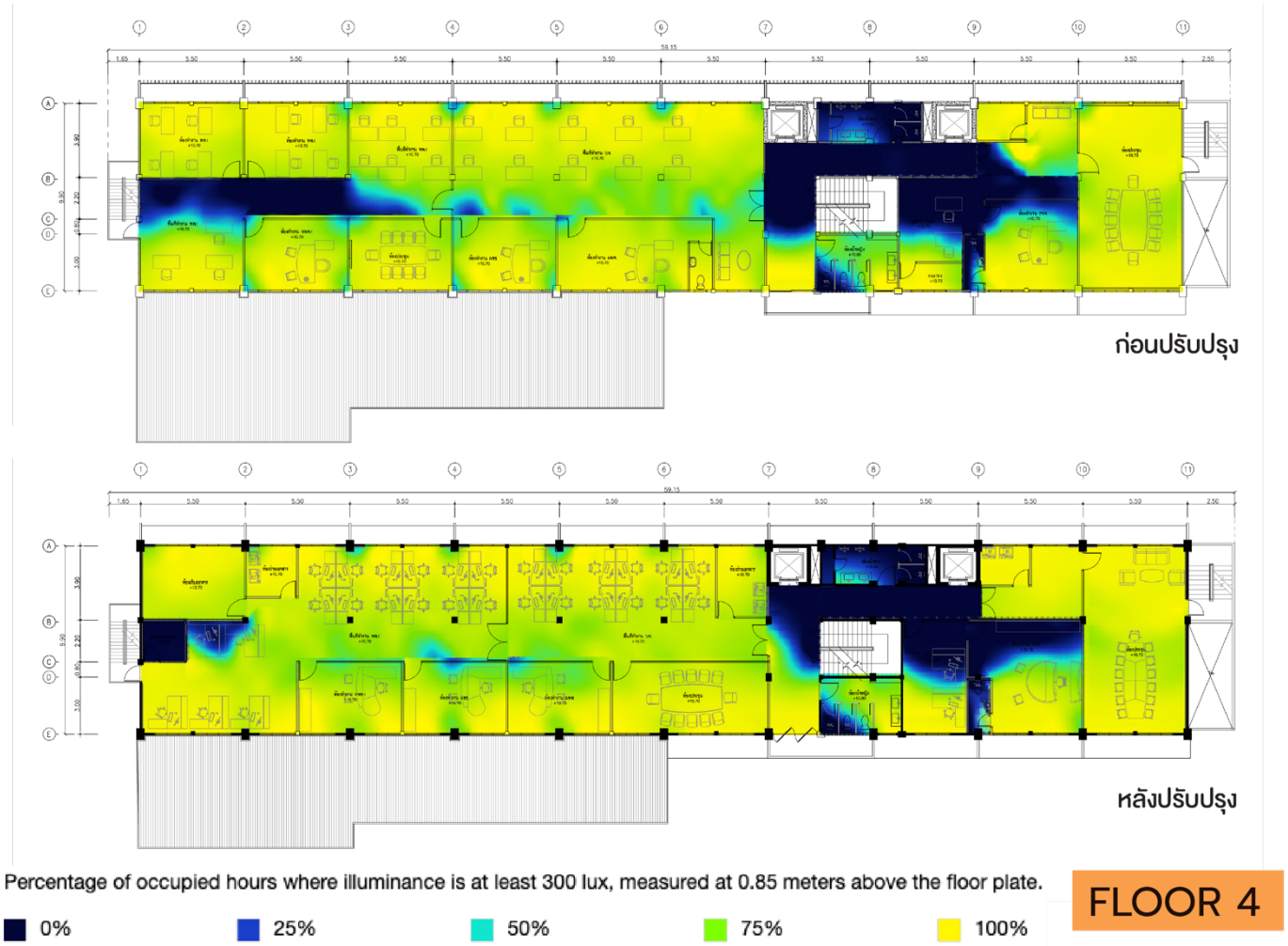
ภาพที่ 89 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 1



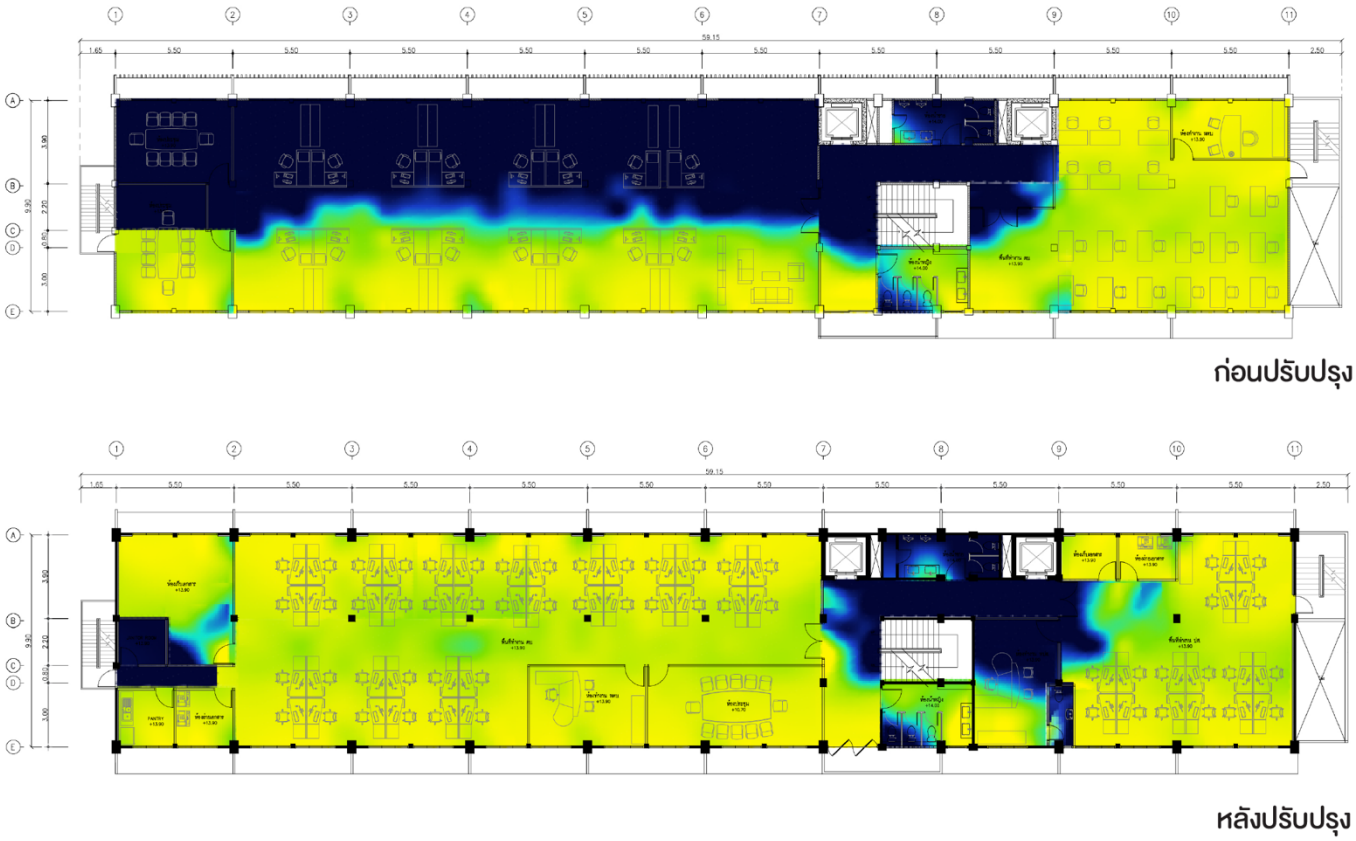
ภาพที่ 90 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 2



ภาพที่ 91 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 3



ภาพที่ 92 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 4



ภาพที่ 93 Daylighting Visualization ก่อนและหลังการปรับปรุง ชั้น 5

(1) สภาพแสงธรรมชาติของอาคารก่อนการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์แบบจำลองอาคารก่อนการปรับปรุง พบว่า พื้นที่ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ของอาคารแสงธรรมชาติไม่สามารถส่องผ่านได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่สำนักงานที่อยู่ลึกเข้าไปจากเปลือกอาคาร ผลการจำลองแสดงผลเป็น พื้นที่สีน้ำเงินเข้ม (25%) และสีดำ (0%) ซึ่งหมายความว่าพื้นที่เหล่านี้จำเป็นต้องพึ่งพาแสงประดิษฐ์ (Artificial Lighting) ตลอดเวลาทำการ ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้สูง

(2) สภาพแสงธรรมชาติของอาคารหลังการปรับปรุง

ภายหลังการใช้แนวทางการปรับปรุงทางสถาปัตยกรรม เช่น การเปลี่ยนกระจก หรือการปรับผังภายในเป็นแบบเปิดโล่ง ผลการจำลอง แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติอย่างชัดเจน พื้นที่ปฏิบัติงานเกือบทั้งหมดถูกแทนที่ด้วย พื้นที่สีเหลือง (100%) และสีเขียว (75%) อย่างครอบคลุม ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในอาคารหลังการปรับปรุง สามารถบรรลุเป้าหมายการรับแสงธรรมชาติที่เพียงพอ (> 300 Lux) ได้เกือบตลอดเวลาทำการ โดยพื้นที่สีน้ำเงินเข้มถูกจำกัดให้เหลือเพียงบริเวณแกนกลางอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ทางเดิน และห้องบริการที่ไม่มีช่องเปิดเท่านั้น

ผลการเปรียบเทียบยืนยันว่าแนวทางการปรับปรุงดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณและการกระจายตัวของแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เป็นสีน้ำเงิน (0-25%) มาเป็นพื้นที่สีเหลือง (75-100%) ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับคุณภาพสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร และสุขภาวะของผู้ใช้งานเท่านั้น แต่ยังส่งผลโดยตรงต่อเป้าหมายอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแสงธรรมชาติจะช่วยลดภาระการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างประดิษฐ์ ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นหนึ่งในกลยุทธ์หลักของการลดความต้องการพลังงานโดยรวมของอาคาร

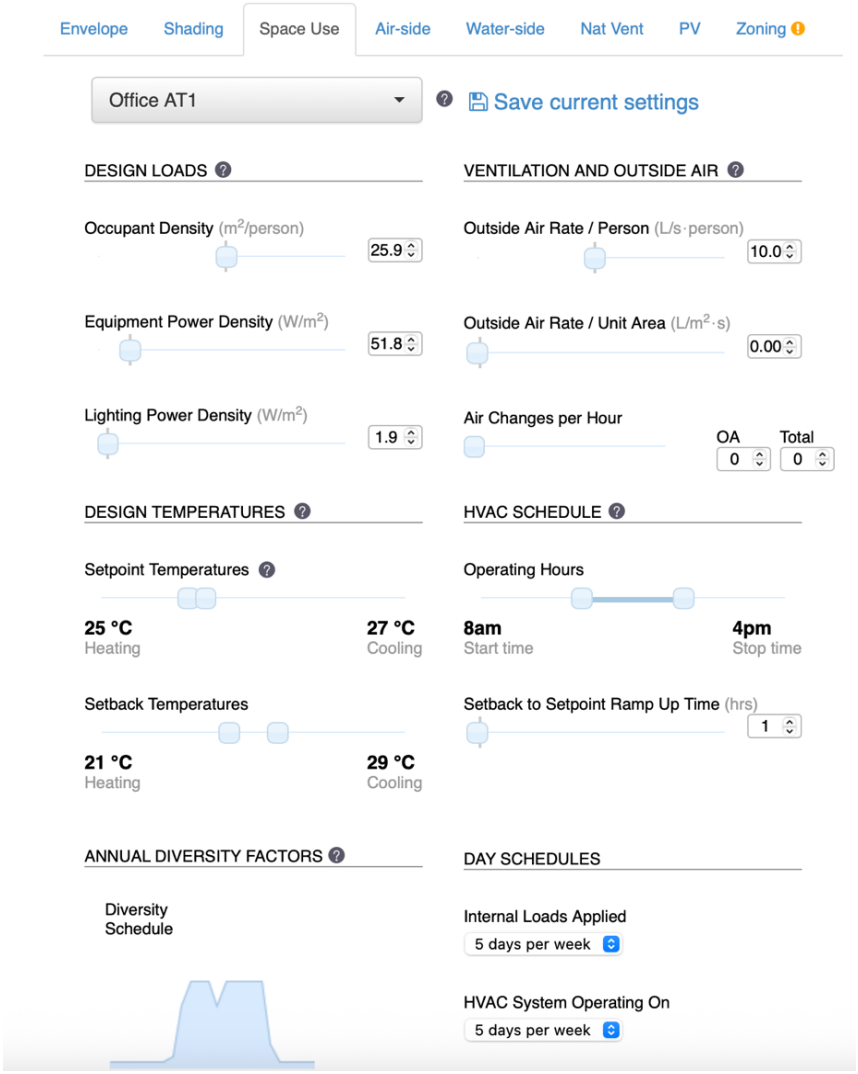
5.5.3 การกำหนดข้อมูลสำหรับการจำลองพลังงานในโปรแกรม Sefaira ของอาคารหลังปรับปรุง



ภาพที่ 94 แสดงการตั้งค่าระบบเปลือกอาคารของอาคารหลังปรับปรุงในเว็บไซต์ Sefaira

การกำหนดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะพลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง ได้มีการป้อนค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคาร (Envelope) ลงในโปรแกรม Sefaira โดยเริ่มจากส่วนของกระจกด้านหน้าอาคาร (Facade Glazing) ซึ่งได้มีการปรับปรุงจากกระจกใสธรรมดาเป็นกระจก

ลามิเนต 2 ชั้น ที่มีค่า U-value เท่ากับ 1.60 W/m²·K และค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) เท่ากับ 0.25 เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์เข้าสู่ภายในอาคาร ขณะที่ผนังอาคารเลือกใช้คอนกรีตบล็อก (Concrete Block) ที่มีค่า U-value เท่ากับ 0.30 W/m²·K โดยมีการเพิ่มฉนวนกันความร้อนเพื่อช่วยลดการสูญเสียพลังงาน ส่วนพื้นอาคารชั้นล่างมีค่า U-value เท่ากับ 1.83 W/m²·K สำหรับการแทรกซึมของอากาศ (Infiltration) ถูกกำหนดให้เป็น Crack Infiltration โดยมีอัตราการรั่วซึม 0.50 L/s·m ในส่วนหลังคาอาคารได้มีการเสริมฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม และกำหนดให้เป็นคอนกรีตที่มีค่า U-value เท่ากับ 0.27 W/m²·K ร่วมกับ Roof Glazing ที่มีค่า U-value เท่ากับ 2.40 W/m²·K และค่า SHGC เท่ากับ 0.60 การปรับปรุงดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคารทั้งระบบ โดยมุ่งลดภาระการทำความเย็นและยกระดับความสามารถในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคาร



ภาพที่ 95 แสดงการตั้งค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (Space Use) ของอาคารกรณีศึกษาหลังปรับปรุง

ในการกำหนดข้อมูลการใช้งานอาคาร (Space Use) สำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira ได้ตั้งค่าความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (Occupant Density) เท่ากับ 25.9 m²/คน ซึ่งสะท้อนถึงจำนวนผู้ใช้งานจริงในอาคารสำนักงานกรณีศึกษา ขณะเดียวกันได้กำหนดค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ (Equipment Power Density) เท่ากับ 51.83 W/m² และค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Power Density) เท่ากับ 1.94 W/m² ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างหลังปรับปรุง นอกจากนี้ได้ตั้งค่าอัตราการระบายอากาศภายนอก (Outside Air Rate) ที่ 10.0 L/s·person เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานการระบายอากาศของอาคารสำนักงาน โดยตัวเลขที่ได้ใช้วิธีคำนวณจากข้อมูลการปรับปรุง ดังนี้

(1) ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (Occupant Density)

ค่าความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารหลังการปรับปรุงยังคงเท่ากับอาคารก่อนการปรับปรุง เนื่องจากจำนวนผู้ใช้งานอาคารไม่ได้เปลี่ยนแปลง โดยสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใช้สอยรวมของอาคารหารด้วยจำนวนผู้ใช้งานจริง ดังนั้น

$$Occupant\ Density = \frac{3{,}083.04\ m^2}{119\ \text{คน}} = 25.9\ m^2/\text{คน}$$

ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่า ค่า Occupant Density มีค่าเท่ากับ **25.9 ตารางเมตร/คน** ซึ่งถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการจำลองการใช้พลังงานของอาคารหลังปรับปรุง

(2) ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ (Equipment Power Density; EPD)

ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองอาคารหลังปรับปรุง ถูกกำหนดที่ **51.83 W/m²** โดยคำนวณจากกำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์สำนักงาน 35,670 วัตต์และเครื่องปรับอากาศ 124,117.50 วัตต์ จากการนำระบบควบคุมอัจฉริยะด้วย IoT มาใช้ดังที่กล่าวในข้อ 5.3 (Chauhan et al., 2025)เมื่อนำค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์รวมกับค่ากำลังไฟของเครื่องปรับอากาศ หารด้วยพื้นที่ใช้สอยรวมของอาคาร 3,083.04 ตารางเมตร ดังนั้น

$$EPD = \frac{159{,}787.50\ W}{3{,}083.04\ m^2} = 51.83\ W/m^2$$

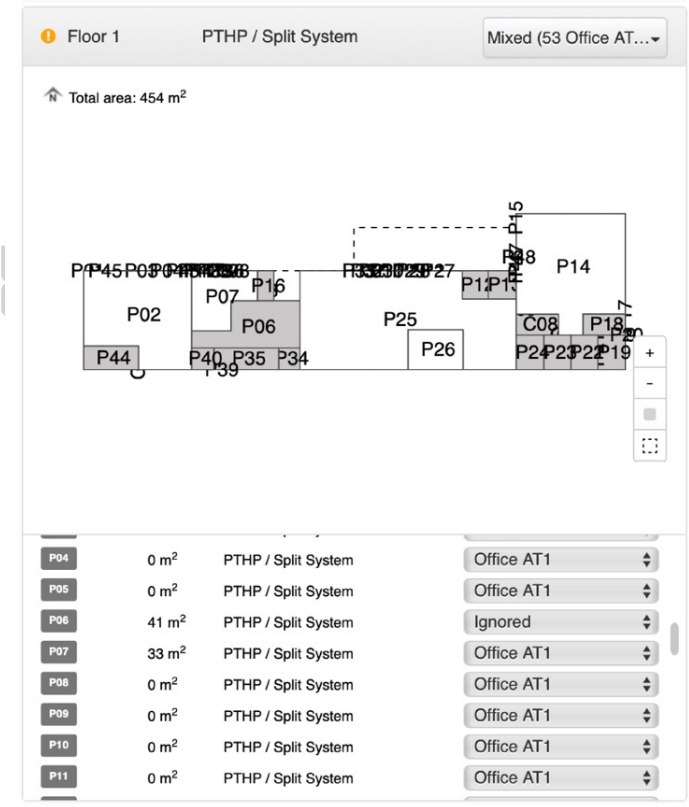
(3) ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Power Density; LPD)

ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างหลังปรับปรุง ถูกกำหนดที่ **1.94 W/m²** โดยคำนวณจากกำลังไฟฟ้ารวมของหลอดไฟ LED 8,532 วัตต์ เมื่อใช้ระบบควบคุมแสงสว่าง

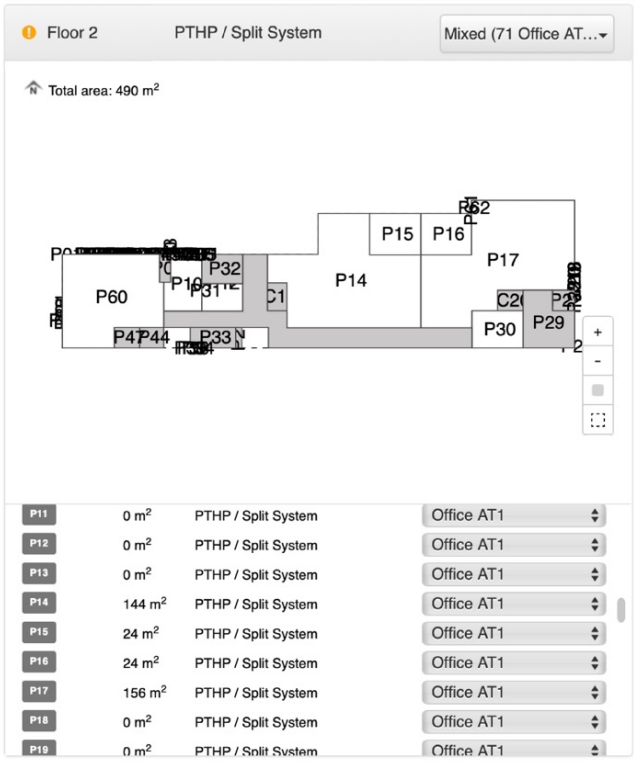
อัตโนมัติร่วมกับระบบ Smart Lighting ดังที่กล่าวในข้อ 5.3 ทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงเหลือ 5,972.40 วัตต์ นำมาหารด้วยพื้นที่ใช้สอยรวม ดังนั้น

$$LPD = \frac{5{,}972.40\ W}{3{,}083.04\ m^2} = 1.94\ W/m^2$$

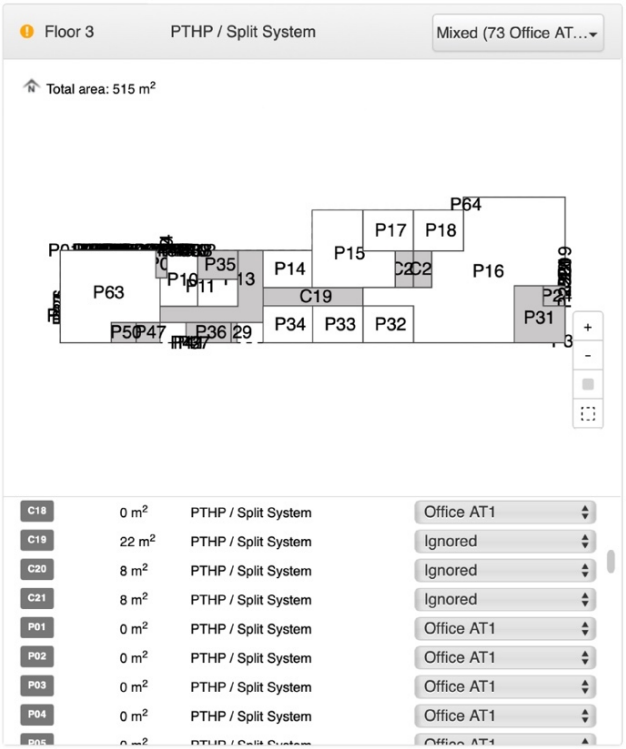
Setpoint Temperature คือ ค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้สำหรับระบบปรับอากาศ (Heating และ Cooling) ให้เป็นจุดอ้างอิงในการควบคุมการทำงานของระบบ ดังนั้น ในกรณีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ได้ตั้งค่า 25°C สำหรับการทำความร้อน (Heating) และ 27°C สำหรับการทำความเย็น (Cooling) เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างความสบายของผู้ใช้อาคาร (Thermal Comfort) และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการกำหนด Setback Temperature ที่ 21°C และ 29°C สำหรับช่วงเวลาที่อาคารไม่ได้ใช้งาน เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศและลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร



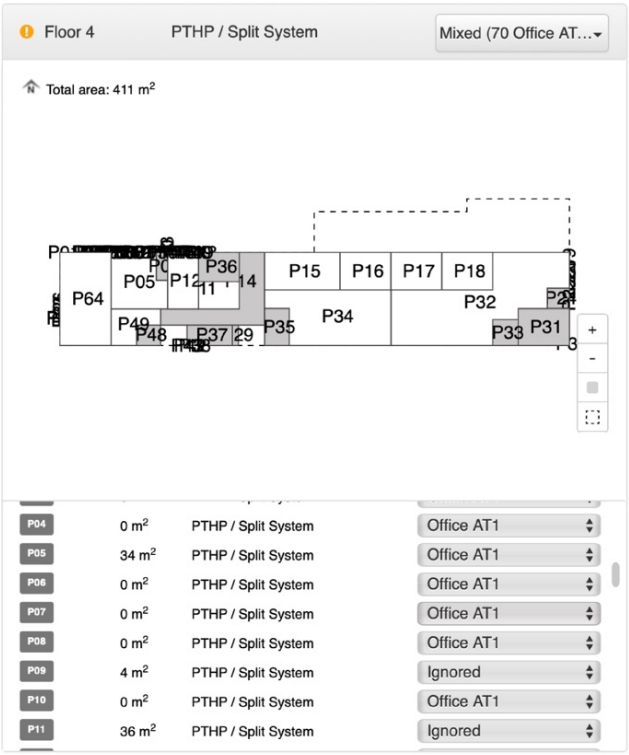
ภาพที่ 96 แสดงการแบ่งโซนชั้น 1 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศและไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง)



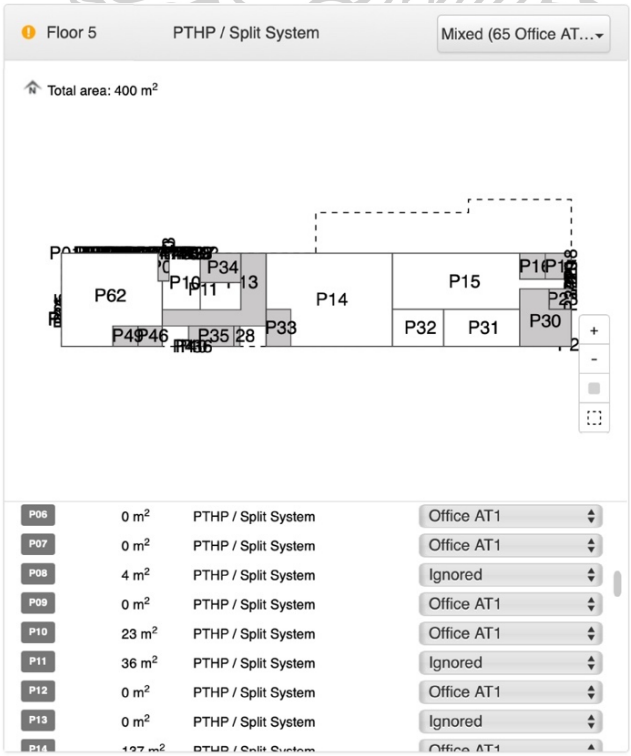
ภาพที่ 98 แสดงการแบ่งโซนชั้น 2 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง)



ภาพที่ 97 แสดงการแบ่งโซนชั้น 3 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง

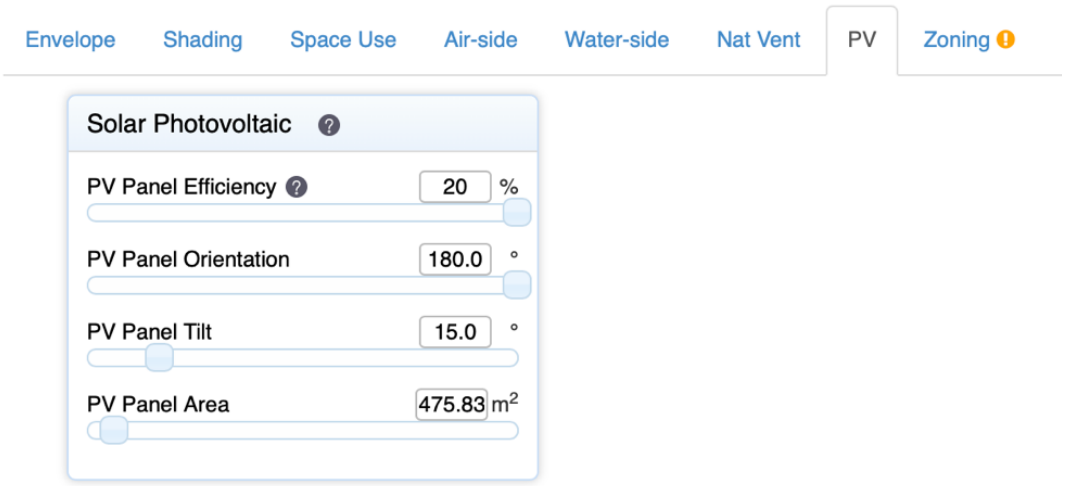


ภาพที่ 99 แสดงการแบ่งโซนชั้น 4 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศและไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง)



ภาพที่ 100 แสดงการแบ่งโซนชั้น 5 เพื่อแยกส่วนที่มีระบบปรับอากาศและไม่มีระบบปรับอากาศ (หลังปรับปรุง)

ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง ได้เลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบ Split System (PTHP / Split System) ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวเลือกมาตรฐานที่มีอยู่ในโปรแกรม Sefaira และมีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกับระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ที่ใช้งานจริงในอาคารกรณีศึกษา ระบบดังกล่าวสามารถทำงานแยกอิสระในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม จึงช่วยให้ผลการวิเคราะห์มีความสอดคล้องกับการใช้งานจริงของอาคาร นอกจากนี้ยังได้ทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน โดยโซนที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศจะถูกนำมาคำนวณภาระความเย็นและค่าพลังงาน ขณะที่โซนที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศจะไม่นำมาคิดเป็นค่าพลังงาน เพื่อให้ผลการจำลองแสดงถึงประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคารได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงมากที่สุด



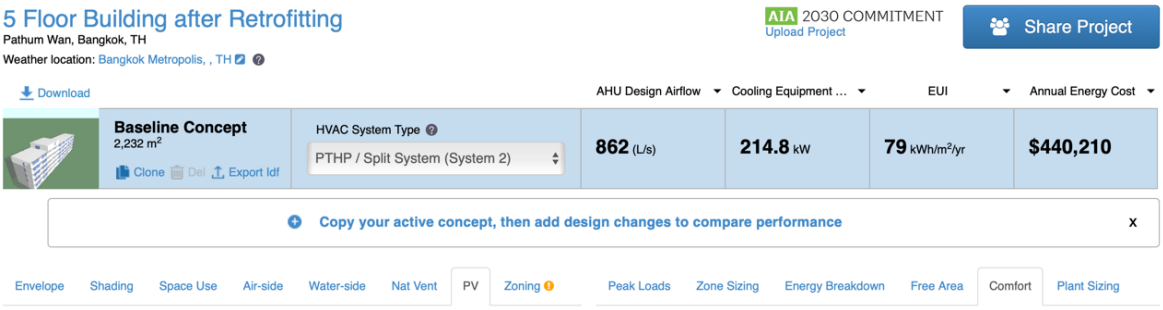
ภาพที่ 101 แสดงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในอาคารหลังปรับปรุง

การกำหนดค่าระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic; PV) ในโปรแกรม Sefaira ได้ตั้งค่าให้แผงโซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพ (PV Panel Efficiency) เท่ากับ 20% ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับแผงชนิด Monocrystalline ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ โดยการติดตั้งถูกกำหนดให้มีทิศทาง (Orientation) ที่ 180 องศา หรือหันไปทางทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศที่เหมาะสมที่สุดในการรับรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ประเทศไทย และมุมเอียงของแผง (Tilt) ที่ 15 องศา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับพลังงานตลอดทั้งปี

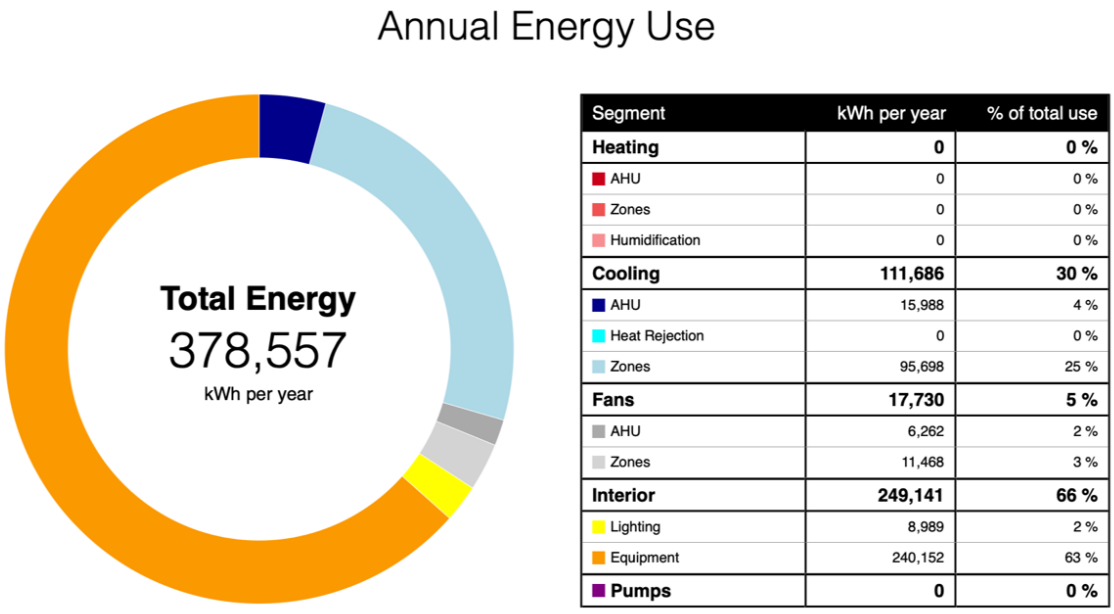
โดยกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจะมีค่าเท่ากับ 95.2 kWp โดยคำนวณจากจำนวนแผงทั้งหมด 153 แผง แต่ละแผงมีพื้นที่ 3.11 ตารางเมตร รวมพื้นที่ติดตั้งทั้งหมด 475.83 ตารางเมตร เมื่อนำมาคูณกับค่าความเข้มรังสีมาตรฐาน (Standard Irradiance) 1,000

W/m² และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของแผงที่ 20% จะได้กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อแผงเท่ากับ 622 W หรือ 0.622 kWp ดังนั้นศักยภาพการผลิตรวมของทั้งระบบจึงเท่ากับ 0.622 kWp × 153 แผง = 95.2 kWp ซึ่งผลลัพธ์นี้แสดงถึงศักยภาพของระบบในการชดเชยการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร และเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้อาคารเข้าใกล้เป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB)

5.5.4 ผลการวิเคราะห์พลังงานของอาคารกรณีศึกษาหลังปรับปรุง



ภาพที่ 103 แสดงผลการจำลองพลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง



Segment	kWh per year	% of total use
Heating	**0**	**0 %**
AHU	0	0 %
Zones	0	0 %
Humidification	0	0 %
Cooling	**111,686**	**30 %**
AHU	15,988	4 %
Heat Rejection	0	0 %
Zones	95,698	25 %
Fans	**17,730**	**5 %**
AHU	6,262	2 %
Zones	11,468	3 %
Interior	**249,141**	**66 %**
Lighting	8,989	2 %
Equipment	240,152	63 %
Pumps	**0**	**0 %**

ภาพที่ 102 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารหลังปรับปรุง

ในการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม Sefaira ของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง พบว่าอาคารมีการใช้พลังงานรวมต่อปี 378,557 kWh/yr โดยมีค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) เท่ากับ 79 kWh/m²/yr ซึ่งต่ำกว่าค่า EUI ของอาคารก่อนการปรับปรุงที่มีค่า 298 kWh/m²/yr ถึงประมาณ 73.5% แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงช่วยยกระดับประสิทธิภาพพลังงานของอาคารได้อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานตามประเภท พบว่า การใช้พลังงานภายในอาคาร (Interior Load) มีค่ามากที่สุด มีการใช้พลังงาน 249,141 kWh/yr แบ่งเป็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Load) ซึ่งมีการใช้พลังงาน 240,152 kWh/yr, ระบบปรับอากาศ (Cooling Load) ใช้พลังงานรวม 111,686 kWh/yr และระบบส่องสว่าง (Lighting) ใช้พลังงาน 8,989 kWh/yr

เพื่อให้เห็นภาพอย่างชัดเจน สามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานรายหมวดก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารในแต่ละประเภท ได้แก่ อุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment), ระบบปรับอากาศ (Cooling), ระบบส่องสว่าง (Lighting) และระบบอื่น ๆ ในรูปของตัวเลข kWh/yr ซึ่งจะถูกนำเสนอในตารางถัดไป ตารางดังกล่าวแสดงค่าความแตกต่างเชิงปริมาณที่ลดลงในแต่ละหมวดอย่างชัดเจน ช่วยให้สามารถประเมินผลลัพธ์จากการปรับปรุงและวางแผนการบริหารจัดการพลังงานได้อย่างตรงจุด รวมถึงเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการปรับปรุงโครงการในอนาคต

ตารางที่ 47 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)

หมวดพลังงาน	ก่อนปรับปรุง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	หลังปรับปรุง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	ลดลง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
Cooling รวม	**320,983**	**111,686**	**209,297**
- AHU	36,583	15,988	20,595
- Zones	284,400	95,698	188,702
Fans รวม	**51,442**	**17,730**	**33,712**
- AHU	14,383	6,262	8,121
- Zones	37,059	11,468	25,591
Interior รวม	**442,166**	**249,141**	**193,025**
- Lighting	30,651	8,989	21,662
- Equipment	411,515	240,152	171,363
รวมทั้งหมด	**814,591**	**378,557**	**436,034**

5.6 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ได้เลือกใช้วิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB) โดยพิจารณาจากอัตราการลงทุนในแต่ละแนวทางเปรียบเทียบกับมูลค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี ผลการคำนวณนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงความเป็นไปได้ของการลงทุนในเชิงปฏิบัติและเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการขยายผลไปยังอาคารสำนักงานราชการอื่นๆ ทั้งนี้ได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 4 แนวทางหลัก ได้แก่

(1) การปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคาร (Building Envelope Materials) เช่น ค่าใช้จ่ายของฉนวนกันความร้อน Rockwool และกระจกลามิเนต

(2) การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System) เช่น ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED และอุปกรณ์ควบคุม ได้แก่ Dimming System, Motion Sensor และ Daylight Sensor

(3) การปรับปรุงระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System) เช่น ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศแบบ Inverter Cassette และค่าอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะ (IoT)

(4) การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV System) เช่น ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ค่า Inverter ตลอดจนค่าโครงสร้างและการติดตั้ง

หลังจากนั้นจึงนำค่าใช้จ่ายของแต่ละแนวทางการปรับปรุง มาจัดทำเป็นตารางต้นทุน และใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (PB) และประเมินความเหมาะสมของการลงทุนต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

5.6.1 ต้นทุนการลงทุน (Investment Cost)

ตารางที่ 48 รายละเอียดวัสดุ และค่าแรงต้นทุน

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมจำนวนเงิน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
				บาท	บาท	บาท	บาท	บาท	
1	**วัสดุเปลือกอาคาร (Envelope)**								ไม่รวมโครงคร่าวและ
	1.1 ฉนวนกันความร้อนผนัง Rockwool หนา 5 ซม.	639.47	ตร.ม.	225.00	143,880.75	100.00	63,947.00	207,827.75	วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ
	1.2 ฉนวนกันความร้อนหลังคา Rockwool หนา 5 ซม.	505.85	ตร.ม.	225.00	113,816.25	150.00	75,877.50	189,693.75	
	1.3 กระจกลามิเนต 6 mm.+PVB 0.76 mm.+6 mm.	496.35	ตร.ม.	2,530.00	1,255,765.50	175.00	86,861.25	1,342,626.75	ไม่รวมกรอบบาน
					-		-	**1,740,148.25**	
2	**ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting)**				-		-		ไม่รวมสายไฟและ
	2.1 โคม/ หลอด LED T8 18W	397.00	หลอด	375.00	148,875.00	135.00	53,595.00	202,470.00	อุปกรณ์อื่นๆ
	2.2 หลอด LED Bulb 9W	154.00	หลอด	106.60	16,416.40	115.00	17,710.00	34,126.40	
	2.3 Dimming System	20.00	ชุด	3,500.00	70,000.00	525.00	10,500.00	80,500.00	
	2.4 Motion Sensor	50.00	ชุด	1,000.00	50,000.00	150.00	7,500.00	57,500.00	
	2.5 Daylight Sensor	12.00	ชุด	1,500.00	18,000.00	225.00	2,700.00	20,700.00	
					-		-	**395,296.40**	
3	**ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning)**				-		-		ไม่รวมอุปกรณ์
	3.1 เครื่องปรับอากาศ Inverter Cassette				-		-	-	ประกอบอื่นๆ
	17,000 BTU	12.00	เครื่อง	39,900.00	478,800.00	1,500.00	18,000.00	496,800.00	
	20,000 BTU	22.00	เครื่อง	44,900.00	987,800.00	1,500.00	33,000.00	1,020,800.00	
	24,000 BTU	56.00	เครื่อง	48,900.00	2,738,400.00	1,500.00	84,000.00	2,822,400.00	
	3.2 ชุดควบคุม IoT (Smart controller/Thermostat	10.00	ชุด	20,000.00	200,000.00	2,000.00	20,000.00	220,000.00	
	Gateway/Hub)								
					-		-	**4,560,000.00**	
4	**ระบบผลิตไฟฟ้า Solar PV**				-		-		ไม่รวมสาย DC/AC,
	4.1 แผง PV (750W/แผง, ประสิทธิภาพ 20.00%)	153.00	แผง	3,660.00	559,980.00	366.00	55,998.00	615,978.00	ตู้ AC/DC combiner
	4.2 Inverter (kW/kWp)	2.00	ชุด	135,000.00	270,000.00	13,500.00	27,000.00	297,000.00	ไม่รวม Breaker
			ชุด		-		-	-	ไม่รวมงานทดสอบ/
									ไม่รวมโครงยึด/ราง/
									ฮาร์ดแวร์
					-		-	**912,978.00**	
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น							**7,608,422.65**	

ที่มา: ข้อมูลราคาวัสดุอ้างอิงจากราคาตลาดในประเทศไทย, ราคาพาณิชย์วัสดุก่อสร้างรายจังหวัด และบัญชีค่าแรงงานก่อสร้าง ว135 ของกรมบัญชีกลาง

ตารางที่ 49 สรุปต้นทุนรายแนวทางการปรับปรุงของอาคารกรณีศึกษา

ลำดับ	แนวทางการปรับปรุง	รายการค่าใช้จ่าย	วัสดุรวมค่าแรง (บาท)
1.	วัสดุเปลือกอาคาร (Building Envelope Materials)	ฉนวนกันความร้อน, กระจกลามิเนต 2 ชั้น	1,740,148.25
2.	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)	หลอด LED, Dimming System, Motion Sensor, Daylight Sensor	395,296.40

ลำดับ	แนวทางการปรับปรุง	รายการค่าใช้จ่าย	วัสดุรวมค่าแรง (บาท)
3.	ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System)	เครื่องปรับอากาศ Inverter Cassette, ติดตั้ง IoT Control	4,560,000.00
4.	ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV System)	แผงเซลล์แสงอาทิตย์, Inverter	912,978.00
รวมต้นทุนก่อน Factor F			**7,608,422.65**
Factor F 1.2989			**9,882,580.18**
เงื่อนไข: เงินล่วงหน้าจ่าย 0% เงินประกันผลงานหัก 0% ดอกเบี้ยเงินกู้ 7% ภาษี 7%			

จากตารางที่ 40 แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนรวมทั้งหมดก่อนการคำนวณ Factor F มีมูลค่า 7,608,422.65 บาท และเมื่อพิจารณาค่า Factor F ตามเกณฑ์กรมบัญชีกลางซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.2989 จะทำให้ต้นทุนรวมหลังการคูณ Factor F มีมูลค่ารวม 9,882,580.18 บาท ซึ่งตัวเลขนี้จะถูกนำไปใช้เป็นมูลค่าการลงทุน (Investment Cost) สำหรับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย

5.6.2 การประหยัดพลังงานจากการปรับปรุง (Energy Saving)

จากผลการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม Sefaira พบว่า อาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานรวมก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 814,591 kWh/yr และหลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 378,557 kWh/yr ซึ่งในการคำนวณต้นทุนพลังงาน งานศึกษานี้ใช้อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท/หน่วย (kWh) ซึ่งรวมค่า Ft และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ แล้ว อ้างอิงจากอัตราค่าไฟฟ้ากิจการขนาดกลาง คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 50 ผลการประหยัดพลังงานของอาคารหลังปรับปรุง

รายการ	พลังงานไฟฟ้า (kWh/yr)	อัตราค่าไฟ (บาท/kWh)	ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	814,591	4	3,258,364
หลังปรับปรุง	378,557	4	1,514,228
ผลต่างที่ประหยัดได้	**436,034**	**4**	**1,744,136**

5.6.3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB)

การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาจะใช้วิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนการลงทุน

เริ่มแรก (Initial Investment Cost) กับมูลค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี (Annual Energy Cost Saving) โดยสูตรการคำนวณคือ

$$\text{PB} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ย (บาท/ปี)}}$$

จากผลการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม Sefaira พบว่า อาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานรวมก่อนการปรับปรุง 814,591 kWh/ปี และลดลงเหลือ 378,557 kWh/ปี หลังการปรับปรุง คิดเป็นการประหยัดพลังงานได้ 436,034 kWh/ปีเมื่อนำมาคูณกับอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท/kWh จะได้มูลค่าการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 436,034 x 4 = **1,744,136 บาท/ปี** ขณะที่ต้นทุนรวมของการปรับปรุงอาคาร (รวม Factor F) เท่ากับ **9,882,580.18 บาท** ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่ายของการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาจะเท่ากับ

$$\text{PB} = \frac{9{,}882{,}580.18}{1{,}744{,}136} \approx 5.67 \text{ ปี}$$

5.6.4 สรุปความคุ้มค่าของการปรับปรุงอาคาร (Summary of Economic Feasibility)

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการลงทุนของการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา พบว่าต้นทุนรวมของโครงการมีมูลค่า 9,882,580.18 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุงที่เท่ากับ 436,034 kWh/yr หรือคิดเป็นมูลค่า 1,744,136 บาท/ปี (ที่อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท/kWh) ทำให้สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period; PB) ได้ประมาณ 5.67 ปี ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องกับแนวทางการลงทุนปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยเฉพาะสำหรับอาคารราชการที่มีการใช้งานระยะยาว การลงทุนดังกล่าวจึงถือว่ามีความคุ้มค่า ทั้งในมิติด้านเศรษฐศาสตร์และในด้านการสร้างผลลัพธ์เชิงสิ่งแวดล้อม เนื่องจากช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของรัฐ และยังเป็นก้าวสำคัญในการขับเคลื่อนอาคารไปสู่การเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ในอนาคต

5.7 อภิปรายผล

5.7.1 ผลลัพธ์ด้านพลังงาน

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira และ BEC Web-Based แสดงให้เห็นว่าอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า Energy Use Intensity (EUI) ลดลงจาก 298 kWh/m²/yr ก่อนการปรับปรุง เหลือเพียง 79 kWh/m²/yr หลังการปรับปรุง ซึ่งทำให้เห็นถึงการประหยัดพลังงานในสัดส่วนมากกว่า 73.5% เมื่อเทียบกับอาคารเดิม

การปรับปรุงดังกล่าวทำให้สมรรถนะด้านพลังงานของอาคารอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานสากลของอาคารพลังงานต่ำ (Low Energy Building) และสามารถก้าวเข้าสู่การเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB) ได้ในอนาคต

เมื่อแยกตามรายระบบ พบว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีการปรับเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรส-เซนต์มาเป็นหลอด LED ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า และได้ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติร่วมกับ Smart Lighting โดยงานวิจัย Advancing Smart Lighting: A Developmental Approach to Energy Efficiency (Widartha et al., 2024) รายงานว่าสามารถลดการใช้พลังงานลงได้มากกว่า 30% เมื่อใช้ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติร่วมกับ Smart Lighting ในการปรับแสงให้สัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติ ขณะที่ ระบบปรับอากาศ ได้เปลี่ยนจากเครื่อง Split Type เดิม มาเป็นเครื่องปรับอากาศแบบ Inverter Cassette ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น พร้อมทั้งมีการพิจารณาการติดตั้ง IoT (Internet of Things) เพื่อควบคุมการทำงานร่วมกับพฤติกรรมการใช้อาคาร จากการศึกษา IoT Integration in HVAC Systems: Achieving Sustainable Energy Efficiency and Enhanced Occupant Comfort ของ Chauhan (2025) พบว่าระบบ HVAC ที่ผนวกรวม IoT สามารถลดการใช้พลังงานได้ในช่วง 20–30% หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของอาคารจริง

นอกจากนี้ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV) บนหลังคาจำนวน 153 แผง กำลังการผลิตรวมประมาณ 95.2 kWp ยังมีส่วนสำคัญในการชดเชยการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าภายนอก ทำให้ค่าไฟฟ้าสุทธิลดลงอย่างมาก และช่วยให้อาคารสามารถเข้าใกล้เป้าหมายการเป็นอาคาร NZEB

5.7.2 ผลลัพธ์ด้านเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการปรับปรุงอาคารที่มีมูลค่า 9,882,580.18 บาท ครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเปลือกอาคาร ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าอาคารหลังการปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานลงจาก 814,591 kWh/yr เหลือเพียง 378,557 kWh/yr ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานรวมกว่า 436,034 kWh/yr ซึ่งหากใช้อัตราค่าไฟฟ้า 4 บาท/kWh จะคิดเป็นมูลค่าการประหยัดประมาณ 1,744,136 บาท/ปี

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการลงทุนกับผลประหยัดพลังงาน พบว่าระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period; PB) เท่ากับ 5.67 ปี ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับโครงการปรับปรุงอาคารราชการที่มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า 20–30 ปี หลังจากพ้นระยะเวลาคืนทุนแล้ว อาคารจะสามารถสร้างผลตอบแทนด้านการประหยัดพลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุนเพิ่มเติมในระยะยาว

5.7.3 ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่

(1) สมมติฐานของการจำลอง การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira และ BEC Web-Based ใช้ข้อมูลที่ตั้งอยู่บนสมมติฐานด้านพฤติกรรมผู้ใช้อาคาร เช่น ชั่วโมงการใช้งาน ความหนาแน่นของบุคลากร และกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ ซึ่งอาจไม่สะท้อนถึงสภาพการใช้งานจริงทั้งหมด

(2) ต้นทุนวัสดุและอุปกรณ์ ราคาที่นำมาประเมินอ้างอิงจากข้อมูลตลาดในปัจจุบัน ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามภาวะเศรษฐกิจ อัตราแลกเปลี่ยน หรือความผันผวนในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

(3) ประสิทธิภาพของระบบควบคุมอัจฉริยะ แม้งานวิจัยชี้ว่ามีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานสูง แต่ผลลัพธ์จริงขึ้นอยู่กับคุณภาพการติดตั้ง การบำรุงรักษา และพฤติกรรมการใช้งาน หากระบบไม่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม ประสิทธิภาพที่ได้อาจลดลง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

6.1.1 อาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง

(1) ผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based

จากผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based ตามเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานอาคารด้านการอนุรักษ์พลังงาน ของอาคารกรณีศึกษาก่อนปรับปรุง พบว่า อาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ **34.13 วัตต์/ตร.ม.** (ผ่านเกณฑ์ ≤ 50.00 วัตต์/ตร.ม.) แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ **23.49 วัตต์/ตร.ม.** (ไม่ผ่านเกณฑ์ ≤ 10.00 วัตต์/ตร.ม.) และค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) เท่ากับ **10.92 วัตต์/ตร.ม.** (ไม่ผ่านเกณฑ์ ≤ 10.00 วัตต์/ตร.ม.) ขณะที่ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ **14.94** (ผ่านเกณฑ์ ≥ 15.00) ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคารมีค่าเท่ากับ 153,900.32 kWh/ปี ซึ่งสูงกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง จึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ ดังนั้น ภาพรวมของอาคารก่อนปรับปรุงยังไม่ผ่านเกณฑ์

(2) ผลการประเมินด้วยโปรแกรม Sefaira อาคารก่อนปรับปรุง

ผลการจำลองด้วย โปรแกรม Sefaira พบว่า อาคารมีการใช้พลังงานรวมต่อปี **814,591 kWh** โดยมีค่า Energy Use Intensity (EUI) = **298 kWh/m²/yr** ซึ่งสูงกว่าค่าเกณฑ์เฉลี่ยของอาคารสำนักงานทั่วไป (225 kWh/m²/yr) โดยพลังงานส่วนใหญ่เกิดจาก อุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Load) 411,515 kWh/yr รองลงมาคือ ระบบปรับอากาศ (Cooling Load) 320,983 kWh/yr และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting) 30,651 kWh/yr แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องดำเนินการปรับปรุงอาคาร

6.1.2 สรุปแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาได้ดำเนินการทั้งหมด 4 แนวทาง เพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและสนับสนุนเป้าหมายการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ดังนี้

6.1.2.1 การปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคาร (Building Envelope Materials) มีการเสริมฉนวนกันความร้อนที่ผนังและหลังคาโดยเลือกใช้ฉนวน Rockwool ที่มีคุณสมบัติกันความร้อนและกันเสียงได้ดีเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร รวมทั้งเปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นชนิดลามิเนต 2 ชั้น (6 mm.+PVB 0.76+6 mm.) ที่มีคุณสมบัติการลดค่าการ

ส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC) ต่ำกว่ากระจกใสเดิม ส่งผลให้สามารถลดภาระความร้อนจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.1.2.2 การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System) มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ส่องสว่างทั้งหมดเป็นหลอดประสิทธิภาพสูง เช่น หลอด LED T8 ขนาด 18W และ LED Bulb ขนาด 9W พร้อมทั้งติดตั้งระบบควบคุมอัจฉริยะ ประกอบด้วย Dimming System ที่ช่วยปรับความสว่างตามความต้องการจริง, Motion Sensor ที่ควบคุมการเปิด–ปิดไฟตามการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานพื้นที่ และ Daylight Sensor ที่ตรวจจับปริมาณแสงธรรมชาติเพื่อปรับลดการใช้ไฟฟ้าประดิษฐ์ ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างลดลงอย่างเห็นได้ชัด

6.1.2.3 การปรับปรุงระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System) มีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิด Inverter Cassette พร้อมติดตั้งระบบควบคุมอัจฉริยะ (IoT-Based Control System) ที่ทำให้การทำงานของระบบสอดคล้องกับรูปแบบการใช้งานจริงของผู้ใช้อาคาร (Occupant Behavior) จึงสามารถปรับโหลดการใช้พลังงานให้เหมาะสมมากขึ้น

6.1.2.4 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV System) มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV) บนพื้นที่หลังคาของอาคาร ขนาดกำลังการผลิตรวมประมาณ 95.2 kWp โดยระบบนี้สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อชดเชยการใช้พลังงานภายในอาคาร ลดการพึ่งพาพลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าภายนอก และเพิ่มศักยภาพของอาคารในการมุ่งสู่เป้าหมายการเป็นอาคาร NZEB

(1) ผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based อาคารหลังปรับปรุง

จากผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based ตามเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานอาคารด้านการอนุรักษ์พลังงาน ของอาคารกรณีศึกษาหลังปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 51 ผลสรุปการประเมินด้วยโปรแกรม BEC Web-Based ของอาคารก่อน และหลังปรับปรุง

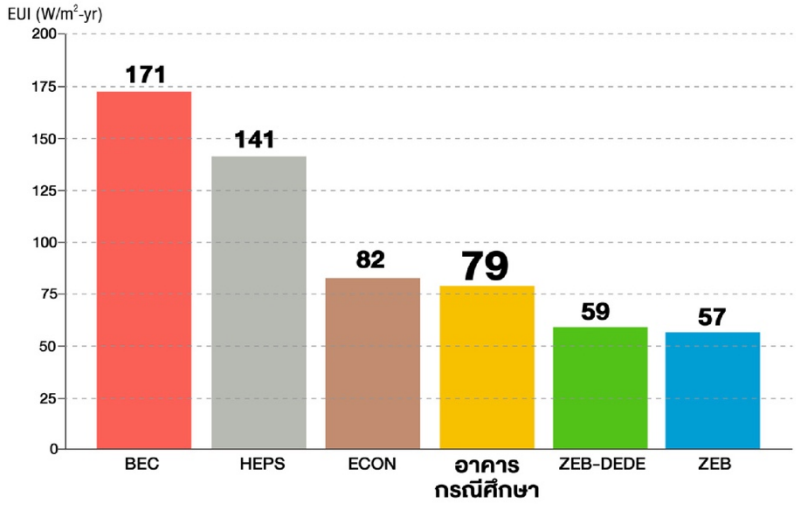
รายการประเมิน	เกณฑ์ BEC	ผลประเมิน ก่อนปรับปรุง	ผลประเมิน หลังปรับปรุง	สรุปผล (หลังปรับปรุง)
OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	≤50.00	34.13	**40.66**	**ผ่าน**
RTTV (วัตต์/ตร.ม.)	≤10.00	23.49	**5.53**	**ผ่าน**
LPD (วัตต์/ตร.ม.)	≤10.00	10.92	**3.85**	**ผ่าน**
SEER (ตามฤดูกาล)	≥14.00	14.94	**17.13**	**ผ่าน**
การใช้พลังงานรวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	≤130,992.52	153,900.32	**-40,899.88**	**ผ่าน**

หลังจากการประเมินพบว่า อาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ **40.66 วัตต์/ตร.ม.** (ผ่านเกณฑ์ ≤ 50.00 วัตต์/ตร.ม.) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ **5.53 วัตต์/ตร.ม.** (ผ่านเกณฑ์ ≤ 10.00 วัตต์/ตร.ม.) และค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) เท่ากับ **3.85 วัตต์/ตร.ม.** (ผ่านเกณฑ์ ≤ 10.00 วัตต์/ตร.ม.) ขณะที่ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ **17.13** (ผ่านเกณฑ์ ≥ 14.00) ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคารมีค่าเท่ากับ -40,899.88 kWh/yr ซึ่งต่ำกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ ดังนั้นอาคารนี้จึงผ่านเกณฑ์ในทุกระบบ

(2) ผลการประเมินด้วยโปรแกรม Sefaira อาคารหลังปรับปรุง

ผลการจำลองด้วยโปรแกรม Sefaira ภายหลังการปรับปรุงทั้ง 4 แนวทาง พบว่า อาคารมีการใช้พลังงานรวมต่อปีลดลงเหลือ **378,557 kWh** โดยมีค่าความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity; EUI) เหลือ **79 kWh/m²/yr** หรือลดลง 73.5% เมื่อเทียบกับค่าเดิมก่อนปรับปรุง (298 kWh/m²/yr) เมื่อนำค่า EUI ที่ 79 kWh/m²/yr ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานอาคารขั้นสูง พบว่า อาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์อาคารประหยัดพลังงานระดับสูง (ECON) ซึ่งมีค่าเกณฑ์มาตรฐาน EUI อยู่ที่ 82 kWh/m²/yr นอกจากนี้ ยังถือว่าสามารถเข้าใกล้เป้าหมายของการเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (ZEB) ซึ่งมีเกณฑ์ EUI อยู่ที่ 57 kWh/m²/yr สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน โดยพลังงานส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Load) 240,152 kWh/yr รองลงมาคือ ระบบปรับอากาศ

(Cooling Load) 111,686 kWh/yr และ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting) 8,989 kWh/yr ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถยกระดับอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐาน ECON และเข้าใกล้เป้าหมาย ZEB ได้จริง



ภาพที่ 104 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของอาคารกรณีศึกษากับมาตรฐานอาคารประเภทต่างๆ (BEC, HEPS, ECON, ZEB)

ที่มา: เอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาและสาธิตการยกระดับเกณฑ์อาคาร ECON สู่เกณฑ์อาคาร Zero Energy Building กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

6.1.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการลงทุนในการปรับปรุงอาคาร พบว่ามีต้นทุนรวมทั้งสิ้น 9,882,580.18 บาท (รวม Factor F แล้ว) ครอบคลุมการปรับปรุงเปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกับศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการปรับปรุง พบว่าอาคารสามารถลดการใช้พลังงานได้จากเดิม 814,591 kWh/yr เหลือ 378,557 kWh/yr หรือคิดเป็นการประหยัดพลังงานสุทธิ 436,034 kWh/yr เมื่อนำค่าพลังงานที่ประหยัดได้มาคำนวณเป็นมูลค่าจากอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.00 บาท/kWh จะได้มูลค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 1,744,136 บาท/ปี ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 9,882,580.18 ÷ 1,744,136 = 5.67 ปี ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาที่เหมาะสมและถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่า การลงทุนปรับปรุงอาคารมีความเหมาะสมทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์และเชิงพลังงาน โดยนอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระยะยาวแล้ว ยังเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับอาคารสู่การเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) ได้อย่างสัมฤทธิ์ผล

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะด้านการออกแบบและก่อสร้างอาคารใหม่

ในกระบวนการออกแบบอาคาร ควรบูรณาการแนวคิดด้านการอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ไม่ควรรอให้เกิดปัญหาแล้วค่อยดำเนินการแก้ไขภายหลัง การเลือกใช้วัสดุและระบบควรยึดตามหลักการ Passive Design เพื่อลดภาระการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศและแสงสว่าง เช่น การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SHGC ต่ำและมีค่าการส่งผ่านความร้อนรวม (OTTV) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การเพิ่มฉนวนกันความร้อนบริเวณหลังคา รวมถึงการวางผังอาคารเพื่อหลีกเลี่ยงการรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง นอกจากนี้ควรพิจารณาการผนวกเทคโนโลยี Smart Building เช่น ระบบ BMS (Building Management System) ที่สามารถตรวจวัดและควบคุมการใช้พลังงานแบบ Real-time เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการอาคาร

6.2.2 ข้อเสนอแนะด้านการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่เดิม

อาคารราชการส่วนใหญ่ในประเทศไทยถูกก่อสร้างมาก่อนที่กฎหมายด้านการอนุรักษ์พลังงานจะมีผลบังคับใช้อย่างจริงจัง ทำให้อาคารเหล่านี้ยังคงมีศักยภาพในการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานในหลายระบบ การปรับปรุงควรเริ่มจากแนวทางที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนสูง เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็น LED ควบคู่กับการติดตั้งระบบควบคุมแบบ Dimming, Motion Sensor และ Daylight Sensor ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนสั้นและสามารถวัดผลได้ทันที ขณะเดียวกัน การเปลี่ยนระบบปรับอากาศเป็นแบบ Inverter ที่มีค่า SEER สูง และติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติร่วมด้วย จะช่วยลดภาระการใช้ไฟฟ้าในสัดส่วนที่มากที่สุดของอาคาร ขณะที่การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV) เป็นมาตรการระยะยาวที่แม้ต้องใช้ต้นทุนสูง แต่ช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกและสนับสนุนเป้าหมายการเป็นอาคาร NZEB ได้

6.2.3 ข้อเสนอแนะด้านนโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐ

แม้ว่าผลการศึกษาจะแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงอาคารมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่การดำเนินการในเชิงปฏิบัติยังคงเผชิญข้อจำกัดด้านงบประมาณ ดังนั้น การผลักดันและการสนับสนุนจากภาครัฐจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยควรมีการกำหนดมาตรการส่งเสริมที่ชัดเจน เช่น การให้เงินอุดหนุน การให้สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำหรือสิทธิประโยชน์ทางภาษี เพื่อสร้างแรงจูงใจแก่ทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนให้กล้าลงทุนมากขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาเกณฑ์ประเมินมาตรฐานสำหรับอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB Standard) ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย เพื่อเป็นกรอบอ้างอิงที่ชัดเจนและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในทุกหน่วยงาน

6.2.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาและวิจัยในอนาคต

งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาขยายขอบเขตไปยังอาคารประเภทอื่น ๆ เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน และอาคารเชิงพาณิชย์ เพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับศักยภาพการปรับปรุงพลังงานของอาคารในหลากหลายบริบท นอกจากนี้ควรมีการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost Analysis; LCCA) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Emission Analysis) เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับมิติด้านเศรษฐศาสตร์และเทคนิค

เนื่องด้วยงานศึกษาฉบับปัจจุบันได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี IoT ในการลดการใช้พลังงานแล้ว จึงเป็นโอกาสสำคัญในการศึกษาต่อยอด โดยมุ่งเน้นการประเมินผลกระทบของระบบดังกล่าวที่มีต่อผู้ใช้งานโดยตรง โดยเฉพาะการวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพเกี่ยวกับความสะดวกสบาย (Occupant Comfort) และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) การศึกษาในมิตินี้จะช่วยยืนยันประสิทธิภาพของเทคโนโลยีว่าไม่เพียงแต่ประหยัดพลังงาน แต่ยังส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดีในการทำงานอีกด้วย ทั้งนี้ การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้ใช้อาคารและการยอมรับเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน ก็จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประมาณการประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Anu Devi, A. K. D. (2024, June 18). *How cities can achieve net zero by targeting building emissions from design to demolition*. https://www.weforum.org/stories/2024/06/cities-net-zero-life-cycle/

Arif, R. Q., & Ramadhan, T. (2024). Energy Efficiency of Educational Buildings Through Envelope Design Based on Field Observations and Sefaira Simulation (Case Study: FIP B Building). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1404*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1404/1/012012

Berry, S., & Davidson, K. (2015). Zero energy homes - Are they economically viable? *Energy Policy*, *85*. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.05.009

Camarasa, C., Mata, É., Navarro, J. P. J., Reyna, J., Bezerra, P., Angelkorte, G. B., Feng, W., Filippidou, F., Forthuber, S., Harris, C., Sandberg, N. H., Ignatiadou, S., Kranzl, L., Langevin, J., Liu, X., Müller, A., Soria, R., Villamar, D., Dias, G. P., … Yaramenka, K. (2022). A global comparison of building decarbonization scenarios by 2050 towards 1.5–2 °C targets. *Nature Communications*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41467-022-29890-5

Chauhan, M., Lasalle, J. L., & Chauhan Jones, M. A. (2025). IOT INTEGRATION IN HVAC SYSTEMS: ACHIEVING SUSTAINABLE ENERGY EFFICIENCY AND ENHANCED OCCUPANT COMFORT. *Article in International Journal of Construction Engineering and Management*, *8*. https://doi.org/10.5281/zenodo.15080409

Chwieduk, D. (2003). Towards sustainable-energy buildings. *Applied Energy*, *76*(1–3), 211–217. https://doi.org/10.1016/S0306-2619(03)00059-X

Crawford, R. H. (2022). Greenhouse Gas Emissions of Global Construction Industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1218*(1), 012047. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1218/1/012047

David Hutchinson and Chuck Bundrick. (2025, April 16). *Deep energy retrofits: The future of sustainable buildings*. https://www.constructionspecifier.com/deep-energy-retrofits-sustainable-buildings/

Marinakis, V., & Doukas, H. (2018). An advanced IoT-based system for intelligent energy management in buildings. *Sensors (Switzerland)*, *18*(2). https://doi.org/10.3390/s18020610

Mohamad, N. L., Shari, Z., & Dahlan, N. D. (2023). BUILDING ENVELOPE RETROFIT FOR ENERGY SAVINGS IN MALAYSIAN GOVERNMENT HIGH-RISE OFFICES: A CALIBRATED ENERGY SIMULATION. *Jurnal Teknologi*, *85*(4), 1–15. https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v85.15124

Nindita, V., Purwanto, P., Windarta, J., & Hadiyanto. (2025). Comparative analysis of green building software for energy efficiency in campus settings. *Green Technologies and Sustainability*, *3*(3). https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100191

Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, *40*(3), 394–398. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2007.03.007

Pless, S., & Torcellini, P. (2010). *Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options*. http://www.osti.gov/bridge

Riantini, L. S., Machfudiyanto, R. A., Rachmawati, T. S. N., Rachman, M. D. A., Fachrizal, R., & Shadram, F. (2024). Energy Efficiency Analysis of Building

Envelope Renovation and Photovoltaic System in a High-Rise Hotel Building in Indonesia. *Buildings*, *14*(6). https://doi.org/10.3390/buildings14061646

Santamouris, M., Mihalakakou, G., Patargias, P., Gaitani, N., Sfakianaki, K., Papaglastra, M., Pavlou, C., Doukas, P., Primikiri, E., Geros, V., Assimakopoulos, M. N., Mitoula, R., & Zerefos, S. (2007). Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings. *Energy and Buildings*, *39*(1), 45–51. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2006.04.018

Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012). Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings*, *48*, 220–232. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2012.01.032

Shirinbakhsh, M., & Harvey, L. D. D. (2024). Feasibility of achieving net-zero energy performance in high-rise buildings using solar energy. *Energy and Built Environment*, *5*(6). https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2023.07.007

Tantiwanit, K. (2007). *Establishing Energy Consumption Benchmarks of Office Buildings in Bangkok การจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานในกรุงเทพฯ*.

Thygesen, R., & Karlsson, B. (2017). An analysis on how proposed requirements for near zero energy buildings manages PV electricity in combination with two different types of heat pumps and its policy implications – A Swedish example. *Energy Policy*, *101*. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.025

Torcellini, P., Grant, R., Taylor, C., Punjabi, S., Diamond, R., Colker, R., Moy AECOM, G., & Kennett, E. (2015). *A COMMON DEFINITION FOR ZERO ENERGY BUILDINGS*.

Widartha, V. P., Ra, I., Lee, S. Y., & Kim, C. S. (2024). Advancing Smart Lighting: A Developmental Approach to Energy Efficiency through Brightness Adjustment Strategies. *Journal of Low Power Electronics and Applications*, *14*(1). https://doi.org/10.3390/jlpea14010006

ยชนา เชาวนะกมล. (2019). *การปรับปรุงอาคารสำนักงานเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ : กรณีศึกษา อาคารอำนวยการองค์การเภสัชกรรม*. https://doi.org/10.58837/CHULA.IS.2019.89

ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์. (2018). *การปรับปรุงอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ กรณีศึกษาแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานราชการ*. https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2018.1407

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพอาคารกรณีศึกษา ก่อนปรับปรุง



ภาพอาคารกรณีศึกษา หลังปรับปรุง

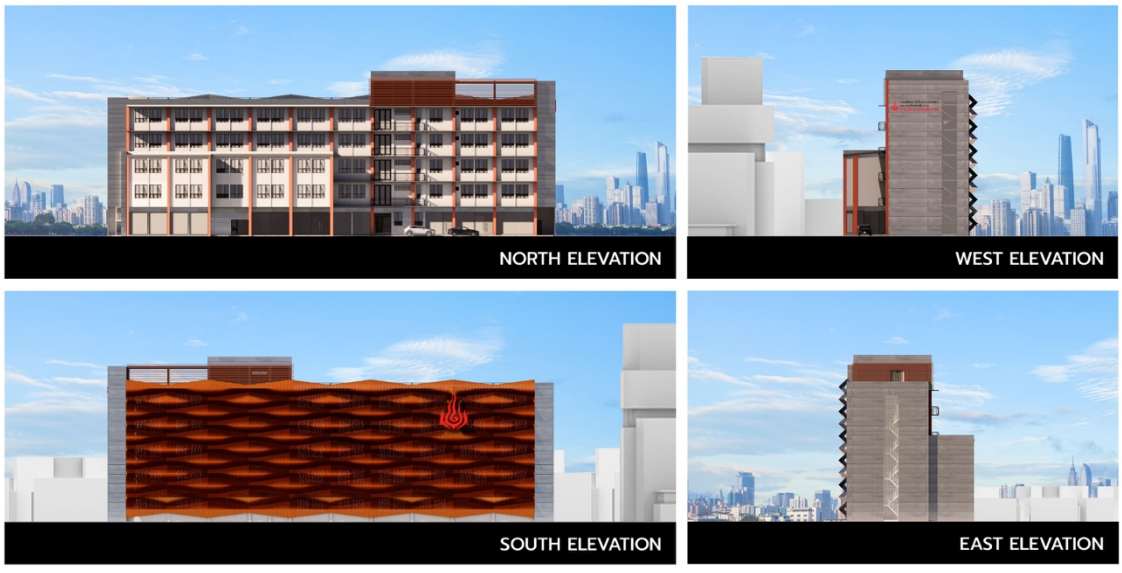


ภาพ Perspective อาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง เป็นแนวทางการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรม ที่แสดงการติดตั้ง Façade เพิ่มเติม ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงรูปลักษณ์และความสวยงาม (Aesthetics) ของอาคารกรณีศึกษา อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการศึกษา และการจำลองผล ด้วยโปรแกรม Sefaira ในเนื้อหาหลักของงานศึกษาฉบับนี้ ผู้วิจัยไม่ได้นำปัจจัย Façade นี้มารวมในการคำนวณ ด้วยเหตุผล 2 ประการ

1. การมุ่งเน้นแนวทางที่ประยุกต์ใช้ได้ทั่วไป (Generalization) วัตถุประสงค์หลักของงานศึกษานี้ คือการสร้าง “แนวทาง (Guidelines)” ที่อาคารสำนักงานราชการอื่นที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน เช่น ขนาดพื้นที่ใช้สอย หรือจำนวนชั้นไม่เกิน 5 ชั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

2. ปัจจัยการออกแบบเฉพาะตัว (Site-Specific Design) การออกแบบ Façade ในลักษณะนี้ ถือเป็นปัจจัยการออกแบบที่มีความเฉพาะตัวสูงสำหรับอาคารกรณีศึกษาเท่านั้น การนำไปรวมในแบบจำลอง อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถนำไปอ้างอิงเป็นแนวทางทั่วไปสำหรับอาคารอื่น ๆ ที่ไม่มี Façade ลักษณะนี้ได้

ดังนั้น การจำลองผลในงานศึกษาจึงมุ่งเน้นไปที่แนวทางปรับปรุงอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติกรอบอาคาร, ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ, ระบบแสงสว่าง และการติดตั้งแผง Solar PV ซึ่งเป็นแนวทางที่อาคารราชการอื่น ๆ สามารถนำไปปรับใช้ได้โดยตรง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักของงานศึกษา

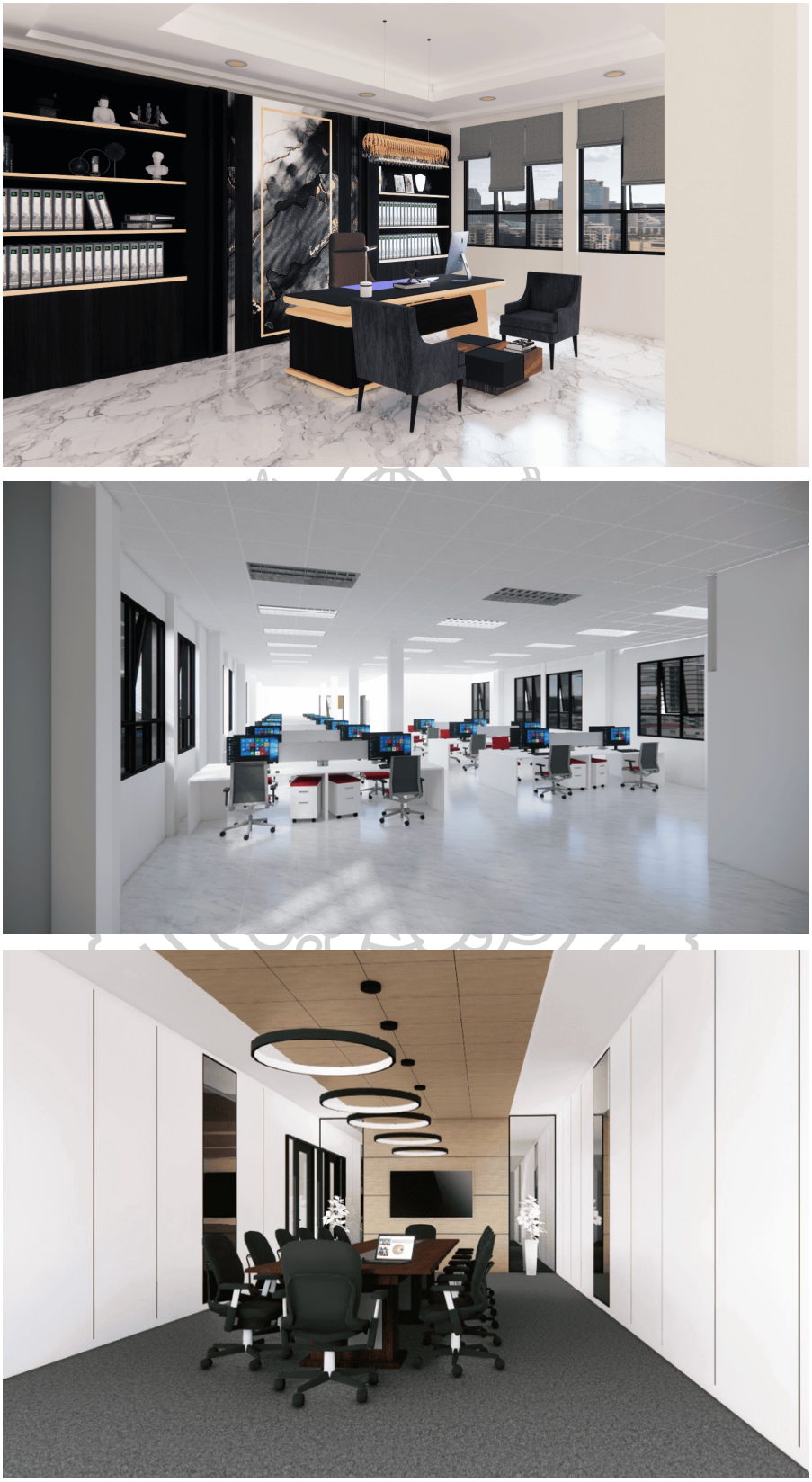


บรรยากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานของอาคารกรณีศึกษา หลังปรับปรุง









ภาคผนวก ข

ตาราง Factor F งานก่อสร้างอาคารที่ใช้คำนวณ

ตาราง Factor F งานก่อสร้างอาคาร

เงินส่วงหน้าจ่าย	0 %	ดอกเบี้ยเงินกู้	7 % ต่อปี
เงินประกันผลงานหัก	0 %	ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)	7 %

ค่างาน (ทุน) (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (%)				รวมในรูป Factor	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)	Factor F
	ค่าอำนวยการ	ค่าดอกเบี้ย	ค่ากำไร	รวมค่าใช้จ่าย			
≤ 0.5	15.6856	1.1666	5.5000	22.3522	1.2235	1.0700	1.3091
1	15.4654	1.1666	5.5000	22.1320	1.2213	1.0700	1.3067
2	15.3220	1.1666	5.5000	21.9886	1.2198	1.0700	1.3051
5	15.0245	1.1666	5.5000	21.6911	1.2169	1.0700	1.3020
10	14.9659	1.1666	5.0000	21.1325	1.2113	1.0700	1.2960
15	11.7000	1.1666	5.0000	17.8666	1.1786	1.0700	1.2611
20	10.9884	1.1666	5.0000	17.1550	1.1715	1.0700	1.2535
25	8.9675	1.1666	4.5000	14.6341	1.1463	1.0700	1.2265
30	8.1852	1.1666	4.5000	13.8518	1.1385	1.0700	1.2181
40	8.1487	1.1666	4.5000	13.8153	1.1381	1.0700	1.2177
50	8.1374	1.1666	4.5000	13.8040	1.1380	1.0700	1.2176
60	7.7209	1.1666	4.0000	12.8875	1.1288	1.0700	1.2078
70	7.6178	1.1666	4.0000	12.7844	1.1278	1.0700	1.2067
80	7.6178	1.1666	4.0000	12.7844	1.1278	1.0700	1.2067
90	7.6095	1.1666	4.0000	12.7761	1.1277	1.0700	1.2066
100	7.6095	1.1666	4.0000	12.7761	1.1277	1.0700	1.2066
150	7.3600	1.1666	4.0000	12.5266	1.1252	1.0700	1.2039
200	7.3617	1.1666	4.0000	12.5283	1.1252	1.0700	1.2039
250	7.2736	1.1666	4.0000	12.4402	1.1244	1.0700	1.2031
300	7.1950	1.1666	3.5000	11.8616	1.1186	1.0700	1.1969
350	6.4098	1.1666	3.5000	11.0764	1.1107	1.0700	1.1884
400	6.3344	1.1666	3.5000	11.0010	1.1100	1.0700	1.1877
500	6.2868	1.1666	3.5000	10.9534	1.1095	1.0700	1.1871
> 500	5.6676	1.1666	3.5000	10.3342	1.1033	1.0700	1.1805

หมายเหตุ 1. กรณีค่างานอยู่ระหว่างช่วงของค่างานต้นทุนที่กำหนด ให้เทียบอัตราส่วนเพื่อหาค่า Factor F

2. ถ้าเป็นงานเงินกู้หรือจากแหล่งอื่นซึ่งไม่ต้องชำระภาษีมูลค่าเพิ่ม ให้ใช้ Factor F ในช่อง **"รวมในรูป Factor"**

ที่มา: ว499 เรื่อง การประกาศอัตราดอกเบี้ยเงินกู้สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างและปรับปรุง ตาราง Factor F ใหม่ ลงวันที่ 28 สิงหาคม 2566

ภาคผนวก ค

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร

1. วัสดุกรอบอาคาร (Building Envelope Materials)

ROCKWOOL®

DATA SHEET

ตารางขนาดผลิตภัณฑ์

ขนาดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ / ความหนาแผ่น			
ค่าความหนาแน่น (kg/m3)	40 - 150		
ขนาดแผ่น: กว้าง x ยาว (มม.)	1,200 มม. x 600		
ความหนาของแผ่น (มม.)	50	75	100

* ท่านสามารถติดต่อเพื่อสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลการใช้

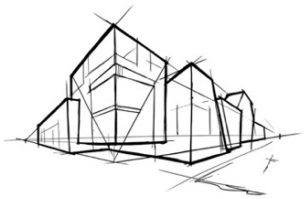


ตารางคุณสมบัติทางเทคนิค

การกดคอม / ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์	S40	S60	S80	S100	S120	S140	S150	มาตรฐานการกดคอม
ค่าความหนาแน่น (kg/m³)	40	60	80	100	120	140	150	
ค่าการนำความร้อน 20°C Value (W/mK)	0.036	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	ASTM C518
ค่าการดูดซับเสียง	1.00	1.05	1.05	1.05	1.05	0.90	0.90	ISO 354
มาตรฐานการทนไฟ	เป็นวัสดุไม่ติดไฟ / จัดอยู่ในประเภทวัสดุกนไฟระดับ A1 (ไม่รวมแผ่นฟอยล์)							EN 13501-1
ค่าการดูดซึมความชื้น	น้อยกว่า 0.04 โดย % ปริมาตร							ASTM C1104 / C1104M
ค่าการดูดซึมน้ำ (ยกเว้นเป็นบางส่วน)	มากกว่า 0.5 กก./ตร.ม.							EN 1609

*ค่าการนำความร้อนนี้อ้างจากการกดสอบโดยเฉลี่ยตามวิธีที่อ้างอิงไว้ ตามมาตรฐานการกดสอบ ASTM C518
ท่านสามารถติดต่อเพื่อขอผลการกดสอบได้ สำหรับการออกแบบแนะนำให้ใช้ค่าความนำความร้อนที่กำหนดไว้ในแบบ

*สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ UL approved สามารถติดต่อสอบถามได้ที่ตัวแทนจำหน่าย



SINGAPORE GREEN BUILDING PRODUCT
SGBC TÜV SÜD PSB
LIC NO.: 00019G
Excellent

CLASSIFIED UL

สำนักงานขาย บริษัท ร็อควูล(ประเทศไทย) จำกัด
อาคารบีกริม ชั้น 11 เลขที่ 5 ซอยถนุงเทพกรีฑา 4
หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
T (+662) 2731 7511-14 F (+662) 2731 7510

การจำกัดความรับผิดชอบ: ข้อมูลที่มีอยู่ในข้อมูลนี้ถือเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง ณ วันที่ตีพิมพ์ ROCKWOOL ไม่ยอมรับความรับผิดชอบต่อผลของการใช้ Thermalrock S (Slab) นการใช้งานที่แตกต่างจากที่อธิบายข้างต้น

www.rockwool.co.th

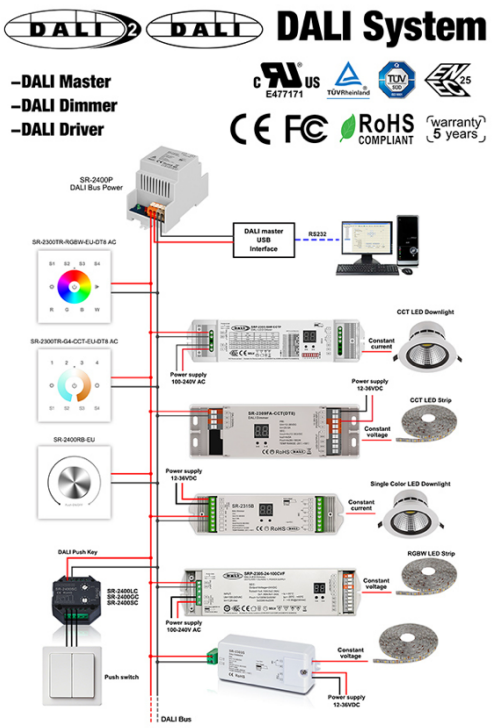
100 309-06/18_V9 (TH)

Home Product About Us Footprint Sales Channel Technical Support News Sustainability Contact Us Search

AGC Your Dreams, Our Challenge

Glass Type	Thickness mm.	Light Properties LT(%)	LR Out (%)	LR In (%)	Energy Properties ET (%)	ER (%)	EA (%)	SC	SHGC	U-Value (W/M².K)	RHG (W/M².K)	Heat Block (%)	UVT (%)	STC (dB)
SolarTAG Plus CS120 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	22.7	27.6	22.5	18.2	23.6	58.2	0.42	0.37	5.14	305	63	0	34
SolarTAG Plus CS130 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	33.8	19.7	15.6	27.2	16.6	56.1	0.52	0.45	5.14	368	55	0	34
SolarTAG Plus CS140 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	38.5	17.5	14.2	31.2	14.6	54.3	0.56	0.48	5.14	393	52	0	34
SolarTAG Plus CS148 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	52.5	14.7	10.5	42.8	11.5	45.7	0.66	0.57	5.14	456	43	0	34
SolarTAG Plus CS150 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	53.0	14.5	12.9	46.9	11.4	41.7	0.69	0.60	5.14	475	40	0	34
SolarTAG Plus PS135 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	36.6	23.4	10.7	30.0	18.6	51.4	0.53	0.46	5.14	374	54	0	34
SolarTAG Plus PS155 4mm + PVB0.38mm + Clear 4mm	8.38	58.5	15.7	10.1	49.4	11.8	38.8	0.71	0.61	5.14	487	39	0	34
SolarTAG Plus CS120 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	22.2	27.1	22.1	16.0	21.8	62.2	0.42	0.36	4.99	304	64	0	36
SolarTAG Plus CS130 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	33.0	19.3	15.3	24.0	15.5	60.5	0.50	0.44	4.99	354	56	0	36
SolarTAG Plus CS140 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	37.6	17.2	13.9	27.7	13.6	58.7	0.54	0.47	4.99	379	53	0	36
SolarTAG Plus CS148 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	51.3	14.5	10.3	38.2	10.8	51.0	0.63	0.55	4.99	436	45	0	36
SolarTAG Plus CS150 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	51.7	14.2	12.7	41.2	10.7	48.1	0.65	0.57	4.99	448	43	0	36
SolarTAG Plus PS135 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	35.7	22.9	10.6	26.3	17.3	56.4	0.51	0.44	4.99	360	56	0	36
SolarTAG Plus PS155 6mm + PVB0.76mm + Clear 6mm	12.76	57.1	15.4	9.9	43.5	11.1	45.3	0.67	0.58	4.99	461	42	0	36
HS SolarTAG Plus CS214 6mm + PVB1.52mm + HS Clear 6mm	13.52	12.1	25.2	28.2	6.3	14.0	79.7	0.38	0.33	4.90	278	67	0	37
HS SolarTAG Plus CS514 6mm + PVB1.52mm + HS Clear 6mm	13.52	9.5	17.2	28.2	6.0	12.5	81.5	0.38	0.33	4.90	278	67	0	37

2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)





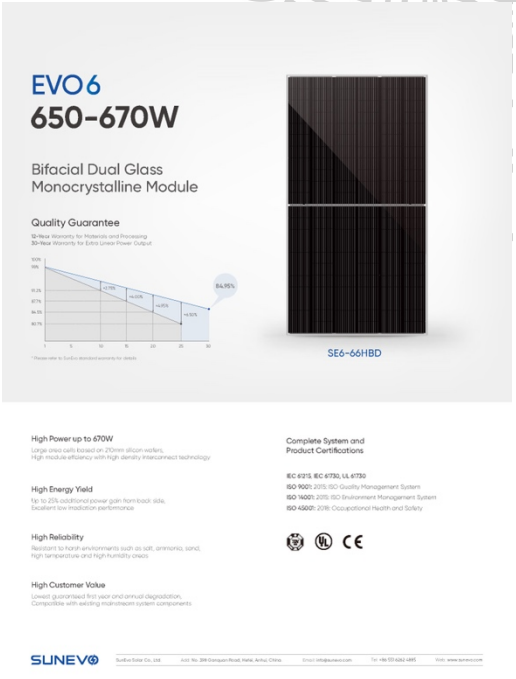


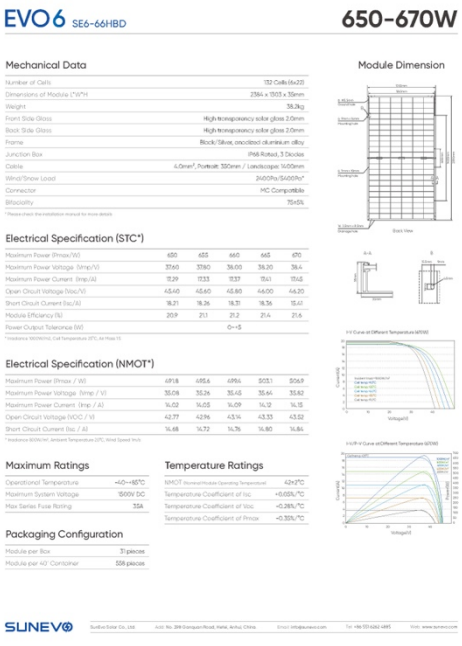
3. ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System)





4. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV System)





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวณัฐวดี สามารถ
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2556 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมหลัก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-