แนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ

อนนท์ พลขุนทด

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

แนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ

อนนท์ พลขุนทด

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "แนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ"

ของ อนนท์ พลขุนทด

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ สอนสารี)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.วิสุทธิ์ แช่มสะอาด)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ดร.ยอดธง เม่นสิน)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง แนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ

ผู้วิจัย อนนท์ พลขุนทด

ประธานที่ปรึกษา ดร.วิสุทธิ์ แซ่มสะอาด

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ การออกแบบอาคาร, อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “แนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการการออกแบบอาคาร เพื่อมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ สอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานของประเทศ ที่มุ่งเน้นเป้าหมายสำคัญในการที่จะทำให้ในภาคส่วนอาคารนั้นเพิ่มขีดความสามารถในการลดการใช้พลังงานและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งการทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์นั้น สิ่งสำคัญที่สุดคือการทำให้อาคารมีการใช้พลังงานที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ก่อน แล้วจึงออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้ครอบคลุมการใช้พลังงานนั้น ดังนั้น การออกแบบอาคารจึงเป็นตัวแปรลำดับแรกที่มีความสำคัญต่อการลดการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งการออกแบบอาคารในงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดเล็กถึงขนาดกลางที่มีขนาดพื้นที่ใช้งาน 150 ตร.ม. โดยใช้หลักการการออกแบบทางสถาปัตยกรรม เทคโนโลยีในการก่อสร้าง ร่วมกับการใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมาช่วยลดการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ และได้นำแบบอาคารดังกล่าวมาจำลองการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร โดยมีการจำลอง 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และกรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพท์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB) โดยใช้โปรแกรม BEC Web–Based ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในการประเมินค่าเกณฑ์มาตรฐานพลังงานของอาคาร พบว่า อาคารแบบที่ 1 ผ่านตามเกณฑ์ประเมิณอาคาร BEC ในหมวดของ OTTV และ

RTTV ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตราฐานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับใหม่ ปี 2564 ส่วนหมวด COP ผ่านเกณฑ์ HEPS โดยหมวด LPD และ EUI ผ่านเกณฑ์ ZEB ในส่วนของอาคารแบบที่ 2 ผ่านตามเกณฑ์ประเมินอาคาร ZEB เกือบทุกหมวด มีเพียงหมวด COP ที่ผ่านเกณฑ์ HEPS เนื่องจากเทคโนโลยีของระบบปรับอากาศในปัจจุบันยังไม่สามารถผ่านตามเกณฑ์ ZEB ได้

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้พลังงานของอาคารแบบที่ 1 และแบบที่ 2 พบว่าการลงทุนก่อสร้างอาคารโดยเลือกใช้วัสดุคุณภาพสูง เพื่อให้อาคารมีความสามารถในการป้องกันความร้อนอยู่ในระดับดีมากนั้น เมื่อเทียบกับอาคารที่ใช้วัสดุแบบทั่วไป จะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 42 ปี ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้สรุปได้ว่า อาคารสำนักงานขนาดเล็กถึงขนาดกลางที่มีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 150 ตารางเมตรนั้น การออกแบบอาคารโดยใช้วัสดุคุณภาพสูงเพื่อให้ผ่านตามเกณ์ ZEB นั้น อาจยังไม่มีความคุ้มค่าในปัจจุบัน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการใช้วัสดุคุณภาพดีนั้น อาจนำมาใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแทน จะทำให้อาคารมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์อย่างสมบูรณ์ได้

Title	DESIGN OF A PROTOTYPE FOR ZERO NET ENERGY SMART OFFICE BUILDING
Author	ANON POLKHUNTOD
Advisor	Dr. Wisut Chamsa-ard
Academic Paper	M.S. Thesis in Smart Grid Technology, Naresuan University, 2021
Keywords	Building Design, Zero Net Energy Building (ZNEB)

ABSTRACT

The research study titled "guideline of building design with application of zero net energy as prototype for smart office building" had the objective to study guideline in building design in order to be a building with zero net energy consumption consistent with the energy development plan of the country. It had the main goal of increasing the ability of building sector in reducing energy consumption and to use energy as efficient as possible. In making a building to have zero net energy consumption, the most important thing was to make a building to use energy as low as possible first and then design the power generating system from renewable energy to cover energy consumption. Therefore, designing a building was the first variable that was important to reduction of energy consumption of the building. Designing of the building in this research was design of small office building to medium-size office building with the usage area of 150 square meters by using architectural design principle, construction technology and utilizing surrounding environment to reduce energy consumption of a building with the purpose of becoming a building with zero net energy consumption and simulated such building model on choosing materials for building construction. The model had 2 cases as follows. The case 1 was to use currently popular materials to pass the criteria of Building Energy Code (BEC). The case 2 was to choose material to acquire the best design outcome with the goal to make the design building become

Zero Energy Building (ZEB) by using BEC Web-Based software of the Department of Alternative Energy Development and Efficiency. In the assessment of the energy standard criteria value of the building, it was found that the building type 1 passes the BEC building assessment criteria in the category of OTTV and RTTV according to announcement of the Ministry of Energy regarding specification of building design standard for energy conservation, New Edition 2021. As for COP category, it passed the HEPS criteria. The LPD and EUI category passed the ZEB criteria. IN the building type 2 almost every category passed the ZEB building assessment criteria. There was only COP category that passed HEPS because the current technology of air-conditioning system could not pass the ZEB criteria.

Moreover, when considering comparison of the expense in the construction and the expense in energy consumption of building type 1 and type 2, it was found that building construction investment by choosing high quality material so that the building could have the ability in protecting the heat at a high level comparing with a building with general materials, the break-even point would be around 42 years. From such data, it could be concluded that small to medium size office building with the usage area not over 150 square meters, the building design by using high-end material to pass the ZEB criteria might still not worthy nowadays. The increased expense from using quality material might be used to install power generation system from renewable energy instead. This would make a building to become a building with zero net energy consumption.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ดร. วิสุทธิ์ แช่มสะอาด ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตส่าห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

รวมทั้งขอขอบคุณ คุณประเสริฐ ธรรมมนุญกุล คุณประวิตร ธรรมมนุญกุล ประทานบริหาร บริษัทเข็มเหล็ก จำกัด คุณรัตติกร พรหมวัลย์ สถาปนิก และทีมงานทุกท่านที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือให้คำแนะนำ และสนับสนุนข้อมูลด้านต่างๆ ระหว่างการศึกษาวิจัยด้วยดีเสมอมา

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ และอาคารอื่นๆในอนาคต

อนนท์ พลขุนทด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา 2

ขอบเขตของงานวิจัย 2

ประโยชน์ที่ได้รับ 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2561-2580 (National Energy Efficiency Plan: EEP2018) 4

2.2 ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตราฐานการออกแบบอาคาร เพื่อการ อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564 [3] 7

2.3 รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564 10

2.4 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร 11

2.5 สถิติการใช้ไฟฟ้าตามช่วงฤดูกาล 12
2.6 แหล่งความร้อนภายในอาคาร 13
2.7 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร 14
2.8 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร 16
2.9 ระบบฐานรากที่รักษาสิ่งแวดล้อม 20
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 29
ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 29
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 30
การออกแบบอาคาร 31
1. การวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ (Site Analysis) 31
2. การกำหนดส่วนพื้นที่อาคาร (Zoning) 33
3. แบบผังพื้นอาคาร (Ground Floor Plan) 34
4. ผังหลังคาอาคาร (Roof Floor Plan) 35
5. รูปด้านอาคาร (Elevation) 36
6. ภาพทัศนียภาพอาคาร (Perspective) 38
7. รูปตัดอาคาร (Section) 40
8. แบบผังระบบไฟฟ้าแสงสว่างอาคาร (Lighting Plan) 41
9. ผังระบบปรับอากาศอาคาร (Air Condition Plan) 42
10. การกำหนดวัสดุอาคาร (Material Specification) 43
บทที่ 4 ผลการวิจัย 46

4.1 ผลการจำลองกรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) 46
ข้อมูลทั่วไป 46
พื้นที่อาคารทั้งหมด 47
รูปแบบอาคารส่วนใหญ่ 47
อุปกรณ์การใช้พลังงานส่วนใหญ่ 47
ราคาค่าก่อสร้าง 47
การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ 48
การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 49
4.2 ผลการจำลองกรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB) 55
ข้อมูลทั่วไป 55
พื้นที่อาคารทั้งหมด 55
รูปแบบอาคารส่วนใหญ่ 55
อุปกรณ์การใช้พลังงานส่วนใหญ่ 56
ราคาค่าก่อสร้าง 56
การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ 57
การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 57
บทที่ 5 บทสรุป 64
ข้อเสนอแนะ 66
บรรณานุกรม 68

ประวัติผู้วิจัย.....70

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงเป้าหมายของการอนุรักษ์พลังงาน 5

ตาราง 2 แสดงค่าประสิทธิภาพพลังงาน แบ่งตามเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร.....7

ตาราง 3 เป้าหมายด้านเวลาและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร.....25

ตาราง 4 สรุปผลการประเมินตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ 48

ตาราง 5 สรุปผลการประเมินตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ แบบที่ 2 56

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบอาคารที่ออกแบบกับเกณฑ์อาคารอนุรักษ์พลังงาน 65

ตาราง 7 ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างอาคารแบบที่ 1 และอาคารแบบที่ 2.....66

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงเป้าหมายการลด EI ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2580 4

ภาพ 2 เป้าหมายการลดใช้พลังงานในอาคารตามแผน EEP 2015.....6

ภาพ 3 แสดงการแบ่งกลุ่มอาคาร 9 ประเภท.....9

ภาพ 4 แสดงข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรายภาคเศรษฐกิจ ปี พ.ศ.2563..10

ภาพ 5 แสดงข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารายสาขา ปี พ.ศ.2563.....11

ภาพ 6 แสดงข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร 12

ภาพ 7 สถิติการใช้ไฟฟ้าตามช่วงฤดูกาล ปี พ.ศ. 2561 – 2563.....12

ภาพ 8 แสดงที่มาของแหล่งความร้อนในอาคาร 14

ภาพ 9 แสดงการออกแบบโดยคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่ออาคาร 15

ภาพ 10 แสดงตัวอย่างวัสดุผนังทึบ.....16

ภาพ 11 แสดงตัวอย่างวัสดุโปร่งแสง 17

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างวัสดุหลังคา 17

ภาพ 13 แสดงตัวอย่างการบังแดด.....18

ภาพ 14 แสดงตัวอย่างค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 19

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างหลอดไฟชนิดต่างๆ.....19

ภาพ 16 แสดงเทคโนโลยีฐานรากกับการรักษาสิ่งแวดล้อม.....20

ภาพ 17 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 30

ภาพ 18 แสดงการวิเคราะห์แนวโคจรดวงอาทิตย์ และทิศทางลมประจำฤดู.....32

ภาพ 19 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ เพื่อจัดวางแบบแปลนอาคาร 32

ภาพ 20 แสดงการกำหนดส่วนพื้นที่ ของอาคาร (Zoning).....33

ภาพ 21 แสดงแบบผังพื้นอาคาร (Ground Floor Plan) 34

ภาพ 22 แสดงแบบผังหลังคาอาคาร (Roof Floor Plan).....35

ภาพ 23 แสดงรูปด้านอาคาร 1 (Elevation-1) 36

ภาพ 24 แสดงรูปด้านอาคาร 2 (Elevation-2) 37

ภาพ 25 แสดงรูปด้านอาคาร 3 (Elevation-3) 37

ภาพ 26 แสดงรูปด้านอาคาร 4 (Elevation-4) 38

ภาพ 27 แสดงภาพทัศนียภาพอาคาร 1 (Perspective 1) 38

ภาพ 28 แสดงภาพทัศนียภาพอาคาร 2 (Perspective 2) 39

ภาพ 29 แสดงภาพทัศนียภาพอาคาร 3 (Perspective 3) 39

ภาพ 30 แสดงรูปตัดอาคาร (Section).....40

ภาพ 31 แสดงแบบผังระบบไฟฟ้าแสงสว่างอาคาร (Lighting Plan) 41

ภาพ 32 แสดงแบบผังระบบปรับอากาศ (Air Condition Plan) 43

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัญหาวิกฤติการณ์โลกร้อนที่กำลังทวีความรุนแรงและเริ่มส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชากรโลกทุกมุมโลกอยู่ในขณะนี้ เริ่มได้รับความตระหนักถึงสถานการณ์จากทุกภาคส่วนเป็นอย่างมาก ทั้งในระดับนานาชาติ ภาครัฐ หน่วยงาน และ องค์กรต่างๆ ภาคเอกชน ไปจนถึงภาคประชาชน เพราะไม่เพียงแต่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น แต่ยังทำให้เกิดพิบัติภัยธรรมชาติที่เราไม่คาดคิด ทั้งพายุ น้ำท่วมรุนแรง สึนามิ ดินถล่ม แผ่นดินไหว

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาวิกฤติการณ์โลกร้อน คือจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การใช้พลังงานในทุกด้านเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากจากการขยายตัวของภาคเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ทำให้มีการใช้พลังงานที่มากและส่งผลให้อุณภูมิโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในภาคของภาคอุตสาหกรรม , ภาคธุรกิจการค้า ,ภาคเกตรกรรม ,ภาคขนส่ง รวมทั้งภาคอาคารและที่อยู่อาศัย

ปัจจุบันในส่วนของการขยายตัวของภาคอาคารและที่อยู่อาศัยในประเทศไทย ได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีสัดส่วนการใช้พลังงานในประเทศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งพลังงานที่ใช้ไปส่วนมาก ถูกใช้ไปกับการปรับสภาพอากาศในอาคารให้มีความเย็นเพื่อผู้ใช้อาคาร เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้น ประกอบกับสภาวะโลกร้อนที่กำลังทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้อุณภูมิยิ่งสูงขึ้น โดยพ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 28.0 องศาเซลเซียส สูงกว่าค่าปกติ 0.9 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงเป็นอันดับที่ 2 ของประเทศไทยในรอบ 70 ปี (พ.ศ.2494-2563) รองจากปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดของประเทศไทย คือ 28.1 องศาเซลเซียส (สูงกว่าค่าปกติ 1.0 องศาเซลเซียส) ทำให้ผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น แนวทางการออกแบบอาคารที่สามารถลดการใช้พลังงาน หรือใช้พลังงานที่คุ้มค่า มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นแนวทางในการใช้พลังงานที่ยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของนโยบายด้านพลังงานของภาครัฐในประเทศไทย ได้มีการกำหนดแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2561 – 2580 (Energy Efficiency Plan; EEP 2018) และในส่วนหนึ่งของแผนอนุรักษ์พลังงานฉบับนี้ ได้มีเป้าหมายส่งเสริมการออกแบบให้เป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ภายในปีพ.ศ.2579 โดยเมื่อเดือน มีนาคม พ.ศ.2564 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์

พลังงาน (พพ.) ได้มีการออกกฎกระทรวงที่ว่าด้วยการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐานด้านพลังงานสำหรับอาคาร (Building Energy Code ; BEC) โดยกำหนดให้อาคาร 9 ประเภท ได้แก่ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงานหรือที่ทำการ อาคารชุด อาคารชุมนุมคน โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ และ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า ที่มีขนาดตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามข้อกำหนดในกฎกระทรวงฯ โดยกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 ได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 12 พ.ย. 2563 และมีผลบังคับใช้ วันที่ 13 มี.ค.2564

งานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะนำเสนอแนวทางออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยในด้านต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศในประเทศไทย เพื่อกำหนดเป็นแนวทางเบื้องต้นให้ผู้ที่สนใจได้นำไปใช้ในการออกแบบอาคาร หรือเพื่อเป็นแนวทางการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารด้านต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ
2. เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารด้านต่างๆ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลด้านปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารด้านต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ จากข้อมูลทางเอกสาร, หนังสือ, บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบอาคารเพื่อศึกษา โดยกำหนดเป้าหมายให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยนำข้อมูลจากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารด้านต่างๆ มาใช้ในการกำหนดแนวทางการออกแบบ

3. วิเคราะห์และสรุปผลของการใช้พลังงานในอาคาร จากการออกแบบอาคารให้มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารด้านต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และนำไปสู่การออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2. ทำให้ทราบถึงแนวทางในการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ

นิยามศัพท์เฉพาะ

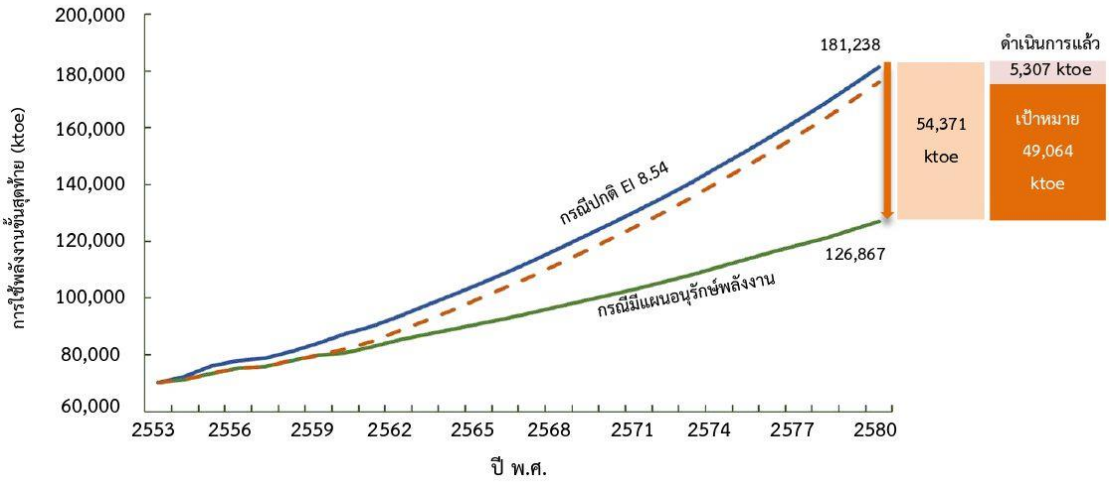
BEC (Building Ennergy Code)	คือ อาคารที่ผ่านตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน
HEPS (High Energy Performance Standard)	คือ อาคารที่ประหยัดพลังงานมากกว่าที่กฎหมายกำหนด ด้วยการใช้เทคโนโลยีทั่วไปในปัจจุบัน
ECON (Economic Building)	คือ อาคารที่ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง
ZEB (Zero Energy Building)	คือ อาคารที่ใช้พลังงานต่ำมาก มีการผลิตพลังงานเพื่อใช้ในอาคารจากพลังงานหมุนเวียนและมีพลังงานจ่ายเข้าจากภายนอกในระดับใกล้ศูนย์
EUI (Energy Utilization Index)	คือ ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
OTTV (Overall Thermal Transfer Value)	คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (วัตต์/ตร.ม.)
RTTV (Roof Thermal Transfer Value)	คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตร.ม.)
LPD (Lighting Power Density)	คือ ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)
COP (Coefficient of Performance)	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์ เรื่องแนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากรอบแนวคิด และใช้เป็นข้อมูลประกอบการอ้างอิงเพื่อส่งเสริมให้งานวิทยานิพนธ์มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

2.1 แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2561-2580 (National Energy Efficiency Plan: EEP2018)

แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2561-2580 (National Energy Efficiency Plan: Energy Efficiency Plan; EEP 2018) โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ผ่านการพิจารณา โดยคณะรัฐมนตรี เมื่อ วันที่ 20 ตุลาคม 2563 ซึ่งเป็นแผนแม่บทในการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีเป้าหมายในการลดความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2580 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 (Ministry of Energy, 2015) กล่าวคือ ลดการใช้พลังงาน ขั้นสุดท้ายของประเทศ ณ ปี พ.ศ.2580 จากระดับ 181,238 ktoe ในกรณีปกติ (Business as usual: BAU) ไปอยู่ที่ระดับ 126,867 ktoe เมื่อดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน คิดเป็นเป้าหมายผลการประหยัดพลังงาน เท่ากับ 54,371 ktoe (ภาพที่ 1)



ภาพ 1 แสดงเป้าหมายการลด EI ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2580

ที่มา: แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2561-2580 (Energy Efficiency Plan; EEP 2018)

โดยจะดำเนินการโดยใช้ 3 กลยุทธ์ คือภาคบังคับ ภาคส่งเสริม และภาคสนับสนุน ซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่ 5 สาขาสาขาเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ 1.ภาคอุตสาหกรรม 2.ภาคธุรกิจการค้า 3.ภาคอาคารและที่อยู่อาศัย 4.ภาคเกตรกรรม และ 5.ภาคขนส่ง รายละเอียดตาม (ตารางที่ 1)

ตาราง 1 แสดงเป้าหมายของการอนุรักษ์พลังงาน

สาขาเศรษฐกิจ	ภาคบังคับ (ktoe)	ภาคส่งเสริม (ktoe)	รวม (ktoe)
(1) อุตสาหกรรม	11,291	9,846	21,137
(2) ธุรกิจการค้า	3,165	3,253	6,418
(3) บ้านอยู่อาศัย	114	3,186	3,300
(4) เกษตรกรรม	37	490	527
(5) ขนส่ง	3,809	13,873	17,682
รวม	**18,416**	**30,648**	**49,064**
ร้อยละ	**38**	**62**	**100**

ที่มา: แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2561 – 2580 (Energy Efficiency Plan; EEP 2018)

ทั้งนี้เพื่อ ให้สามารถบรรลุเป้าหมายการลดความเข้มการใช้พลังงาน (EI) ลงงร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2580 จึงจะต้องมีเป้าหมายลดการใช้พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2561 – 2580 อีกประมาณ 49,064 ktoe

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และ มาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เกณฑ์ มาตรฐานพลังงานอาคาร (Building Energy Code หรือ BEC) โดยในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีพ.ศ. 2558-2579 (Energy Efficiency Plan : EEP2018) ได้กำหนดเป้าหมายลดความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ของประเทศ ให้ลดลงร้อยละ 30 ในปีพ.ศ. 2579 (เทียบกับปีพ.ศ. 2553) ซึ่งได้บรรจุเกณฑ์มาตรฐาน BEC เพื่อบังคับใช้ใน มาตรการใช้พลังงานในอาคารใหม่ โดยมีเป้าหมายผลประหยัดพลังงาน พ.ศ. 2579 คือ 1,166 ktoe และได้วางกลยุทธ์ การทำงานตามแผนอนุรักษ์พลังงาน EEP2015 ด้านการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐาน BEC โดยประสานงานกับกรมโยธาธิการ และผังเมือง ให้บังคับเกณฑ์มาตรฐาน BEC เป็นหนึ่งในข้อบังคับของการขออนุญาตก่อสร้าง (ภาพที่2)

ภาพ 2 เป้าหมายการลดใช้พลังงานในอาคารตามแผน EEP 2015

ที่มา: คู่มือการตรวจสอบการออกแบบและก่อสร้างอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [1]

กระทรวงพลังงาน ได้แบ่งประสิทธิภาพพลังงานของอาคารเป็น 4 ระดับ คือ

1. BEC (Building Energy Code) คือ อาคารที่ผ่านตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน

2. HEPS (High Energy Performance Standard) คือ อาคารที่ประหยัดพลังงานมากกว่าที่ กฎหมายกำหนด ด้วยการใช้เทคโนโลยีทั่วไปในปัจจุบัน

3. Econ (Economic Building) คือ อาคารที่ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง

4. ZEB (Zero Energy Building) คือ อาคารที่ใช้พลังงานต่ำมาก มีการผลิตพลังงานเพื่อใช้ใน อาคารจากพลังงานหมุนเวียน และมีพลังงานจ่ายเข้าจากภายนอกในระดับใกล้ศูนย์ ในส่วนของค่าประสิทธิภาพภาพพลังงานของอาคาร แบ่งเป็นเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานรวม และเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานด้านต่างๆ ได้แก่

1. EUI (Energy Utilization Index) คือค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)

2. OTTV (Overall Thermal Transfer Value) คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (วัตต์/ตร.ม.)

3. RTTV (Roof Thermal Transfer Value) คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตร.ม.)

4. LPD (Lighting Power Density) คือค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)

5. COP (Coefficient of Performance) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น

โดยได้กำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานด้านต่างๆ แบ่งตามเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงาของอาคารตามเป้าหมายปีของแผนอนุรักษ์พลังงาน ได้ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ตาราง 2 แสดงค่าประสิทธิภาพพลังงาน แบ่งตามเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

ระบบ	BEC	HEPS	ECON	ZEB
OTTV (W/m²)	≤50	≤40	≤30	≤20
RTTV (W/m²)	≤15	≤15	≤12	≤12
LPD (W/m²)	≤14	≤10	≤6	≤2
COP	≥ 3.22	≥ 3.64	≥ 4.42	≥ 5.45
EUI (kWh/m²/yr)	171	141	82	5

ที่มา: เอกสารโครงการศึกษาและสาธิตการยกระดับเกณฑ์อาคาร ECON สู่เกณฑ์อาคาร Zero Energy Building กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [2]

2.2 ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตราฐานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564 [3]

ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตราฐานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2564 ซึ่งมีเนื้อหาสำคัญ คือ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวง ฉบับเดิม(2552) และยังได้มีการกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนของระบบเปลือกอาคาร(OTTV),(RTTV) และค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด(LPD) ขึ้นใหม่ ดังนี้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV)

ประเภทอาคาร	วัตต์ต่อตารางเมตร
1. โรงมหรสพ	40
2. โรงแรม	30
3. สถานบริการ	40

4. สถานพยาบาล	30
5. สถานศึกษา	50
6. สำนักงานหรือที่ทำการ	50
7. ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า	40
8. อาคารชุด	30
9. อาคารชุมนุมคน	40

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

ประเภทอาคาร	วัตต์ต่อตารางเมตร
1. โรงมหรสพ	8
2. โรงแรม	6
3. สถานบริการ	8
4. สถานพยาบาล	6
5. สถานศึกษา	10
6. สำนักงานหรือที่ทำการ	10
7. ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า	8
8. อาคารชุด	6
9. อาคารชุมนุมคน	8

ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (LPD)

ประเภทอาคาร	วัตต์ต่อตารางเมตร
1. โรงมหรสพ	11
2. โรงแรม	12
3. สถานบริการ	11
4. สถานพยาบาล	12
5. สถานศึกษา	10
6. สำนักงานหรือที่ทำการ	10
7. ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า	11
8. อาคารชุด	12

9. อาคารชุมนุมคน 11

การออกแบบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานพลังงานอาคาร (Building Energy Code หรือ BEC) โดยจะบังคับกับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่หรือการดัดแปลง 9 ประเภท ยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่ม ได้ 3 กลุ่มประเภทอาคาร โดยแบ่งตามลักษณะชั่วโมงการใช้งานอาคารดังนี้

1. กลุ่มที่ 1 ใช้งานไม่เกินวันละ 8 ชั่วโมง ได้แก่ สถานศึกษา และสำนักงาน
2. กลุ่มที่ 2 งานไม่เกินวันละ 12 ชั่วโมง ได้แก่ โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ และอาคารชุมนุมคน
3. กลุ่มที่ 3 ใช้งานไม่เกินวันละ 24 ชั่วโมง ได้แก่ สถานพยาบาล อาคารชุด และโรงแรมซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีค่าประเมินเกณฑ์มาตรฐานพลังงานอาคาร ที่ต่างกัน (ภาพที่ 3)

ภาพ 3 แสดงการแบ่งกลุ่มอาคาร 9 ประเภท

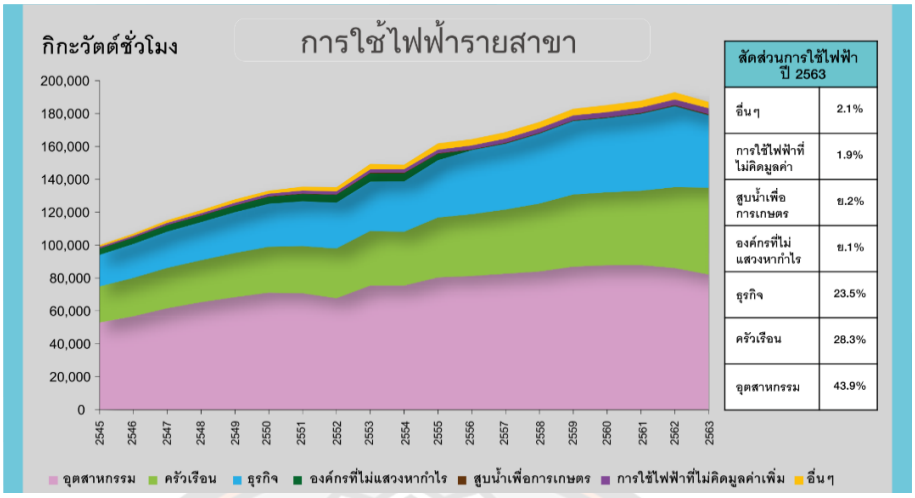
ที่มา: ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

และเนื่องจากการคำนวนค่าเกณฑ์มาตรฐานพลังงานอาคาร มีความซับซ้อนมาก ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานจึง โปรแกรม Building Energy Code (BEC) ซึ่งจะช่วยเป็นเครื่องมือในการคำนวณ (โหลดโปรแกรมได้ที่ http://new.2e-building.com/)

2.3 รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564

รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564 [4] ซึ่งเป็นรายงานที่จัดทำขึ้นปีละ 1 ครั้ง โดยสำนักกงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน จากข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรายภาคเศรษฐกิจ ปี พ.ศ. 2563 พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานในภาคอาคารและที่อยู่อาศัยมากถึง 13% (ภาพ 4) และอัตราการใช้พลังงานยังคงพุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพ 5)

ภาพ 4 แสดงข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรายภาคเศรษฐกิจ ปี พ.ศ.2563
ที่มา: รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน [4]



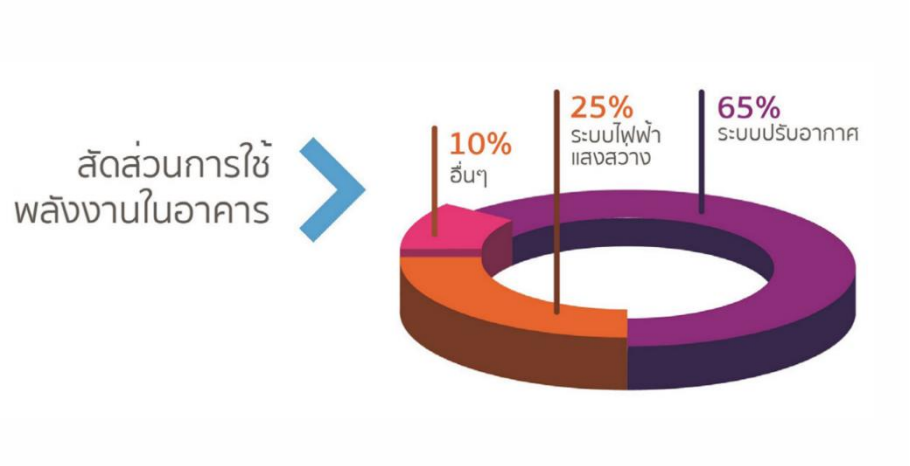
ภาพ 5 แสดงข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารายสาขา ปี พ.ศ.2563

ที่มา: รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน [4]

2.4 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร

สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จัดทำโดยศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5] เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ได้ให้ข้อมูลถึงสถานการณ์พลังงานในภาคอาคาร พบว่าสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงาน เป็นของระบบปรับอากาศ 65% ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 25% และระบบอื่นๆ 10% (ภาพ 6)

ดังนั้นการประหยัดพลังงานในอาคาร ส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การลดใช้พลังงานในการดำ เนินกิจกรรมในอาคาร (Operation) และการ ออกแบบระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูง แต่อย่างไรก็ตาม หากตัวอาคารเองไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนแล้วนั้น การประหยัดพลังงานก็ ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้อย่างยั่งยืน ในทางกลับกัน ถ้าตัวอาคารเองมีการออกแบบโดยคำ นึงถึงการสำนึกเรื่องพลังงาน (Energy Conscious Design) แต่ระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีประสิทธิภาพต่ำ และไม่สอดคล้องกับการดำ เนินกิจกรรมในอาคารตามที่ออกแบบไว้แล้วนั้น อาคารก็ไม่ สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน ด้วยเหตุนี้การทำ งานร่วมกันระหว่าง ผู้ออกแบบทั้งสถาปนิกและวิศวกรจึงสำคัญมากต่อการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงาน โดยควรเริ่มต้นออกแบบอาคารให้ได้รับความร้อนน้อยที่สุด และเลือกระบบให้สอดคล้องกับ การใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง

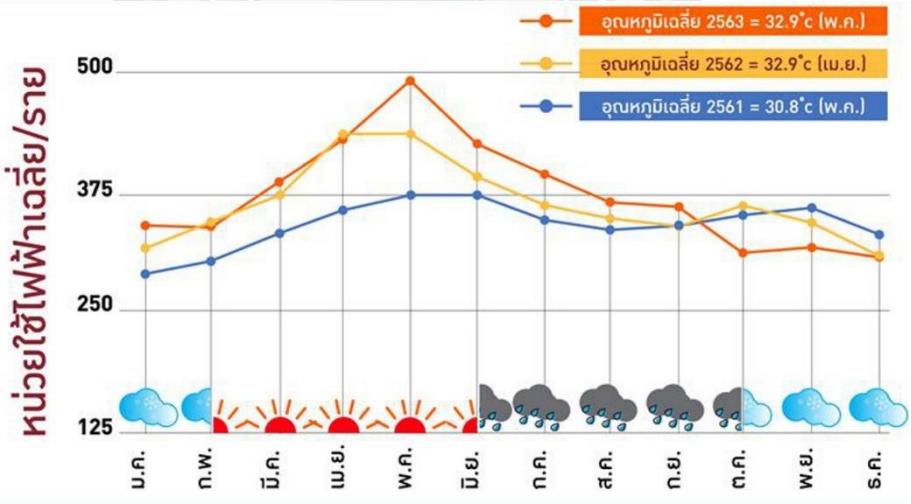


ภาพ 6 แสดงข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

2.5 สถิติการใช้ไฟฟ้าตามช่วงฤดูกาล

สถิติการใช้ไฟฟ้าตามช่วงฤดูกาล ตามรายงาน ของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) จากข้อมูลในปี 2561 – 2563 [6] พบว่า หน่วยการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อรายของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอาคารอยู่อาศัยในช่วงเดือน เม.ย.- มิ.ย. มีค่าสูงกว่าช่วงเดือนอื่นๆ ของปี ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นของปีเช่นกัน ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้เราต้องใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภททำความเย็นมากขึ้น เช่น แอร์ ตู้เย็น เป็นต้น (ภาพ 7)



ภาพ 7 สถิติการใช้ไฟฟ้าตามช่วงฤดูกาล ปี พ.ศ. 2561 – 2563

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (MEA) [6]

2.6 แหล่งความร้อนภายในอาคาร

เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5] ได้อธิบายถึงแหล่งที่มาของความร้อนในอาคารไว้ว่า

1. ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain)

ความร้อนภายในอาคาร เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟฟ้า เป็นต้น

2. ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain)

ความร้อนภายนอกอาคารเป็นความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่าน กระบวนการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

2.1การนำความร้อน (Conduction) จากภายนอกเข้าสู่ส่วนอาคารโดยผ่านทางผนังภายนอก ทั้งส่วนผนังทึบ ผนังโปร่งแสง พื้น หลังคา และ ฝ้าเพดาน

2.2จากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์(Solar Radiation)โดยตรง ผ่านพื้นที่ ที่มีส่วนผนังโปร่งแสง เช่น ส่วนกระจก หลังคาโปร่งแสง หรือ Skylight ซึ่งในประเทศไทยจะได้รับผลกระทบอย่างมาก เนื่องจากที่ตั้ง อยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรของโลก

2.3การพาความร้อน (Convection) เป็นความร้อนที่มากับอากาศภายนอกที่นำเข้ามา เพื่อระบายอากาศภายใน (Ventilation) รวมถึงอากาศภายนอกที่สามารถแทรกซึมเข้ามาภายใน อาคารตามช่องเปิดต่าง ๆ เช่น ประตู หน้าต่าง สำหรับความร้อนในลักษณะนี้ ทิศทางกระแสลมจะมีผลต่อพาความร้อน อย่างมาก (ภาพที่ 8)

ทั้งนี้การศึกษาถึงแหล่งความร้อนภายในอาคาร จะช่วยให้สามารถหาสาเหตุ และการออกแบบเพื่อป้องกันความร้อนให้กับตัวอาคาร ที่มาในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะสามารถช่วยลดพลังงานรวมของอาคาร ในส่วนที่ ที่ต้องนำมาเพื่อปรับอุณภูมิให้เหมาะกับการใช้งาน อีกทั้งอาจยังรวมไปถึงการใช้เทคโนโลยีมาช่วยนำความร้อนส่วนเกินที่เกิดขึ้นในอาคาร นำมาใช้ประโยชน์ให้กับอาคารในอนาคตอีกด้วย (ภาพที่ 8)

ภาพ 8 แสดงที่มาของแหล่งความร้อนในอาคาร

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

2.7 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร

เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5] ได้อธิบายถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร ดังนี้

1. ทิศทางแสงแดด
2. พรรณพืชธรรมชาติ
3. สภาพภูมิประเทศ
4. สภาพภูมิอากาศ

โดยการศึกษาปัจจัยภายนอกในด้านต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร จะช่วยให้การออกแบบสามารถที่จะออกแบบที่จะเลือกป้องกันส่วนที่ส่งผลลบต่ออาคาร หรือการดึงส่วนที่ส่งผลดีต่ออาคารมาช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1. ทิศทางแสงแดด

การจัดวางรูปแบบอาคารให้สอดคล้อง กับทิศทางแสงแดด ควรออกแบบให้ด้านแคบของ อาคารหันไปทางทิศตะวันออก-ทิศ ตะวันตก เพื่อให้ด้านที่มีพื้นที่ผนังน้อย รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยเฉพาะ ซึ่งจะช่วยลดความร้อนที่เข้าอาคารและลด การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

2. พรรณพืชธรรมชาติ

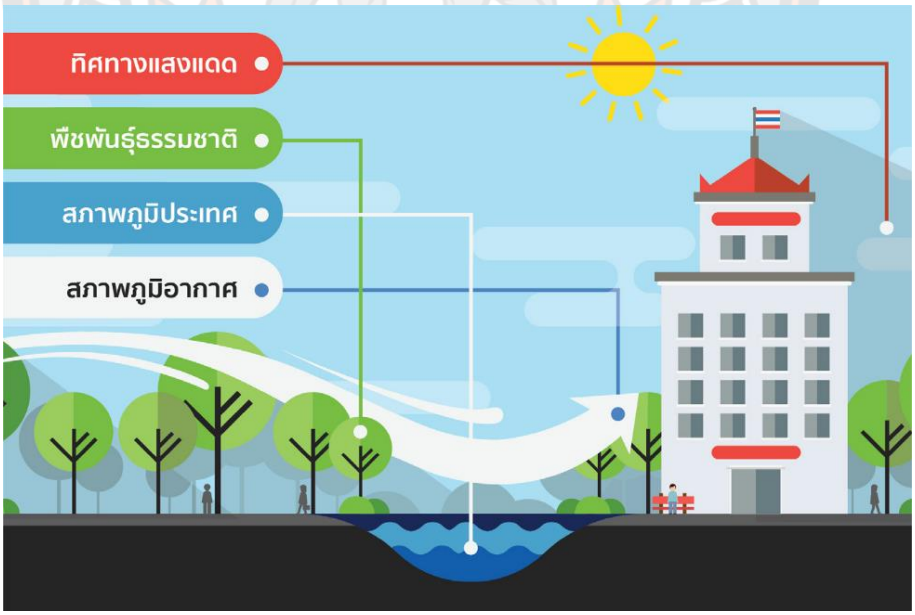
การปลูกต้นไม้รอบๆ อาคาร เพื่อให้ร่มเงา จะช่วยลดความร้อนที่เกิด จากรังสีอาทิตย์ หรือการปลูกไม้พุ่มและการสร้างบ่อน้ำ เพื่อสร้างความเย็นให้กับบริเวณอาคาร หรือการปลูกหญ้าและ พืชคลุมดินเพื่อช่วยดูดซับความร้อนไม่ให้สะท้อนใส่อาคาร

3. สภาพภูมิประเทศ

การช่วยออกแบบและสภาพภูมิประเทศให้เหมาะสมกับอาคาร เช่น การสร้างเนิน ดินรอบอาคาร เพื่อช่วยให้ลมเย็นสามารถพัดผ่านตัวอาคารได้สะดวกยิ่งขึ้น รวมไปถึงการสร้างบ่อน้ำขนาดใหญ่เพื่อ ให้ลมพัดผ่านบ่อน้ำสร้างความเย็นให้กับสภาพ แวดล้อมบริเวณอาคาร เป็นต้น

4. สภาพภูมิอากาศ

การสร้างอาคารควรคำนึงถึง สภาพภูมิอากาศของพื้นที่ท้องถิ่นนั้นๆประกอบด้วย เนื่องจากการ ออกแบบอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ เช่น การ ใช้ประโยชน์จากลมประจำถิ่นด้วยการวางแนวอาคาร หรือเปิดช่องเพื่อรับลม โดยสำหรับประเทศไทย มีลมประจำฤดูได้แก่ ลมประจำฤดูร้อน ซึ่งเป็นลมเย็นสบาย พัดจากทางทิศใต้หรือตะวันตกเฉียงใต้ และลมฤดูหนาวพัดจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพ 9 แสดงการออกแบบโดยคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่ออาคาร

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

2.8 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร

เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5] ได้อธิบายถึงปัจจัยภายในที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร ดังนี้

1. ผนังทึบ
2. โปร่งแสง
3. หลังคา
4. อุปกรณ์บังแดดภายนอก
5. ระบบปรับอากาศ
6. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

โดยการศึกษาปัจจัยภายในด้านต่างๆที่มีผลต่อการออกแบบอาคาร จะช่วยให้การออกแบบสามารถที่จะออกแบบที่จะเลือกวัสดุที่มีประสิทธิภาพต่ออาคาร หรือการออกแบบส่วนต่างๆ ในอาคารมาช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1. ผนังทึบ

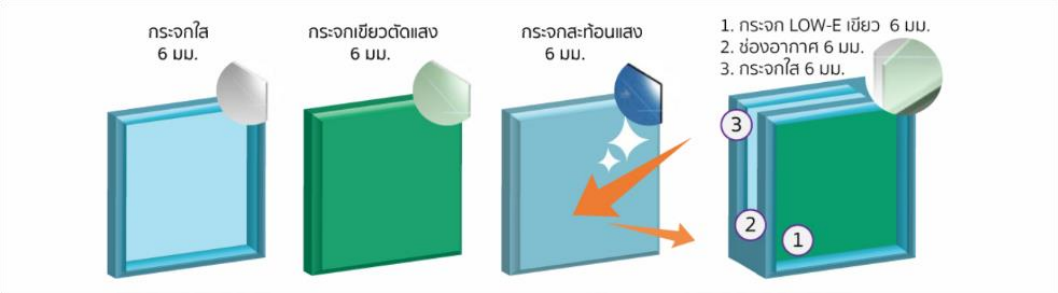
ผนังทึบเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในอาคารใช้เพื่อควบคุมอุณภูมิในอาคาร ให้เหมาะสม กับผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการเลือกใช้ผนังทึบที่เหมาะสมจึงเป็นส่วน สำคัญที่จะช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารโดยตรง และลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ (ภาพที่ 10)

ภาพ 10 แสดงตัวอย่างวัสดุผนังทึบ

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

2. ผนังโปร่งแสง

ผนังโปร่งแสงหรือกระจกเป็น ส่วนประกอบของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร อย่าง มาก เนื่องจากเป็น ส่วนที่รับความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้า สู่ในอาคารได้มากกว่าผนังทึบมากถึง 5-10 เท่า ฉนั้นการเลือกชนิด ของกระจกและรูปแบบการติดตั้งจึงเป็น ส่วนสำคัญ ที่จะช่วยลดการ ใช้พลังงานในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภาพที่ 11)



ภาพ 11 แสดงตัวอย่างวัสดุโปร่งแสง

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

3. หลังคา

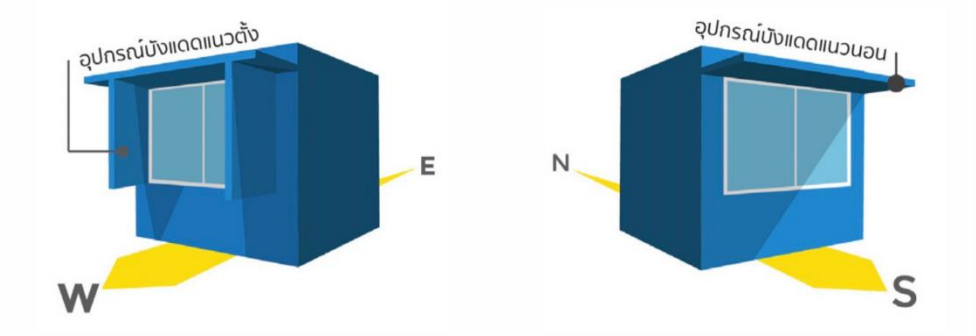
หลังคาเป็นส่วนที่รับแสงและความร้อนจากดวงอาทิตยีโดยตรง ฉนันหลังคาควรติดตั้งฉนวนกันความร้อน เพื่อทำาให้อาคารสามารถกันความร้อนได้ ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวน PU แผ่นยิปซั่มบอร์ดและแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น (ภาพที่12)

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างวัสดุหลังคา

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

4. อุปกรณ์บังแดดภายนอก

การเพิ่มอุปกรณ์บังแดดแบบภายนอก มีประสิทธิภาพที่จะช่วยการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ ภายในอาคารได้มากกว่าแบบภายใน ดังนั้นการออกแบบช่องเปิด ควรมีอุปกรณ์บังแดดติดตั้งด้วย เสมอ โดยการออกแบบและ การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ดีควรคำนึงถึง หลาย ปัจจัยประกอบกันเช่น ทิศทางตัวอาคารขนาดช่องเปิด และ ช่องว่างระหว่างอุปกรณ์บังแดดิ กับผนังอาคาร เป็นต้น (ภาพที่13)

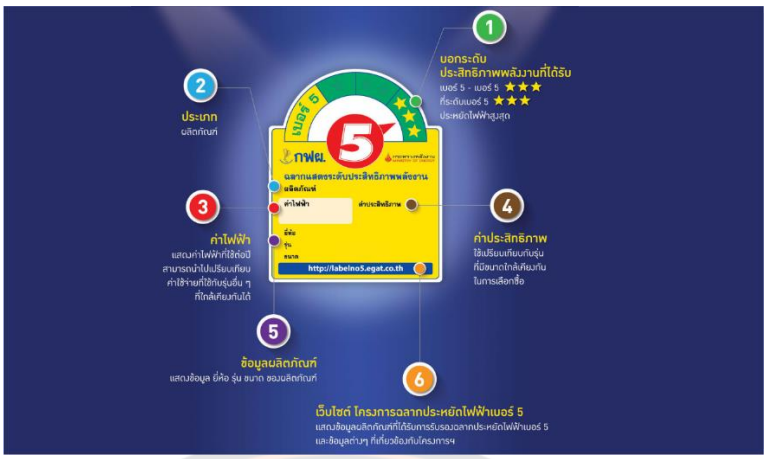


ภาพ 13 แสดงตัวอย่างการบังแดด

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

5. ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศต้องคำนึงถึง ปัจจัยต่าง ๆ เช่น การคำนวนการเลือกเครื่อง ปรับอากาศที่มี ขนาดทำาความ เย็นเหมาะสมกับภาระที่ต้องทำความเย็นและต้องมีประสิทธิภาพสูงหรือเป็น รุ่นประหยัดไฟเบอร์ 5+3 ดาว หรือดูจากค่าวัดประสิทธิภาพค่าที่ใช้วัดสมรรถนะสำหรับเพื่อการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ (SEER)เป็นต้น (ภาพที่14)



ภาพ 14 แสดงตัวอย่างค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

6. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การออกแบบเพื่อลดการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสง สว่างคือการประหยัดไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟให้ได้ มากที่สุดแต่ยังคงความสว่าง เพียงพอกับการใช้งาน แนวทางการออกแบบระบบ ไฟฟ้าแสงสว่างได้แก่ การเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หลอด LED (ภาพที่15)

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

ที่มา: เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร [5]

2.9 ระบบฐานรากที่รักษาสิ่งแวดล้อม

นอกจากปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร กระบวนการและขั้นตอนในการก่อสร้าง ยังถือเป็นปัจจัยที่ต้องให้น้ำหนักในการคำนึงถึงในเรื่อง การรักษาสิ่งแวดล้อม และการลด การใช้พลังงานในขั้นตอนการก่อสร้าง เพราะระบบการก่อสร้างในปัจจุบัน ยังมีการใช้พลังงานที่มาก และยังมีการปล่อยมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการออกแบบ วางแผน และเลือกใช้เทคโนโลยีใน การก่อสร้างมาใช้ จะส่งผลให้อาคารที่ออกแบบ เป็นอาคารที่มีการอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่ขั้นของ กระบวนการก่อสร้าง

เทคโนโลยีระบบฐานรากแบบเข็มเหล็ก (Kemrex Screw Pile) ซึ่งมีระบบการติดตั้งที่ไม่ทำลายชั้นหน้าดิน เพราะไม่มีการขุดหน้าดิน จึงไม่มีการปล่อยคาบอนไกออกไซด์ ให้ชั้นบรรยากาศ ตัววัสดุฐานรากที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งการติดตั้งยังใช้เวลาที่น้อย จึงใช้พลังงานในการติดตั้งที่น้อยตามไปด้วย รวมไปถึงขนส่งที่สามารถขนส่งได้ครั้งละจำนวนมาก จึงประหยัดพลังงาน จากการขนส่งอีกด้วย คุณสมบัติอีกหนึ่งข้อของเทคโนโลยีฐานรากประเภทนี้คือการที่สามารถรื้อถอนหรือเคลื่อนย้าย นำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงเป็นการลดการใช้ทรัพยากรของโลก (ภาพที่ 16)

จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น นับว่าเทคโนโลยีระบบฐานรากแบบเข็มเหล็ก (Kemrex Screw Pile) มีจุดเด่นทางคุณสมบัติที่จะเป็นทางเลือกในการตอบโจทย์การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานได้อีกตัวเลือกนึง

ภาพ 16 แสดงเทคโนโลยีฐานรากกับการรักษาสิ่งแวดล้อม

ที่มา: เอกสารฐานรากเพื่อสิ่งแวดล้อม บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด [7]

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2559) [8] ได้ให้คำนิยามอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero Energy Building: ZEB) ว่าคือ อาคารที่ออกแบบให้ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร มีการประหยัดพลังงานในระบบต่าง ๆ และมีการผลิตพลังงานเองได้เท่ากับหรือมากกว่าพลังงานที่ใช้ในอาคาร แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศ (National Energy Efficiency Plan: EEP) ซึ่งเป็นแผนแม่บทในการอนุรักษ์พลังงานมีเป้าหมายในการลดความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 ได้ตั้งเป้าหมายในส่วนอาคารอนุรักษ์พลังงานให้มุ่งสู่อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ ภายใน ปี พ.ศ. 2579

ปัจจุบันได้มีการให้ความหมายหรือคำจำกัดความของอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ไว้หลากหลาย การใช้พลังงานสุทธิที่อาคารเป็นศูนย์ (Net Zero Site Energy – Site ZEB) คือ การที่อาคารใช้พลังงานหมุนเวียนในโครงการเท่ากับหรือมากกว่าพลังงานที่อาคารใช้ในรอบปี โดยทั่วไปเมื่อพูดถึง “อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์” มักจะใช้ในความหมายว่า เป็นการใช้พลังงานสุทธิที่โครงการเป็นศูนย์ (Site ZEB) เนื่องจากเข้าใจได้ง่ายและยังคำนวณได้ง่าย การใช้พลังงานสุทธิ ณ สถานที่ผลิตพลังงานเป็นศูนย์ (Net Zero Source Energy – Source ZEB) คือ การที่อาคารใช้พลังงานหมุนเวียนเท่ากับหรือมากกว่า พลังงานที่อาคารใช้ในรอบ 1 ปี เมื่อคำนวณที่แหล่งที่ผลิตพลังงาน ดังนั้นสำหรับพลังงานไฟฟ้าที่มาจากระบบสายส่งนั้นจะต้องรวมประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทเชื้อเพลิงและวิธีการที่ใช้ผลิตไฟฟ้า และพลังงานที่สูญเสียไประหว่างการขนส่งด้วย พลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้ามีค่ามากกว่าพลังงานไฟฟ้าที่โครงการไม่ต่ำกว่า 3 เท่าตามทฤษฎีอาคารที่วัดความสำเร็จด้วย Source ZEB จึงต้องมีการประหยัดพลังงานและผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มากกว่าอาคารที่วัดความสำเร็จด้วย Site ZEB และต้องมีการหาอัตราส่วนที่จะนำมาใช้ แปลงค่า Site ZEB ให้เป็น Source ZEB ที่ถูกต้องเหมาะสม

การมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Costs – Cost ZEB) คือ การที่อาคารสามารถขายพลังงานที่ผลิตได้ คือ มีรายรับเท่ากับค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้ไปในรอบ 1 ปี การปล่อยมลพิษจากการผลิตพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Emissions – Emission ZEB) คือ การที่อาคารสามารถผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง หมุนเวียนที่ไม่มีมลพิษ โดยสามารถลดมลพิษได้เท่ากับมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษ

ที่โครงการทั่วไปใช้ สำหรับการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิต พลังงานไฟฟ้า สำหรับโครงการทั่วไปมีค่าเท่ากับ 0.5897 tCO2/MWh สำหรับอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ สามารถออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

ระดับ A อาคารที่มีระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนบนอาคาร

ระดับ B อาคารที่มีระบบผลิตพลังงานหมุนเวียน ในพื้นที่โครงการ

ระดับ C อาคารที่มีการซื้อเชื้อเพลิงหมุนเวียน เช่น ชีวมวล จากภายนอกโครงการเพื่อมา ผลิตพลังงาน

ระดับ D อาคารที่มีการซื้อพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตภายนอกโครงการมาใช้

แนวทางในการออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ ในประเทศไทยนั้น ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น การใชพลังงานส่วนใหญ่ จึงใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักเพื่อการปรับอากาศและความเย็น ให้ผู้ใช้อาคารนั้น การออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์จึงต้อง ประกอบไปด้วยความรู้พื้นฐานการในการออกแบบอาคารที่จะต้อง เน้นไปที่การป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าอาคาร และการ พึ่งพาธรรมชาติเพื่อใช้ประโยชน์จากพลังงานที่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น ความเย็นจากลมธรรมชาติ น้ำ ต้นไม้ และ พื้นดิน แสงสว่างธรรมชาติ และความร้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อทำให้อาคารลดการพึ่งพาไฟฟ้าให้มากที่สุด จึงมักพบว่าอาคารใช้ พลังงานเป็นศูนย์ เป็นอาคารที่มีส่วนอาคารลึกไม่มาก โดยอาจเป็นอาคารที่แคบหรือเป็นอาคารที่มีโถง ตรงกลาง(Atrium) เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากแสงและลม ธรรมชาติ

อาคารที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน และออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน กระบวนการออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์นี้ จะประสบความสำเร็จต้องใช้กระบวนการแบบบูรณาการ (Integrated process) ผู้ที่มีความสำคัญที่สุดที่จะทำาให้การออกแบบอาคารใช้ พลังงานเป็นศูนย์มีความสำเร็จได้คือ เจ้าของอาคาร ที่จะต้อง มีความมุ่งมั่นและต้องกำาหนดเป้าหมายที่ชัดเจน เนื่องจากอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์นั้น เป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องต่อเนื่อง ซึ่งเกี่ยวข้องกับทั้งการออกแบบอาคาร การใช้งานอาคาร และ การประเมินผล อาคารในช่วงใช้งานในแต่ละปี กระบวนการออกแบบก่อสร้างอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ให้ประสบความสำเร็จนั้น การทำงานจะต้องเป็น กระบวนการทำงานแบบบูรณาการ (Integrated process) คือ ทั้งเจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบงานสถาปัตยกรรม และภูมิสถาปัตยกรรม ผู้ออกแบบงานระบบประกอบอาคาร ผู้รับเหมาก่อสร้าง และที่ปรึกษาต่าง ๆ ทำางานร่วมกันตั้งแต่เริ่มต้น เนื่องจากการออกแบบอาคารโดยเฉพาะอาคาร ขนาดใหญ่ที่มีระบบซับซ้อนให้ประหยัดพลังงานมาก ๆ นั้น ต้องอาศัยความรู้หลายสาขา ต้องให้ทุกฝ่ายมีความเข้าใจ ร่วมกัน มีเป้าหมาย

ร่วมกัน และต้องส่งต่อข้อมูลกันระหว่าง แต่ละฝ่ายกลับไปกลับมาเพื่อการประเมินผลและการตัดสินใจทุกกระบวนการ

โสพิศ ชัยชนะ, (2016) [9] หาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกรอบอาคารสำนักงานสาธารณสุข จังหวัดเชียงราย เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและให้กรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยก่อนปรับปรุงอาคาร อาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 68.69 W/m^2 และค่าการถ่ายผ่านความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ 27.64 W/m^2 ซึ่งหลังจากปรับปรุงวิธีแรกค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เหลือเท่ากับ 48.05 W/m^2 ลดปริมาณไฟฟ้าได้ 8.16 เปอร์เซ็นต์และวิธีที่สอง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เหลือเท่ากับ 41.11 ลดปริมาณไฟฟ้าได้ 10.87 เปอร์เซ็นต์ และวิธีที่สามค่าค่าการถ่ายผ่านความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เหลือเท่ากับ 5.18 ลดปริมาณไฟฟ้าได้ 6.26 เปอร์เซ็นต์

พันธุดา พุฒิไพโรจน์ “การกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์” [10]

กระทรวงพลังงานได้กำหนดเกณฑ์ของอาคาร ZEB และเป้าหมายเวลาไว้ในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) [11] โดยแบ่งประสิทธิภาพพลังงานของอาคารเป็น 4 ระดับ คือ

1) BEC (Building Energy Code) คือ เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงงานขั้นต่ำในอาคาร

2) HEPS (High Energy Performance Standard) คือเกณฑ์มาตรฐานขั้นสูงของระบบต่างๆ ซึ่งเป็นเป้าหมายที่สามารถบรรลุด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน

3) Econ (Economic Building) คือ เกณฑ์เป้าหมายในอนาคตอันใกล้เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีของอุปกรณ์และระบบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีกแต่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

4) ZEB (Zero Energy Building) คือ เกณฑ์เป้าหมายในระยะยาวที่อาคารใช้พลังงานที่จ่ายเข้าจากภายนอกในระดับใกล้ศูนย์ เนื่องจากมีความต้องการพลังงานของอาคารที่ต่ำ มาก และยังมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

โดยการกำหนดประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในระดับต่างๆ ข้างต้น ใช้เกณฑ์ 2 แบบ คือ เกณฑ์ประสิทธิภาพตารางเมตรต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี) และเกณฑ์ประสิทธิภาพในรายระบบที่มีผลต่อการใชกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับ

อากาศ ซึ่งการศึกษานี้จำกัดขอบเขตเฉพาะประเภทอาคารสำนักงานเท่านั้น จึงแสดงข้อมูลอาคารเพียงประเภทเดียว โดยในแผนฯ ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า ค่า EUI เหล่านี้เกิดจากปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร ประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศและการระบายอากาศ ประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ต่อมาแผนฯ ดังกล่าวได้มีการปรับปรุงเป็นแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 แต่มิได้มีการเปลี่ยนแปลงค่า EUI

เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานด้านต่างๆ ได้แก่

1. EUI (Energy Utilization Index) คือค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)

2. OTTV (Overall Thermal Transfer Value) คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (วัตต์/ตร.ม.)

3. RTTV (Roof Thermal Transfer Value) คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตร.ม.)

4. LPD (Lighting Power Density) คือค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)

5. COP (Coefficient of Performance) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น

ซึ่งต้องคำนวณการผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย โดยใช้ โปรแกรม BEC ของกระทรวงพลังงาน [12]

ตาราง 3 เป้าหมายด้านเวลาและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

ปีเป้าหมาย พ.ศ.	2562	2567	2573	2579
ระดับอาคาร	BEC	HEPS	ECON	ZEB
การใช้พลังงานรวมทั้งอาคาร (kWh/m^2-y)	171	141	82	57
OTTV (W/m^2)	≤ 50	≤ 40	≤ 30	≤ 20
RTTV (W/m^2)	≤ 15	≤ 15	≤ 12	≤ 12
ประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) (W/m^2)	≤ 14	≤ 10	≤ 6	≤ 2
ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ (COP)	≥ 3.22	≥ 3.64	≥ 4.42	≥ 5.45

ที่มา: พันธุดา พุฒิไพโรจน์ การกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์

เทียนธรรม จุนเจือจาน 2559 “ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน” [13]

สภาวะโลกร้อนคือการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น จากภาวะเรือนกระจก หรือที่เรารู้จักกันดีในชื่อว่า Green House Effect ซึ่งมีต้นเหตุจากการที่มนุษย์ ได้เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ การใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง การขนส่ง และ การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้น มนุษย์เรายังได้เพิ่มก๊าซกลุ่มไนตรัสออกไซด์ และ คลอโรฟลูโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon, CFC) เข้าไปอีกด้วย พร้อมๆกับการที่เราตัดและทำลายป่าไม้มาก เพื่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ทำให้มีการ การดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ออกจากระบบ และบรรยากาศถูกลดทอนประสิทธิภาพลง ปัญหาต่างๆจากสภาวะโลกร้อนได้มีหลายหน่วยงานได้ตระหนักถึงความสำคัญพยายามศึกษาหาสาเหตุ และแนวทางในการ ช่วยกันแก้ปัญหา เพื่อลดผลกระทบที่เกิดตามมา การลดใช้พลังงานไฟฟ้าก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ สามารถช่วยแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน เพราะไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ เป็นพลังงานที่เกิดจากการ เผาผลาญพวกถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามา กระบวนการพวกนี้จะ ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และมลพิษทางอากาศ

ให้ปัจจุบันประเทศต่างๆหันมาให้ความสนใจกับการป้องกันปัญหาจากภาวะโลกร้อน Green Building หรืออาคารสีเขียว ซึ่งเป็นเกณฑ์ใหม่ในการออกแบบอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม ที่ทั่วโลกให้การยอมรับและได้มีการนำแนวคิดเรื่องเกณฑ์อาคารสีเขียวมาใช้ในงานก่อสร้างแล้ว ซึ่งใน แต่ละประเทศที่ได้มีการพัฒนาเรื่องอาคารเขียวไปมากแล้ว จะมีองค์กรที่เป็นตัวแทนของประเทศใน การออกแบบหลักเกณฑ์และให้การรับรองอาคารสีเขียวในประเทศของตน ซึ่งองค์กรด้านอาคารสี เขียวของแต่ละประเทศก็ได้รวมกันก่อตั้ง World Green Building Council ซึ่งแต่ละประเทศมีชื่อ เรียกและมีระบบการประเมินที่แตกต่างกัน เช่น สหรัฐอเมริกาจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารสี เขียว หรือ LEED (Leadership in Energy and Environment Design) ประเทศญี่ปุ่นใช้ชื่อว่า CASBEE (LEED USA Building, 2007)

คำนิยามของอาคารสีเขียว ไม่ใช่แค่การปลูกต้นไม้ให้เกิดสีเขียวหรือการทาสีแต่เป็นอาคารที่ ประหยัดพลังงาน คงความเป็นธรรมชาติในพื้นที่ และใช้ทรัพยากรทุกอย่างในอาคารอย่าง คุ้มค่า อาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจริงๆ อาคารเขียวสำหรับเมืองไทย ถือว่าอยู่ในช่วงผลักดันให้ผู้ ซื้อหรือผู้เช่าอาคารมีความรู้ความเข้าใจและ ความคุ้มค่าในการใช้งานอาคารเขียว เพราะผู้ซื้อหรือผู้ เช่าที่จะเป็นแรงกระตุ้นให้เจ้าของอาคาร หรือผู้ก่อสร้างต้องตอบโจทย์ผู้ใช้งานอีกทีหนึ่ง ยกตัวอย่าง ตึก ที่ได้ชื่อว่าเป็นอาคารสีเขียว ต้องมีคุณสมบัติเด่น 5 ประการคือ พื้นที่และบริเวณรอบอาคารต้องมี ธรรมชาติ ทั้งตึกต้องมีระบบประหยัดน้ำ ประหยัดพลังงาน รวมถึงก่อสร้างด้วยวัสดุที่เป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม มีการบริหารจัดการทรัพยากรในสำนักงานทุกอย่าง เช่น เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่รีไซเคิลได้ หรือนำไปแปรรูปเป็นอย่างอื่นได้ และสุดท้ายผู้ใช้งานอาคารจะต้องมีสุขภาพดีทั้งกายและใจ จึงจะถือว่าเป็นอาคารสีเขียวที่สมบูรณ์แบบ คนส่วนใหญ่คิดว่าการสร้างอาคารสีเขียวไม่จำเป็นและใช้การ ลงทุนสูงเกิดประโยชน์น้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนทีเสียไป จึงยังไม่ได้รับความนิยมนัก ประโยชน์ของการมีอาคารสีเขียว สามารถช่วยทำให้องค์กรใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ประกอบกับวิศวกร สถาปนิกไทย ผู้ประกอบการร้านวัสดุก่อสร้าง ให้ความสำคัญและคิดค้นสร้าง สิ่งประดิษฐ์ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างเพื่อเพิ่มประสบการณ์ในการทำงานทั้งการออกแบบ ก่อสร้าง พัฒนาวัสดุ ที่รองรับอาคารสีเขียวมากขึ้น เพิ่มมูลค่าเพิ่มสินค้าและยังคงอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ ในประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทำการศึกษาดัชนีการใช้พลังงาน ทำการศึกษาโดยแบ่งประเภทของอาคารสำนักงานออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงพยาบาล

อาคารสีเขียวสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการใช้พลังงานภายในอาคาร เป็นเรื่องที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆในเรื่องของการใช้ พลังงานมากที่สุด เพราะเมื่อมาเทียบสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าของไทย โดยพบว่าการใช้พลังงานใน อาคารคิดเป็นร้อยละ 45 ของการผลิตไฟฟ้า

ทั้งหมด โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ในปีก่อนๆใช้ ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดมลภาวะมากต่อชั้นบรรยากาศ การใช้พลังงานในอาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ดังนี้

1) พลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุและการก่อสร้างอาคาร

2) พลังงานที่ใช้ในการนำอาคารกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ในการรื้อถอนทำลายอาคารบ้านเรือน

3) พลังงานที่ใช้ในการดำเนินการใช้อาคาร

ซึ่งพบว่าการใช้พลังงานในอาคารเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพราะวิธีการ ผลิตกระแสไฟฟ้าก่อมลภาวะสูง สังเกตได้จาก ขบวนการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์จะปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ 1 ตัน และเมื่อเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย ใน 1 ชั่วโมงมีการผลิตจำนวน 20,000 กิโลวัตต์ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากถึง 20,000 ตัน โดยอาคารส่วนใหญ่อาคารใช้พลังงานจากไฟฟ้า เป็นหลัก คือ ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบทำความเย็นปรับอากาศคิดเป็น 50 % -70% ของการใช้พลังงาน ไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร รองลงมา คือ ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างและไฟฟ้าหรือพลังงานที่ใช้ สำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตส่วนใหญ่ผลิตมาจากถ่านหินซึ่งสามารถก่อให้เกิด ปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เพราะเป็นตัวการสำคัญที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งนี้การลดการใช้ พลังงานในอาคารรวมถึงบ้านเรือนต่าง ๆ จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องค่าไฟฟ้าแล้วยังช่วยลด ปัญหาโลกร้อน เพราะอาคารเป็นตัวแปรสำคัญในการลดการใช้พลังงานในภาพรวม

สถาปัตยกรรมสมัยใหม่ หรือ Modern Architecture เกิดขึ้น เนื่องจาก มนุษย์มีความต้องการอย่างหนึ่งคือความสบาย แต่ในสมัยก่อนปริมาณการปล่อยของเสียมีปริมาณที่ไม่มากนักอดีต และปัจจุบันและไม่สามารถเปรียบเทียบ ซึ่งของเสียเป็นของเสียที่สลายได้เองตามธรรมชาติ ทุกองค์ประกอบของการออกแบบสามารถอธิบายด้วยหลักทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์จวบจนหลัง เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรปทางด้านอาคารก็มีการออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ตัวอย่างการออกแบบอาคารเพื่อแก้ปัญหาสภาพแวดล้อม เห็นชัดในเขตภูมิอากาศที่รุนแรง เช่นเขตหนาวและเขตทะเลทราย ทำการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นทั่วโลกอย่าง ลึกซึ้ง พบว่าเป็นนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญของมนุษยชาติรูปแบบสังคมเมืองเริ่มเปลี่ยนไป จากเดิม เกิดชุมชนที่หนาแน่นกับการทำงานในเมือง และการใช้พื้นที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุดการออกแบบรูปแบบสถาปัตยกรรมสาธารณะขนาดใหญ่ซึ่งแยกออกจากสภาพแวดล้อม เกิดการคิดค้น งานระบบอาคารขึ้นมา ปรับรูปแบบการปรับและการระบายอากาศ

ด้วยเครื่องจักรกล อาคารที่สร้าง ต้องอาศัยพลังงานจากแหล่งพลังงานที่มี บ่อเกิดพลังงานมาจาก ถ่านหินและน้ำมันดิบ รูปแบบอาคาร และเทคโนโลยีอาคารที่ถูกใช้เพื่อความสะดวกสบายของ มนุษย์พัฒนาต่อเนื่อง แต่ยังคงใช้พลังงานจาก แหล่งเดิม รวมทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคขนส่ง ด้านรูปแบบสถาปัตยกรรม เป็นการเปลี่ยนแปลง ให้แก่การออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพ ภูมิอากาศพื้นถิ่นหรือการออกแบบ Bioclimatic Design ไม่ ใช้รูปแบบเดิม เพราะอาคารต่าง เลือกใช้ระบบเครื่องกลในการปรับสภาวะแวดล้อมภายในให้น่าสบาย โดยไม่สนใจต่อลักษณะ อากาศภายนอกว่าจะเป็นเช่นใด รูปแบบและองค์ประกอบอาคารไม่สามารถชี้ ชัดได้ว่ามาจาก สภาพภูมิอากาศแบบ เริ่มตั้งแต่ปี1973 เกิดกระแสการประหยัดพลังงานในอาคารมาก ขึ้น เกิด รูปแบบการออกแบบอาคารที่เรียกว่า Passive Design ซึ่งจะเน้นทางด้านการปรับอากาศและ การ ระบายอากาศโดยไม่ใช้เครื่องจักรกลที่ใช้พลังงาน อาคารเหล่านี้จะเน้นการออกแบบช่องเปิดให้ เกิดการระบายอากาศ มีการออกแบบโถงเพื่อใช้เป็น Climate Buffer-zone รวมทั้งปรับปรุงการใช้ ฉนวนกันความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ และเริ่มใช้แผงโซลาร์เซลล์เพื่อทำความร้อนให้กับอาคาร

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยแนวทางการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับอาคารสำนักงานอัจฉริยะ เพื่อให้งานวิจัยนี้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ออกแบบและวางกำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยของวิทยานิพนธ์ ออกเป็น 6 ส่วน เพื่อเป็นแนวทางและกรอบลำดับขั้นตอนการทำงานสำหรับการดำเนินการ (ภาพที่ 17)

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้เป็นการดำเนินการ ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ด้านต่างๆ เช่น ข้อมมูลด้านพลังงานจากภาครัฐ, แผนและนโยบายด้านพลังงาน , ตลอดจนสถิติและงานวิจัยด้านพลังงานที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำเข้าพลังงานในอาคาร

ในส่วนนี้เป็นการดำเนินการ ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เช่น สภาพภูมิประเทศ-ภูมิอากาศ, ทิศทางแดด-ลม, ฤดูกาล ตลอดจนปัจจัยการเกิดความร้อนภายในอาคาร

ส่วนที่ 3 การออกแบบอาคารเพื่อมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ในส่วนนี้เป็นการออกแบบในส่วนอาคาร โดยการนำเอาข้อมูล ในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบกับข้อมมูลทางเทคนิคด้านสถาปัตยกรรม เพื่อให้อาคารสามารถดึงประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมาใช้ประโยชน์ในการลดการใช้พลังงานของอาคาร

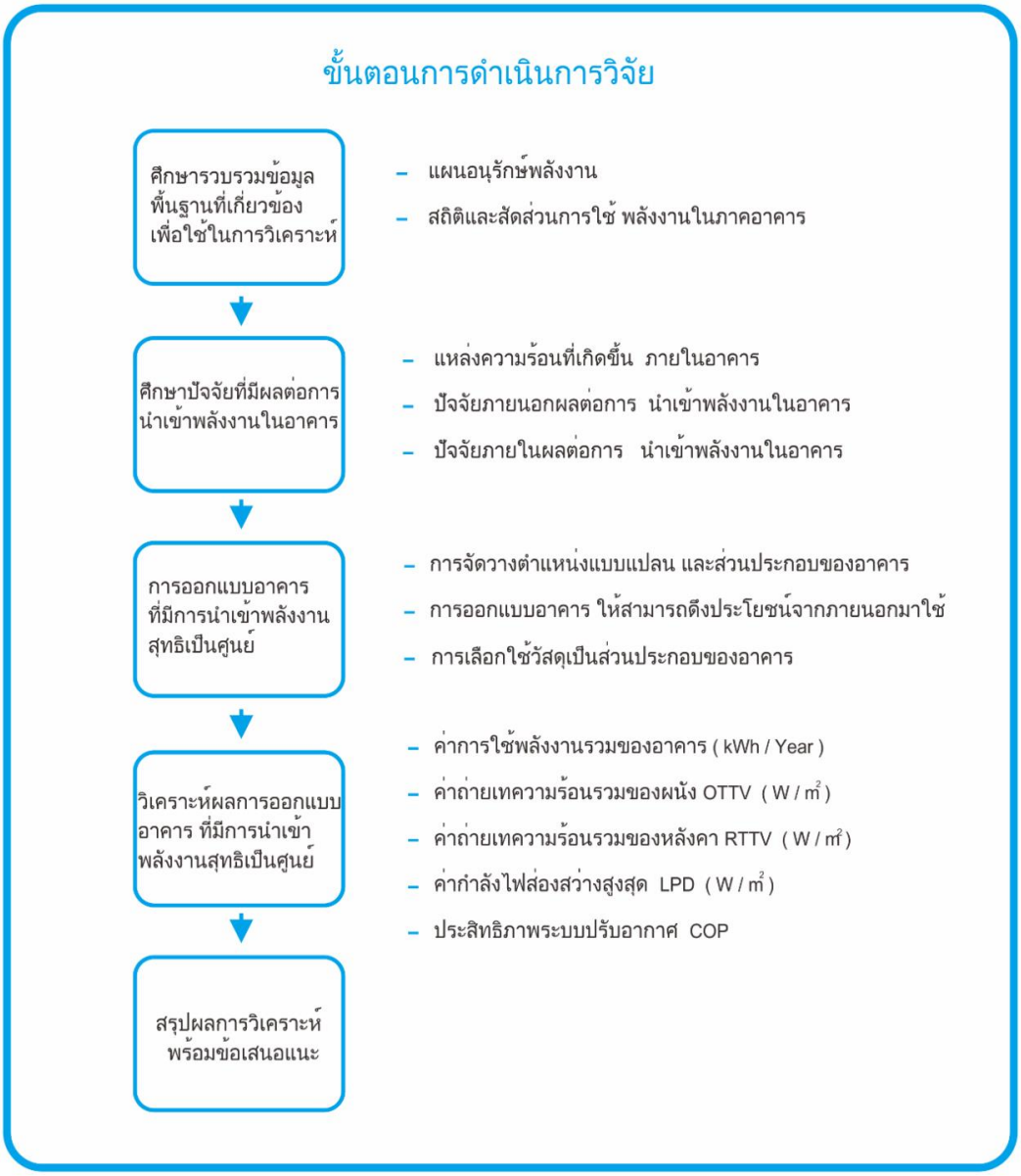
ส่วนที่ 4 จำลองการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร

โดยมีการจำลอง 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และกรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB)

ส่วนที่ 5 วิเคราะห์ผลการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ผลการออกแบบ ตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคาร เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตราฐานอาคารด้านพลังงาน (Building Energy Code :BEC

ส่วนที่ 6 การสรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ



ภาพ 17 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้ โปรแกรม BEC Web-based โดย ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน http://new.2e-building.com/

การออกแบบอาคาร

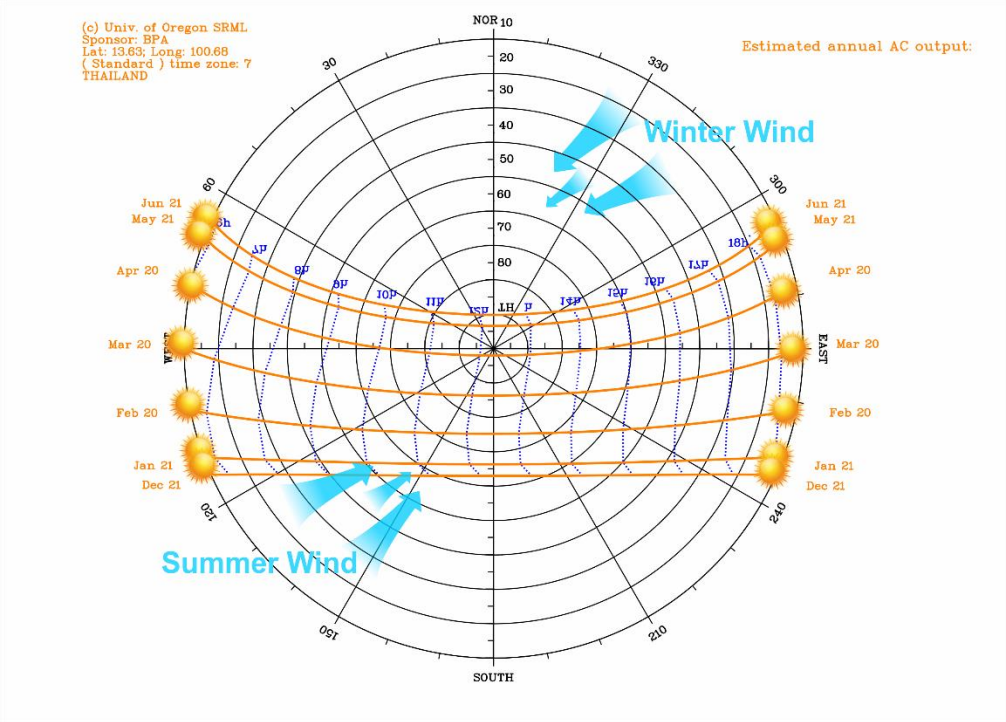
การทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์นั้น สิ่งสำคัญที่สุดคือการทำให้อาคารมีการใช้พลังงานที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ก่อน แล้วจึงออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้ครอบคลุมการใช้พลังงานนั้น ดังนั้น การออกแบบอาคารจึงเป็นตัวแปรลำดับแรกที่มีความสำคัญต่อการลดการใช้พลังงานของอาคาร โดยการออกแบบอาคารให้มุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางและขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการดังนี้

1. **การวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ** (Site Analysis)

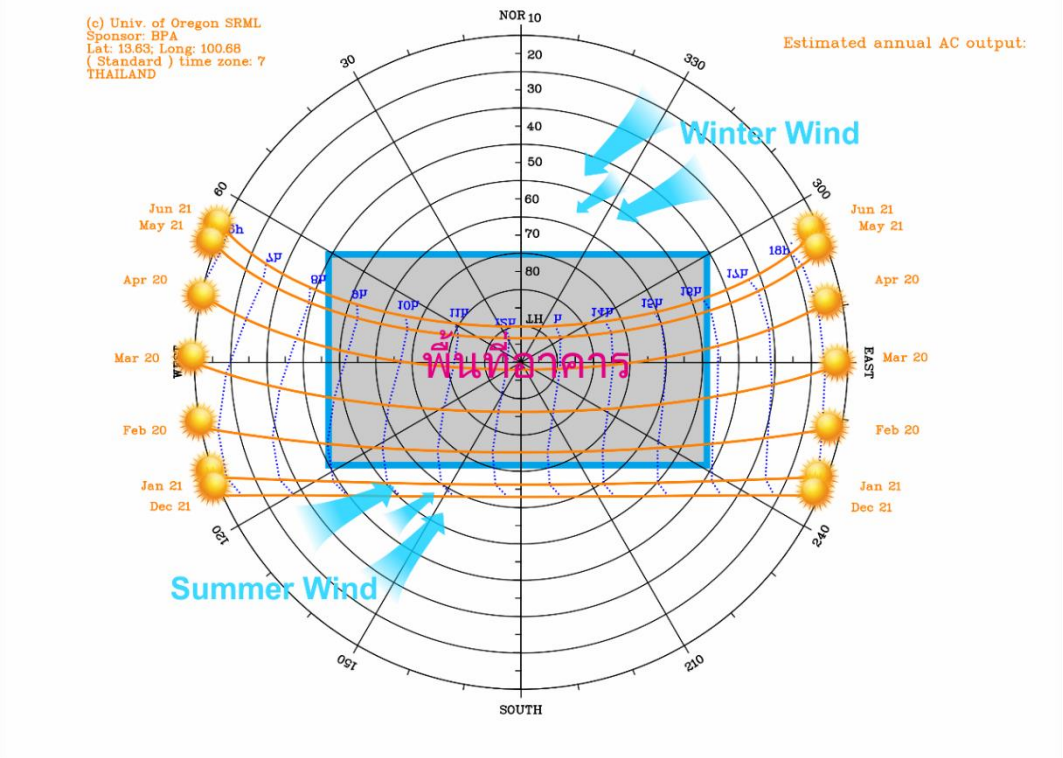
ประเทศไทยตั้งอยู่พิกัดเหนือเส้นศูนย์สูตร ระหว่างละติจุดที่ 5-20 องศาเหนือและลองติจุด 97-105 องศาตะวันออก โดยตั้งแต่เดือนกันยายน จะเป็นเดือนที่เส้นทางวิถีวงโคจรของดวงอาทิตย์ จะเป็นแสงอ้อมจากทางทิศใต้ แล้วจะค่อย ๆ ขยับจากทิศใต้ลงใต้ไปเรื่อย ๆ จนถึงเดือนมกราคมที่แสงแดดจะอ้อมใต้มากที่สุด จากนั้นแดดจะค่อย ๆ ขยับขึ้นเหนือมาจนถึงกลางเดือนเมษายน จะเป็นช่วงที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์ตรงกับตำแหน่งของประเทศไทยพอดีทำให้เป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของประเทศไทย และหลังจากสิ้นเดือนเมษายน วิถีวงโคจรของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนจากการอ้อมทางทิศใต้เป็นการอ้อมทิศเหนือ โดยจะวนเวียนในลักษณะนี้ทุก ๆ ปี และทิศทางลมจะพัดมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมที่ช่วยลดความร้อนของอากาศลงได้ และอีก 1 ลมประจำฤดูคือช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ทิศทางลมจะพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเรียกว่า ลมหนาว

การวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการเพื่อจัดวางแบบแปลนอาคารให้มีความสอดคล้องกับสถานที่ตั้ง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยวางแผนในการกำหนดส่วนต่างๆของอาคาร, กำหนดตำแหน่งห้องต่างๆของอาคาร,การป้องกันความร้อน, การเปิดรับแสงธรรมชาติ ตลอดจนการนำลมประจำฤดูมาช่วยลดความร้อนให้กับอาคาร โดยการวิเคราะห์เส้นทางทางโคจรของดวงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ วิเคราะห์โดยใช้ โปแกรม (ภาพที่ 18)

ผลจากการวิเคราะห์พื้นที่ตั้งโครงการ ได้สรุปให้มีการวางแนวแกนของอาคารให้มีด้านแคบหันไปทางทิศตะวันตก-ตะวันออก เพื่อให้ส่วนที่มีพื้นที่ผนังน้อย เป็นส่วนที่รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อให้มีความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารลดลง (ภาพที่ 19)



ภาพ 18 แสดงการวิเคราะห์แนวโคจรดวงอาทิตย์ และทิศทางลมประจำฤดู



ภาพ 19 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ เพื่อจัดวางแบบแปลนอาคาร

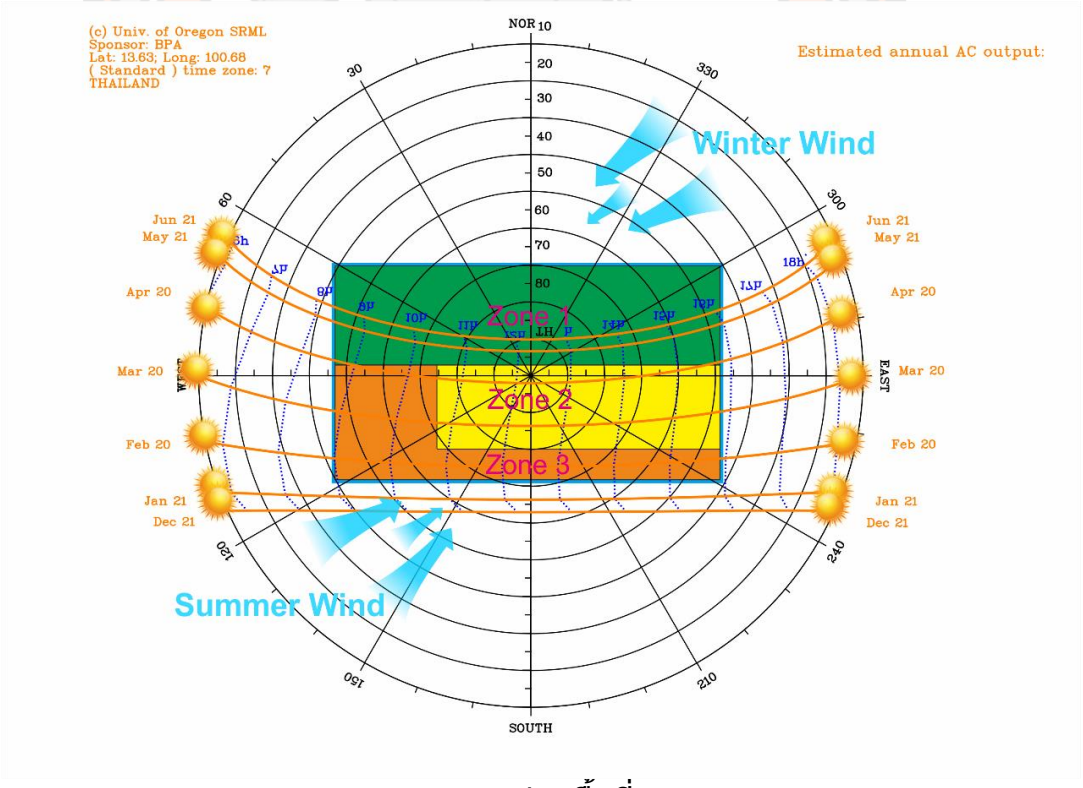
2. การกำหนดส่วนพื้นที่อาคาร (Zoning)

ผลจากการวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ ได้กำหนดส่วนของพื้นที่อาคาร (Zoning) ตามความเหมาะสมได้ดังนี้ (ภาพที่ 20)

ส่วนที่ 1 มีพื้นที่ส่วนใหญ่ติดทางด้านทิศเหนือ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์น้อย และยังสามารถนำแสงธรรมชาติจากทางทิศเหนือเข้ามาใช้เพิ่มความสว่างให้อาคารได้อีกด้วย จึงกำหนดให้เป็นพื้นที่ปรับอากาศที่มีชั่วโมงการใช้งานมากที่สุด และมีความจำเป็นต้องใช้แสงสว่างในการดำเนินกิจกรรม เช่น ส่วนทำงาน และ ห้องประชุม

ส่วนที่ 2 มีพื้นที่อยู่ตรงกลางระหว่างโซนทิศใต้และโซนทิศเหนือ กำหนดให้เป็นพื้นที่กึ่งปรับอากาศ มีการใช้งานที่ไม่นาน เช่น โถงทางเดิน เตรียมอาหาร และห้องน้ำ

ส่วนที่ 3 มีพื้นที่อยู่ทางทิศใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ แต่เป็นพื้นที่ที่มีลมประจำฤดูพัดผ่าน กำหนดให้เป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ และเป็นส่วนที่ระบายอากาศได้ดี เช่น โถงระเบียงแบบมีหลังคา พื้นที่ส่วนนี้ยังเป็นเหมือนส่วนที่ป้องกันและระบายความร้อน ก่อนจะไปถึงโซนที่ 2 และโซนที่ 1



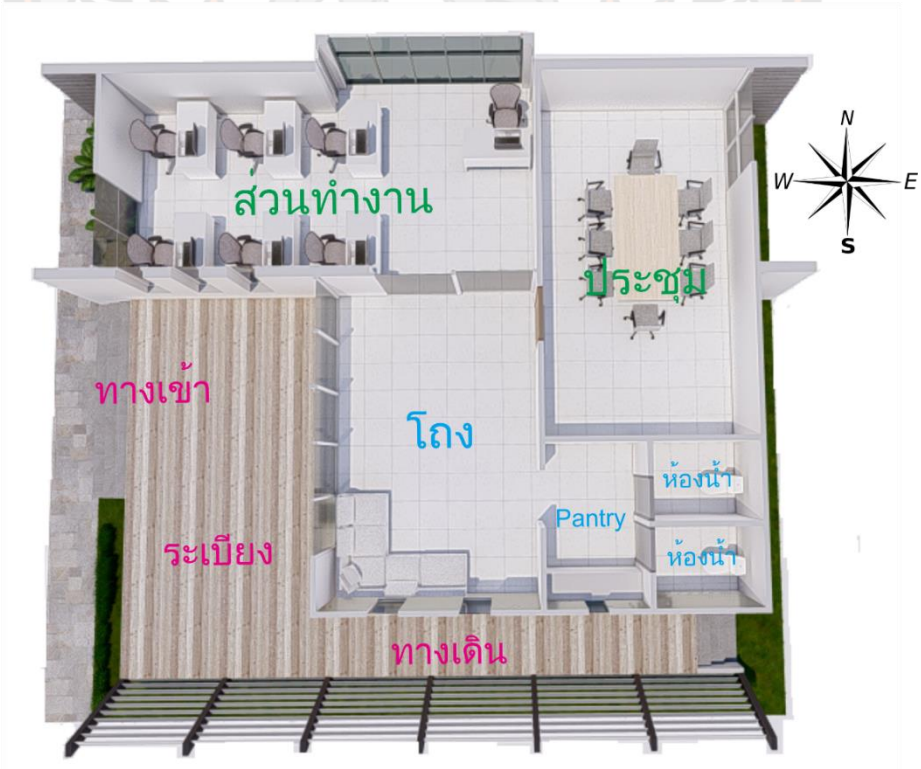
ภาพ 20 แสดงการกำหนดส่วนพื้นที่ ของอาคาร (Zoning)

3. แบบผังพื้นอาคาร (Ground Floor Plan)

แนวทางการศึกษานั้นได้ มุ่งเน้นไปที่กลุ่มเป้าหมาย อาคารสำนักงานขนาดเล็กถึงขนาดกลาง จึงได้กำหนดพื้นที่การออกแบบอาคารตัวอย่างซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยขนาด 150 ตร.ม.โดยทำการแบ่งผังพื้นอาคาร(Ground Floor Plan) ตามการใช้งานซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยอาคารอันประกอบไปด้วย

1. ส่วนทางเข้า , ระเบียง และทางเดิน ออกแบบให้เป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ โดยมีพื้นที่ใช้สอยในส่วนนี้ทั้งหมด 54 ตรม.
2. ส่วนโถงต้อนรับ เป็นพื้นที่ปรับอากาศ โดยมีพื้นที่ใช้สอยในส่วนนี้ทั้งหมด 24 ตรม.
3. ส่วนพื้นที่ทำงาน เป็นพื้นที่ปรับอากาศ โดยมีพื้นที่ใช้สอยในส่วนนี้ทั้งหมด 32 ตรม.
4. ส่วนพื้นที่ห้องประชุม เป็นพื้นที่ปรับอากาศ โดยมีพื้นที่ใช้สอยในส่วนนี้ทั้งหมด 24 ตรม.
5. ส่วนพื้นที่ห้องเตรียมอาหาร เป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ โดยมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 10 ตรม.
6. ส่วนพื้นที่ห้องน้ำ (2 ห้อง) เป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ โดยมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 6 ตรม.

รวมพื้นที่ใช้สอยรวมของอาคารทั้งหมด 150 ตรม. (ภาพที่21)



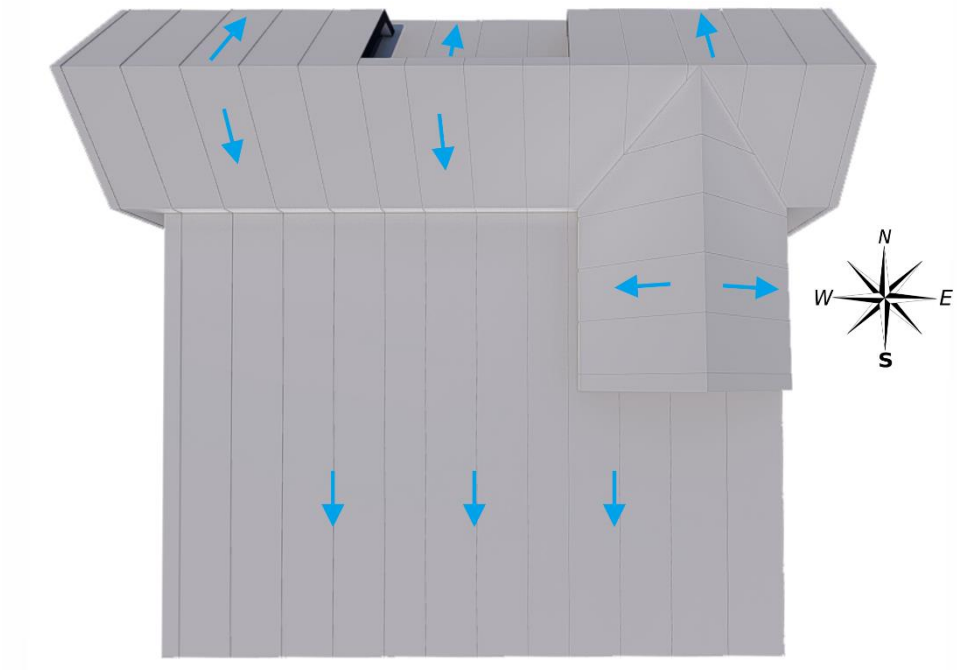
ภาพ 21 แสดงแบบผังพื้นอาคาร (Ground Floor Plan)

4. **ผังหลังคาอาคาร** (Roof Floor Plan)

หลังคาอาคาร เป็นส่วนเปลือกอาคารที่ต้องรับความร้อนและแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง รวมถึงการที่ต้องรองรับน้ำฝน ในช่วงเวลาฝนตก การออกแบบหลังคาจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับอาคารประเภทอนุรักษ์พลังงาน โดยได้ออกแบบส่วนหลังคาอาคารดังนี้ (ภาพที่22)

ส่วนที่ 1 หลังคาในส่วนพื้นที่ Zoneที่2 และZoneที่ 3 ซึ่งมุมเอียงหันไปทางทิศใต้ของอาคาร โดยออกแบบให้มีมุมลาดเอียงที่ 15 องศา เพื่อเตรียมไว้สำหรับรองรับการติดตั้งแผง Solar Cell เพื่อผลิตไฟฟ้านำมาใช้ หรือการสร้างระบบหลังคาเขียว(Green Roof)ในอานาคต

ส่วนที่ 2 หลังคาในส่วนพื้นที่ Zoneที่1 ซึ่งเป็นส่วนพื้นที่ห้องทำงานและห้องประชุม ได้ออกแบบให้มีความสูงมากกว่าส่วนที่ 1 โดยออกแบบเป้นรูปทรงจั่ว ซึ่งนอกจากจะสร้างมิติ ทางสถาปัตยกรรมให้กับตัวอาคารแล้ว การออกแบบหลังคาทรงจั่วในส่วนนี้ยังช่วยให้เกิดเงา (Shading) ให้กับส่วนด้านทิศเหนือ เพื่อให้สามารถนำแสงธรรมชาติ ที่ไม่มีรังสีความร้อนมาก มาใช้เพิ่มแสงสว่างให้กับอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง



ภาพ 22 แสดงแบบผังหลังคาอาคาร (Roof Floor Plan)

5. รูปด้านอาคาร (Elevation)

ผนังอาคาร เป็นส่วนเปลือกอาคารอีกส่วนของอาคาร ที่ต้องได้รับการพิจารณา และให้ความสำคัญในการออกแบบเป็นอย่างมากสำหรับอาคารประเภทอนุรักษ์พลังงาน โดยได้พิจารณา และออกแบบส่วนผนังคารอาคาร โดยแยกเป็นส่วนตามด้านของอาคารดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านทิศตะวันตก พื้นที่ส่วนนี้ออกแบบผนังอาคารไม่ต้องรับแดดโดยตรง แต่สามารถที่จะรับลมจากลมประจำฤดูในหน้า ร้อน ซึ่งนำมาใช้เพื่อลดอุณภูมิในอาคารได้ (ภาพที่ 23)

ด้านที่ 2 ด้านทิศเหนือ ผนังอาคารส่วนนี้จะไม่โดนแสงแดดโดยตรง จึงสามารถนำแสงธรรมชาติ ที่ไม่มีรังสีความร้อน มาใช้เพิ่มแสงสว่างให้กับอาคารได้ (ภาพที่ 24)

ด้านที่ 3 ด้านทิศตะวันออก ผนังอาคารส่วนนี้สารถออกแบบให้รับแสงในตอนเช้าได้ แต่ยังคงต้องออกแบบส่วนบังช่องแสงให้ตั้งฉากกับทิศใต้ เพื่อป้องกันสงในช่วงสาย-ช่วงบ่าย (ภาพที่ 25)

ด้านที่ 4 ด้านทิศใต้ ผนังส่วนนี้ เป็นทิศที่โดนแดดมากที่สุด จึงออกแบบให้พื้นที่ส่วน นี้มีผนังอาคาร 2 ชั้น (Leyer) คือส่วนผนังชั้นใน และส่วนผนังชั้นนอก โดยผนังชั้นนอกออกแบบ เป็นแผงระแนงบังแดด แต่ลมยังสามารถผ่านได้ เพื่อให้ผนังใน ซึ่งเป็นส่วนห้องที่ปรับอากาศ ให้ไม่โดนแดดโดยตรง และช่องว่างระหว่าผนัง 2 ชั้นนี้ ซึ่งกำหนดเป็นส่วนทางเดิน ยังสามารถที่จะรับลมจากลมประจำฤดูในหน้าร้อน ซึ่งทำหน้าที่เหมือนฉนวนอากาศ เพื่อลดอุณภูมิในอาคารได้ (ภาพที่ 25)

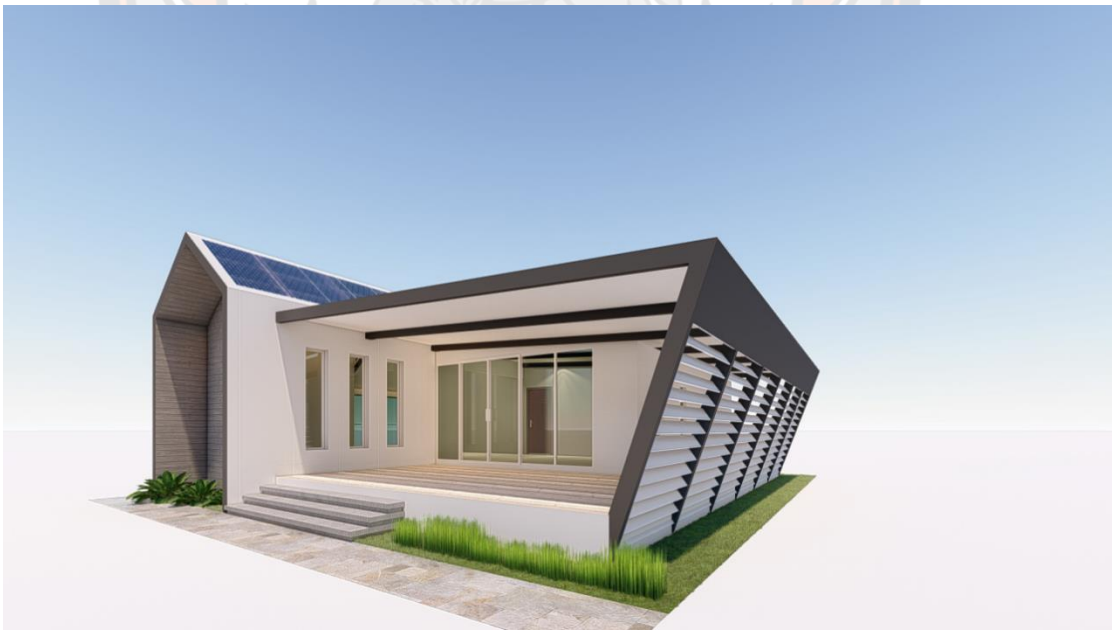
ภาพ 23 แสดงรูปด้านอาคาร 1 (Elevation-1)

ภาพ 24 **แสดงรูปด้านอาคาร** 2 (Elevation-2)

ภาพ 25 **แสดงรูปด้านอาคาร** 3 (Elevation-3)

ภาพ 26 แสดงรูปด้านอาคาร 4 (Elevation-4)

6. ภาพทัศนียภาพอาคาร (Perspective)



ภาพ 27 แสดงภาพทัศนียภาพอาคาร 1 (Perspective 1)

ภาพ 28 **แสดงภาพทัศนียภาพอาคาร** 2 (Perspective 2)

ภาพ 29 **แสดงภาพทัศนียภาพอาคาร** 3 (Perspective 3)

7. **รูปตัดอาคาร** (Section)

ในส่วนรูปตัดอาคารนี้จะแสดงให้เห็นถึงกระบวนการออกแบบอาคารด้านอนุรักษ์พลังงาน (Passive Design) เช่น การยกอาคารให้พื้นที่ใต้อาคารให้อากาศสามารถไหลเวียน และยังป้องกัน การถ่านเทความร้อนและความชื้นโดยตรงจากพื้นสู่อาคาร , การเอียงผนังเพื่อสร้าง Shading ให้อาคารและเปลี่ยนมุมตกกระทบของแสงเพื่อลดการรับแสงและรังสีความความร้อนโดยตรงจาก แสงอาทิตย์, การดึงแสงธรรมชาติในส่วนที่ไม่มีความร้อนมาให้เพิ่มความสว่างให้กับอาคาร และการใช้ลมประจำฤดู เพื่อลดอุณภูมิอาคาร เป็นต้น กระบวนการออกแบบเหล่านี้ จะมาช่วยส่งเสริม การอนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคาร (ภาพที่ 30)

ภาพ 30 แสดงรูปตัดอาคาร (Section)

8. แบบผังระบบไฟฟ้าแสงสว่างอาคาร (Lighting Plan)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารนี้ เลือกใช้โคมไฟดาวน์ไลท์ Led12 w. มีขนาดกำลังไฟฟ้า 12.00 วัตต์/ชุด จำนวนทั้งหมด 25 ชุด โดยมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งรวม 0.3 กิโลวัตต์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 2.00 วัตต์/ตร.ม. (ภาพที่ 23)

ภาพ 31 แสดงแบบผังระบบไฟฟ้าแสงสว่างอาคาร (Lighting Plan)

การคำนวณจำนวนหลอดไฟ โดยใช้ค่ามาตราฐานความเข้มของแสงสว่าง ของห้องต่างๆ ตามการใช้งาน โดยแบ่งตามการใช้พื้นที่ดังนี้

1. ส่วนโถงรับแขก พื้นที่ 24 ตรม. ค่ามาตรฐานความเข้มของแสง 200 ลักซ์
   ต้องการแสงสว่างภายในพื้นที่ 4800 ลูเมน
   ใช้หลอด LED ขนาด 12 วัตต์ จำนวน 4หลอด
2. ส่วนเตรียมอาหาร พื้นที่ 6 ตรม. ค่ามาตรฐานความเข้มของแสง 200 ลักซ์

ต้องการแสงสว่างภายในพื้นที่ 1200 ลูเมน

ใช้หลอด LED ขนาด 12 วัตต์ จำนวน 1 หลอด

3. ห้องน้ำ พื้นที่ 10 ตรม. (2 ห้องๆละ 5 ตรม) มาตรฐานความเข้มของแสง 100 ลักซ์

ต้องการแสงสว่างภายในพื้นที่ 1000 ลูเมน

ใช้หลอด LED ขนาด 12 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

4. ห้องทำงาน พื้นที่ 32 ตรม. ค่ามาตรฐานความเข้มของแสง 300 ลักซ์

ต้องการแสงสว่างภายในพื้นที่ 9600 ลูเมน

ใช้หลอด LED ขนาด 12 วัตต์ จำนวน 8 หลอด

5. ห้องประชุม พื้นที่ 24 ตรม. ค่ามาตรฐานความเข้มของแสง 200 ลักซ์

ต้องการแสงสว่างภายในพื้นที่ 7200 ลูเมน

ใช้หลอด LED ขนาด 12 วัตต์ จำนวน 6 หลอด

6. ส่วนระเบียงทางเข้า พื้นที่ 48 ตรม. ค่ามาตรฐานความเข้มของแสง 100 ลักซ์

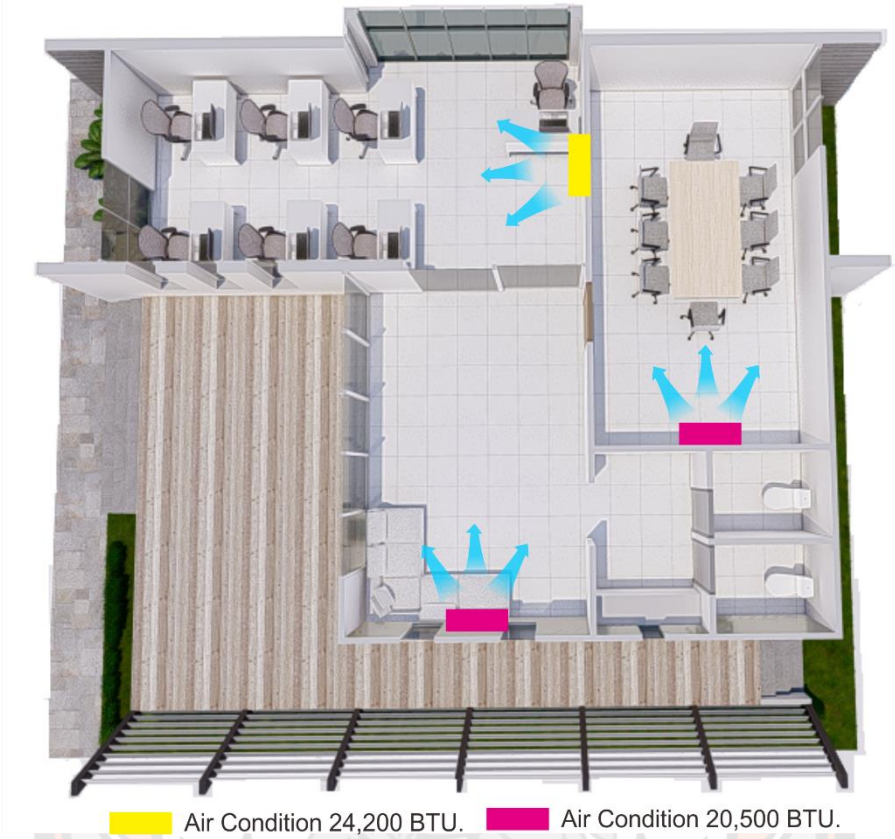
ต้องการแสงสว่างภายในพื้นที่ 4800 ลูเมน

ใช้หลอด LED ขนาด 12 วัตต์ จำนวน 4 หลอด

9. ผังระบบปรับอากาศอาคาร (Air Condition Plan)

การเลือกใช้ระบบปรับอากาศในอาคารนี้ โดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบชุด ขนาดการทำความเย็น 20,500 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 เครื่อง และขนาดการทำความเย็น 24,200 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง ที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 20.02 ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ บีทียู/ชั่วโมงที่ 800 โดยแบ่งตามการใช้พื้นที่ดังนี้ (ภาพที่ 32)

1. ส่วนห้องทำงาน ใช้ขนาดการทำความเย็น 24,200 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง
2. ส่วนห้องประชุม ใช้ขนาดการทำความเย็น 20,500 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง
3. ส่วนโถงรับแขก ใช้ขนาดการทำความเย็น 20,500 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง



ภาพ 32 แสดงแบบผังระบบปรับอากาศ (Air Condition Plan)

10. การกำหนดวัสดุอาคาร (Material Specification)

วัสดุอาคารเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์อย่างมาก การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีมาใช้ในการออกแบบ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานในอาคารที่ออกแบบมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

โดยงานศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการจำลองการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร โดยมีการจำลอง 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และ กรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมาย ให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB)

กรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC)

1. **ระบบฐานราก** เลือกใช้ระบบฐานรากเข็มเหล็ก (Kemrex Screw Pile) เนื่องจากมีระบบการติดตั้งที่ไม่ทำลายชั้นหน้าดิน เพราะไม่มีการขุดหน้าดิน จึงไม่มีการปล่อยคาบอนไดออกไซด์ ให้ชั้นบรรยากาศ ตัววัสดุฐานรากที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งการติดตั้งยังใช้เวลาที่น้อย จึงใช้พลังงานในการติดตั้งที่น้อยตามไปด้วย คุณสมบัติอีกหนึ่งข้อของเทคโนโลยีฐานรากประเภทนี้คือ การที่สามารถรื้อถอนหรือเคลื่อนย้าย นำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงเป็นการลดการใช้ทรัพยากรของโลก

2. **ระบบโครงสร้าง** เลือกใช้วัสดุ เหล็กปลอดสนิม คุณสมบัติวัสดุประเภทนี้คือ มีความแข็งแรงคงทน มีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนสูง และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ลดการใช้ทรัพยากรของโลก

3. **ระบบผนังส่วนทึบ** เลือกใช้วัสดุ อิฐมวลเบาฉาบเรียบทาสี เป็นวัสดุในท้องตลาดที่มีความสามารถในการนำความร้อนที่ต่ำ ระบายความร้อนได้ดี น้ำหนักเบา และติดตั้งได้เร็ว และเป็นวัสดุที่นิยมใช้ทั่วไป

4. **ระบบผนังส่วนโปรงแสง** เลือกใช้กระจกใส (Float glass) 6 มม. เป็นวัสดุในท้องตลาดที่นิยมใช้ทั่วไป ด้วยราคาที่ไม่สูงมากนัก ตัวกระจกยังสามารถส่งผ่านแสงสว่างให้เข้ามาในตัวอาคารได้ดี ทำให้อาคารสามาถนำแสงสว่างภายนอกมาใช้ในอาคารได้

5. **ระบบหลังคา** เลือกใช้วัสดุ หลังคาโมเนีย เป็นวัสดุในท้องตลาดที่มีความสามารถในการนำความร้อนที่ต่ำ ติดตั้งง่าย และเป็นวัสดุที่นิยมใช้ทั่วไป

กรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมาย ให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB)

1. **ระบบฐานราก** เลือกใช้ระบบฐานรากเข็มเหล็ก (Kemrex Screw Pile) เนื่องจากมีระบบการติดตั้งที่ไม่ทำลายชั้นหน้าดิน เพราะไม่มีการขุดหน้าดิน จึงไม่มีการปล่อยคาบอนไดออกไซด์ ให้ชั้นบรรยากาศ ตัววัสดุฐานรากที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งการติดตั้งยังใช้เวลาที่น้อย จึงใช้พลังงานในการติดตั้งที่น้อยตามไปด้วย คุณสมบัติอีกหนึ่งข้อของเทคโนโลยีฐานรากประเภทนี้คือ การที่สามารถรื้อถอนหรือเคลื่อนย้าย นำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงเป็นการลดการใช้ทรัพยากรของโลก

2. **ระบบโครงสร้าง** เลือกใช้วัสดุ เหล็กปลอดสนิม คุณสมบัติวัสดุประเภทนี้คือ มีความแข็งแรงคงทน มีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนสูง และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ลดการใช้ทรัพยากรของโลก

3. **ระบบผนังส่วนทึบ** เลือกใช้วัสดุ Sandwich Panel PU คุณสมบัติคือสามารถลดการแผ่รังสีและการนำความร้อนได้มากกว่า 95 % ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำที่สุดรอง จากสุญญากาศ (K Factor = 0.017-0.023 W/mk) ซึ่งคุณสมบัตินี้จะช่วยลดอุณภูมิในอาคารซึ่งจะส่งผลให้การใช้พลังงานในการปรับอากาศลดลง ทั้งยังมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่นมีน้ำหนักเบา ลดการผ่านของเสียง และสามรถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

4. **ระบบผนังส่วนโปรงแสง** เลือกใช้ วัสดุกระจก Low E คุณสมบัติคือความร้อนส่องผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อยมากซึ่งความร้อนสามารถผ่านเข้ามาได้เพียง 41.4% ในขณะที่ในกระจกทั่วไปนั้นมีความร้อนผ่านเข้ามาในตัวอาคารสูงถึง 73%คุณสมบัตินี้จะช่วยลดอุณภูมิในอาคารซึ่งจะส่งผลให้การใช้พลังงานในการปรับอากาศลดลง ในขณะที่ตัวกระจกยังสามารถส่งผ่านแสงสว่างให้เข้ามาในตัวอาคารได้ดี ทำให้อาคารสามาถนำแสงสว่างภายนอกมาใช้ในอาคารได้

5. **ระบบหลังคา** เลือกใช้วัสดุ Sandwich Panel PU (ชนิดมีลอนหลังคา)คุณสมบัติคือสามารถลดการแผ่รังสีและการนำความร้อนได้มากกว่า 95 % ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำที่สุดรองจากสุญญากาศ (K Factor = 0.017-0.023 W/mk) ซึ่งคุณสมบัตินี้จะช่วยลดอุณภูมิในอาคารซึ่งจะส่งผลให้การใช้พลังงานในการปรับอากาศลดลง ทั้งยังมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่นมีน้ำหนักเบา , ลดการผ่านของเสียง และสามรถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการออกแบบอาคารโดยดึงประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมาใช้ประโยชน์ในการลดการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ดังแบบอาคารที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 นั้น จึงได้นำแบบอาคารดังกล่าวมาจำลองการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร โดยมีการจำลอง 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และกรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB) และใช้โปรแกรม BEC Web–Based โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในการคำนวนและประเมินค่าเกณฑ์มาตรฐานพลังงานอาคาร (Building Energy Code หรือ BEC) ซึ่งได้ผลการคำนวนการใช้พลังงานในอาคารทั้ง 2 กรณี โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการจำลองกรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC)

ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร	สำนักงานแบบที่ 1
ชื่อโครงการ/อาคาร	อาคารสำนักงาน 150 ตร.ม.
สถานที่ตั้งอาคาร	ประเทศไทย
เจ้าของแบบอาคาร	-
ผู้ออกแบบ	อนนท์ พลขุนทด
ผู้ขอรับการตรวจแบบประเมินแบบอาคาร	undefined
สถานภาพโครงการ	Designed

พื้นที่อาคารทั้งหมด

พื้นที่ใช้สอยรวม	150.00 ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศ	80.00 ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยไม่ปรับอากาศ	70.00 ตร.ม.
พื้นที่จอดรถในตัวอาคาร	- ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยบนดาดฟ้า	- ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยอื่น ๆ ที่มีหลังคาปกคลุม	150.00 ตร.ม.

รูปแบบอาคารส่วนใหญ่

จำนวนชั้น/ความสูง	อาคาร 1 ชั้น สูง 3.5 เมตร
ผนัง	อิฐมวลเบาฉาบเรียบ 2 ด้าน
กระจก	Clear float glass 6 mm.
WWR A/C zone เฉลี่ย	0.20
หลังคา	หลังคากระเบื้อง ซีแพคโมเนีย.

อุปกรณ์การใช้พลังงานส่วนใหญ่

เครื่องปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแบบชุด 20,500 - 24,200 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง ที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 20.02
ไฟส่องสว่าง	โคมไฟดาวน์ไลท์ Led12 w. ขนาด 12.00 วัตต์ ที่มีกำลังไฟติดตั้งรวม 300.00 วัตต์
อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน	ไม่มี

ราคาค่าก่อสร้าง

1,650,000.00 บาท	(ตารางเมตรละ 11,000.00 บาท)

ตาราง 4 สรุปผลการประเมินตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 50.00	42.04	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	8.49	ผ่าน
ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	2.00	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≤ 12.85	20.02	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	≤ 9,717.229	6,547.366	ผ่าน

การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ

1. **ระบบกรอบอาคาร** : ผลจากการตรวจประเมินแบบอาคารพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมมของผนังด้านนอกอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 50.00 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่าน เกณฑ์มาตรฐานตามที่ กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ(RTTV) เท่ากับ 10.00 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1)

2. **ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง** : ผลจากการตรวจประเมินแบบอาคารพบว่าใช้โคมไฟดาวน์ไลท์ Led13 w.ขนาด 12.00 วัตต์ มีกำลังไฟฟ้าติดตั้งรวม 0.3 กิโลวัตต์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 1.99 วัตต์/ตร.ม.ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 2)

3. **ระบบปรับอากาศ** : ผลจากการตรวจประเมินแบบอาคาร พบว่าอาคารมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบชุด 20,500 - 24,200 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง ที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 20.02 ที่มีประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ - ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 3)

การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

ผลจากการประเมินพบว่า ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคารมีค่าเท่ากับ 6,547.366กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี ซึ่งต่ำกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 5)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name : อาคารสำนักงาน 150 ตร.ม.แบบที่ 1

Building Name : อาคารสำนักงาน 150 ตร.ม.

Building Type : สำนักงาน

Location : ประเทศไทย

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

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	6,547.366 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) :	6,547.366 kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	9,717.230 kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	42.036 W/m²
OTTV (A/C Zone) :	48.309 W/m²
Code OTTV :	50.000 W/m²
Building OTTV Status :	passed
RTTV (A/C Zone) :	8.489 W/m²
Code RTTV :	10.000 W/m²
Building RTTV Status :	passed

Building Lighting System

Total Power :	300.000 Watts
Total Building Area :	150.000 m²
Power Density :	2.000 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 (W/m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
ชั้น1	150.000	119.997	185.000	42.036	8.489	2.000	0.100	0.250	6,547.366

Building Energy by Zone

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (W/m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP (head/m²)	OCCU	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
2										
ระเบียง	54.000	50.018	0.000	26.733		0.889		0.100	0.250	112.320
เตรียมอาหาร	10.000	0.000	0.000			1.200		0.100	0.250	28.080
ห้องทำงาน	32.000	50.000	70.000	40.734	8.105	3.000	3.138	0.100	0.250	2,695.361
ห้องน้ำ	6.000	0.000	0.000			4.000		0.100	0.250	56.160
ประชุม	24.000	35.009	25.000	42.263	8.367	3.000	3.952	0.100	0.250	1774.068
ห้องโถง	24.000	34.988	90.000	65.617	8.821	2.000	3.952	0.100	0.250	2208.378

OTTV by Wall

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
ระเบียง	ผนังด้านใต้	26.735	50.018	0.10
ห้องทำงาน	ผนังด้านทิศเหนือ	40.734	50.000	0.14
ห้องประชุม	ผนังด้านทิศตะวันออก	42.263	35.009	0.23
ห้องโถง	ผนังด้านทิศตะวันตก	65.617	34.988	0.40

RTTV by roof

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
ห้องทำงาน	หลังคา 35*- ทิศใต้	8.610	35.500	0.00
ห้องทำงาน	หลังคา 35* - ทิศเหนือ	7.600	35.000	0.00
ห้องประชุม	หลังคา 35* - ทิศตะวันออก	8.423	12.500	0.00
ห้องประชุม	หลังคา 35* - ทิศตะวันตก	8.311	12.500	0.00
ห้องประชุม	หลังคา 15 *	8.821	90.000	0.00

Opaque Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uw (W/m²°C)	DSH (kJ/m³)	Solar Absorbtance	TDeq (°C)
ผนัง	ผนังทิศเหนือ	อิฐมวลเบา ฉาบเรียบ 2 ด้าน	50.000	1.975	71.400	0.300	9.651
ผนัง	ผนังทิศตะวันออก	อิฐมวลเบา ฉาบเรียบ 2 ด้าน	35.009	1.976	71.400	0.300	11.729
ผนัง	ผนังทิศตะวันตก	อิฐมวลเบา ฉาบเรียบ 2 ด้าน	34.988	1.976	71.400	0.300	10.829
ผนัง	ผนังทิศใต้	อิฐมวลเบา ฉาบเรียบ 2 ด้าน	34.988	1.976	71.400	0.300	11.558

Wall Name	Section Name	ComponentName	Area (m²)	Uw (W/m²°C)	DSH (kJ/m³)	Solar Absorbtance	TDeq (°C)
หลังคา35*	ทิศใต้	กระเบื้อง ซีแพคโมเนีย.	35.000	0.561	48.176	0.300	15.346
หลังคา35*	ทิศเหนือ	กระเบื้อง ซีแพคโมเนีย.	35.000	0.561	48.176	0.300	13.546
หลังคา35*	ทิศตะวันออก	กระเบื้อง ซีแพคโมเนีย.	12.500	0.185	13.240	0.300	15.012
หลังคา35*	ทิศตะวันตก	กระเบื้อง ซีแพคโมเนีย.	12.500	0.179	13.240	0.300	14.812
หลังคา15*	ทิศใต้	กระเบื้อง ซีแพคโมเนีย.	90.000	0.557	48.176	0.300	15.836

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uf (W/m²°C)	Δt (°C)	SHGC	SC	ESR (W/m²)
ผนัง	ทิศตะวันตก	กระจกใส 6 มม.	34.988	5.740	5.000	0.820	0.537	234.580
ผนัง	ทิศตะวันออก	กระจกใส 6 มม.	35.009	5.740	5.000	0.820	0.355	267.410
ผนัง	ทิศเหนือ	กระจกใส 6 มม.	52.000	5.740	5.000	0.820	1.000	185.060
ผนัง	ทิศใต้	กระจกใส 6 มม.	50.018	5.740	5.000	0.820	0.164	244.530

Lighting System by Floor

Floor Name	Total Power (W)	Total Area (m²)	Power Density (W/m²)
ชั้น1	300.000	150.000	2.0

Lighting System by Zone

Floor Name	Zone Name	Zone Area (m²)	Quantity	Power (W/Unit)	Total Power (W)	Power Density (W/m²)
ชั้น1	ระเบียง	54.000	4	12.000	48.000	0.889
ชั้น1	เตรียมอาหาร	10.000	1	12.000	12.000	1.200
ชั้น1	ห้องทำงาน	32.000	8	12.000	96.000	3.000
ชั้น1	ห้องน้ำ	6.000	2	12.000	24.000	4.000
ชั้น1	ห้องประชุม	24.000	6	12.000	72.000	3.000
ชั้น1	ห้องโถง	24.000	4	12.000	48.000	2.000

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption (kW)	COP	SEER	Compliance	Status
Daikin Inverter (FTKM-SV2S) 24200	Packaged Type	24.200 KBTU	2.260	3.138	20.020	12.850	Passed
Daikin Inverter (FTKM-SV2S) 20500	Packaged Type	20.500 KBTU	1.520	3.952	22.300	12.850	Passed
Daikin Inverter (FTKM-SV2S) 20500	Packaged Type	20.500 KBTU	1.520	3.952	22.300	12.850	Passed

Central Air-Conditioning System

-

Central Air-Conditioning System - Chiller Report

-

Central Air-Conditioning System - Equipment List

-

PV System

-

Heat to Electrical Energy

-

Other Renewable Energy

-

Boiler

-

Heat Pump

4.2 ผลการจำลองกรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB)

ข้อมูลทั่วไป

ประเภทอาคาร	สำนักงานแบบที่ 2
ชื่อโครงการ/อาคาร	อาคารสำนักงาน 150 ตร.ม.
สถานที่ตั้งอาคาร	ประเทศไทย
เจ้าของแบบอาคาร	-
ผู้ออกแบบ	อนนท์ พลขุนทด
ผู้ขอรับการตรวจแบบประเมินแบบอาคาร	undefined
สถานภาพโครงการ	Designed

พื้นที่อาคารทั้งหมด

พื้นที่ใช้สอยรวม	150.00 ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศ	80.00 ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยไม่ปรับอากาศ	70.00 ตร.ม.
พื้นที่จอดรถในตัวอาคาร	- ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยบนดาดฟ้า	- ตร.ม.
พื้นที่ใช้สอยอื่น ๆ ที่มีหลังคาปกคลุม	150.00 ตร.ม.

รูปแบบอาคารส่วนใหญ่

จำนวนชั้น/ความสูง	อาคาร 1 ชั้น สูง 3.5 เมตร
ผนัง	หลังคาPU 10 cm. + ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm.
กระจก	กระจก Low-e
WWR A/C zone เฉลี่ย	0.20
หลังคา	หลังคาPU 10 cm. + ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm.

อุปกรณ์การใช้พลังงานส่วนใหญ่

เครื่องปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแบบชุด 20,500 - 24,200 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง ที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 20.02
ไฟส่องสว่าง	โคมไฟดาวน์ไลท์ Led12 w. ขนาด 12.00 วัตต์ ที่มีกำลังไฟติดตั้งรวม 300.00 วัตต์
อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน	ไม่มี

ราคาค่าก่อสร้าง

2,250,000.00 บาท (ตารางเมตรละ 15,000.00 บาท)

ตาราง 5 สรุปผลการประเมินตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ แบบที่ 2

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน BEC	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 50.00	11.95	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	2.82	ผ่าน
ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	2.00	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 12.85	20.02	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	≤ 9,872.838	3,128.498	ผ่าน

การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานแต่ละระบบ

1. **ระบบกรอบอาคาร** : ผลจากการตรวจประเมินแบบอาคารพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 50.00 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่าน เกณฑ์มาตรฐานตามที่ กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ(RTTV) เท่ากับ 10.00 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1)

2. **ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง** : ผลจากการตรวจประเมินแบบอาคารพบว่าใช้โคมไฟดาวน์ไลท์ Led13 w.ขนาด 12.00 วัตต์ มีกำลังไฟฟ้าติดตั้งรวม 0.3 กิโลวัตต์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 1.99 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 2)

3. **ระบบปรับอากาศ** : ผลจากการตรวจประเมินแบบอาคาร พบว่าอาคารมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบชุด 20,500 - 24,200 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง ที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 20.02 ที่มีประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ - ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 3)

การพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

ผลจากาการประเมินพบว่า ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคารมีค่าเท่ากับ 3,128.498 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี ซึ่งต่ำกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 5)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name : อาคารสำนักงาน แบบที่ 2

Building Name : อาคารสำนักงาน 150 ตร.ม.

Building Type : สำนักงาน

Location : ประเทศไทย

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

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	3,128.498	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) :	3,128.498	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	9,655.094	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	11.953 **W/m²**
OTTV (A/C Zone) :	14.023 **W/m²**
Code OTTV :	50.000 **W/m²**
Building OTTV Status :	passed
RTTV (A/C Zone) :	2.817 **W/m²**
Code RTTV :	10.000 **W/m²**
Building RTTV Status :	passed

Building Lighting System

Total Power :	300.000 **Watts**
Total Building Area :	150.000 **m²**
Power Density :	2.000 **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 (W/m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
ชั้น1	150.000	119.997	185.000	11.953	2.817	2.000	0.100	0.250	3,128.498

Building Energy by Zone

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (W/m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP (head/m²)	OCCU	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
2										
ระเบียง	54.000	50.018	0.000	6.987		0.889		0.100	0.250	112.320
เตรียมอาหาร	10.000	0.000	0.000			1.200		0.100	0.250	28.080
ห้องทำงาน	32.000	50.000	70.000	10.230	2.729	3.000	3.138	0.100	0.250	1,216.676
ห้องน้ำ	6.000	0.000	0.000			4.000		0.100	0.250	56.160
ประชุม	24.000	35.009	25.000	13.273	2.819	3.000	3.952	0.100	0.250	764.079
ห้องโถง	24.000	34.988	90.000	20.194	2.885	2.000	3.952	0.100	0.250	951.165

OTTV by Wall

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
ระเบียง	ผนังด้านใต้	6.987	50.018	0.10
ห้องทำงาน	ผนังด้านทิศเหนือ	10.230	50.000	0.14
ห้องประชุม	ผนังด้านทิศตะวันออก	13.237	35.009	0.23
ห้องโถง	ผนังด้านทิศตะวันตก	20.194	34.988	0.40

RTTV by roof

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
ห้องทำงาน	หลังคา 35*- ทิศใต้	2.894	35.500	0.00
ห้องทำงาน	หลังคา 35* - ทิศเหนือ	2.565	35.000	0.00
ห้องประชุม	หลังคา 35* - ทิศตะวะนออก	2.827	12.500	0.00
ห้องประชุม	หลังคา 35* - ทิศตะวันตก	2.812	12.500	0.00
ห้องประชุม	หลังคา 15 *	2.885	90.000	0.00

Opaque Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uw (W/m²°C)	DSH (kJ/m³)	Solar Absorbtance	TDeq (°C)
ผนัง	ผนังทิศเหนือ	Sandwich Panel PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9mm.	50.000	0.185	13.240	0.300	10.847
ผนัง	ผนังทิศตะวันออก	Sandwich Panel PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9mm	35.009	0.185	13.240	0.300	13.035
ผนัง	ผนังทิศตะวันตก	Sandwich Panel PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9mm	34.988	0.185	13.240	0.300	12.347
ผนัง	ผนังทิศใต้	Sandwich Panel PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9mm	50.018	0.185	13.240	0.300	12.635

Wall Name	Section Name	ComponentName	Area (m²)	Uw (W/m²°C)	DSH (kJ/m³)	Solar Absorbtance	TDeq (°C)
หลังคา35*	ทิศใต้	PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm	35.000	0.179	13.240	0.300	16.172
หลังคา35*	ทิศเหนือ	PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm	35.000	0.179	13.240	0.300	14.335
หลังคา35*	ทิศตะวันออก	PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm	12.500	0.185	13.240	0.300	15.802
หลังคา35*	ทิศตะวันตก	PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm	12.500	0.179	13.240	0.300	15.714
หลังคา15*	ทิศใต้	PU 10 cm.+ ฝ้ายิปซัมบอร์ด 9 mm	90.000	0.173	13.240	0.300	16.647

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uf (W/m²°C)	Δt (°C)	SHGC	SC	ESR (W/m²)
ผนัง	ทิศตะวันตก	กระจก Low-e	34.988	0.300	5.000	0.320	0.607	234.580
ผนัง	ทิศตะวันออก	กระจก Low-e	35.009	0.300	5.000	0.320	0.565	267.410
ผนัง	ทิศเหนือ	กระจก Low-e	50.000	0.300	5.000	0.320	1.000	185.060
ผนัง	ทิศใต้	กระจก Low-e	50.018	0.300	5.000	0.320	0.602	244.530

Lighting System by Floor

Floor Name	Total Power (W)	Total Area (m²)	Power Density (W/m²)
ชั้น1	299.000	150.000	1.993

Lighting System by Zone

Floor Name	Zone Name	Zone Area (m²)	Quantity	Power (W/Unit)	Total Power (W)	Power Density (W/m²)
ชั้น1	ระเบียง	54.000	4	12.000	48.000	0.889
ชั้น1	เตรียมอาหาร	10.000	1	12.000	12.000	1.200
ชั้น1	ห้องทำงาน	32.000	8	12.000	96.000	3.000
ชั้น1	ห้องน้ำ	6.000	2	12.000	24.000	4.000
ชั้น1	ห้องประชุม	24.000	6	12.000	72.000	3.000
ชั้น1	ห้องโถง	24.000	4	12.000	48.000	2.000

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption (kW)	COP	SEER	Compliance	Status
Daikin Inverter (FTKM-SV2S) 24200	Packaged Type	24.200 KBTU	2.260	3.138	20.020	12.850	Passed
Daikin Inverter (FTKM-SV2S) 20500	Packaged Type	20.500 KBTU	1.520	3.952	22.300	12.850	Passed
Daikin Inverter (FTKM-SV2S) 20500	Packaged Type	20.500 KBTU	1.520	3.952	22.300	12.850	Passed

Central Air-Conditioning System

-

Central Air-Conditioning System - Chiller Report

-

Central Air-Conditioning System - Equipment List

-

PV System

-

Heat to Electrical Energy

-

Other Renewable Energy

-

Boiler

-

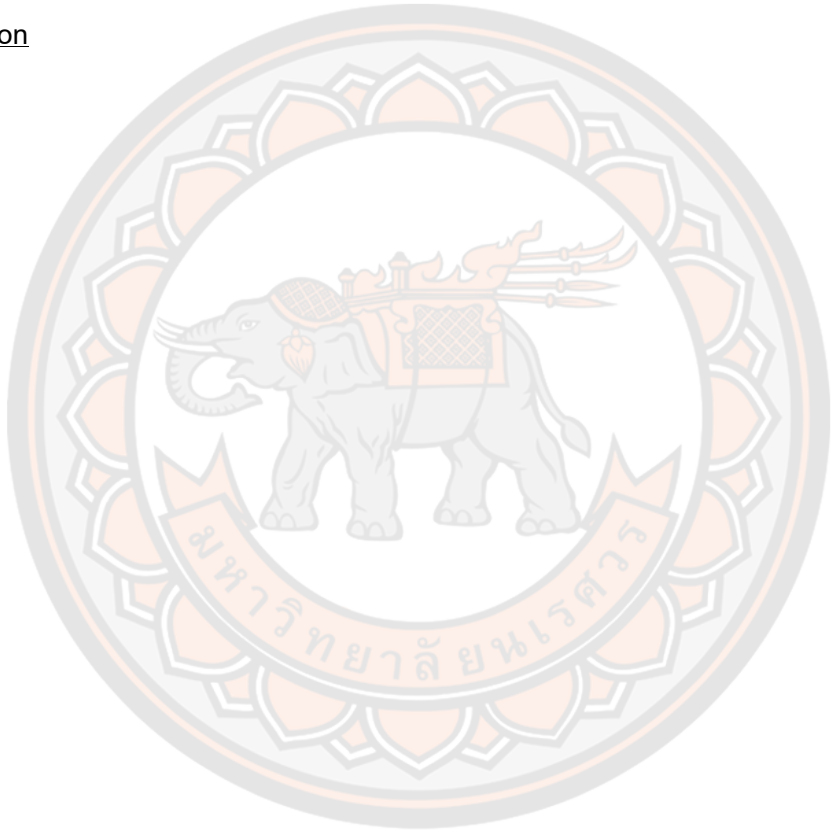
Heat Pump

-

Other Equipment

-

Definition



บทที่ 5
บทสรุป

การทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์นั้น สิ่งสำคัญที่สุดคือการทำให้อาคารมีการใช้พลังงานที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ก่อน แล้วจึงออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้ครอบคลุมการใช้พลังงานนั้น ดังนั้น การออกแบบอาคารจึงเป็นตัวแปรลำดับแรกที่มีความสำคัญต่อการลดการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งการออกแบบอาคารในงานวิจัยนี้มีการออกแบบอาคารที่มีขนาดพื้นที่ใช้งาน 150 ตร.ม. โดยดึงประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมาใช้ประโยชน์ในการลดการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ และได้นำแบบอาคารดังกล่าวมาจำลองการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร โดยมีการจำลอง 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และกรณีที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB) โดยได้ผลการประเมินค่าเกณฑ์มาตรฐานพลังงานของอาคาร ด้วยโปรแกรม BEC Web–Based โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สรุปได้ดังนี้

อาคารแบบที่ 1 เลือกใช้วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Building Energy Code (BEC) ออกแบบโดยใช้วัสดุเปลือกอาคารส่วนผนังทึบ,กระจก และหลังคาเป็นวัสดุแบบทั่วไป ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันความร้อนให้กับอาคาร อยู่ในระดับปานกลาง ราคาค่าก่อสร้างอาคาร 1,650,000 บาท (11,000 บาท / ตร.ม.)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) 42.04 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) 8.49 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC

ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (LPD) 2.00 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ZEB

ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น (COP) 3.95 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน HEPS

ค่าใช้พลังงานรวมของอาคาร (EUI) 43.65 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตร.ม./ปี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ZEB

โดยมีค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้พลังงานในอาคาร 27,400 บาท / ปี (6,547 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)

อาคารแบบที่ 2 เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุด โดยมีเป้าหมายให้อาคารที่ออกแบบมุ่งสู่การเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB) ออกแบบโดยใช้วัสดุเปลือกอาคารส่วนผนังทึบ,กระจก และหลังคาเป็นวัสดุแบบคุณภาพสูง ซึ่งมีความสามารถในการ

ป้องกันความร้อนให้กับอาคาร อยู่ในระดับดีมาก ราคาค่าก่อสร้างอาคาร 2,250,000 บาท (15,000 บาท / ตร.ม.)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) 11.95 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ZEB

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) 2.82 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ZEB

ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (LPD) 2.00 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ZEB

ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น (COP) 3.95 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน HEPS

ค่าใช้พลังงานรวมของอาคาร (EUI) 20.86 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตร.ม./ปี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ZEB

โดยมีค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้พลังงานในอาคาร 13,080 บาท / ปี (3,129 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี) (ตารางที่6)

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบอาคารที่ออกแบบกับเกณฑ์อาคารอนุรักษ์พลังงาน

	เกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน					อาคารที่ออกแบบ	
ระบบ	BEC 2552 (ยกเลิก)	BEC 2563	HEPS 2568	ECON 2574	ZEB 2579	แบบที่ 1	แบบที่ 2
OTTV (W/m²)	≤ 50	≤ 50	≤ 40	≤ 30	≤ 20	42.04	11.95
RTTV (W/m²)	≤ 15	≤ 10	≤ 15	≤ 12	≤ 12	8.49	2.82
LPD (W/m²)	≤ 14	≤ 10	≤ 10	≤ 6	≤ 2	2.00	2.00
COP	≥ 3.22	≥ 3.22	≥ 3.64	≥ 4.42	≥ 5.45	3.95	3.95
EUI (kWh/m²/yr)	171	171	141	82	57	43.65	20.86

จากตารางที่ 5 สรุปได้ว่า อาคารแบบที่ 1 ผ่านตามเกณฑ์ประเมินอาคาร BEC ในหมวดของ OTTV และ RTTV ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตราฐานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับใหม่ ปี 2564 [3] ส่วนหมวด COP ผ่านเกณฑ์ HEPS โดยหมวด LPD และ EUI ผ่านเกณฑ์ ZEB ในส่วนของอาคารแบบที่ 2 ผ่านตามเกณฑ์ประเมินอาคาร ZEB เกือบทุกหมวด มีเพียงหมวด COP ที่ผ่านเกณฑ์ HEPS เนื่องจากเทคโนโลยีของระบบปรับอากาศในปัจจุบันยังไม่สามารถผ่านตามเกณฑ์ ZEB ได้

ตาราง 7 ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างอาคารแบบที่ 1 และอาคารแบบที่ 2

	อาคารแบบที่ 1	**อาคารแบบที่ 2**
วัสดุหลังคา	หลังคาโมเนีย	Sandwich panel
วัสดุผนัง	อิบมวลเบา	Sandwich panel
วัสดุกระจก	Float glass	Low E
ราคาประเมิณค่าก่อสร้าง	1650000	2250000
ค่าการใช้พลังงานงานรวมของอาคารต่อปี (kWh/m^2)	43.65	20.86
ค่าการใช้พลังงานงานรวมของอาคารต่อปี (kWh)	6547.5	3129
ค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้พลังงานของอาคาร	27400	13080
ผลต่างค่าก่อสร้าง	600000	
ผลต่างค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้พลังงานของอาคาร	14320	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	42	

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอาคารแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ดังตารางที่ 6 พบว่า อาคารแบบที่ 2 มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากกว่าอาคารแบบที่ 1 เท่ากับ 600,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้พลังงานของอาคารน้อยกว่าอาคารแบบที่ 1 เท่ากับ 14,320 บาทต่อปี ซึ่งสรุปได้ว่าการลงทุนก่อสร้างอาคารโดยเลือกใช้วัสดุคุณภาพสูง เพื่อให้อาคารมีความสามารถในการป้องกันความร้อนอยู่ในระดับดีมากนั้น เมื่อเทียบกับอาคารที่ใช้วัสดุแบบทั่วไป จะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 42 ปี

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้สรุปได้ว่า อาคารสำนักงานขนาดเล็กถึงขนาดกลางที่มีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 150 ตารางเมตรนั้น การออกแบบอาคารโดยใช้วัสดุคุณภาพสูงเพื่อให้ผ่านตามเกณฑ์ ZEB นั้น อาจยังไม่มีความคุ้มค่าในปัจจุบัน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการใช้วัสดุคุณภาพดีนั้นอาจนำมาใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแทน จะทำให้อาคารมุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์อย่างสมบูรณ์ได้

ข้อเสนอแนะ

1) หลักการสำคัญในการทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ คือการทำให้อาคารมีการใช้พลังงานที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ก่อน แล้วจึงออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน

หมุนเวียนให้ผลิตพลังงานได้มากกว่าหรือเท่ากับการใช้พลังงานของอาคารนั้น ดังนั้น นอกจากการออกแบบอาคารแล้ว การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดไฟ การใช้ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Building Energy Management – BEM) และระบบเสาเข็มพลังงาน สามารถช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารให้มีการใช้พลังงานภายในอาคารที่ต่ำได้

2) เมื่ออาคารมีการใช้พลังงานที่ต่ำที่สุดแล้ว จากการออกแบบอาคารร่วมกับการเลือกใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการใช้พลังงาน และเพื่อให้อาคารที่มีแนวคิดในการออกแบบที่มุ่งสู่การเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์มีความสมบูรณ์ จึงมีข้อเสนอแนะให้มีการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มเติม เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพื่อมารองรับการใช้พลังงานในส่วนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในอาคาร

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2018). **คู่มือการตรวจสอบการออกแบบและก่อสร้างอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.**

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2018). **เอกสารโครงการศึกษา และสาธิตการยกระดับเกณฑ์อาคาร ECON สู่เกณฑ์อาคาร Zero Energy Building.**

[3] กระทรวงพลังงาน. **ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตราฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.** 2564.

[4] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2021). **รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย** 2564.

[5] ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2020). **เอกสารคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.**

[6] การไฟฟ้านครหลวง (MEA). (2019). **สถิติการใช้ไฟฟ้าตามช่วงฤดูกาล ปี พ.ศ. 2561 – 2563.**

[7] บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด. (ม.ป.ป.). **เทคโนโลยีฐานรากกับการรักษาสิ่งแวดล้อม**

[8] ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2015). **Thailand Building Energy Simulation Models Development.**

[9] โสพิศ ชัยชนะ. (2016). **แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพื่อประหยัดพลังงาน.** มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[10] พันธุดา พุฒิไพโรจน์. (ม.ป.ป.). **การกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์.**

[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2018). **แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.** 2561 – 2580 **(Energy Efficiency Plan; EEP** 2018**).**

[12] กระทรวงพลังงาน. (2018). **การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ.** กรุงเทพมหานคร.

[13] เทียนธรรม จุนเจือจาน. (ม.ป.ป.). **ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน.**

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	อนนท์ พลขุนทด	
วัน เดือน ปี เกิด	10 กุมภาพันธ์ 2526	
ที่อยู่ปัจจุบัน	114/161 ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	
ที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด เลขที่ 27/5 หมู่ 7 ถ. กิ่งแก้วเทพารักษ์ ต.บางพลีใหญ่ อ. บางพลี จ. สมุทรปราการ 10540	
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายออกแบบ บจก.เข็มเหล็ก จำกัด	
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2549	เจ้าหน้าที่เทคนิคสถาปัตยกรรม บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด (มหาชน)
	พ.ศ. 2554	สถาปนิก บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด
	พ.ศ. 2560	ผู้จัดการฝ่ายออกแบบ บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2549	ปริญญาตรี วิทยาศาตรบัญฑิต เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม สถาบันราชภัฏนครราชสีมา