ผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข

นายจีรุฏฐ์ ตั้งมานะกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPACTS OF ENERGY DEMAND ON BUILDINGS COMPLYING WITH SOOK STANDARD

Mr. Jiruth Tangmanakij

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข
โดย	นายจีรุฏฐ์ ตั้งมานะกิจ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฉัพพรรณรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จีรุฏฐ์ ตั้งมานะกิจ : ผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข. (IMPACTS OF ENERGY DEMAND ON BUILDINGS COMPLYING WITH SOOK STANDARD) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์อาคารที่มีสุขภาวะที่ดีโดยสถาบันอาคารเขียวไทยมีชื่อเกณฑ์"เป็นสุข" โดยการวิจัยนี้นำข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งอาคารกรณีศึกษาแบบปกติและอาคารกรณีศึกษาที่ปรับแบบให้สอดคล้องตามเกณฑ์เป็นสุข นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based ผลการศึกษาพบว่า อาคารกรณีศึกษาแบบปกติที่ใช้เป็นแบบอ้างอิงมีผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ ทั้งแบบการประเมินรายระบบและการใช้พลังงานโดยรวม ส่วนกรณีอาคารเป็นสุขแบบที่ 1 ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯเฉพาะการใช้พลังงานโดยรวม แต่ระบบกรอบอาคารไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินรายระบบ โดยที่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 13.86% เนื่องจากความต้องการของอาคารตามเกณฑ์เป็นสุข คือ การมีช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีกระจกหน้าต่างที่สว่างมากขึ้นเพื่อให้ได้รับแสงสว่างธรรมชาติที่มากขึ้น จึงนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารผ่านกระจกหน้าต่างด้านนอกมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่ได้ใช้กระจกกรอบอาคารประสิทธิภาพสูง แต่สำหรับค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารพบว่าอาคารเป็นสุขแบบที่ 1 ยังสามารถผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ เนื่องจากการประหยัดพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับอาคารเป็นสุขแบบที่ 2 ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ ทั้งแบบการประเมินรายระบบและการใช้พลังงานโดยรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6382006520 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: BUILDING ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT, SOOK STANDARD

Jiruth Tangmanakij : IMPACTS OF ENERGY DEMAND ON BUILDINGS COMPLYING WITH SOOK STANDARD. Advisor: Assoc. Prof. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D.

This research aims to present the impacts of energy demand on buildings complying with SOOK standard. As for this research, the energy efficiency assessment data of both the normal case study buildings and the SOOK buildings, was analyzed and compared by using the Building Energy Code (BEC) Web-based program. The results of the study revealed that the normal case study buildings have an energy efficiency assessment that complies with the requirements of Ministerial Regulations for both the individual system and the net energy consumption. As for the SOOK building type 1, it meets the requirements of Ministerial Regulations, specific to the net energy consumption. However, the building envelope system did not pass the system evaluation criteria. The overall thermal transfer value of the wall in the air-conditioned section (OTTV) was found to be increased by 13.86%. This was because the SOOK building's requirements were met by larger openings and brighter glass windows to receive more natural light. Therefore, this brings more heat into the building through the exterior window glass especially when high-performance building envelope glass is not used. However, for the net energy consumption of the building, it was found that the SOOK building type 1 was still able to fulfil the requirements of Ministerial Regulations due to energy savings from the use of electric lighting. As for SOOK building type 2, it meets the requirements of Ministerial Regulations for both the individual system and the net energy consumption.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมถึงให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร ที่กรุณาเสียสละเวลาและให้เกียรติมาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งเป็นสถาบันการศึกษาอันทรงเกียรติ และคณาจารย์ทุกท่านในรอบรั้วจามจุรีที่ได้มอบวิชาความรู้รวมถึงอบรมสั่งสอนเป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงบุคคลรอบข้าง ที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ จวบจนสำเร็จการศึกษา หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยก็ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จีรุฏฐ์ ตั้งมานะกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 อาคารที่มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน (Energy-efficient Buildings) 5

2.2 มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 11

2.3 เกณฑ์เป็นสุข (SOOK Standard) 29

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานกับเกณฑ์เป็นสุข 36

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 44

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 47

3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย 48
3.3 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา : อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ 49
3.4 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา : อาคารพักทหารชั้นประทวน ขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 59
บทที่ 4 ผลการวิจัย 69
4.1 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 69
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 83
5.1 สรุปผล 83
5.2 ข้อเสนอแนะ 86
บรรณานุกรม 88
ภาคผนวก 90
ภาคผนวก ก รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based 91
ภาคผนวก ข รายละเอียดวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข 123
ประวัติผู้เขียน 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ 19

ตารางที่ 2 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนแบบระบุอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น 20

ตารางที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนแบบระบุอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าและออกจากเครื่องควบแน่น 21

ตารางที่ 4 เกณฑ์มาตรฐานของหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน 22

ตารางที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบอากาศสู่อากาศ 22

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ 25

ตารางที่ 7 หัวข้อและเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดพื้นที่ภายนอกและชุมชนแวดล้อม (Outdoor & Neighborhood – ON) 31

ตารางที่ 8 หัวข้อและหลักเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design - AD) 32

ตารางที่ 9 หัวข้อและเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดการออกแบบภายในและการใช้วัสดุ (Interior Design & Material - IM) 33

ตารางที่ 10 หัวข้อและเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม (Environmental System & Engineering - EE) 35

ตารางที่ 11 รายละเอียดวัสดุที่ใช้สำหรับกรอบอาคารและหลังคา
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 51

ตารางที่ 12 รายละเอียดชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 .. 52

ตารางที่ 13 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 1 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 ... 53

ตารางที่ 14 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 2 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 ... 54

ตารางที่ 15 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 3 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 ... 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 1
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 56

ตารางที่ 17 พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 2
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 57

ตารางที่ 18 พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 3
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 58

ตารางที่ 19 รายละเอียดวัสดุที่ใช้สำหรับกรอบอาคารและหลังคา
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 61

ตารางที่ 20 รายละเอียดชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ภายใน
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 62

ตารางที่ 21 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 2
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 63

ตารางที่ 22 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 3
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 63

ตารางที่ 23 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 4
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 64

ตารางที่ 24 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 5
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 64

ตารางที่ 25 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 2
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 66

ตารางที่ 26 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 3
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 67

ตารางที่ 27 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 4
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 67

ตารางที่ 28 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 5
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 68

ตารางที่ 29 ค่า U_w ของผนังคอนกรีตมวลเบา 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 30 ค่า TD_{eq}ของผนังทึบ (องศาเซลเซียส) 72
ตารางที่ 31 ค่า U_f ของกระจกสีเทา หนา 5 มม. 72
ตารางที่ 32 ค่า ESR และ △T ของผนังโปร่งแสง 73
ตารางที่ 33 ค่า U_r ของหลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน 73
ตารางที่ 34 ปริมาณกำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ของชั้นที่ 1 74
ตารางที่ 35 ปริมาณกำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ของชั้นที่ 2 75
ตารางที่ 36 ปริมาณกำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ของชั้นที่ 3 76
ตารางที่ 37 ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) 76
ตารางที่ 38 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 77
ตารางที่ 39 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 78
ตารางที่ 40 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารเป็นสุขแบบที่ 1 79
ตารางที่ 41 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารเป็นสุขแบบที่ 2 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 การแบ่งกลุ่มอาคารตามชั่วโมงการใช้งาน 11

รูปที่ 2 ตัวอย่างฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 แบบใหม่ แบบมีดาว ประเภทเครื่องปรับอากาศ 17

รูปที่ 3 หลักเกณฑ์การผ่านการตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 28

รูปที่ 4 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย 48

รูปที่ 5 ตัวอย่างอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 49

รูปที่ 6 ด้านหน้าและด้านหลังอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 50

รูปที่ 7 ด้านข้างอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 50

รูปที่ 8 หน้าต่างอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 51

รูปที่ 9 แผงบังแดดอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 52

รูปที่ 10 แปลนชั้นที่ 1 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 56

รูปที่ 11 แปลนชั้นที่ 2 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 57

รูปที่ 12 แปลนชั้นที่ 3 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 58

รูปที่ 13 ตัวอย่างอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 59

รูปที่ 14 ตัวอย่างด้านหน้าอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 59

รูปที่ 15 ตัวอย่างด้านหลังอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 60

รูปที่ 16 ตัวอย่างด้านข้าง (1) อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 60

รูปที่ 17 ตัวอย่างด้านข้าง (2) อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 61

รูปที่ 18 แปลนชั้นล่างอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 65

รูปที่ 19 แปลนชั้น 2, 3, 4, 5 แสดงพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 66

รูปที่ 20 แปลนชั้นดาดฟ้าอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ 68

Chulalongkorn University

รูปที่ 21 ข้อมูลคุณสมบัติกระจกที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based..... 124

รูปที่ 22 ข้อมูลคุณสมบัติหลอดไฟ LED แบบที่ 1 ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based..... 127

รูปที่ 23 ข้อมูลคุณสมบัติหลอดไฟ LED แบบที่ 2 ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based..... 128

รูปที่ 24 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (1)..... 130

รูปที่ 25 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (2)..... 131

รูปที่ 26 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (3)..... 132

รูปที่ 27 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (4)..... 133

รูปที่ 28 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (5)..... 134

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่ประเทศไทยเริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับแรกเป็นต้นมา เศรษฐกิจของประเทศไทยได้มีการพัฒนามาเป็นลำดับ ไม่ว่าจะเป็นด้านธุรกิจ อุตสาหกรรม การค้า การก่อสร้าง การขนส่ง รวมถึงเกษตรกรรม ความเจริญทางเศรษฐกิจก่อให้เกิดการขยายตัวของเขตเมืองและทำให้เกิดการอพยพย้ายถิ่นเข้ามาประกอบอาชีพในเขตเมืองของชาวชนบทมากขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอาคารขนาดใหญ่ที่เป็นอาคารสาธารณะและการพาณิชย์อย่างมากมาย จากข้อมูลพบว่ามีการใช้พลังงานในอาคารเพิ่มมากขึ้น หน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2535 ได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และได้จัดตั้งกระทรวงพลังงานขึ้นในปี พ.ศ. 2545 จากนั้นก็ได้มีมาตรการส่งเสริมรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารมาโดยตลอด และได้ออกกฎกระทรวง กำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 มาบังคับใช้ โดยล่าสุดได้ออกประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564 รวมถึงประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564 มาบังคับใช้ควบคู่กัน โดยสาระเนื้อหาของกฎกระทรวงฯ ได้กำหนดให้อาคาร 9 ประเภท ได้แก่ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุด อาคารชุมนุมคน โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า ที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงฯ วัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอาคารนั่นเอง

ปัจจุบันมาตรฐาน WELL Building Standard เป็นมาตรฐานแรกของโลกที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของผู้อยู่ อาศัยและผู้ใช้อาคาร โดยเป็นมาตรฐานที่ให้คะแนนอาคารเหมือนกับ LEED แต่ WELL จะมุ่งเน้นไปที่สุขภาวะ (Health and Well-Being) ของผู้ใช้อาคาร โดยที่มาตรฐานใหม่นี้ถูกออกแบบให้สามารถใช้ร่วมกับมาตรฐาน LEED ได้ในอาคารเดียวกัน สำหรับประเทศไทย สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ราชูปถัมภ์ได้มีการจัดตั้ง “สถาบันอาคารเขียวไทย (Thai Green Building Institute : TGBI)” ขึ้น และได้มีการพัฒนาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวไทยโดยใช้ชื่อว่า “เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่รุ่นที่ 1” ซึ่งใช้ชื่อภาษาอังกฤษว่า “TREES-NC Version 1.0 Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation” และได้มีการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมในเวลาต่อมา ปัจจุบันสภาวการณ์ต่างๆ ของโลกได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีวิกฤตโรคอุบัติใหม่เกิดขึ้นอย่างโรค COVID-19 ซึ่งส่งผลกระทบเป็นวงกว้างไปทั่วโลก สถาบันอาคารเขียวไทยได้เล็งเห็นความสำคัญในประเด็นสุขภาพ คุณภาพชีวิต ความเป็นดีอยู่ดี หรือ Well-Being จึงได้เริ่มพัฒนาเกณฑ์การออกแบบก่อสร้างอาคารที่เน้นสุขภาวะที่ดีของผู้อยู่อาศัยในอาคาร โดยเกณฑ์ดังกล่าวใช้ชื่อว่า “เป็นสุข” หรือ “SOOK” สำหรับการวิจัยนี้จะกล่าวถึงผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข ซึ่งทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารกรณีศึกษาและอาคารเป็นสุข โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based เปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวจะทำให้ทราบถึงหลักเกณฑ์การประเมินในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตามกฎกระทรวงฯ ที่มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์เป็นสุขทั้งระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงว่าง และระบบปรับอากาศ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษามาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงเกณฑ์เป็นสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบด้านพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข โดยการเปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เลือกประเภทและขนาดอาคารที่จะทำการวิจัยจากอาคารควบคุม 9 ประเภท ตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 2 ประเภท คือ สำนักงานและอาคารชุด

1.3.2 ทำการศึกษารูปแบบอาคารเฉพาะที่จะทำการวิจัยเท่านั้น

1.3.3 ทำการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานอาคารกรณีศึกษาแบบปกติ และอาคารเป็นสุข โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based เปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และข้อมูลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงเกณฑ์เป็นสุข

1.4.2 ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบกรอบอาคาร (Envelope System) ทั้งอาคารกรณีศึกษาและอาคารเป็นสุข โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

- คำนวณค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนังนอกอาคาร (OTTV)
- คำนวณค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนังนอกอาคาร (OTTV) โดยเฉลี่ยทั้งอาคาร
- คำนวณค่าถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

1.4.3 ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System) ทั้งอาคารกรณีศึกษาแบบปกติและอาคารเป็นสุข

1.4.4 ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ (Air-Conditioning System) ทั้งอาคารกรณีศึกษาแบบปกติและอาคารเป็นสุข

1.4.5 ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวม (Net Energy Consumption) ทั้งอาคารกรณีศึกษาแบบปกติและอาคารเป็นสุข

1.4.6 วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานอาคารกรณีศึกษาแบบปกติและอาคารเป็นสุข โดยเปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.4.7 สรุปผลรวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความเข้าใจมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงเกณฑ์เป็นสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.2 ข้อมูลจากการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานทั้งอาคารกรณีศึกษาแบบปกติ และอาคารเป็นสุข โดยเปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทฤษฎี ข้อมูลการวิจัย บทความ รวมถึงเอกสารทางวิชาการที่ตีพิมพ์ โดยนำข้อมูลที่มีประโยชน์เหล่านี้มารวบรวมและเรียบเรียงอีกทั้งยังใช้อ้างอิง ซึ่งการวิจัยนี้มีประเด็นที่เกี่ยวข้องในการศึกษา ดังนี้

2.1 อาคารที่มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน (Energy-efficient Buildings)

อาคารประเภทนี้มีแนวคิด คือ ใช้พลังงานตามความต้องการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของสภาวะแวดล้อมเป็นที่น่าพอใจแต่มีการใช้พลังงานที่น้อยลง (Omer 2008) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)) โดยการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานจะคำนึงถึงปัจจัยด้านความร้อน - หนาวของผู้ใช้งานอาคารหรือสภาวะน่าสบายของมนุษย์ ทั้งนี้การออกแบบที่ดีและมีความหลากหลายรวมถึงการเลือกใช้วัสดุโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพจะทำให้อาคารมีประสิทธิภาพด้านพลังงาน (Feng 2004) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)) โดยปัจจัยที่ส่งผลให้อาคารมีประสิทธิภาพด้านพลังงาน มีดังนี้

2.1.1 สถานที่ตั้งอาคาร (Site)

แนวคิดที่สำคัญ คือ การทำให้สภาวะแวดล้อมโดยรอบภายนอกอาคารมีอุณหภูมิลดต่ำกว่าสภาพภูมิอากาศปกติ และลดผลกระทบที่เกิดจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถลดภาระในการทำความเย็นให้กับตัวอาคารได้ โดยมีตัวแปรต่างๆ ที่ควรพิจารณาได้แก่ ต้นไม้ พุ่มไม้ พืชคลุมดิน แหล่งน้ำ กระแสลม ความลาดเอียงของพื้นดิน เป็นต้น

2.1.2 ตัวอาคาร (Building)

ตัวอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเป็นอย่างมาก เพราะความร้อนจากรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นที่มาของภาระการทำความเย็นจะแปรผันไปตามทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบตัวอาคารดังนี้

2.1.2.1 ทิศทางการวางตัวอาคาร

เกี่ยวกับระดับการรับรังสีดวงอาทิตย์ของเปลือกอาคารและเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้นจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณการรับรังสีดวงอาทิตย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อจะได้ไม่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศมากเกินไป ทั้งนี้ควรหันด้านแคบของอาคารไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก หรือให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางที่ได้รับแสงอาทิตย์ตอนบ่าย (ทิศตะวันตก, ตะวันตกเฉียงใต้) ใช้การวางทิศทางของอาคารประกอบกับการปลูกต้นไม้รอบอาคารในการกำหนดทิศทางลมให้พัดผ่านอาคาร วาตัวอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางลม โดยพิจารณาความเร็วและทิศทางของลมในแต่ละฤดูกาล เพื่อใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบางกรณีอาจพิจารณาออกแบบเป็นอาคารชั้นเดียวเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ หรือในอาคารหลายชั้นควรให้แต่ละห้องมีความลึกน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากธรรมชาติได้มากขึ้น

2.1.2.2 รูปทรงอาคาร

เป็นปัจจัยสำคัญโดยตรงเกี่ยวกับการใช้พลังงานของอาคาร ทั้งนี้เนื่องจากต้องรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ โดยปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศอาจจะเพิ่มขึ้นถึง 25% จากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ส่องมาตกกระทบกับตัวอาคาร (Elasfouri 1991) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)) ทั้งนี้ควรมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด หรือออกแบบให้ กรอบอาคารมีเส้นรอบรูปน้อย มีการรั่วซึมของอากาศต่ำ แต่ยอมให้มีการไหลเวียนอากาศผ่านผิวอาคาร ในกรณีที่อาคารมีรูปทรงเรียวยาวควรวางอาคารในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2.3 ตำแหน่งช่องเปิด

ควรลดปริมาณกระจกทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตกให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อลดความร้อนที่เข้าอาคารและการระคายเคืองในการมองเห็น (Glare) และควรติดตั้งอุปกรณ์บังแดด (Shading device) แบบถาวรเหนือกระจกเพื่อบังรังสีอาทิตย์โดยตรง (Direct solar radiation) หรือพิจารณาใช้การออกแบบสภาพภูมิทัศน์ (Landscape) ช่วยในการบังแดดและจำกัดปริมาณกระจกในทิศตะวันออกและตะวันตกให้มีน้อยที่สุด เพราะบังแดดได้ยาก

กว่ากระจกทางด้านทิศใต้ ไม่ควรมีช่องแสงขนาดใหญ่บนหลังคา (Skylight) ยกเว้นกรณีที่ได้มีการออกแบบให้สามารถป้องกันรังสีตรงได้อย่างสมบูรณ์ จะเห็นได้ว่าการออกแบบอุปกรณ์บังแดดมีผลกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารโดยตรง ดังนั้นควรพิจารณาควบคู่กันไป

2.1.3 วัสดุกรอบอาคาร (Building Envelope)

ภาระการทำความเย็นของอาคารส่วนใหญ่มาจากปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุกรอบอาคาร (Building Envelope) เข้ามาภายในอาคาร การลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ วัสดุกรอบอาคารโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุทึบแสง (Opaque) และวัสดุโปร่งแสง (Transparent) ซึ่งนำมาใช้เป็นส่วนของผนัง ช่องเปิด และหลังคาของอาคาร กล่าวได้ว่าองค์ประกอบของวัสดุกรอบอาคารมีส่วนสำคัญกับประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคาร โดยมีค่าคุณสมบัติต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

2.1.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient : U)

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุกรอบอาคารต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น $W/(m^2 \bullet {}^\circ K)$ โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน (R) ซึ่งก็คือ $U = 1/R$ ทั้งนี้ค่า U จะแสดงถึงอัตราการส่งผ่านความร้อนในวัสดุ ถ้าวัสดุมีค่า U มาก วัสดุนั้นจะมีอัตราการส่งผ่านความร้อนมาก ซึ่งกล่าวได้ว่าวัสดุนี้เป็นตัวนำความร้อนที่ดี แต่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ไม่ดี เป็นต้น (กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข 2558) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.3.2 อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงและ/หรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่ พิจารณา (Window-to-Wall Ratio : WWR)

คือ พื้นที่ของผนังโปร่งแสงหรือหน้าต่าง (ที่เป็นกระจก) หารด้วยพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา โดยค่า WWR มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยสามารถระบุเป็นค่าร้อยละ (%) ได้ด้วย เช่น ผนังแห่งหนึ่งมีค่า WWR เท่ากับ 60% หรือ 0.6 เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้ทำการออกแบบให้มีค่า WWR ลดลง สำหรับอาคารที่มีพื้นที่การปรับอากาศ จะพบว่าอาคารนั้นจะมีค่าการใช้พลังงานลดลงไปด้วย (Lollini 2006) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561))

2.1.4 อุปกรณ์บังแดด (Shading on Buildings)

อุปกรณ์บังแดดใช้ควบคุมปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่อาคารโดยทำการติดตั้งบริเวณกรอบอาคาร ซึ่งสามารถลดภาระด้านพลังงานในระบบการปรับอากาศลงได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient : SC) คือ อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ลอดผ่านอุปกรณ์บังแดดไปตกกระทบยังส่วนโปร่งแสงหรือกระจกของหน้าต่าง และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient : SHGC) คือ อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านวัสดุหลังคาส่วนโปร่งแสงและก่อให้เกิดความร้อนขึ้นภายในอาคาร ต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบพื้นที่กระจกทั้งหมด (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ให้ใช้ค่าจากผู้ผลิตที่มีผลการทดสอบ และวิธีการคำนวณที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดที่ดีไม่ควรติดตั้งให้มากเกินไป เพราะอาจจะทำให้ปิดกั้นแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน ส่งผลให้ใช้ไฟฟ้าแสงสว่างมากขึ้น

2.1.5 ช่องเปิดกระจก (Glazing)

นอกจากจะนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารแล้วช่องเปิดกระจกยังนำความร้อนเข้าสู่อาคารด้วย โดยประเด็นที่สำคัญกับช่องเปิดกระจกที่ควรทราบมีดังนี้

2.1.5.1 ความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคาร (Indoor illumination) และสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ (Thermal Comfort)

2.1.5.2 ประเภทของกระจก แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทดูดความร้อน (Heat-absorbing Glass)

ประเภทสะท้อนความร้อน (Heat-reflecting Glass)

ประเภทแผ่รังสีต่ำ (Low Radiation Glass)

2.1.5.3 การเคลือบกระจก (Film-Plating Glazing) คือ การนำวัสดุประเภทสารประกอบโลหะ มาเคลือบผิวกระจก โดยอาจจะเป็นฟิล์มย้อมสีกระจก ฟิล์มสะท้อนแสง ฟิล์มเพื่อลดการแผ่รังสี หรือเคลือบกระจกเพื่อให้คลื่นแสงผ่านได้บางช่วงคลื่น ทั้งนี้อาจจะทำการเคลือบด้านนอก ด้านใน หรือเคลือบทั้งสองด้านก็ได้ (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)

2.1.6 ระบบแสงสว่าง (Lighting)

ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร คือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร โดยอาจจะมีปริมาณสูงถึง 15-25% (Nelson 2014) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)) ทั้งนี้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารอาจเกิดจากปัจจัยด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนี้ ประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้า (Efficiciency : Lumens per watt) ดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index : CRI) อุณหภูมิของแสง (Color Temperature) ความสามารถในการหรี่แสง (Dimming Capability) อายุการใช้งาน รวมถึงการบำรุงรักษาตลอดจนความสะดวกในการหาซื้อเพื่อนำมาใช้งาน เป็นต้น (กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข 2558) (อ้างถึงใน (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561))

2.1.7 ระบบการสร้างสภาพแวดล้อมอาคารด้วยวิธีธรรมชาติ (Passive System)

ประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น (Hot-humid Climate) มักจะใช้งานระบบการทำความเย็นด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling) เพื่อเป็นการลดภาระสำหรับการปรับอากาศภายในอาคารซึ่งสามารถทำได้โดยนำประโยชน์จากองค์ประกอบทางธรรมชาติมาใช้การ ทั้งสถานที่ตั้งรวมถึงสภาพแวดล้อมรอบข้าง ดังนี้

2.1.7.1 การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Nature Ventilation)

2.1.7.2 การทำความเย็นด้วยการแผ่รังสี (Radiant Cooling)

2.1.7.3 การทำความเย็นด้วยกระแสลมใต้ดิน (Earth-air Cooling)

2.1.7.4 การทำความเย็นด้วยการระเหยของไอน้ำในอากาศ (Evaporative Cooling)

2.1.7.5 การทำความเย็นด้วยการพาความร้อนในเวลากลางคืน (Nocturnal Convective) (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.8 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

สาเหตุการเกิดความร้อนภายในอาคารมาจาก 2 แหล่ง คือ

2.1.8.1 ความร้อนจากภายใน (Internal Heat Gain) ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ไฟฟ้า และคน เป็นต้น

2.1.8.2 ความร้อนจากภายนอก (External Heat Gain) สามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ ดังนี้

2.1.8.2 (A) การนำความร้อน (Heat Conduction)

เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนถ่ายเทพลังงานจากโมเลกุลที่อุ่นกว่าไปยังโมเลกุลที่เย็นกว่า โดยจากโมเลกุลที่อยู่ในสสารเดียวกันหรือระหว่างสสาร 2 ชนิดที่สัมผัสกันโดยตรง โดยวัสดุประเภทโลหะจะมีคุณสมบัติการนำความร้อนได้ดีกว่าวัสดุประเภทผ้า ไม้ หรือฉนวนประเภทต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติหน่วงความร้อน

2.1.8.2 (B) การพาความร้อน (Heat Convection)

เป็นการถ่ายโอนพลังงานความร้อนที่เกิดกับตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ ซึ่งโมเลกุลของตัวกลางมีการเคลื่อนที่จากจุดที่อุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยเมื่อของเหลวและก๊าซได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นลดน้อยลง ส่งผลให้เคลื่อนลอยตัวสูงขึ้น และสำหรับโมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่ต่ำลงเนื่องมาจากความหนาแน่นมาก และสามารถสังเกตได้จากความร้อนที่ลอยขึ้นทางอากาศนั่นเอง

2.1.8.2 (C) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลางในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic waves) ซึ่งเดินทางจากวัตถุที่มีความร้อนไปสู่ผิวของวัตถุที่มีความเย็น เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์สู่อาคาร เป็นต้น (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)

2.2 มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2.2.1 ประเภทและขนาดของอาคาร

การก่อสร้างอาคารสำหรับใช้เป็นหรือเพื่อกิจการดังต่อไปนี้ หากมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงนี้

(1) โรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(2) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(3) สถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ

(4) สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

(5) สถานศึกษาตามกฎหมายว่าด้วยการศึกษาแห่งชาติ

(6) สำนักงานหรือที่ทำการ

(7) ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

(8) อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(9) อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2560)

รูปที่ 1 การแบ่งกลุ่มอาคารตามชั่วโมงการใช้งาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก https://webkc.dede.go.th

2.2.2 มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร

มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.2.1 ระบบกรอบอาคาร

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) ให้คำนวณตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดดังต่อไปนี้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq})+(U_f)(WWR)(\triangle T)+(WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (1)$$

เมื่อ

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกที่พิจารณา มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.^{\circ}C)$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสงหรือกระจก มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.^{\circ}C)$)

$\triangle T$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

$SHGC$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (*OTTV*) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \ldots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}} \quad (2)$$

เมื่อ

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq})+(U_s)(SRR)(\triangle T)+(SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (3)$$

เมื่อ

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.^{\circ}C)$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

U_s คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.^{\circ}C)$)

$\triangle T$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบแสง มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (*RTTV*) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$RTTV = \frac{(A_{r1})(RTTV_1) + (A_{r2})(RTTV_2) + \ldots + (A_{ri})(RTTV_i)}{A_{r1} + A_{r2} + \ldots + A_{ri}} \quad (4)$$

เมื่อ A_{wi} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

2.2.2.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ ต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดในอาคาร ให้คำนวณตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดดังต่อไปนี้

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในพื้นที่ i คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ i ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$LPD_i = \frac{LW_i + BW_i - NW_i}{A_i} \quad (5)$$

เมื่อ LPD_i คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

LW_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

BW_i คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

NW_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ *i* ที่ถูกทดแทนด้วยแสงธรรมชาติภายใต้เงื่อนไขการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคาร มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

A_i คือ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$LPD = \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i)(LPD_i)}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \quad (6)$$

เมื่อ LPD_i คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

2.2.2.3 ระบบปรับอากาศ

ประเภทและขนาดต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งภายในอาคารต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด โดยมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 12,000 วัตต์ ต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลเป็นไปตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (ขั้นต่ำ) ที่เป็นปัจจุบันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กระทรวงพลังงาน 2564)

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ (Coefficient of Performance, COP) คือ อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ (W) กับพิกัดกำลังไฟฟ้า (W) หน่วยเป็นวัตต์ ที่กำหนดให้เป็นค่าขั้นต่ำที่ติดตั้งเพื่อใช้สำหรับอาคารให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$COP = \frac{Q}{W} \quad (7)$$

เมื่อ Q คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio, SEER) คืออัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศในระหว่างฤดูกาลหารด้วยกำลังไฟฟ้าหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมงกับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์ ให้คำนวณตามวิธีการดังนี้

$$SEER = CSPF \times 3.412 \quad (8)$$

เมื่อ *SEER* คือ ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio) มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ ((Btu/h)/W)

CSPF คือ อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิทั้งหมดกับพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (Cooling Seasonal Performance Factor) อ้างอิงตามมาตรฐานและวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 2714

$$CSPF = \frac{CSTL}{CSEC} \quad (9)$$

เมื่อ *CSTL* คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิทั้งหมด (cooling seasonal total load) มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW/h)

CSEC คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (cooling seasonal energy consumption) มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW/h)

ความแตกต่างระหว่าง EER กับ SEER

EER (Energy Efficiency Ratio) คือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) คือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามฤดูกาลเครื่องปรับอากาศ แต่ SEER จะนำค่าการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศมาพิจารณาร่วมด้วย ทำให้มีความใกล้เคียงกับสภาพการใช้พลังงานจริงมากขึ้นกว่าการกำหนดแบบ EER ค่าประสิทธิภาพแบบใหม่ หรือ SEER จึงได้ถูกนำมาใช้งานกับเครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์แทนการใช้ค่า EER ดังนั้นกล่าวได้ว่า SEER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุป EER กับ SEER

SEER : เหมาะสมสำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบอินเวอร์เตอร์มากกว่าการวัดด้วย EER

SEER : ใช้บอกถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์ตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

EER/SEER : เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER/SEER ยิ่งสูง แสดงว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดียิ่งขึ้น (พรชัยแอร์เซอร์วิส 2564)

รูปที่ 2 ตัวอย่างฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 แบบใหม่ แบบมีดาว ประเภทเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : https://stc-air.com/air-content/no5-2019/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นกิโลวัตต์ กับขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นตันความเย็น ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$CHP = \frac{kW}{TON} \qquad (10)$$

เมื่อ *CHP* คือ ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

kW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ให้ใช้ค่าจากการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

TON คือ ขีดความสามารถการทความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด มีหน่วยเป็นตันความเย็น (Ton of Refrigeration, TR) ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

ส่วนการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นสำหรับส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย ระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น ให้คำนวณจากสมการ ดังต่อไปนี้

$$MP = \frac{CW + PW + FW}{TON} \tag{11}$$

เมื่อ *MP* คือ ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

CW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบระบายความร้อน มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ให้ใช้ค่าจากการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

PW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจ่ายน้ำเย็น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ให้ใช้ค่าจากการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

FW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบส่งลมเย็น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ให้ใช้ค่าจากการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

Chulalongkorn University

เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ อ้างอิงจากการทดสอบสภาวะมาตรฐานที่มีค่าอุณหภูมิน้ำออกจากระบบจ่ายน้ำเย็น 7.2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำออกจากระบบระบายความร้อน 32.2 องศาเซลเซียส ต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นไม่เกินค่า ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ

ประเภทของเครื่องทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ		**ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)**	**ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)**
ชนิดการระบายความร้อน	**แบบของเครื่องอัด**		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	ทุกขนาด	1.12
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	0.88
	แบบโรตารี่หรือแบบสกรู	ทุกขนาด	0.70
	แบบสครอลล์	ทุกขนาด	0.89
	แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300	0.67
		มากกว่า 300	0.61

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน
เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

ส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น ต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นรวมกันไม่เกิน 0.5 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

Chulalongkorn University

เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำแล้วแต่กรณีดังต่อไปนี้

กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนแบบระบุอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน	ภาวะพิกัด				ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
	ด้านน้ำเย็น		ด้านน้ำระบายความร้อน		
	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	อุณหภูมิน้ำเย็นออก	อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องควบแน่น	อัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องควบแน่น (ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์)	
	องศาเซลเซียส				
ก. ชั้นเดียว	12.0	7.0	32.0	0.105	0.65
ข. สองชั้น	12.0	7.0	32.0	0.079	1.10

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน
เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าและออกจากเครื่องควบแน่น ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนแบบระบุอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าและออกจากเครื่องควบแน่น

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน	ภาวะพิกัด				ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
	ด้านน้ำเย็น		ด้านน้ำระบายความร้อน		
	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	อุณหภูมิน้ำเย็นออก	อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องควบแน่น	อัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องควบแน่น	
	องศาเซลเซียส				
ก. ชั้นเดียว	12.0	7.0	32.0	37.5	0.65
ข. สองชั้น	12.0	7.0	32.0	37.5	1.10

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน

เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

ทั้งนี้การคิดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะให้คิดเฉพาะค่าความร้อนเท่านั้น โดยไม่รวมกำลังไฟฟ้าในระบบ

2.2.2.4 อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2.4 (A) หม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน (Steam boiler and hot water boiler)

ตารางที่ 4 เกณฑ์มาตรฐานของหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน

ประเภท	ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ (ร้อยละ)
(ก) หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Oil fired stream boiler)	85
(ข) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Oil fired hot water boiler)	80
(ค) หม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas fired stream boiler)	80
(ง) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas fired hot water boiler)	80

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน
เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

2.2.2.4 (B) เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบอากาศสู่อากาศ (Air-source heat pump water heater) ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานของเครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบอากาศสู่อากาศ

ภาวะพิกัด				ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
ลักษณะการออกแบบ	อุณหภูมิน้ำเข้า	อุณหภูมิน้ำออก	อุณหภูมิอากาศ	
	องศาเซลเซียส			
(ก) แบบที่ 1	30.0	50.0	30.0	3.5
(ข) แบบที่ 2	30.0	60.0	30.0	3.0

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน
เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของเครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน (Air - source heat pump water heater)

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของเครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน คือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความร้อนต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$COP = \frac{Q}{W} \tag{12}$$

เมื่อ COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊ม แบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน

Q คือ ความร้อนที่ใช้ในการทำน้ำร้อน มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

การคำนวณค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและหม้อน้ำร้อน ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$Eff = \left(\frac{h_s - h_w}{(F)(HHV)}\right) S \times 100 \tag{13}$$

เมื่อ Eff คือ ค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มน้ำร้อน (ร้อยละ)

h_s คือ ค่าเอนทัลปี (Enthalpy) ของไอน้ำหรือน้ำร้อนที่หม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อนผลิตได้ มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อตัน(MJ/ton) จากตารางไอน้ำ (Stream table)ทั่วไปกรณีไอน้ำ และจากตาราง Enthalpy ทั่วไปกรณีน้ำร้อน

h_w คือ ค่าเอนทัลปี (Enthalpy) ของน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความดันหนึ่งบรรยากาศ ในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ 113 เมกะจูลต่อตัน

S คือ ปริมาณไอน้ำหรือน้ำร้อนที่ผลิตได้ มีหน่วยเป็นตันต่อวัน (ton/d) ดูจากเครื่องวัดปริมาณไอน้ำหรือน้ำร้อน

F คือ ปริมาณการใช้น้ำมันหรือแก๊ส มีหน่วยเป็นตันต่อวัน (ton/d)

HHV คือ ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value) ของน้ำมันหรือแก๊สที่ใช้ มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อตัน (MJ/ton)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2.5 การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

เกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่ของกรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ การคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารจะใช้สมการดังต่อไปนี้

$$E_{pa} = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{A_{wi}\,(OTTV)}{COP_i} + \frac{A_{ri}\,(RTTV)}{COP_i} + A_i \left\{ \frac{C_l\,(LPD) + C_e\,(EQD) + 130C_o\,(OCCU) + 24\,C_v\,(VENT)}{COP_i} \right\} \right] n_h + \sum_{i=1}^{n} A_i\,(LPD_i + EQD)\,n_h - (PVE + HEE + ORE) \quad (14)$$

เมื่อ E_{pa} คือ ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารรายปี มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี (kWh/y)

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือ ผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

A_{ri} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

$OTTV_l$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

LPD_i คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

EQD_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

$OCCU_i$ คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น คนต่อตารางเมตร ($Person/m^2$) ในที่นี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.1 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

$VENT_i$ คือ อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ สำหรับพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที (l/s) ในที่นี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.25 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

COP_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศขนาดเล็ก หรือระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ *i*

A_i คือ พื้นที่ส่วนพิจารณา *i* (พื้นที่ *i*) มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

PVE คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์
มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)
สำหรับการคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารอ้างอิง จะไม่มีค่า PVE ในสมการ

HEE คือ ค่าพลังงานความร้อนหมุนเวียนเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้า
มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี (kWh/y)
สำหรับการคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารอ้างอิง จะไม่มีค่า HEE ในสมการ

ORE คือ ค่าการใช้พลังงานหมุนเวียนในรูปแบบอื่น ๆ หน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อปี (kWh/y)
สำหรับการคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารอ้างอิง จะไม่มีค่า ORE ในสมการ

C_l, C_e, C_o และ C_v คือ สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ
จากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผู้ใช้อาคาร
และการระบายอากาศตามลำดับ

n_h คือ จำนวนชั่วโมงการใช้งานรายปีสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ
และจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับแต่ละประเภท

ประเภทของอาคาร	C_l	C_e	C_o	C_v	n_h
สถานศึกษา สำนักงาน	0.84	0.85	0.90	0.90	2,340
โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ อาคารชุมนุมคน	0.84	0.85	0.90	0.90	4,380
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	1.0	1.0	1.0	1.0	8,760

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องหลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2.6 การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร

เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคารให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนในอาคาร ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารมีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยการออกแบบดังกล่าวต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ต้องแสดงอย่างชัดเจนว่า มีการออกแบบสวิตช์ที่สามารถเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงของหน้าต่างในพื้นที่นั้น

- กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารต้องมีค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดด (Effective Shading Coefficient, SC_{eff}) ไม่น้อยกว่า 0.3 และอัตราส่วนการส่งผ่านแสงต่อความร้อน (Light to Solar Gain, LSG) มากกว่า 1.0

ค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Effective Shading Coefficient, SC_{eff}) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$SC_{eff} = (SC)(\tau_{vis}) \tag{15}$$

เมื่อ SC_{eff} คือ ประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดด

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

τ_{vis} คือ ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (Visible Transmittance)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าอัตราส่วนการส่งต่อความร้อนของกระจก (Light to Solar Gain, LSG) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$LSG = \frac{\tau_{vis}}{SHGC} \tag{16}$$

เมื่อ LSG คือ ค่าอัตราส่วนการส่งผ่านแสงต่อความร้อน

$SHGC$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของรังสีอาทิตย์

กรณีที่อาคารมีการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคาร ให้อาคารดังกล่าวสามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปหักออกจากค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารก่อนเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง

ค่าพลังงานที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์ให้คิดจากค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการดังนี้

$$PVE = \frac{(9)(365)(A_{mod})(\eta_{sys})(ESR_{PV})}{1000} \tag{2.17}$$

เมื่อ PVE คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)

$(9)(365)$ คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ใน 1 ปี โดย (9) คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่มีแสงอาทิตย์ใน 1 วัน และ (365) คือ จำนวนวันใน 1 ปี

A_{mod} คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

η_{sys} คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบ

ESR_{PV} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนที่มุมเอียงและทิศทางที่ตรงกับการติดตั้งแผง เซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) (กรณีที่มุมเอียงและทิศทางไม่ตรงกับค่าในตาราง ให้ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

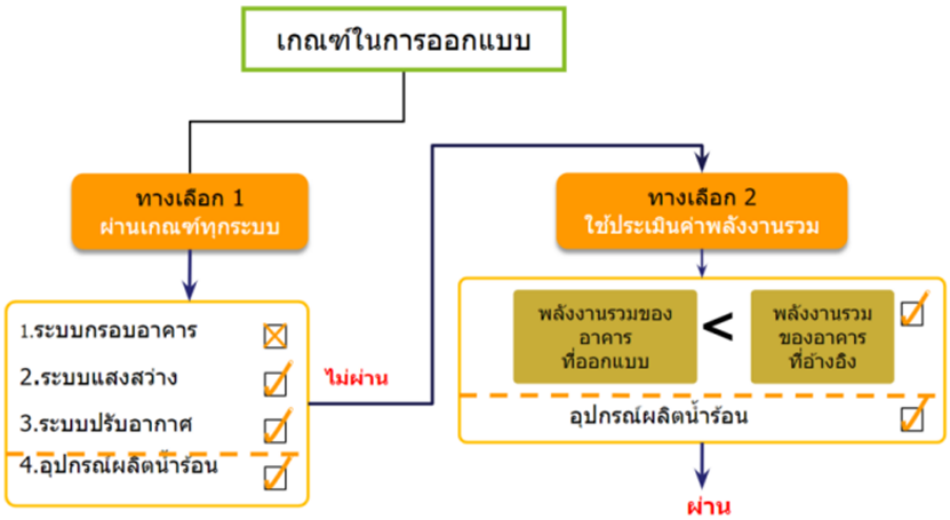
2.2.2.7 เกณฑ์การผ่านการตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

การพิจารณาการผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย สามารถแบ่งได้ 2 กรณี คือ

ทางเลือกที่ 1 ผ่านเกณฑ์ทุกระบบ คือ ทั้ง 4 ระบบ ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน สามารถผ่านค่าที่กำหนดได้

ทางเลือกที่ 2 ผ่านโดยใช้ค่าพลังงานรวม คือ ถ้าอาคารที่ออกแบบมีระบบกรอบอาคาร หรือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หรือ ระบบปรับอากาศที่ไม่ผ่านเกณฑ์ แต่เมื่อคำนวณค่าพลังงานรวมของอาคารที่ออกแบบเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงแล้วอาคารที่ออกแบบมีค่าการใช้พลังงานรวมต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิงจะถือว่าสามารถผ่านเกณฑ์ได้

ทั้งนี้ทางเลือกที่ 1 และ ทางเลือกที่ 2 นั้น หากในอาคารมีการใช้อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน อุปกรณ์ดังกล่าวต้องผ่านข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนด้วย (พันธุดา พุฒิไพโรจน์ 2563)



รูปที่ 3 หลักเกณฑ์การผ่านการตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ที่มา : เอกสารประกอบการอบรมผู้ประเมินค่าการอนุรักษ์พลังงาน, 2562

2.3 เกณฑ์เป็นสุข (SOOK Standard)

สถาบันอาคารเขียวไทยได้พัฒนาเกณฑ์อาคารเขียวในช่วงหลายปีที่ผ่านมา และเป็นองค์กรเดียวในประเทศที่ทำหน้าที่ตรวจประเมินผลและรับรองอาคารเขียวที่ก่อสร้างในประเทศไทย โดยทั้งนี้สถาบันอาคารเขียวไทยมีเกณฑ์ชื่อ TREES หรือ Thai's Rating for Energy and Environmental Sustainability ซึ่งผู้ออกแบบและพัฒนาโครงการจะใช้เป็นแนวทางการออกแบบให้เป็นอาคารเขียวในเบื้องต้น ปัจจุบันนักพัฒนาโครงการได้เริ่มมองเห็นความต้องการของตลาดอสังหาริมทรัพย์ต่อประเด็นสุขภาพ คุณภาพชีวิต ความเป็นดีอยู่ดีหรือ Well-Being โดยไม่ได้จำกัดสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุอย่างเดียวแล้ว ผู้พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์และผู้ผลิตสินค้าวัสดุก่อสร้างหลายรายได้เริ่มทำการตลาดสินค้าของตน สถาบันอาคารเขียวไทยจึงได้เริ่มพัฒนาเกณฑ์การออกแบบก่อสร้างอาคารที่เน้นสุขภาวะที่ดีของผู้อยู่อาศัยในอาคาร โดยใช้ชื่อเกณฑ์ว่า "เป็นสุข" หรือ "SOOK" ซึ่งจะพัฒนามาให้สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย เนื่องจากประเด็นสุขภาพในอาคาร ทั้งอาคารที่ทำงานและอาคารพักอาศัยจะได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้น

ลักษณะการประเมินของเกณฑ์ "เป็นสุข" จะประเมินด้วยการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อคะแนนซึ่งจะมีลักษณะหัวข้อคะแนนอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ คะแนนหัวข้อบังคับ หรือ Prerequisite ซึ่งผู้เข้าร่วมประเมินต้องผ่านการประเมินทุกหัวข้อคะแนน ซึ่งในเกณฑ์เป็นสุขนี้จะมีหัวข้อบังคับ 3 หัวข้อ โดยหากไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนข้อใดข้อหนึ่งในกลุ่มนี้จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์เป็นสุขนี้เลย กลุ่มคะแนนหัวข้อบังคับจะต่างกับอีกกลุ่มที่มีการวัดด้วยระดับคะแนน ซึ่งมีคะแนนมากน้อยแตกต่างกันไปตามลำดับความสำคัญ ในกลุ่มนี้จะมีคะแนนรวมถึง 110 คะแนน โดยเมื่อผ่านคะแนนข้อบังคับทั้ง 3 หัวข้อแล้ว การทำคะแนนได้มากน้อยจะเป็นตัวตัดสินระดับรางวัลที่จะได้รับใน "เป็นสุข" ได้แบ่งระดับรางวัลออกเป็น 4 ระดับ ตามช่วงคะแนน ได้แก่

PLATINUM	75 คะแนน ขึ้นไป
GOLD	65 คะแนน
SILVER	55 คะแนน
CERTIFIED	45 คะแนน

เกณฑ์ “เป็นสุข” ได้ถูกร่างขึ้นโดยแบ่งเป็น 5 หมวด มีคะแนนรวม 110 คะแนน ได้แก่

หมวดพื้นที่ภายนอกและชุมชนแวดล้อม (Outdoor & Neighborhood - ON) 13 คะแนน

หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design - AD) 42 คะแนน และ 1 ข้อบังคับ

หมวดการออกแบบภายใน และการใช้วัสดุ (Interior Design & Materials - IM) 15 คะแนน และ 1 ข้อบังคับ

หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม (Environmental System & Engineering - EE) 30 คะแนน และ 1 ข้อบังคับ

หมวดนวัตกรรมสุขภาวะ (SOOK Innovation - SI) 10 คะแนน

2.3.1 หมวดพื้นที่ภายนอกและชุมชนแวดล้อม (ON)

หมวด ON มี 13 คะแนน จะเกี่ยวกับการส่งเสริมพื้นที่สีเขียวภายนอกอาคาร (Biophilia) ที่ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าถึงและส่งเสริมการออกกำลังกาย มีแปลงผักปลอดสารพิษให้ผู้อยู่อาศัย (community garden) มีต้นไม้ให้ผลทานได้ (edible landscape) การอยู่ในชุมชนที่เข้าถึงสถานที่ออกกำลังกาย สวนสาธารณะ ทางจักรยาน ตลาดสด ร้านอาหาร หรือสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ของชุมชน จนไปถึงการควบคุมสารพิษจากการจัดการแมลง และการออกแบบที่รองรับความปลอดภัยจากภัยพิบัติต่างๆ (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 หัวข้อและเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดพื้นที่ภายนอกและชุมชนแวดล้อม (Outdoor & Neighborhood – ON)

OUTDOOR & NEIGHBORHOOD (ON)		**13 (คะแนน)**
ON 1	การสัมผัสธรรมชาติ (Biophilia)	2
ON 2	ที่ออกกำลังกาย (Exercise Space)	1
ON 3	เอกลักษณ์ท้องถิ่นหรือที่ตั้ง (Sense of Place)	1
ON 4	ชุมชนแวดล้อม (Surrounding Community)	1
ON 5	ป้องกันภัยธรรมชาติ (Disaster Management)	3
ON 6	การควบคุมศัตรูพืชและยาฆ่าแมลง (Pest & Pesticide Control)	3
ON 7	สวนชุมชน (Community Garden)	2

ที่มา : เกณฑ์เป็นสุข สถาบันอาคารเขียวไทย พ.ศ. 2563 (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

2.3.2 หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม (AD)

หมวด AD มี 42 คะแนน 1 ข้อบังคับ ประกอบด้วยการออกแบบเพื่อส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายในอาคารทางด้านการระบายอากาศธรรมชาติ มีหน้าต่างที่เปิดปิดได้ที่ไม่ห่างจากพื้นที่ใช้สอยหลักเกินไป พื้นที่ใช้งานหลักได้รับแสงสว่างธรรมชาติ มองเห็นวิวภายนอก แต่ยังคงมีความเป็นส่วนตัว มีการลดแสงแยงตา (glare) มีการบังแดดอย่างเหมาะสมด้วยอุปกรณ์บังแดด และมีการใช้วัสดุอาคารที่สามารถป้องกันเสียงรบกวนได้ดี นอกจากนี้ การออกแบบอาคารยังต้องคำนึงถึงสัดส่วนความงามทางสถาปัตยกรรมทั้งในแง่สัดส่วนความสูงของเพดานที่สอดคล้องกับขนาดพื้นที่ห้อง หรือมีการตกแต่งที่ส่งเสริมลักษณะเฉพาะของพื้นถิ่น รวมทั้งการออกแบบที่เน้นความปลอดภัย (Safety & Security) ของผู้ใช้อาคาร และการอำนวยความสะดวกให้คนชรา เด็ก และคนพิการ ตามหลักการของ Universal Design (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

ตารางที่ 8 หัวข้อและหลักเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design - AD)

ARCHITECTURAL DESIGN (AD)		**42 (คะแนน)**
ADp1	การควบคุมการสูบบุหรี่ (Smoking Control)	บังคับ
AD 1	การลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัย (Safety)	10
AD 2	การลดความเสี่ยงต่อการเกิดโจรกรรมและอาชญากรรม (Security)	6
AD 3	การออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design)	5
AD 4	ความงามและการออกแบบ (Beauty & Design)	1
AD 5	การเข้าถึงหรือมองเห็นทิวทัศน์ (Access to View)	1
AD 6	ความเป็นส่วนตัว (Private Space)	1
AD 7	การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)	4
AD 8	แสงสว่างที่มองเห็น (Visual Lighting)	1
AD 9	แสงธรรมชาติ (Daylight)	2
AD 10	การควบคุมการเกิดแสงแยงตา (Glare Control)	2
AD 11	สิทธิในการได้รับแสงสว่าง (Right to Light)	1
AD 12	อุปกรณ์บังแดดและควบคุมการหรี่แสง (Shading & Dimming)	1
AD 13	การเปิด-ปิดหน้าต่าง (Operable Window)	1
AD 14	ความน่าสบายด้านเสียง (Acoustic Comfort)	2
AD 15	การป้องกันและการดูดซับเสียง (Sound Insulation & Absorption)	2
AD 16	การกั้นเสียง (Sound Barrier)	2

ที่มา : เกณฑ์เป็นสุข สถาบันอาคารเขียวไทย พ.ศ. 2563 (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

2.3.3 หมวดการออกแบบภายใน และการใช้วัสดุ (IM)

หมวด IM มี 15 คะแนน 1 ข้อบังคับ ประกอบด้วยการตกแต่งภายในด้วยวัสดุที่ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยตั้งแต่การใช้สีและแสงที่เหมาะสมต่อกิจกรรม และระบบนาฬิกาชีวิตของมนุษย์ไปจนถึงการหลีกเลี่ยงวัสดุตกแต่งที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น โลหะหนัก (ตะกั่วและปรอท) สารอินทรีย์ระเหยในกาว สี ยาแนวต่าง ๆ เป็นต้น ไปจนถึงการใช้ วัสดุที่ทำความสะอาดง่าย ไม่สะสมเชื้อโรค หรืออาจเป็นวัสดุที่มีการเคลือบสารต่อต้านเชื้อโรค (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

ตารางที่ 9 หัวข้อและเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดการออกแบบภายในและการใช้วัสดุ (Interior Design & Material - IM)

INTERIOR DESIGN & MATERIALS (IM)		**15 (คะแนน)**
IMp1	การลดการใช้สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC Reduction)	บังคับ
IM 1	การออกแบบพื้นผิวโดยรอบ (Surface Design)	1
IM 2	คุณภาพสีของแสง (Color Quality)	1
IM 3	แร่ใยหินและสารโลหะหนัก (Asbestos & Heavy Metal)	2
IM 4	การลดการใช้สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC Reduction)	1
IM 5	การลดการใช้สารพิษ (Toxic Materials Reduction)	2
IM 6	การส่งเสริมการใช้วัสดุอย่างปลอดภัย (Enhanced Materials Safety)	2
IM 7	การควบคุมความชื้น (Moisture Management)	1
IM 8	การลดการเติบโตของจุลชีพที่ผิววัสดุ (Antimicrobial)	2
IM 9	สภาพแวดล้อมที่ทำความสะอาดได้ (Cleanable Environment)	1
IM 10	แสงสว่างที่สัมพันธ์กับระบบร่างกาย (Circadian Lighting)	2

ที่มา : เกณฑ์เป็นสุข สถาบันอาคารเขียวไทย พ.ศ. 2563 (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.4 หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม (EE)

หมวด EE มี 30 คะแนน 1 ข้อบังคับ ประกอบด้วยการออกแบบเพื่อสุขภาวะในแบบ Active Design ด้วยระบบวิศวกรรมอาคารด้านต่าง ๆ ที่ช่วยควบคุมสิ่งแวดล้อมภายในอาคารให้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการพักอาศัยอย่างสุขสบายและมีอนามัย หมวดนี้จะมีข้อบังคับที่ต้องผ่าน (Prerequisite) คือการออกแบบระบบปรับอากาศที่ผ่านมาตรฐานการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาภายในอาคารในปริมาณที่เพียงพอต่อการอยู่อาศัย และทำงานของผู้ใช้อาคาร ซึ่งผลสำเร็จของการออกแบบดังกล่าวนี้จะต้องผ่านการพิสูจน์โดยทำการตรวจคุณภาพอากาศเพื่อวัดค่าปริมาณสารพิษที่อยู่ในอาคาร ที่จะต้องไม่เกินค่ามาตรฐานสำหรับสารเจือปนชนิดต่าง ๆ เช่น ปริมาณฝุ่น PM2.5, PM10, CO_2 , CO, TVOC, และฟอร์มัลดีไฮด์ สำหรับความน่าสบายทางอุณหภาพ นอกจากจะต้องออกแบบให้มีมาตรฐานความร้อน ความชื้นที่เหมาะสมแล้ว อาคารยังต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายใน อาคาร และทำแบบสอบถามความน่าสบาย (comfort survey) กับผู้ใช้อาคารด้วย นอกจากนี้ หมวดนี้ยังพยายามส่งเสริม การใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ตั้งแต่การใช้ท่อน้ำที่ปลอดสารตะกั่ว การใช้เครื่องกรองน้ำดื่มที่สะอาดได้มาตรฐาน NFS การดูดอากาศเสียไปทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ การติดตั้งเครื่องฟอกอากาศด้วย HEPA filter หรือ UVGI ที่ช่วยฆ่าเชื้อโรคในระบบปรับอากาศ รวมทั้งการเลือกอุปกรณ์ปรับอากาศที่ลดเสียงรบกวน (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 หัวข้อและเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเกณฑ์เป็นสุข
หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม (Environmental System & Engineering - EE)

ENVIRONMENTAL SYSTEM & ENGINEERING (EE)		**30 (คะแนน)**
EEp1	มาตรฐานคุณภาพอากาศภายใน (IAQ Standard)	บังคับ
EE 1	ความน่าสบายอุณหภาพ (Thermal Comfort)	4
EE 2	การป้องกันกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Olfactory Comfort)	2
EE 3	คุณภาพน้ำ (Water Quality)	5
EE 4	การระบายอากาศเสียจากการก่อสร้าง (Air Flush Out)	2
EE 5	การกรองอากาศภายนอกก่อนเข้าอาคาร (Outdoor Air Filtration)	2
EE 6	การป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (Air Leakage)	2
EE 7	การระบายอากาศโดยตรงบางพื้นที่ (Direct Source Ventilation)	2
EE 8	ระบบควบคุมอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor Air System)	3
EE 9	การเพิ่มปริมาณอากาศจากภายนอก (Increased Ventilation)	3
EE 10	การฟอกอากาศ (Air Purification)	3
EE 11	การลดเสียงรบกวนจากอุปกรณ์ระบบอาคาร (Noise Reduction)	2

ที่มา : เกณฑ์เป็นสุข สถาบันอาคารเขียวไทย พ.ศ. 2563 (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในส่วนของระบบปรับอากาศอาคารสาธารณะ จะต้องผ่านการออกแบบตามมาตรฐานอัตราการระบายอากาศ ขั้นต่ำตาม ASHRAE 62.1 (2010) หรือ วสท.3010 ทั้งส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ส่วนอาคารพักอาศัยจะต้องผ่านมาตรฐาน ASHRAE 62.2 (2010) เจ้าของอาคารหรือผู้บริหารอาคารจะต้องทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศ เพื่อหาปริมาณสารเจือปนในอากาศให้มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยทำการตรวจวัด PM2.5 (ไม่เกิน 25μg/m^3), PM10 (ไม่เกิน 50 μg/m^3), CO (ไม่เกิน 9 PPM), CO_2 (ไม่เกิน 1,100 PPM), O_3 (ไม่เกิน 51 PPB), TVOC (ไม่เกิน 500μg/m^3), และฟอร์มัลดีไฮด์ (ไม่เกิน 27 PPB) อาคารปรับอากาศที่มีการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก (outdoor air) ผ่านระบบปรับอากาศจะต้องติดตั้งแผ่นกรองอากาศชนิด MERV 14 เป็นขั้นต่ำ เพื่อให้สามารถกรองฝุ่นละอองขนาด PM2.5 ได้ในช่วงเวลาที่อากาศภายนอกมีมลภาวะสูง (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

2.3.5 หมวดนวัตกรรมสุขภาวะ (SOOK Innovation - SI)

หมวด SI เป็นหมวดพิเศษที่ใช้ทดแทนคะแนนในหมวดอื่น ๆ ซึ่งจะมีข้อจำกัดว่าเลือกทำคะแนนในหมวดนี้ได้ไม่เกิน 10 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน เช่น ถ้าหากว่าทำคะแนนในทุกหมวดหลักได้ 60 คะแนน แล้วเลือกทำคะแนนในหมวดนี้ได้อีก 10 คะแนน ก็จะมีคะแนนรวมเป็น 70 คะแนน ซึ่งสามารถผ่านการประเมิน SOOK ได้ในระดับที่สูงขึ้น แนวคิดของหัวข้อพิเศษ SOOK Innovation นี้ก็คือการรวบรวมแนวทางพิเศษที่นอกเหนือกว่าเกณฑ์ปกติหรือเป็นเกณฑ์นำร่อง (Pilot) เพื่อใช้ทดลองหาวิธีการที่จะส่งเสริมสุขภาวะในอนาคต (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานกับเกณฑ์เป็นสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานกับเกณฑ์เป็นสุข ประกอบด้วย ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ทั้งนี้สามารถทำคะแนนหลังจากปรับคุณสมบัติอาคารตามเกณฑ์เป็นสุขได้ 28 คะแนน ดังนี้

หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design - AD) 12 คะแนน

AD 7 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) 4 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการระบายอากาศที่ดี ผู้ใช้อาคารได้รับอากาศบริสุทธิ์ และเพื่อการประหยัดพลังงาน

ข้อกำหนด จัดให้อาคารมีการวางผังและช่องเปิด ให้มีใช้การใช้ประโยชน์ของการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยกำหนดให้อย่างน้อย 75% ของพื้นที่ใช้งานประจำ รวมถึงทางเดินภายในอาคาร มีช่องเปิดให้ได้ตามเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่ง ดังนี้

วสท. 031010-60 มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ บทที่ 6 หัวข้อ 6.4 วิธีการระบายอากาศตามธรรมชาติ หน้า 6-18

CIBSE AM10, Section 4, Design Calculations, ส่วนการคำนวณการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

ASHRAE 62.1 2019 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality – ส่วน Natural Ventilation Procedure และทางเข้า-ออกหลักต้องติดตั้งโถงที่มีประตู 2 ชั้น (Vestibule)
สำหรับอาคารพักอาศัย กำหนดให้ช่องเปิดต้องมีพื้นที่อย่าง 10% ของพื้นที่ห้อง รวมถึงทางเดินกลางและโถงลิฟต์ ยกเว้นห้องเก็บของและห้องเครื่อง (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

AD 8 แสงสว่างที่มองเห็น (Visual Lighting) 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ใช้อาคารได้รับแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสม และเพื่อเพิ่มคุณภาพของแสงสว่างภายในให้กับพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำ

ข้อกำหนด ในส่วนพื้นที่ใช้งานประจำ กระจกกรอบอาคารต้องมีค่า visible light transmittance ไม่ต่ำกว่า 60% และใช้การจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor: DF) มากกว่า 2% โดยพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์ต้องมีสัดส่วนไม่น้อยกว่า 70% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
อาคารพักอาศัย กระจกกรอบอาคารต้องมีค่า visible light transmittance ไม่ต่ำกว่า 60% สำหรับห้องนอนและห้องพักผ่อน ต้องติดตั้งม่านทึบแสง 100% (Blackout blinds) (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

AD 9 แสงธรรมชาติ (Daylight) 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการใช้แสงธรรมชาติอย่างเหมาะสม ซึ่งถ้ามากเกินไปก็จะทำให้เกิดอาการบาดตา หรือน้อยเกินไป จะไม่ได้ใช้แสงธรรมชาติเท่าที่ควรจะเป็น

ข้อกำหนด อาคารต้องออกแบบให้พื้นที่ที่ใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติที่เหมาะสม โดยใช้การจำลองสภาพด้วย คอมพิวเตอร์เพื่อหาระดับความสว่างด้วยดัชนีชี้วัด Spatial Daylight Autonomy (SDA 300/50%) จะต้องครอบคลุมพื้นที่ อย่างน้อย 55% หรือ 75% ขึ้นไป (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

AD 10 การควบคุมการเกิดแสงแยงตา (Glare Control) 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการออกแบบเพื่อควบคุมการเกิดแสงแยงตาไม่ให้มากเกินไป ซึ่งอาจเกิดจากแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct glare) หรือแสงจ้าที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม

ข้อกำหนด

1. อาคารต้องติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการเกิดแสงแยงตาดังต่อไปนี้

ที่หน้าต่างต้องติดตั้งม่านบังแดด โดยผู้ใช้อาคารสามารถปรับเองได้ หรือเป็นระบบอัตโนมัติปรับตามความเข้มของแสงสว่างภายนอก หรืออุปกรณ์บังแดดถาวรที่ติดตั้งภายนอกอาคารเพื่อลดปริมาณแสงหรือลดการหักเหแสง หรือวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถช่วยลดแสงจ้าได้อัตโนมัติ เช่น กระจกปรับแสงอัตโนมัติ

โคมไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีอุปกรณ์ลดแสงแยงตาควรให้มีมุมกำบัง (α) อย่างน้อยสุดสำหรับหลอดไฟที่มีความสว่างดังนี้

α: 15° สำหรับหลอด 20,000 ถึง 50,000 cd/m²

α: 20° สำหรับหลอด 50,000 ถึง 500,000 cd/m²

α: 25° สำหรับหลอดมากกว่า500,000 cd/m²

โต๊ะทำงานต้องมีค่าจำกัดพิกัดแสงจ้ารวม หรือ UGRLไม่เกิน 19

2. Annual Sunlight Exposure (ASE 1000,250) ไม่เกิน 10% ยกเว้นพื้นที่โถงทางเข้าสำหรับอาคารพักอาศัยให้ติดตั้งม่านบังแดดตามข้อกำหนดข้างบน และ ASE 1000, 250 ไม่เกิน 10% (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

AD 12 อุปกรณ์บังแดดและควบคุมการหรี่แสง (Shading & Dimming) 1 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันการเกิดแสงสะท้อนจากภายนอกอาคารและเพิ่มการพึ่งพาแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารมากขึ้น ผ่านการใช้อุปกรณ์บังแดดและการหรี่แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าระบบอัตโนมัติซึ่งจะช่วยให้เกิดความสว่างที่เหมาะสม

ข้อกำหนด พื้นที่ใช้งานประจำต้องติดตั้งอุปกรณ์บังแดดช่วยลดแสงสว่างจากภายนอกและติดตั้งสวิตช์หรี่ไฟ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าส่องสว่าง โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

ติดตั้งม่านบังแดด จะเป็นระบบอิสระปรับความสว่างโดยผู้ใช้อาคาร หรือระบบการควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

ผนังด้านที่มี Window-to-Wall Ratio (WWR) มากกว่า 40% ต้องติดตั้งอุปกรณ์บังแดดด้านนอกอาคาร

ระบบหรี่แสงอัตโนมัติจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับบุคคลบริเวณพื้นที่ทำงานและบริเวณที่นั่งเพื่อหรี่ความสว่างให้เหมาะสม และเมื่อไม่มีผู้ทำงานระบบจะหรี่ไฟลงที่ 20% หรือปิด ยกเว้นไฟประเภทไฟตกแต่งยังคงเปิดไว้

ยกเว้น Atrium & Lobby

สำหรับอาคารพักอาศัยให้ติดติดตั้งม่านบังแดด จะเป็นระบบอิสระปรับความสว่างโดยผู้ใช้อาคาร หรือระบบการควบคุมการทำงานอัตโนมัติ และต้องติดตั้งม่านทึบแสง 100% (Blackout blinds) สำหรับห้องนอนและห้องพักผ่อน (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

AD 13 การเปิด-ปิดหน้าต่าง (Operable Window) 1 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่ดี โดยจัดให้มีช่องเปิดที่มีขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสม ช่วยลดการพึ่งพาระบบกลเพียงอย่างเดียว และเป็นการลดช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลดสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) และฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ภายในอาคาร

ข้อกำหนด พื้นที่ใช้งานประจำต้องมีประตู หน้าต่าง หรือช่องเปิดที่สามารถระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้ โดยช่องเปิด สามารถถ่ายเทลมได้ดีและสามารถลดระดับคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ไม่ให้เกิน 800 ppm (วัดที่ระดับ ความสูง 1.2-1.8 เมตร จากพื้นห้อง) หรือเป็นระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติที่ต้องมีตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่นละอองภายนอก ควบคุมการเปิด-ปิด ช่องเปิด

สำหรับอาคารพักอาศัยต้องมีช่องเปิดอย่างน้อย 10% ของพื้นที่ใช้งานประจำ และอาคารสูง (อาคารที่สูงมากกว่า 23 เมตร) อย่างน้อย 50%ของช่องเปิดดังกล่าวต้องติดตั้งมุ้งลวดกันแมลง (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมวดการออกแบบภายใน และการใช้วัสดุ (Interior Design & Materials - IM) 4 คะแนน

IM 1 การออกแบบพื้นผิวโดยรอบ (Surface Design) 1 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ใช้อาคารได้รับปริมาณแสงสว่างภายในอาคารที่เพิ่มมากขึ้น โดยได้มาจากการสะท้อนแสงของพื้นผิววัสดุภายในอาคาร

ข้อกำหนด พื้นที่ใช้งานประจำ (Regularly Occupied Spaces) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ (Light Reflectance Value, LRV) ของส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ให้เป็นดังนี้

พื้นที่ทำงานและพื้นที่เรียน (Working and Learning Area)

ผนังในแนวตั้ง มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 0.7 (70%) อย่างน้อย 50% ของพื้นที่ผนังส่วนที่ผู้ใช้อาคารมองเห็น

ฝ้าเพดาน มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 0.8 (80%) อย่างน้อย 80% ของพื้นที่ฝ้าเพดาน

เฟอร์นิเจอร์ (เฉพาะโต๊ะทำงาน แผงกั้น) มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 0.5 (50%) อย่างน้อย 50% ของพื้นผิว เฟอร์นิเจอร์ ส่วนที่ผู้ใช้อาคารมองเห็น

ห้องนอน (Bedroom)

ผนังในแนวตั้ง มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่เกิน 0.4 (40%) อย่างน้อย 80% ของพื้นที่ผนัง

ฝ้าเพดาน มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 0.4 (40%) อย่างน้อย 80% ของพื้นที่ฝ้าเพดาน

พื้นที่อยู่อาศัย (Living Space) ในอาคารที่พักอาศัย ส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่ห้องนอน

ผนังในแนวตั้ง มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่เกิน 0.6 (60%) อย่างน้อย 80% ของพื้นที่ผนัง

ฝ้าเพดาน มีค่า LRV โดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 0.4 (40%) อย่างน้อย 80% ของพื้นที่ฝ้าเพดาน (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

IM 2 คุณภาพสีของแสง (Color Quality) 1 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมให้อาคารมีการใช้หลอดไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการให้สีของวัตถุที่ถูกต้องสูง เพื่อให้ผู้ใช้อาคาร สามารถมองเห็นวัตถุและสภาพแวดล้อมโดยจำแนกสีได้อย่างถูกต้อง สีของวัตถุที่ถูกต้องช่วยทำให้วัตถุที่มองเห็นมีความ น่าสนใจเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อบรรยากาศภายในอาคารและคุณภาพความเป็นอยู่ภายในอาคารที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อกำหนด พื้นที่ใช้สอยของอาคารทั้งหมด ที่มีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ให้ใช้หลอดไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติดังนี้

มีค่า Color Rendering Index (CRI) ≥ 80 พื้นที่ใช้งานประจำ ถ้ามีการใช้หลอดไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้ จะได้คะแนนในหมวด Innovation

มีค่า Color Rendering Index (CRI) ≥ 90

มีค่า Color Rendering Index (CRI) ≥ 80 และ ค่า R9 ≥ 50

หมายเหตุ : ไม่รวมหลอดไฟฟ้าที่ใช้สำหรับงานตกแต่งภายใน ไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน และการใช้งานพิเศษอื่น ๆ (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

IM 10 แสงสว่างที่สัมพันธ์กับระบบร่างกาย (Circadian Lighting) 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ใช้อาคารได้รับปริมาณแสงจากธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ที่เพียงพอ ที่สัมพันธ์กับระบบร่างกายของผู้ใช้อาคาร

ข้อกำหนด ออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารให้มีลักษณะดังนี้

บริเวณพื้นที่ทำงาน

การจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร จะต้องได้ผลการจำลองที่สอดคล้องตามเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

บริเวณพื้นที่ทำงานอย่างน้อย 75% ของพื้นที่ทั้งหมด ค่าความส่องสว่างที่ได้จากแสงธรรมชาติและระบบไฟฟ้าแสง สว่าง ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 200 Equivalent melanopic lux (EML)*(1) โดยวัดที่พื้นผิวในแนวตั้งที่ผู้ใช้อาคารสามารถมองเห็นได้ที่ระยะความสูง 1.20 เมตร จากระดับพื้นห้อง

ค่าความส่องสว่างดังกล่าวต้องมีอย่างน้อยในช่วงเวลา ตั้งแต่ 9:00 –13:00 น. ของทุกวันตลอดทั้งปี

บริเวณพื้นที่ทำงานทั้งหมด ค่าความส่องสว่างที่ได้จากระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพียงอย่างเดียวจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 150 EML โดยวัดที่พื้นผิวในแนวตั้งที่ผู้ใช้อาคารสามารถมองเห็น

บริเวณพื้นที่ทำงานอย่างน้อย 75% ของพื้นที่ทั้งหมด ค่าความส่องสว่างที่ได้จากระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพียงอย่างเดียว ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 120 EML โดยวัดที่พื้นผิวในแนวตั้งที่ผู้ใช้อาคารสามารถมองเห็นได้ ที่ระยะความสูง 1.20 เมตร จากระดับพื้นห้อง และผ่านเกณฑ์ในหัวข้อ AD9 แสงธรรมชาติ (Daylight)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บริเวณห้องนอน

การจำลองสภาพแสงสว่างภายในห้องนอนที่มีหน้าต่างและมีโคมไฟฟ้าจะต้องได้ผลการจำลองที่สอดคล้องตามเกณฑ์ ดังนี้

ในช่วงเวลากลางวัน ค่าความส่องสว่างที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 200 EML โดยวัดที่ผนังที่บริเวณกึ่งกลางห้อง วัดที่ความสูง 1.20 เมตร จากระดับพื้นห้อง โคมไฟฟ้าสามารถปรับหรี่แสงได้ถ้ามีแสงธรรมชาติเพียงพอ แต่ทั้งนี้โคมไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวจะต้องสามารถให้ระดับค่า EML ตามที่กำหนดได้

ในช่วงเวลากลางคืน ค่าความส่องสว่างที่ได้ต้องมีค่าไม่เกิน 50 EML (หรือมากสุดได้ไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด) วัดที่ความสูง 0.76 เมตร จากระดับพื้นห้อง (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

หมายเหตุ : *(1)Equivalent Melanopic Lux (EML) หมายถึง การวัดแสงที่ใช้ในการหาปริมาณแหล่งกำเนิดแสงที่จะกระตุ้นการ ตอบสนองต่อแสงของเมลาน็อบซิน (melanopsin) ซึ่งอยู่ที่เรตินา

หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม (Environmental System & Engineering - EE) 12 คะแนน

EEp1 มาตรฐานคุณภาพอากาศภายใน (IAQ Standard)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีคุณภาพความเป็นอยู่ที่ดี มีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ปราศจากสารเจือปน และส่งเสริมการดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้ใช้อาคารอย่างมีประสิทธิภาพและมีสุขอนามัย

ข้อกำหนด อาคารสาธารณะจะต้องผ่านการออกแบบตามมาตรฐานอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำตาม ASHRAE 62.1 (2010) หรือ วสท.3010 ทั้งส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ และส่วนอาคารพักอาศัยจะต้องผ่านมาตรฐาน ASHRAE 62.2 (2010)

เจ้าของอาคารหรือผู้บริหารอาคาร จะต้องทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศเพื่อหาปริมาณสารเจือปนในอากาศให้ มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยทำการตรวจวัด PM2.5 (ไม่เกิน 25 $\mu g/m^3$), PM10 (ไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$), CO (ไม่เกิน 9 PPM), CO_2 (ไม่เกิน 1,100 PPM), O_3 (ไม่เกิน 51 PPB), TVOC (ไม่เกิน 500 $\mu g/m^3$), และฟอร์มัลดีไฮด์ (ไม่เกิน 27 PPB) (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

EE 1 ความน่าสบายเชิงอุณหภาพ (Thermal Comfort) 4 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีคุณภาพความเป็นอยู่ที่ดี มีความน่าสบาย มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และการดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้ใช้อาคารอย่างมีประสิทธิภาพและมีสุขอนามัย

ข้อกำหนด พื้นที่ปรับอากาศจะต้องผ่านการออกแบบเพื่อความน่าสบายเชิงอุณหภาพตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 552013 หรือ ISO 7730 หรือ EN 15251:2007 หรือมีการออกแบบพื้นที่ไม่ปรับอากาศโดยคำนึงถึงการป้องกันความร้อน การระบายอากาศตามธรรมชาติโดยมีการสอบวัดประสิทธิภาพของอาคารด้วยการวัดค่าจริงจากอาคารเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ และมีการทำแบบสอบถามประเมินความน่าสบายของผู้ใช้อาคาร (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

EE 6 การป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (Air Leakage) 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการออกแบบที่สามารถควบคุมจุดรั่วซึมที่จะทำให้สิ่งเจือปนภายนอกรั่วไหลเข้ามาสู่ภายในอาคาร หรืออาจมีกลิ่นจากการทำอาหาร และควันบุหรี่รั่วไหลระหว่างห้อง

ข้อกำหนด พื้นที่ปรับอากาศในอาคารสาธารณะจะต้องทำการทดสอบเพื่อประกันประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร (Envelope Commissioning) ตามข้อกำหนดใน ASHRAE Guideline 0-2013 และ National Institute of Building Sciences (NIBS) Guideline 3-2012

สำหรับอาคารพักอาศัยรวมที่ไม่สามารถควบคุมมิให้ผู้พักอาศัยสูบบุหรี่ในพื้นที่พักอาศัยหรือระเบียงห้องพักที่เป็นพื้นที่ส่วนบุคคล (เช่น อาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย) จะต้องทำการทดสอบค่าการรั่วซึมของเปลือกอาคารโดยใช้ Blower Door (ประตูอัดแรงดันลม) ตามมาตรฐาน ASTM E779 –03 หรือ ASTM E1827-11 หรือใช้วิธีทดสอบ Tracer Gas Decay โดยกำหนดให้ผ่านค่าการรั่วซึมสูงสุดไม่เกิน 0.23 CFM/ft2 (1.17 ลิตรต่อวินาที/ตารางเมตร) ของพื้นที่กรอบอาคาร (enclosure area - พื้นที่ผนัง เพดาน และพื้นรวมกันทุกด้าน) ที่ความดันทดสอบอ้างอิง 50 ปาสกาล

สำหรับอาคารพักอาศัยรวมที่สามารถออกกฎห้ามสูบบุหรี่ภายในพื้นที่หน่วยพักอาศัยและระเบียงห้องพักได้ จะต้องติดตั้งระบบเติมอากาศภายนอก (outdoor air system) ที่สามารถสร้างความดันอากาศเป็นบวกภายในห้องพักได้ อย่างน้อย 5 ปาสกาล เมื่อเทียบกับความดันอากาศภายนอก (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

EE 8 ระบบควบคุมอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor Air System) 3 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการออกแบบให้มีระบบเติมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาสู่พื้นที่ใช้งานโดยตรงผ่านระบบควบคุมความชื้น และความร้อนอย่างเหมาะสม

ข้อกำหนด สำหรับอาคารสาธารณะที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์จะต้องติดตั้งระบบ Dedicated Outdoor Air System (DOAS) หรือระบบเติมอากาศบริสุทธิ์โดยตรงเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศโดยแยกจากระบบท่อลมกลับ และในแต่ละพื้นที่ปรับอากาศแต่ละโซนจะต้องติดตั้งเครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้ระบบ DOAS นี้จะต้องสามารถควบคุมความชื้นและความร้อนได้อย่างเหมาะสมด้วยระบบ pre cool หรือ heat recovery และจะต้องสามารถควบคุมอัตราการเติมอากาศให้สามารถรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในทุกโซนได้ไม่เกิน 900 PPM อาคารสาธารณะที่ใช้เครื่องปรับอากาศระบบแยกส่วน สามารถใช้ติดตั้งเครื่อง Energy Recovery Ventilator (ERV) ทดแทนได้

สำหรับอาคารพักอาศัยและอาคารชุดพักอาศัยประเภทคอนโดมิเนียม อพาร์ทเม้นต์ หอพัก เป็นต้น จะต้องติดตั้งระบบ ERV ในห้องนอนทุกห้อง (ห้องนั่งเล่นได้รับการยกเว้น) โดยระบบ ERV ที่เลือกใช้จะต้องมีระบบปรับปริมาณการไหลของอากาศอัตโนมัติด้วยเครื่องตรวจจับปริมาณก๊าซ CO_2 (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

EE 9 การเพิ่มปริมาณอากาศจากภายนอก (Increased Ventilation) 3 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อาคารมีการออกแบบให้สามารถเติมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในอาคารมากกว่ามาตรฐานทั่วไป

ข้อกำหนด สำหรับอาคารสาธารณะที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์จะต้องออกแบบให้แต่ละโซนปรับอากาศสามารถได้รับปริมาณอากาศบริสุทธิ์มากกว่ามาตรฐาน ASHRAE 62.1-2010 อย่างน้อย 30% (ได้ 2 คะแนน) หรืออย่างน้อย 40% (ได้ 3 คะแนน)

สำหรับอาคารพักอาศัยและอาคารชุดพักอาศัยประเภทคอนโดมิเนียม อพาร์ทเม้นต์ หอพัก เป็นต้น จะต้องติดตั้งระบบเติมอากาศบริสุทธิ์หรือติดตั้งเครื่อง ERV ในห้องนอนทุกห้อง (ห้องนั่งเล่นได้รับการยกเว้น) โดยระบบ ERV ที่เลือกใช้จะต้องมีระบบปรับปริมาณการไหลของอากาศอัตโนมัติด้วยเครื่องตรวจจับปริมาณก๊าซ CO_2 และมีขนาดที่รองรับอัตราการระบายได้มากกว่ามาตรฐาน ASHRAE 62.2-2010 อย่างน้อย 30% จะได้ 1 คะแนน ถ้าห้องน้ำในหน่วยพักอาศัย มีประตู หน้าต่าง หรือช่องเปิดที่สามารถเปิดระบายอากาศสู่ด้านนอกอาคารได้ จะได้ 1 คะแนน และถ้าประตูออกสู่ระเบียงด้านนอกทุกบาน และพื้นที่หน้าต่างมากกว่า 50% (ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด) เป็นบานที่เปิดปิดได้และติดตั้งมุ้งลวดกันแมลงจะได้ 1 คะแนน (คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2.5.1 การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำงานวิจัยที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องมาศึกษาดังนี้

ปรัชญา ปัตถาวงศ์ (2556) : “การศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัดพลังงาน”

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งได้ทำการสำรวจอาคารกรณีศึกษาจำนวน 8 อาคาร ที่มีความสูงไม่เกิน 8 ชั้น โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) v.1.0.5 ทำการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

โดยการปรับปรุงกรอบวัสดุอาคารของงานวิจัยจะมีตัวแปร ดังนี้

วัสดุกรอบอาคาร, ฉนวนสำหรับวัสดุผนังทึบ, ฉนวนสำหรับหลังคา, อุปกรณ์บังแดด (ปรัชญา ปัตถาวงศ์ 2556)

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า อาคารกรณีศึกษาจำนวน 7 อาคาร มีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารไม่ผ่านเกณฑ์ และมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 อาคาร โดยได้มีการเสนอแนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคารทั้งในส่วนของผนังอาคารและหลังคา อีกทั้งยังได้ทำการวิเคราะห์ความคุ้มทุนในแต่ละแนวทางการปรับปรุงที่ได้นำเสนอด้วย

ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ (2561) “การปรับปรุงอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ กรณีศึกษาแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานราชการ”

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานภายในอาคารโดยรวมสุทธิให้เท่ากับศูนย์ โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) v.1.0.6 ทำการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานต่างๆ ภายในอาคาร และได้มีการนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารด้วย โดยมีการแนะนำให้ติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ผนังทึบ มีการใช้กระจกสะท้อนแสงสีเขียว ที่หลังคาให้ติดตั้งฉนวนใยแก้วเพิ่มเติม นอกนอกนั้นยังมีการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นแบบ LED มีการปรับปรุงระบบปรับอากาศ รวมถึงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการใช้พลังงานภายในอาคารอีกด้วย ซึ่งเมื่อรวมแนวทางในการปรับปรุงและการใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้การใช้พลังงานภายในอาคารโดยรวมสุทธิเท่ากับศูนย์ (ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ 2561)

อธิปัตย์ ศรีใสคำ (2562) “การเปรียบเทียบผลการคำนวณการใช้พลังงานจากโปรแกรม BEC กับการใช้พลังงานจริงที่เกิดขึ้นในอาคาร”

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) v.1.0.6 ซึ่งมีการนำข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้ามาจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งอาคารกรณีศึกษา คือ อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต 1 จากผลการวิเคราะห์การใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าพบว่ามีความแตกต่างจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงจากบิลค่าไฟฟ้า ทั้งนี้สาเหตุความแตกต่างมาจากช่วงระยะเวลาการทำงาน การจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดตลอดเวลา 24 ชั่วโมง

การติดตั้งหลอดไฟฟ้าเพิ่มเติม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ รวมถึงประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศที่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการใช้งาน (อธิปัตย์ ศรีใสคำ 2562)

จากเอกสารและงานวิจัยที่ได้ศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร ประกอบด้วย คุณสมบัติความร้อน [ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ทั้งผนังทึบและผนังโปร่งแสง, ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC)], อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio, WWR), การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร, สีทาผนังอาคาร, การติดฉนวนกันความร้อน การเลือกใช้วัสดุหลังคา อีกทั้งยังรวมถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานด้วย สำหรับเกณฑ์เป็นสุขนั้นคือเกณฑ์การออกแบบก่อสร้างอาคารที่เน้นสุขภาวะที่ดีของผู้อยู่อาศัยในอาคารและได้ถูกออกแบบให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 หมวด ดังนี้ หมวดพื้นที่ภายนอกและชุมชนแวดล้อม หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม หมวดการออกแบบภายในและการใช้วัสดุ หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม และหมวดนวัตกรรมสุขภาวะ โดยการปรับปรุงคุณสมบัติอาคารเพื่อให้เข้ากับเกณฑ์เป็นสุขนั้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ทั้งนี้การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารสามารถทำได้โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข โดยอาศัยการจำลองผลการใช้พลังงานอาคารผ่านโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based เปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานรวมถึงเกณฑ์เป็นสุข

2. เลือกประเภทและขนาดอาคารที่จะทำการวิจัยจากอาคารควบคุม 9 ประเภท ตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไว้ 2 ประเภท คือ สำนักงาน และอาคารชุด

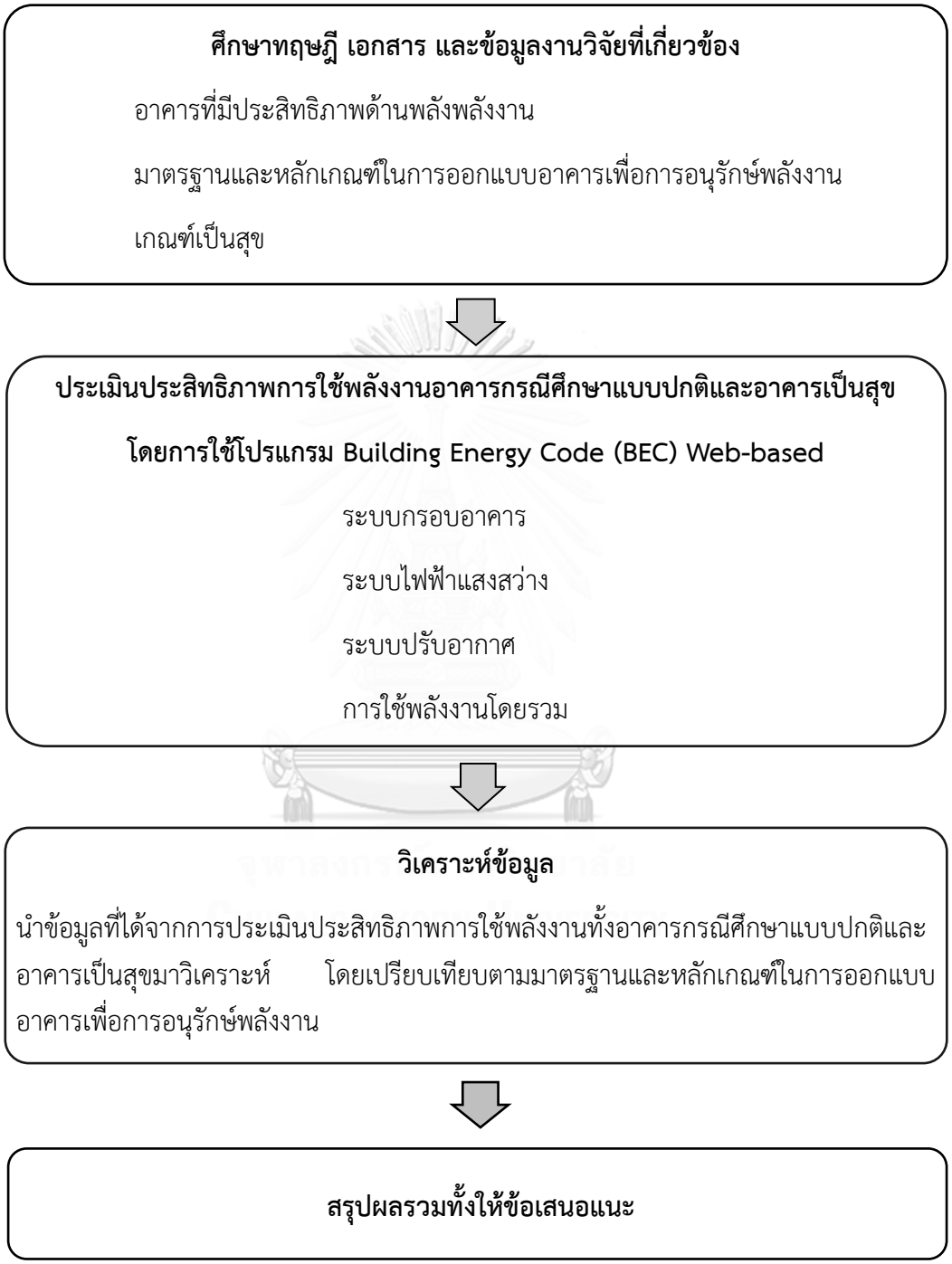
3. ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งอาคารกรณีศึกษาและอาคารเป็นสุข ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ รวมถึงการใช้พลังงานโดยรวม โดยการใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

4. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งอาคารกรณีศึกษา และอาคารเป็นสุขมาวิเคราะห์ โดยนำข้อมูลมาเปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

5. สรุปผลรวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 4 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย

3.3 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา : อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

รูปแบบอาคารคือ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 2,022.20 ตร.ม. กว้าง 16.50 เมตร ยาว 60 เมตร โดยมีลักษณะการใช้งานดังนี้

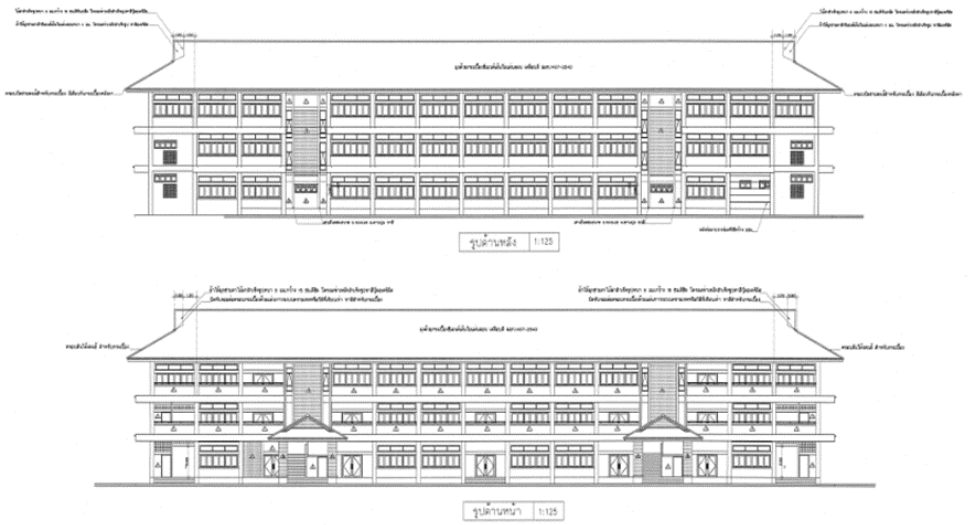
ชั้นที่ 1 - ห้องผู้บริหาร, สำนักงาน, ห้องน้ำชาย/หญิง, ห้องเก็บของ

ชั้นที่ 2 - สำนักงาน, ห้องน้ำชาย/หญิง

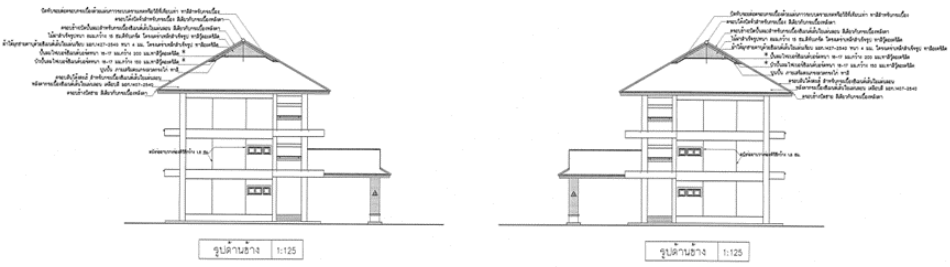
ชั้นที่ 3 - สำนักงาน, ห้องประชุมใหญ่

รูปที่ 5 ตัวอย่างอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ที่มา : http://www.sp2.go.th/sp2/images/nayoby-pan/3/2.pdf



รูปที่ 6 ด้านหน้าและด้านหลังอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2



รูปที่ 7 ด้านข้างอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

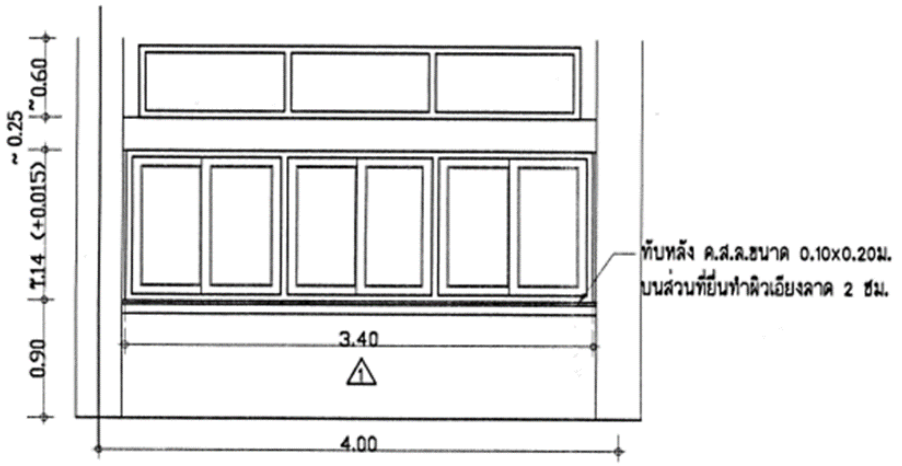
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.1 ข้อมูลวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ภายในอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 กรอบอาคารและหลังคา

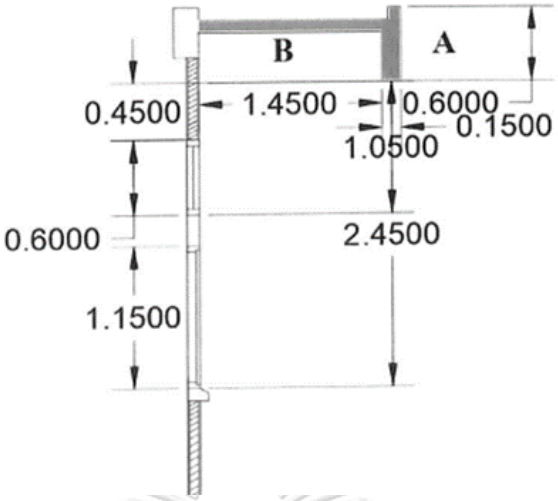
รายละเอียดวัสดุที่ใช้สำหรับกรอบอาคารและหลังคา แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายละเอียดวัสดุที่ใช้สำหรับกรอบอาคารและหลังคา
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

องค์ประกอบ	รายละเอียดวัสดุ
หลังคา	กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอนเคลือบสี หนา 5 ม.ม. ฉนวนใยแก้วติดอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 15 ซ.ม.
ฝ้าเพดาน	แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.
ผนัง	อิฐมวลเบาฉาบปูนเรียบ หนา 7 ซ.ม. ภายนอกทาสีอ่อน
พื้น	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซ.ม.
วัสดุปูพื้น	กระเบื้องพอซเลน หนา 5 ม.ม. ขนาด 60 ซ.ม. X 60 ซ.ม.
หน้าต่าง	อะลูมิเนียมลูกฟักหน้าต่างโดยทั่วไปเป็นกระจกสีเทาหนา 5 ม.ม.
ประตู	บานสำเร็จรูปเป็นกระจกสีเทาหนา 5 ม.ม.



รูปที่ 8 หน้าต่างอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2



รูปที่ 9 แผงบังแดดอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ที่มา : (อธิปัตย์ ศรีใสคำ 2562)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

รายละเอียดชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ภายใน แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 รายละเอียดชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ลำดับ	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ขนาดวัตต์ต่อโคม	พื้นที่ใช้งาน
1	หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ขนาด 28 วัตต์ มีแผ่นอลูมิเนียมสะท้อนแสงคุณภาพสูง หน้าดวงโคม มีแผ่นปิดกรองแสงเป็นแผ่นอะคริลิคชนิดเม็ดใส จำนวน 2 หลอด/ โคม, บัลลาสต์ Low loss	(2x28 = 56 วัตต์) 56+12 = 68 วัตต์	สำนักงาน ห้องน้ำ โถงทางเดิน
2	หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ขนาด 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด/โคม, บัลลาสต์ Low loss	(1x14 = 14 วัตต์) 14+6 = 20 วัตต์	โถงทางเดิน ห้องเก็บของ
3	โคมดาวน์ไลท์ 17 ซม. หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ ขั้วเกลียว E27 ขนาด 1 หลอด/โคม	1x18 = 18 วัตต์	ห้องผู้บริหาร

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ใช้เป็นแบบระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 13, ตารางที่ 14 และตารางที่ 15

ตารางที่ 13 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 1 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ชั้นที่ 1						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU**	**Rated Power (kW)**	**SEER**
1A-01	ห้องผู้บริหาร	24	Spit Type_01	24,000	2.18	12.85
	สำนักงานห้องที่ 1	32	Spit Type_02	24,000	2.18	12.85
1A-02	สำนักงานห้องที่ 2	224	Split Type_03	24,000	2.18	12.85
			Split Type_04	24,000	2.18	12.85
			Split Type_05	24,000	2.18	12.85
			Split Type_06	24,000	2.18	12.85
			Split Type_07	24,000	2.18	12.85
			Split Type_08	24,000	2.18	12.85
			Split Type_09	24,000	2.18	12.85
1A-03	สำนักงานห้องที่ 3	64	Split Type_10	24,000	2.18	12.85
			Split Type_11	24,000	2.18	12.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 14 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 2 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ชั้นที่ 2						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU**	**Rated Power (kW)**	**SEER**
2A-01	สำนักงาน ห้องที่ 1	64	Spit Type02_01	24,000	2.18	12.85
			Spit Type02_02	24,000	2.18	12.85
2A-02	สำนักงาน ห้องที่ 2	224	Split Type02_03	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_04	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_05	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_06	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_07	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_08	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_09	24,000	2.18	12.85
2A-03	สำนักงาน ห้องที่ 3	64	Split Type02_10	24,000	2.18	12.85
			Split Type02_11	24,000	2.18	12.85

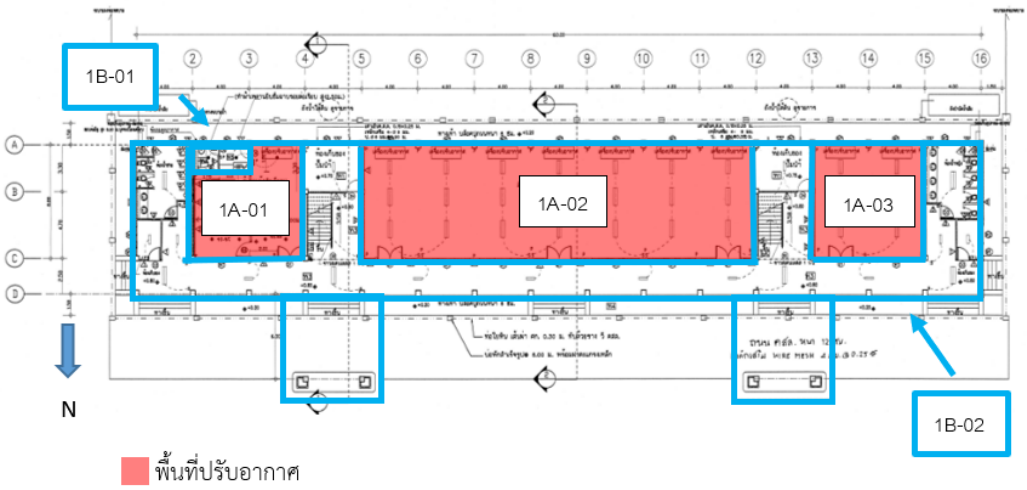
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 3 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ชั้นที่ 3						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU**	**Rated Power (kW)**	**SEER**
3A-01	สำนักงาน ห้องที่ 1	96	Spit Type03_01	24,000	2.18	12.85
			Spit Type03_02	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_03	24,000	2.18	12.85
3A-02	ห้องประชุมใหญ่	294	Split Type03_04	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_05	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_06	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_07	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_08	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_09	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_10	24,000	2.18	12.85
3A-03	สำนักงาน ห้องที่ 3	96	Split Type03_11	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_12	24,000	2.18	12.85
			Split Type03_13	24,000	2.18	12.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ

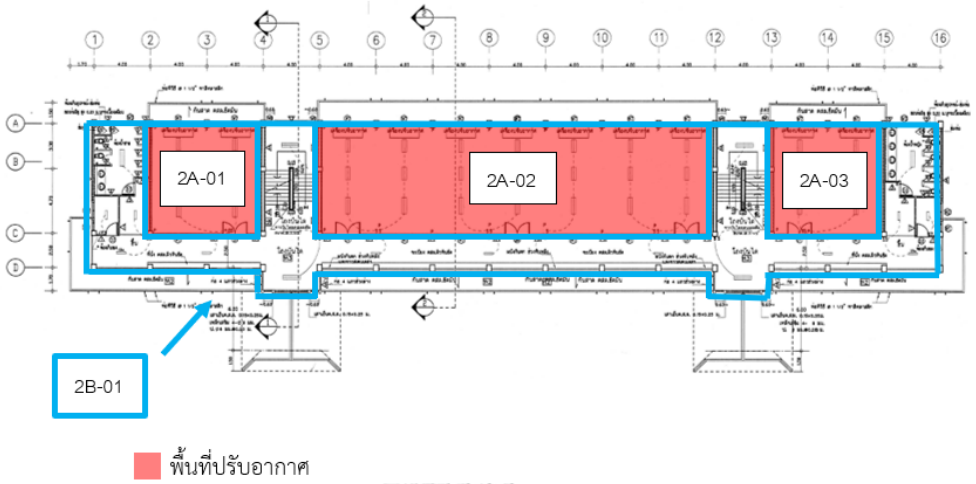


รูปที่ 10 แปลนชั้นที่ 1 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ตารางที่ 16 พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 1
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ชั้นที่ 1					
โซน	**พื้นที่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**โซน**	**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
1A-01	ห้องผู้บริหาร	24	1B-01	ห้องน้ำ ห้องเปลี่ยนเครื่องแต่งตัวผู้บริหาร	8
	สำนักงานห้องที่ 1	32			
1A-02	สำนักงานห้องที่ 2	224	1B-02	ห้องน้ำชาย/หญิง, ห้องเก็บของ, โถงทางเดิน	383
1A-03	สำนักงานห้องที่ 3	64			
รวมพื้นที่ปรับอากาศ		**344**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**		**391**
รวมพื้นที่ 735 ตร.ม.					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

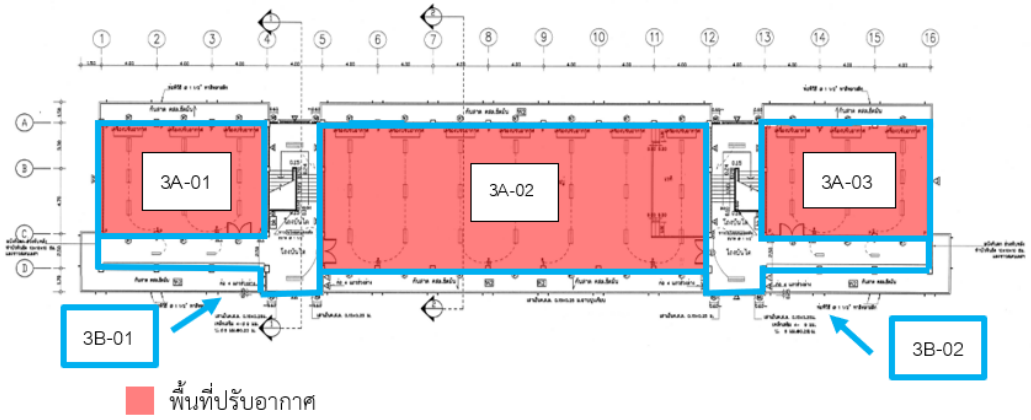


รูปที่ 11 แปลนชั้นที่ 2 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ตารางที่ 17 พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 2
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ชั้นที่ 2					
โซน	**พื้นที่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**โซน**	**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
2A-01	สำนักงานห้องที่ 1	64	2B-01	ห้องน้ำชาย/หญิง, ห้องเก็บของ, โถงทางเดิน	291.6
2A-02	สำนักงานห้องที่ 2	224			
2A-03	สำนักงานห้องที่ 3	64			
รวมพื้นที่ปรับอากาศ		**352**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**		**291.6**
รวมพื้นที่ 643.6 ตร.ม.					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 12 แปลนชั้นที่ 3 อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ตารางที่ 18 พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 3
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

ชั้นที่ 3					
โซน	**พื้นที่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**โซน**	**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
3A-01	สำนักงานห้องที่ 1	96	3B-01	โถงทางเดิน	78.8
3A-02	ห้องประชุมใหญ่	294	3B-02	โถงทางเดิน	78.8
3A-03	สำนักงานห้องที่ 3	96			
รวมพื้นที่ปรับอากาศ		**486**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**		**157.6**
รวมพื้นที่ 643.6 ตร.ม.					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา : อาคารพักทหารชั้นประทวน ขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

รูปแบบอาคารคือ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น ใต้ถุนโล่ง พื้นที่ใช้สอย 5,738.19 ตร.ม. ขนาดกว้าง 31.30 เมตร ยาว 49.50 เมตร โดยมีลักษณะการใช้งานดังนี้

รูปที่ 13 ตัวอย่างอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ที่มา : http://www.npdwebsite.net/build/011.php

รูปที่ 14 ตัวอย่างด้านหน้าอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ที่มา : http://www.npdwebsite.net/build/011.php

รูปที่ 15 ตัวอย่างด้านหลังอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ที่มา : http://www.npdwebsite.net/build/011.php

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 16 ตัวอย่างด้านข้าง (1) อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ที่มา : http://www.npdwebsite.net/build/011.php

รูปที่ 17 ตัวอย่างด้านข้าง (2) อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ที่มา : http://www.npdwebsite.net/build/011.php

3.4.1 ข้อมูลวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ภายในอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

กรอบอาคารและหลังคา

รายละเอียดวัสดุที่ใช้สำหรับกรอบอาคารและหลังคา แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 รายละเอียดวัสดุที่ใช้สำหรับกรอบอาคารและหลังคา
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

องค์ประกอบ	รายละเอียดวัสดุ
หลังคา	กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอนเคลือบสี หนา 5 ม.ม. ฉนวนใยแก้วติดอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 15 ซ.ม.
ฝ้าเพดาน	แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.
ผนัง	อิฐมวลเบา ฉาบปูนเรียบ หนา 7 ซ.ม. ภายนอกทาสีอ่อน
พื้น	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซ.ม.
วัสดุปูพื้น	กระเบื้องเซรามิค หนา 5 ม.ม. ขนาด 30 ซม. X 30 ซ.ม.
หน้าต่าง	บานเกล็ดปรับมุมเป็นกระจกสีเทา หนา 6 ม.ม.
ประตู	บานสำเร็จรูปไฟเบอร์

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

รายละเอียดชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ภายใน แสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 รายละเอียดชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ภายใน
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ลำดับ	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ขนาดวัตต์ต่อโคม	พื้นที่ใช้งาน
1	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1 หลอด/โคม, บัลลาสต์ Low loss	(1x36 = 36 วัตต์) 36+6 = 42 วัตต์	ห้องพัก ห้องเครื่อง ทางขึ้นบันได
2	หลอดฟลูออเรสเซนต์กลม ขนาด 32 วัตต์ จำนวน 1 หลอด/โคม, บัลลาสต์ Low loss	(1x32 = 32 วัตต์) 32+6 = 38 วัตต์	ห้องพัก
3	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 1 หลอด/โคม, บัลลาสต์ Low loss	(1x18 = 18 วัตต์) 18+6 = 24 วัตต์	ห้องพัก ห้องเก็บของ ระเบียงหลัง
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 2 หลอด/โคม, บัลลาสต์ Low loss	(2x36 = 72 วัตต์) 72+12 = 84 วัตต์	ชั้นล่างอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ใช้เป็นแบบระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 21, ตารางที่ 22, ตารางที่ 23, ตารางที่ 24 โดยชั้นล่างไม่มีพื้นที่ปรับอากาศ

ตารางที่ 21 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 2
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นที่ 2						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU (เครื่องละ)**	**Rated Power (kW) (เครื่องละ)**	**SEER**
2A-01	ห้องนอน1,2	204	Spit Type01-08	12,000	1.09	12.85
2A-02	ห้องนอน1,2	204	Spit Type09_16	12,000	1.09	12.85

ตารางที่ 22 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 3
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นที่ 3						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU (เครื่องละ)**	**Rated Power (kW) (เครื่องละ)**	**SEER**
3A-01	ห้องนอน1,2	204	Spit Type01-08	12,000	1.09	12.85
3A-02	ห้องนอน1,2	204	Spit Type09_16	12,000	1.09	12.85

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 23 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 4
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

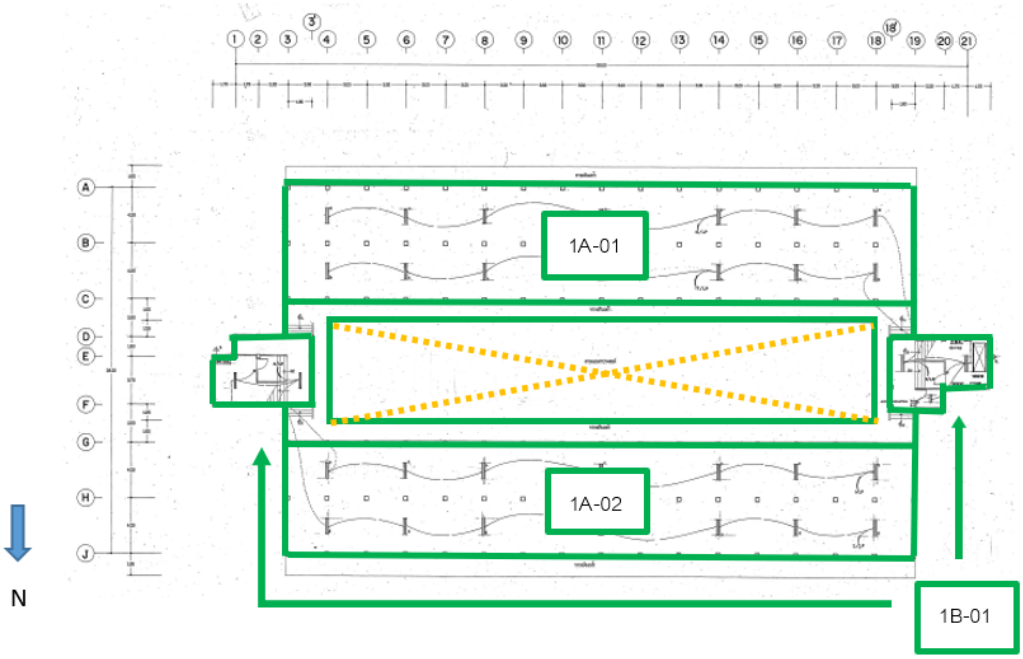
ชั้นที่ 4						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU (เครื่องละ)**	**Rated Power (kW) (เครื่องละ)**	**SEER**
4A-01	ห้องนอน1,2	204	Spit Type01-08	12,000	1.09	12.85
4A-02	ห้องนอน1,2	204	Spit Type09_16	12,000	1.09	12.85

ตารางที่ 24 ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ชั้นที่ 5
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นที่ 5						
โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**ระบบปรับอากาศ**	**BTU (เครื่องละ)**	**Rated Power (kW) (เครื่องละ)**	**SEER**
5A-01	ห้องนอน1,2	204	Spit Type01-08	12,000	1.09	12.85
5A-02	ห้องนอน1,2	204	Spit Type09_16	12,000	1.09	12.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ



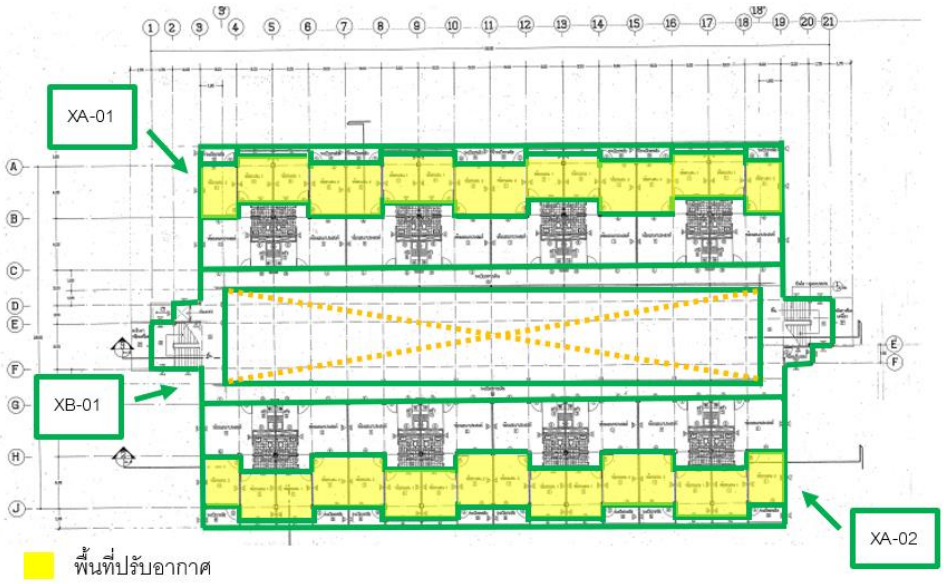
รูปที่ 18 แปลนชั้นล่างอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นล่างมีพื้นที่ 886.645 ตร.ม. ไม่มีพื้นที่ปรับอากาศ

(1A-01, 1A-02 = 816 ตร.ม.)

(1B-01 = 70.645 ตร.ม.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 19 แปลนชั้น 2, 3, 4, 5 แสดงพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ตารางที่ 25 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 2
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นที่ 2					
โซน	**พื้นที่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**โซน**	**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
2A-01	ห้องนอน 1 จำนวน 8 ห้อง	102	2B-01	ห้องเอนกประสงค์, ห้องน้ำ, ครัว ระเบียงหลัง, ทางเดิน, บันไดทางขึ้น	788.87
	ห้องนอน 2 จำนวน 8 ห้อง	102			
2A-02	ห้องนอน 1 จำนวน 8 ห้อง	102			
	ห้องนอน 2 จำนวน 8 ห้อง	102			
รวมพื้นที่ปรับอากาศ		**408**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**		**788.87**
รวมพื้นที่ 1,196.87 ตร.ม.					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 26 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 3
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

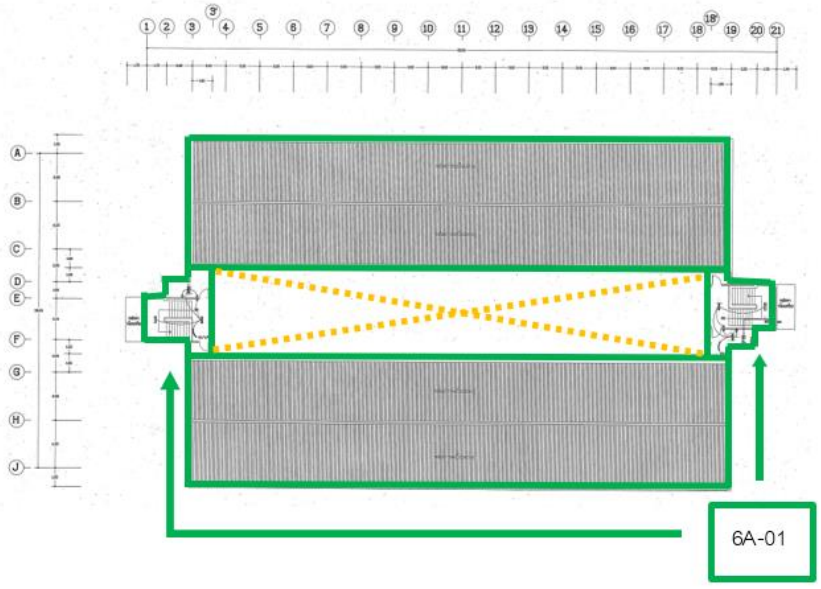
<table>
<tr><th colspan="6">ชั้นที่ 3</th></tr>
<tr><th>โซน</th><th>พื้นที่ปรับอากาศ</th><th>พื้นที่ (ตร.ม.)</th><th>โซน</th><th>พื้นที่ไม่ปรับอากาศ</th><th>พื้นที่ (ตร.ม.)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">3A-01</td><td>ห้องนอน 1
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td><td rowspan="2">3B-01</td><td rowspan="2">ห้องเอนกประสงค์, ห้องน้ำ, ครัว
ระเบียงหลัง, ทางเดิน, บันไดทางขึ้น</td><td rowspan="2">788.87</td></tr>
<tr><td>ห้องนอน 2
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3A-02</td><td>ห้องนอน 1
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>ห้องนอน 2
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td></tr>
<tr><td colspan="2">รวมพื้นที่ปรับอากาศ</td><td>408</td><td colspan="2">รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ</td><td>788.87</td></tr>
<tr><td colspan="6">รวมพื้นที่ 1,196.87 ตร.ม.</td></tr>
</table>

ตารางที่ 27 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 4
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

<table>
<tr><th colspan="6">ชั้นที่ 4</th></tr>
<tr><th>โซน</th><th>พื้นที่ปรับอากาศ</th><th>พื้นที่ (ตร.ม.)</th><th>โซน</th><th>พื้นที่ไม่ปรับอากาศ</th><th>พื้นที่ (ตร.ม.)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">4A-01</td><td>ห้องนอน 1
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td><td rowspan="2">4B-01</td><td rowspan="2">ห้องเอนกประสงค์, ห้องน้ำ, ครัว
ระเบียงหลัง, ทางเดิน, บันไดทางขึ้น</td><td rowspan="2">788.87</td></tr>
<tr><td>ห้องนอน 2
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4A-02</td><td>ห้องนอน 1
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>ห้องนอน 2
จำนวน 8 ห้อง</td><td>102</td></tr>
<tr><td colspan="2">รวมพื้นที่ปรับอากาศ</td><td>408</td><td colspan="2">รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ</td><td>788.87</td></tr>
<tr><td colspan="6">รวมพื้นที่ 1,196.87 ตร.ม.</td></tr>
</table>

ตารางที่ 28 พื้นที่ส่วนปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศชั้นที่ 5
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นที่ 5					
โซน	**พื้นที่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**โซน**	**พื้นที่ไม่ปรับอากาศ**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**
5A-01	ห้องนอน 1 จำนวน 8 ห้อง	102	5B-01	ห้องเอนกประสงค์, ห้องน้ำ, ครัว ระเบียงหลัง, ทางเดิน, บันไดทางขึ้น	788.87
	ห้องนอน 2 จำนวน 8 ห้อง	102			
5A-02	ห้องนอน 1 จำนวน 8 ห้อง	102			
	ห้องนอน 2 จำนวน 8 ห้อง	102			
รวมพื้นที่ปรับอากาศ		**408**	**รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ**		**788.87**
รวมพื้นที่ 1,196.87 ตร.ม.					



รูปที่ 20 แปลนชั้นดาดฟ้าอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

ชั้นดาดฟ้ามีพื้นที่ 64.07 ตร.ม. ไม่มีพื้นที่ปรับอากาศ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

สำหรับการวิจัยนี้ได้นำเอาข้อมูลการใช้พลังงานทั้งอาคารกรณีศึกษาและอาคารเป็นสุขมาวิเคราะห์ โดยนำมาเปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อนำเสนอผลกระทบด้านความต้องการพลังงานของอาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์เป็นสุข ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

อาคารกรณีศึกษา : อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

การประเมินประสิทธิภาพระบบกรอบอาคาร

ผนังอาคารประกอบด้วยส่วนที่เป็นผนังทึบและผนังโปร่งแสง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq})+(U_f)(WWR)(\triangle T)+(WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

พจน์แรกในสมการ $OTTV_i$ แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังทึบ โดยพจน์ที่สองและสามแสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังโปร่งแสง ค่าของตัวแปรต่างๆ ในสมการสามารถคำนวณได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_w) ของผนัง

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad (4.1)$$

เมื่อ R_T คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม (total thermal resistance) มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \ldots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (4.2)$$

เมื่อ R_T คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

R_o คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

$\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \ldots, \Delta x_n$ คือ ค่าความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$k_1, k_2, k_3, \ldots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร

หาค่า R (ปูนฉาบคอนกรีตมวลเบา) , $R = \Delta x/k = 0.01/0.326 = 0.0306\ m^2.^oC/w$

หาค่า R (คอนกรีตมวลเบา) , $R = \Delta x/k = 0.07/0.180 = 0.389\ m^2.^oC/w$

หาค่า R (ปูนฉาบคอนกรีตมวลเบา) , $R = \Delta x/k = 0.01/0.326 = 0.0306\ m^2.^oC/w$

หาค่า R รวมของวัสดุ , $R_T = 0.044+0.0306+0.389+0.0306+0.120 = 0.6142\ m^2.^oC/w$

ดังนั้น ค่า $U_w = 1/R_T = 1/0.6142 = 1.628\ W/m^2.^oC$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 29 ค่า U_w ของผนังคอนกรีตมวลเบา

โครงสร้าง	$\Delta x / k$ ($m^2 . ^\circ C/W$)	ความต้านทานความร้อน (R) ($m^2 . ^\circ C/W$)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก (R_o)	-	0.044	ผนังแนวดิ่ง
ปูนฉาบ	0.01/0.326	0.0306	-
คอนกรีตมวลเบา หนา 7 ซม.	0.07/0.180	0.389	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 620 กก./ลบ.ม.
ปูนฉาบ	0.01/0.326	0.0306	-
ฟิล์มอากาศด้านใน (R_i)	-	0.120	ผนังแนวดิ่ง
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)	-	0.6142	-
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความต้านทานความร้อนรวม ($U_w = 1/RT$)		1.628	

สำหรับค่า Density Specific Heat (DSH) สามารถคำนวณได้ด้วยสมการดังนี้

$$DSH_i = (\boldsymbol{\rho}) (c_{pi}) (\Delta x_i) \quad (4.3)$$

สำหรับกรณีที่ผนังทึบประกอบด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน n ชนิด ผลคูณของความหนาแนนและความร้อนจำเพาะ ให้คำนวณจากสมการ ดังนี้

$$DSH = DSH_1 + DSH_2 + \ldots + DSH_n \quad (4.4)$$

เมื่อ DSH_i คือ ผลคูณของความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของวัสดุ i มีหน่วยเบนกิโลจูลต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($kJ/(m^2 . ^\circ C)$)

$\boldsymbol{\rho}_i$ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ i มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) ตามค่าที่กำหนดในตารางที่ ๑.๓

c_{pi} คือ ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ i มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม - องศาเซลเซียส ($kJ/(kg . ^\circ C)$ ตามค่าที่กำหนด

Δx_i คือ ความหนาของวัสดุ i มีหน่วยเป็นเมตร (m)

หาค่า DSH (ปูนฉาบ) = (1,200) (0.84) (0.01) = 10.08 kJ/(m^2.K)

หาค่า DSH (คอนกรีตมวลเบา) = (620) (0.84) (0.07) = 34.456 kJ/(m^2.K)

หาค่า DSH (ปูนฉาบ) = (1,200) (0.84) (0.01) = 10.08 kJ/(m^2.K)

ดังนั้น ค่า DSH (ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน) = 10.08+34.456+10.08 = 56.616 kJ/(m^2.K)

เมื่อกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบทั้งหมดเท่ากับ 0.5 (ผนังสีอ่อน) และมุมที่ผนังกระทำกับแนวระนาบเท่ากับ 90° เปิดดูค่า TD_{eq} ของผนังทึบสำหรับอาคารประเภทสถานศึกษาและสำนักงาน จากการหาค่า DSH (ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน) = 56.616 kJ/(m^2.K) อยู่ระหว่างค่า DSH 50 – DSH 100 จึงต้องทำการ Interpolation จะได้ค่า TD_{eq} ดังนี้

ตารางที่ 30 ค่า TD_{eq}ของผนังทึบ (องศาเซลเซียส)

ลักษณะผนัง	ประเภท	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	สำนักงาน	13.054	16.368	16.728	15.302

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังโปร่งแสง (U_f) สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกันกับผนังทึบ

ตารางที่ 31 ค่า U_f ของกระจกสีเทา หนา 5 มม.

โครงสร้าง	Δx / k (m^2.°C/W)	ความต้านทานความร้อน (R) (m^2.°C/W)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก (R_o)	-	0.044	กระจกแนวดิ่ง
กระจกสีเทา 5 มม.	0.005/0.538	0.0093	กระจกหนา 5 มม.
ฟิล์มอากาศด้านใน (R_i)	-	0.120	กระจกแนวดิ่ง
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)	-	0.1733	-
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($U_f = 1/R_T$)	-	5.770	-

ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในของผนังโปร่งแสง △T กำหนดให้เท่ากับ 5°C เนื่องจากการใช้งานอาคารมีลักษณะเป็นสำนักงาน สำหรับค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สามารถหาได้เมื่อทราบทิศของผนังโปร่งแสง มุมเอียงที่ผนังกระทำกับระนาบแนวนอนและลักษณะการใช้งานอาคาร

ตารางที่ 32 ค่า ESR และ △T ของผนังโปร่งแสง

ตัวแปร	ประเภท	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
ESR (W/m^2)	สำนักงาน	185.06	244.53	267.41	234.58
△T ($^{\circ}C$)	สำนักงาน	5			

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร สามารถหาได้จากสมการ

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq})+(U_s)(SRR)(\triangle T)+(SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

ตารางที่ 33 ค่า U_r ของหลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน

โครงสร้าง	△x / k ($m^2.^{\circ}C/W$)	ความต้านทานความร้อน (R) ($m^2.^{\circ}C/W$)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก (R_o)	-	0.055	หลังคาแนวระนาบ
กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน หนา 5 มม.	0.005/0.395	0.013	
แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	0.009/0.191	0.047	
ฉนวนใยแก้วติดอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 15 ซม.	0.15/0.046	3.261	
ช่องอากาศ 2 ม.	-	1.356	พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ
ฟิล์มอากาศด้านใน (R_i)	-	0.595	หลังคาแนวระนาบ
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)	-	5.327	
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($U_r = 1/R_T$)	-	0.188	

ค่า DSH ของหลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอนสามารถคำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกันกับผนังทึบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นที่ 1 มีกำลังไฟฟ้ารวม 2,682 วัตต์ พื้นที่อาคารรวม 735 ตร.ม. โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 3.65 วัตต์/ตร.ม. รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 ปริมาณกำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ของชั้นที่ 1

โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**หลอดฟลูออเรสเซนต์**		**หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์**	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**
			2x28 วัตต์	**1x14 วัตต์**	**18 วัตต์**	
1A-01	ห้องผู้บริหาร	24			4	18x4 = 72
	สำนักงานห้องที่ 1	32			5	18x5 =90
1A-02	สำนักงานห้องที่ 2	224	21			(56x21)+(12x21) = 1,428
1A-03	สำนักงานห้องที่ 3	64	6			(56x6)+(12x6) = 408
1B-01	ห้องน้ำผู้บริหาร	3			1	18
	ห้องเปลี่ยนเครื่องแต่งตัว	5			1	18
1B-02	ห้องน้ำชาย/หญิง	38	2			(56x2)+(12x2) = 136
	ห้องเก็บของ, โถงทางเดิน	345	4	12		224+48+168+72 = 512
รวม		**735**	**33**	**12**	**11**	**2,682**

หมายเหตุ : กำลังไฟฟ้าบัลลาสต์ Low loss 6 วัตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นที่ 2 มีกำลังไฟฟ้ารวม 2,932 วัตต์ พื้นที่อาคารรวม 643.6 ตร.ม. โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 4.56 วัตต์/ตร.ม. รายละเอียดแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ปริมาณกำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ของชั้นที่ 2

โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**หลอดฟลูออเรสเซนต์**		**หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์**	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**
			2x28 วัตต์	**1x14 วัตต์**	**18 วัตต์**	
2A-01	สำนักงานห้องที่ 1	64	6			(56x6)+(12x6) = 408
2A-02	สำนักงานห้องที่ 2	224	21			(56x21)+(12x21) = 1,428
2A-03	สำนักงานห้องที่ 3	64	6			(56x6)+(12x6) = 408
2B-01	ห้องน้ำชาย/หญิง	38	2			(56x2)+(12x2) = 136
	ห้องเก็บของ, โถงทางเดิน	253.6	4	14		224+48+196+84 = 552
รวม		**643.6**	**39**	**14**		**2,932**

หมายเหตุ : กำลังไฟฟ้าบัลลาสต์ Low loss 6 วัตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นที่ 3 มีกำลังไฟฟ้ารวม 3,044 วัตต์ พื้นที่อาคารรวม 643.6 ตร.ม. โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 4.73 วัตต์/ตร.ม. รายละเอียดแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ปริมาณกำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ของชั้นที่ 3

โซน	**สถานที่**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**หลอดฟลูออเรสเซนต์**		**หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์**	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**
			2x28 วัตต์	**1x14 วัตต์**	**18 วัตต์**	
3A-01	สำนักงานห้องที่ 1	96	9			(56x9)+(12x9) = 612
3A-02	ห้องประชุมใหญ่	294	21			(56x21)+(12x21) =1,428
3A-03	สำนักงานห้องที่ 3	96	9			(56x9)+(12x9) = 612
3B-01	โถงทางเดิน	78.8	2	3		112+24+42+18 =196
3B-02	โถงทางเดิน	78.8	2	3		112+24+42+18 =196
รวม		**643.6**	**40**	**6**		**3,044**

หมายเหตุ : กำลังไฟฟ้าบัลลาสต์ Low loss 6 วัตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ใช้เป็นแบบระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยเลือกชนิดฉลากประหยัดไฟ เบอร์ 5 มีรายละเอียดดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)

ประเภทอาคาร	**กฎกระทรวงฯ**	**อาคารกรณีศึกษา**	**ผลการประเมิน**
อาคารสำนักงาน	≥12.85	12.85	ผ่าน

สำหรับอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ รวมถึงอาคารเป็นสุขทั้ง 2 ประเภท สามารถทำได้ด้วยวิธีการเดียวกัน

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ แสดงดังตารางที่ 38 พบว่าแบบอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 ตามการออกแบบเดิม มีผลการประเมินการใช้พลังงานผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ รายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 38 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลการประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 50.00	47.12	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	5.96	ผ่าน
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	4.28	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 12.85	12.85	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	< 103,993.907	79,641.546	ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 วัสดุผนังทึบที่ใช้คือ อิฐมวลเบา ความหนาแน่น 620 กก./ลบ.ม. ผนังโปร่งแสงที่ใช้คือ กระจกสีเทา หนา 5 ม.ม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.22 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.49 หลังคาติดตั้งฉนวนใยแก้วติดอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 15 ซ.ม. สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T5 2X28 วัตต์, T5 1X14 วัตต์ และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ ขั้วเกลียว E27 ส่วนระบบปรับอากาศเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ขนาด 24,000 บีทียู/ชั่วโมง ทั้งนี้เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคาร พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 47.12 วัตต์/ตร.ม. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) เท่ากับ 5.96 วัตต์/ตร.ม. ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 4.28 วัตต์/ตร.ม. ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ

12.85 และมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เท่ากับ 79,641.546 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 38 พบว่าผ่านทั้งเกณฑ์การประเมินรายระบบและเกณฑ์การประเมินการใช้พลังงานโดยรวม

การประเมินประสิทธิภาพระบบกรอบอาคาร, การประเมินประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวม อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ ด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based แสดงในตารางที่ 39 พบว่าแบบอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว ตามการออกแบบเดิมมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 39 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลการประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 30.00	25.45	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 6.00	2.53	ผ่าน
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 12.00	2.99	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 12.85	12.85	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	< 837,625.165	379,587.026	ผ่าน

อาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ วัสดุผนังทึบที่ใช้คือ อิฐมวลเบา ความหนาแน่น 1,280 กก./ลบ.ม. ผนังโปร่งแสงที่ใช้คือ กระจกสีเทา หนา 6 ม.ม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.16 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.44 หลังคาติดตั้งฉนวนใยแก้วติดอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 15 ซ.ม. สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 1x18 วัตต์ , 1x32 วัตต์, 1x36 วัตต์ และ 2x36 วัตต์ ส่วนระบบปรับอากาศใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ขนาด 12,000 บีทียู/ชั่วโมง ทั้งนี้เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคาร พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 25.45 วัตต์/ตร.ม. ค่าการถ่ายเทความร้อน

รวมของหลังคาในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) เท่ากับ 2.53 วัตต์/ตร.ม. ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 2.99 วัตต์/ตร.ม. ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 12.85 และมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เท่ากับ 379,587.026 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี จากข้อมูลพบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ ทั้งแบบการประเมินรายระบบและการใช้พลังงานโดยรวม ทั้งนี้อันเนื่องมาจากการเลือกใช้วัสดุสำหรับกรอบอาคาร ผนังทึบ ผนังโปร่งแสง รวมถึงหลังคา เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดี นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าและระบบปรับอากาศยังเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ในระดับที่ดี

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based ของอาคารเป็นสุขแบบที่ 1 แสดงในตารางที่ 40 พบว่าผลการประเมินรายระบบมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ย (LPD) และระบบปรับอากาศ ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ แต่ในส่วนระบบกรอบอาคารที่ประกอบด้วย ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) ไม่ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารปรากฏว่าผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 40 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารเป็นสุขแบบที่ 1

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลการประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 50.00	53.65	ไม่ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	5.81	ผ่าน
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 10.00	1.75	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 12.85	12.85	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	< 106,162.230	72,085.039	ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาคารเป็นสุขแบบที่ 1 มีการปรับคุณสมบัติอาคารด้านต่างๆ จากอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 ให้เป็นอาคารเป็นสุข โดยระบบกรอบอาคารมีการปรับเปลี่ยนกระจกจากเดิมที่เป็นกระจกสีเทา หนา 5 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น เท่ากับ 0.22 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.49 เปลี่ยนไปใช้กระจกเขียวใส หนา 5 ม.ม. ที่มี

ค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.78 และมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.64 ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 13.86% จากเดิม 47.12 วัตต์/ตร.ม. เพิ่มขึ้นเป็น 53.65 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) เปลี่ยนแปลงลดลง 2.52% จากเดิม 5.96 วัตต์/ตร.ม. ลดลงเป็น 5.81 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานทั้งระบบกรอบอาคาร พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1) ระบบไฟฟ้ามีการปรับเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 1x18 วัตต์, 1x32 วัตต์, 1x36 วัตต์, 2x36 วัตต์ เปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED A60 Stepless Dimmable bulb (EVE) ขั้วเกลียว E27 ขนาด 9 วัตต์ มีค่า Color Rendering Index (CRI) เท่ากับ 85 พร้อมควบคุมการหรี่แสงเฉพาะบริเวณที่มีการใช้งานประจำ ส่วนบริเวณอื่นยังคงใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าตามเดิม โดยทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เปลี่ยนแปลงลดลง 55.58 % จากเดิม 3.94 วัตต์/ตร.ม. ลดลงเป็น 1.75 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 2) ระบบปรับอากาศเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ขนาด 24,000 บีทียู/ชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 12.85 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 3) อีกทั้งยังติดตั้งเครื่อง Energy Recovery Ventilator (ERV) ที่สามารถกรองฝุ่นละอองและเติมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในอาคารมากกว่ามาตรฐานทั่วไป ข้อมูลสำหรับการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารซึ่งมีผลจากการประเมินพบว่า ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคารเปลี่ยนแปลงลดลง 7.18% จากเดิม 77,665,059.62 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี ลดลงเป็น 72,085.039 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี ซึ่งต่ำกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 5)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based อาคารเป็นสุขแบบที่ 2 แสดงในตารางที่ 41 พบว่าผลการประเมินรายระบบที่ประกอบไปด้วย ระบบกรอบอาคาร [ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)] ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ย (LPD) และระบบปรับอากาศ รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฯ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 41 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารเป็นสุขแบบที่ 2

รายละเอียด	เกณฑ์มาตรฐาน	อาคารตามที่ออกแบบ	ผลการประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 30.00	28.35	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 6.00	2.53	ผ่าน
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD, วัตต์/ตร.ม.)	≤ 12.00	2.81	ผ่าน
ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER)	≥ 12.85	12.85	ผ่าน
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	< 866,005.578	408,571.169	ผ่าน

อาคารเป็นสุขแบบที่ 2 มีการปรับคุณสมบัติอาคารด้านต่างๆ จากอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ ให้เป็นอาคารเป็นสุข โดยระบบกรอบอาคารมีการปรับเปลี่ยนกระจกจากเดิมที่เป็นกระจกสีเทา ขนาดหนา 6 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.16 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.44 เปลี่ยนไปใช้กระจกเขียวใส ขนาดหนา 6 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.76 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.60 ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 11.39 % จากเดิม 25.45 วัตต์/ตร.ม. เพิ่มขึ้นเป็น 28.35 วัตต์/ตร.ม. และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) ไม่เปลี่ยนแปลง เท่ากับ 2.53 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานทั้งระบบกรอบอาคาร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎกระทรวงกำหนด (หมวด 2 ส่วนที่ 1) ระบบไฟฟ้ามีการปรับเปลี่ยนจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 1x18 วัตต์ , 1x32 วัตต์, 1x36 วัตต์ และ 2x36 วัตต์ เปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED A60 Stepless Dimmable bulb (EVE) ขั้วเกลียว E27 ขนาด 9 วัตต์ มีค่า Color Rendering Index (CRI) เท่ากับ 85 และหลอดไฟ LED Ceiling lamp ICON-L02 with remote (EVE) ขนาด 42 วัตต์ มีค่า Color Rendering Index (CRI) เท่ากับ 80 พร้อมควบคุมการหรี่แสงเฉพาะบริเวณที่มีการใช้งานประจำ ส่วนบริเวณอื่นยังคงใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าตามเดิม ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เปลี่ยนแปลงลดลง 6.02 % จากเดิม 2.99 วัตต์/ตร.ม. ลดลงเป็น 2.81 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 2) ระบบปรับอากาศเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบแยกส่วน ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ขนาด 12,000 บีทียู/ชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 12.85 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 3) อีกทั้งยังติดตั้งเครื่อง Energy Recovery Ventilator (ERV) ที่สามารถกรองฝุ่นละอองและเติมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในอาคารมากกว่ามาตรฐานทั่วไป การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ผลจากการประเมินพบว่า ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคาร เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 7.64% จากเดิม 379,587,025.70 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี เพิ่มขึ้นเป็น 408,571,169.48 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี ซึ่งต่ำกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (หมวด 2 ส่วนที่ 5) จากข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอาคารกรณีศึกษาแบบเดิมไปเป็นอาคารเป็นสุข กล่าวได้ว่า มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในส่วนของระบบกรอบอาคารและมีการใช้พลังงานลดลงในส่วนของระบบไฟฟ้าและมีคุณภาพอากาศภายในระบบปรับอากาศที่ดีมากกว่าเดิม ทั้งนี้เนื่องมาจากการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติตามที่เกณฑ์เป็นสุขได้กำหนดไว้นั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งอาคารกรณีศึกษาแบบปกติและอาคารเป็นสุข มาวิเคราะห์เปรียบเทียบตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

5.1 สรุปผล

อาคารกรณีศึกษาที่เลือกใช้เป็นแบบอ้างอิงสำหรับการวิจัยนี้เป็นรูปแบบอาคารมาตรฐานที่ใช้สำหรับหน่วยงานราชการ คือ กระทรวงศึกษาธิการและกองทัพเรือ มีข้อมูลดังนี้ อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ รูปแบบอาคาร คือ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 2,022.20 ตร.ม. กว้าง 16.50 เมตร ยาว 60 เมตร มีส่วนพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 840.20 ตร.ม. และพื้นที่ปรับอากาศ 1,182 ตร.ม. และอาคารพักทหารชั้นประทวน ขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ รูปแบบอาคารคือ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น ใต้ถุนโล่ง มีพื้นที่ใช้สอย 5,738.19 ตร.ม. ขนาดกว้าง 31.30 เมตร ยาว 49.50 เมตร มีส่วนพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 4,106.195 ตร.ม. และพื้นที่ปรับอากาศ 1,632 ตร.ม.

อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 มีการใช้วัสดุสำหรับกรอบอาคารทั้งผนังทึบและผนังโปร่งแสงเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดี โดยผนังทึบเลือกใช้อิฐมวลเบาและในส่วนของผนังโปร่งแสงก็เลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.49 และในส่วนหลังคาก็ติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยระบบไฟฟ้าแสงสว่างเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T5 เป็นหลัก ระบบปรับอากาศเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 12.85 ซึ่งถือได้ว่ามีประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ในระดับที่ดีทำให้สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ ทั้งแบบการประเมินรายระบบและการใช้พลังงานโดยรวม

สำหรับอาคารพักทหารชั้นประทวนขนาด 64 ครอบครัว กองทัพเรือ มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างจากอาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแบบที่ 2 แต่ก็มีการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่มีมาตรฐานในทุกๆ ระบบ ถึงแม้ว่าจะมีการเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 ในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างก็ตาม ระบบปรับอากาศเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) เท่ากับ 12.85 โดยมีการเลือกใช้วัสดุทั้งในส่วนผนังทึบและผนังโปร่งแสงที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดีเช่นเดียวกัน โดยผนังโปร่ง

แสงเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.44 และในส่วนผนังทึบสำหรับอาคารก็เลือกใช้อิฐมวลเบา ซึ่งการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการก่อสร้างที่คุณภาพและมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีนี่เอง ทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ ทั้งแบบการประเมินรายระบบและการใช้พลังงานโดยรวม

อาคารเป็นสุขแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีการปรับคุณสมบัติด้านต่างๆ จากอาคารกรณีศึกษาแบบปกติให้มีคุณสมบัติตามเกณฑ์เป็นสุข และสามารถทำคะแนนตามเกณฑ์เป็นสุขได้ 28 คะแนน ดังนี้ 1. หมวดการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design - AD) 12 คะแนน 2. หมวดการออกแบบภายในและการใช้วัสดุ (Interior Design & Materials - IM) 4 คะแนน 3. หมวดระบบสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม (Environmental System & Engineering - EE) 12 คะแนน ทั้งนี้การปรับคุณสมบัติด้านต่างๆ ของอาคารนั้นส่งผลต่อระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ รวมถึงการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

อาคารเป็นสุขแบบที่ 1 มีการปรับปรุงคุณสมบัติของระบบกรอบอาคารโดยใช้กระจกเขียวใสหนา 5 ม.ม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.78 และมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.64 ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 13.86 % เนื่องจากมีความร้อนเข้าสู่ภายในตัวอาคารเพิ่มมากขึ้นผ่านผนังโปร่งแสงจากการปรับเปลี่ยนชนิดของกระจกกรอบอาคาร ในส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีการปรับเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ไปใช้หลอดไฟ LED ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงขึ้นทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เปลี่ยนแปลงลดลง สำหรับระบบปรับอากาศใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และมีการติดตั้งเครื่อง Energy Recovery Ventilator (ERV) ที่สามารถเพิ่มปริมาณอากาศบริสุทธิ์ภายในอาคารและระบายอากาศไปพร้อมกันโดยอาศัยหลักพื้นฐานด้านเครื่องกลช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้น ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้น ซึ่งจากการปรับปรุงคุณสมบัติทั้งระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ส่งผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยตรง ซึ่งจากข้อมูลพบว่าผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมแต่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินรายระบบ

Chulalongkorn University

อาคารเป็นสุขแบบที่ 2 มีการปรับปรุงคุณสมบัติระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เช่นเดียวกัน โดยมีการปรับเปลี่ยนผนังโปร่งแสงอาคารจากเดิมไปใช้กระจกเขียวใส ขนาดหนา 6 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.76 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.60 ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 11.39 % โดยความร้อนเข้ามาสู่ภายในตัวอาคารเพิ่มมากขึ้นจาการปรับเปลี่ยนชนิดของผนังโปร่งแสง ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในอาคารได้รับแสงธรรมชาติมากขึ้นตามข้อกำหนดเกณฑ์เป็นสุขนั่นเอง สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างถือได้ว่ามีการปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้น โดยจากเดิมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เปลี่ยนแปลงลดลง สำหรับระบบปรับอากาศใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และมีการติดตั้งเครื่อง Energy Recovery Ventilator (ERV) ที่สามารถระบายอากาศ กรองฝุ่นละออง กลิ่น และเติมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในอาคารมากกว่ามาตรฐานทั่วไปทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้น ซึ่งการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารมาจากการปรับปรุงคุณสมบัติทั้งระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศนั่นเอง โดยจากข้อมูลพบว่าผ่านเกณฑ์การประเมินรายระบบและการใช้พลังงานโดยรวม

เกณฑ์เป็นสุขได้ถูกออกแบบให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย โดยร่างขึ้นมาสำหรับอาคาร 2 ประเภท คือ สำนักงานและอาคารชุด อีกทั้งยังสามารถนำมาปรับใช้ร่วมกับมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานได้ในอาคารเดียวกัน อาคารเป็นสุข คือ อาคารที่มีคุณสมบัติอาคารตามเกณฑ์เป็นสุขซึ่งเน้นทางด้านสุขภาวะของผู้ใช้งานอาคาร งานวิจัยนี้มีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติอาคารตามเกณฑ์เป็นสุขทั้งระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ สำหรับระบบกรอบอาคารพบว่าผนังทึบและหลังคามีการเลือกใช้วัสดุที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดี ทำให้ไม่ส่งผลต่อการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นของอาคาร ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนคุณสมบัติผนังโปร่งแสงตามเกณฑ์เป็นสุขซึ่งต้องการช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น รวมถึงกระจกหน้าต่างที่มีความสว่างมากขึ้นเพื่อให้ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติมากขึ้น ส่งผลทำให้ความร้อนจากภายนอกเข้ามาสู่อาคารเพิ่มขึ้นผ่านกระจกหน้าต่างด้านนอกนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ทำให้อาคารมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) อาจจะไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินรายระบบได้ โดยในงานวิจัยนี้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีการใช้พลังงานลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เนื่องมาจากอาคารกรณีศึกษามีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิม ชนิด T5 และ T8 เป็นหลัก ซึ่งเมื่อมีการปรับคุณสมบัติตามเกณฑ์เป็นสุขโดยปรับเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED ที่มีการปรับหรี่ไฟได้จึงทำให้ค่าการใช้พลังงานในส่วนนี้ลดลง ทั้งนี้ถ้าหากรูปแบบอาคารกรณีศึกษามีการใช้หลอดไฟ LED ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างอยู่แล้ว เมื่อทำการปรับคุณสมบัติตามเกณฑ์เป็นสุขคือ ปรับเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED ที่มีการปรับหรี่ไฟได้ จะพบว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามเกณฑ์เป็นสุขมีใช้พลังงานน้อยกว่าเนื่องจากระบบการปรับหรี่ไฟได้ของหลอดไฟ LED ตามเกณฑ์เป็นสุขกำหนด สำหรับระบบปรับอากาศมีคุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้นกว่าเดิมเนื่องจากมีการกรองฝุ่นละอองต่างๆ กลิ่น รวมถึงมีการเติมอากาศบริสุทธิ์และระบายอากาศออกไปพร้อมกัน โดยคุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้นมาจากคุณสมบัติเครื่อง Energy Recovery Ventilator (ERV) ที่ได้ติดตั้งเข้าไปตามเกณฑ์เป็นสุขกำหนด กล่าวได้ว่าเมื่อทำการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติอาคารจากอาคารกรณีศึกษาแบบปกติไปเป็นอาคารเป็นสุข ทั้งระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ส่งผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร โดยอาคารเป็นสุขจะมีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นตามที่ได้กล่าวมา

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรทำศึกษาวิจัยประเภทและรูปแบบอาคารที่มีลักษณะแตกต่างกันเพื่อศึกษาผลกระทบด้านการใช้พลังงานอาคารที่ได้จากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ รวมถึงระบบอื่นๆ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร สำหรับอาคารที่ต้องการให้มีคุณสมบัติการใช้งานตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานและเกณฑ์เป็นสุข กล่าวคือ เป็นอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานและเน้นไปที่สุขภาวะของผู้ใช้งานอาคารด้วยสามารถทำได้ ในกรณีอาคารที่จะทำการก่อสร้างใหม่สามารถทำการออกแบบอาคารให้เข้ากับหลักเกณฑ์ดังกล่าวได้ พร้อมทั้งควบคุมรายละเอียดต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นให้อยู่ในงบประมาณการก่อสร้างได้ เพราะว่ารับรู้ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่จะเกิดจากการก่อสร้างอยู่ก่อนแล้ว ส่วนกรณีการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เข้ากับหลักเกณฑ์ข้างต้นนั้น ต้องคำนึงถึงความจำเป็นและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วย เพราะว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการปรับปรุงอาคารนั้นอาจจะสูงขึ้นได้ เนื่องมาจากราคาของวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงค่าแรงในการก่อสร้างด้วย สำหรับการวิจัยนี้อาคารเป็นสุขแบบที่ 1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง โดยเลือกใช้กระจกเขียวใส หนา 5 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.78 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.64 ดังนั้นหากต้องการให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง สามารถทำได้โดยเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร และตรงตาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อกำหนดเกณฑ์เป็นสุขใช้ทำระบบกรอบอาคาร ในที่นี้ถ้าหากเลือกใช้กระจก Energy Green Float Glass หนา 5 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.65 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.53 ซึ่งสามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้มากกว่าเดิม ทำให้ค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่อปีของอาคารลดลง และจะทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Elasfouri, A. S., Maraqa, R., Tabbalat, R. (1991). "Shading control by neighbouring buildings: application to buildings in Amman, Jordan." International Journal of Refrigeration: 112-116.

Feng, Y. (2004). "Thermal design standards for energy efficiency of residential buildings in hot summer/cold winter zones. ." Energy and Buildings: 1309-1312.

Lollini, B., Fasano, Meroni, Zinzi. (2006). "Optimisation of opaque components of the building envelope. Energy, economic and environmental issues." Building and Environment **1001-1013**.

Nelson, D. (2014). "Energy Efficient Lighting." from https://www.wbdg.org/resources/energy-efficient-lighting.

Omer, A. M. (2008). "Renewable and Sustainable Energy Reviews." Energy, environment and sustainable development.: 2265-2300.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2560). คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ.

กระทรวงพลังงาน (2564). ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564.

กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2558). "โครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์." from http://dcd.hss.moph.go.th/web/index.php/works/academic/โครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์.

คณะทำงานพัฒนาเกณฑ์เป็นสุข (2563). มาตรฐานเกณฑ์เป็นสุข. กรุงเทพฯ.

ปรัชญา ปัตถาวงศ์ (2556). การศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัดพลังงาน. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรชัยแอร์เซอร์วิส (2564) "SEER แสดงบนเครื่องปรับอากาศ."

พันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2563). การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ, บริษัท อีเล็ฟแว่นคัลเลอร์ จำกัด.

ศรัณย์ ตันรัตนาวงศ์ (2561). การปรับปรุงอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ กรณีศึกษาแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานราชการ. สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อธิปัตย์ ศรีใสคำ (2562). การเปรียบเทียบผลการคำนวณการใช้พลังงานจากโปรแกรม BEC กับการใช้พลังงานจริงที่เกิดขึ้นในอาคาร. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name :	อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา แบบที่ 2
Building Name :	อาคารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา แบบที่ 2
Building Type :	สำนักงาน
Location :	กรุงเทพมหานคร

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

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	79,641.546	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) :	79,641.546	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	103,993.907	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	47.124	W/m²
OTTV (A/C Zone) :	47.124	W/m²
Code OTTV :	50.000	W/m²
Building OTTV Status :	passed	

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

RTTV (A/C Zone) : 5.956 W/m²

Code RTTV : 10.000 W/m²

Building RTTV Status : passed

Building Lighting System

Total Power : 8,658.000 Watts

Total Building Area : 2,022.200 m²

Power Density : 4.281 W/m²

Compliance : 10.000 W/m²

Lighing System Status : passed

Building Energy by Floor

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
ชั้น 1	735.000	323.400	0.000	47.973		3.649	0.100	0.250	23,011.792
ชั้น 2	613.600	338.800	0.000	48.153		4.556	0.100	0.250	24,425.953
ชั้น 3	613.600	462.000	486.000	45.775	5.956	4.730	0.100	0.250	32,203.801

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP	EQD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy kWh/y
1A-01	56.000	46.200	0.000	48.253		2.893	3.226		0.100	0.250	2,789.183
1A-02	224.000	215.600	0.000	47.562		6.375	3.226		0.100	0.250	14,426.960
1A-03	64.000	61.600	0.000	49.198		6.375	3.226		0.100	0.250	4,195.089
1B-01	8.000	0.000	0.000			4.500			0.100	0.250	84.240
1B-02	383.000	0.000	0.000			1.692			0.100	0.250	1,516.320
2A-01	64.000	61.600	0.000	49.186		6.375	3.226		0.100	0.250	4,194.526
2A-02	224.000	215.600	0.000	47.562		6.375	3.226		0.100	0.250	14,426.960
2A-03	64.000	61.600	0.000	49.186		6.375	3.226		0.100	0.250	4,194.547
2B-01	291.600	0.000	0.000			2.359			0.100	0.250	1,609.920
3A-01	96.000	123.200	96.000	43.306	5.996	6.375	3.226		0.100	0.250	7,282.644
3A-02	294.000	215.600	294.000	48.845	5.934	4.857	3.226		0.100	0.250	16,761.003
3A-03	96.000	123.200	96.000	42.870	5.984	6.375	3.226		0.100	0.250	7,242.874
3B-01	78.800	0.000	0.000			2.487			0.100	0.250	458.640
3B-02	78.800	0.000	0.000			2.487			0.100	0.250	458.640

OTTV by Wall

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
1A-01	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	55.808	15.400	0.39
1A-01	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	44.476	30.800	0.31
1A-02	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	52.046	107.800	0.39
1A-02	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	43.079	107.800	0.32
1A-03	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	54.067	30.800	0.39
1A-03	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	44.329	30.800	0.31
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	54.067	30.800	0.39
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	44.304	30.800	0.31
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	52.046	107.800	0.39
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	43.079	107.800	0.32
2A-03	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	54.067	30.800	0.39
2A-03	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	44.305	30.800	0.31
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	52.963	46.200	0.39
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	44.755	46.200	0.34
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	26.647	30.800	0.00
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	52.046	107.800	0.39
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	45.645	107.800	0.39
3A-03	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	52.963	46.200	0.39
3A-03	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	44.751	46.200	0.34
3A-03	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (03)	28.911	30.800	0.00

RTTV by roof

Zone	Roof Name	RTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
3A-01	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (01)	6.254	32.000	0.00
3A-01	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (01)	5.613	32.000	0.00
3A-01	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันออก (01)	6.122	32.000	0.00
3A-02	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (02)	6.254	147.000	0.00
3A-02	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (02)	5.613	147.000	0.00
3A-03	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (03)	6.254	32.000	0.00
3A-03	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (03)	5.613	32.000	0.00
3A-03	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันตก (03)	6.084	32.000	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)
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	15.400	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.368
ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (01)	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	20.957	0.700	33.201
ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	20.957	0.700	29.801
ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันออก (01)	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันออก (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	20.957	0.700	32.501

ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (02)	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (02)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	147.000	0.188	20.957	0.700	33.201
ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (02)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	147.000	0.188	20.957	0.700	29.801
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (03)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	15.302
ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (03)	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (03)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	20.957	0.700	33.201
ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (03)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	20.957	0.700	29.801
ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันตก (03)	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันตก (03)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	20.957	0.700	32.301

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uf (W/m²°C)	Δt (°C)	SHGC	SC	ESR (W/m²)
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	15.400	5.770	5.000	0.490	0.552	267.410
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.677	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.827	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.478	267.410
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.771	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.609	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.518	267.410
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.678	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.812	185.060

ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.518	267.410
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.677	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.811	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.478	267.410
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.771	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.609	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.518	267.410
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.810	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	30.800	5.770	5.000	0.490	0.678	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	46.200	5.770	5.000	0.490	0.496	267.410
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	46.200	5.770	5.000	0.490	0.645	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	46.200	5.770	5.000	0.490	0.811	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.478	267.410
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	107.800	5.770	5.000	0.490	0.612	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	46.200	5.770	5.000	0.490	0.496	267.410
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (1)	46.200	5.770	5.000	0.490	0.645	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	กระจกสีเทา 5 mm. (2)	46.200	5.770	5.000	0.490	0.810	185.060

Lighting System by Floor

Floor Name	Total Power (W)	Total Area (m²)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	2,682.000	735.000	3.649
ชั้น 2	2,932.000	643.600	4.556
ชั้น 3	3,044.000	643.600	4.730

Lighting System by Zone

Floor Name	Zone Name	Zone Area (m²)	Quantity	Power (W/Unit)	Total Power (W)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	1A-01	56.000	9	18.000	162.000	2.893
ชั้น 1	1A-02	224.000	21	68.000	1,428.000	6.375
ชั้น 1	1A-03	64.000	6	68.000	408.000	6.375
ชั้น 1	1B-01	8.000	2	18.000	36.000	4.500
ชั้น 1	1B-02	383.000	18	36.000	648.000	1.692
ชั้น 2	2A-01	64.000	6	68.000	408.000	6.375
ชั้น 2	2A-02	224.000	21	68.000	1,428.000	6.375
ชั้น 2	2A-03	64.000	6	68.000	408.000	6.375
ชั้น 2	2B-01	291.600	20	34.400	688.000	2.359
ชั้น 3	3A-01	96.000	9	68.000	612.000	6.375
ชั้น 3	3A-02	294.000	21	68.000	1,428.000	4.857
ชั้น 3	3A-03	96.000	9	68.000	612.000	6.375
ชั้น 3	3B-01	78.800	5	39.200	196.000	2.487
ชั้น 3	3B-02	78.800	5	39.200	196.000	2.487

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption (kW)	COP	SEER	Compliance	Status
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name :	อาคารพักทหารประทวน 64 ครอบครัว
Building Name :	อาคารพักทหารประทวน 64 ครอบครัว (2)
Building Type :	อาคารชุด
Location :	กรุงเทพมหานคร

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

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	379,587.026	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) :	379,587.026	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	837,625.165	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	25.455	W/m²
OTTV (A/C Zone) :	25.455	W/m²
Code OTTV :	30.000	W/m²
Building OTTV Status :	passed	

RTTV (A/C Zone) :	2.530 W/m²
Code RTTV :	6.000 W/m²
Building RTTV Status :	passed

Building Lighting System

Total Power :	17,176.000 Watts
Total Building Area :	5,738.195 m²
Power Density :	2.993 W/m²
Compliance :	12.000 W/m²
Lighing System Status :	passed

Building Energy by Floor

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
ชั้น 1	886.645					2.680	0.100	0.250	20,813.760
ชั้น 2	1,196.870	361.600	0.000	25.455		3.061	0.100	0.250	87,432.936
ชั้น 3	1,196.870	361.600	0.000	25.455		3.061	0.100	0.250	87,432.936
ชั้น 4	1,196.870	361.600	0.000	25.455		3.061	0.100	0.250	87,432.936
ชั้น 5	1,196.870	361.600	1,132.800	25.455	2.530	3.061	0.100	0.250	95,213.019
ชั้นดาดฟ้า	64.070					2.248	0.100	0.250	1,261.440

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP	EQD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy kWh/y
1A-01	408.000	0.000	0.000			2.676			0.100	0.250	9,565.920
1A-02	408.000	0.000	0.000			2.676			0.100	0.250	9,565.920
1B-01	70.645	0.000	0.000			2.718			0.100	0.250	1,681.920
2A-01	204.000	180.800	0.000	27.623		8.392	3.226		0.100	0.250	43,729.630
2A-02	204.000	180.800	0.000	23.287		8.392	3.226		0.100	0.250	41,600.906
2B-01	788.870	0.000	0.000			0.304			0.100	0.250	2,102.400
3A-01	204.000	180.800	0.000	27.623		8.392	3.226		0.100	0.250	43,729.630
3A-02	204.000	180.800	0.000	23.287		8.392	3.226		0.100	0.250	41,600.906
3B-01	788.870	0.000	0.000			0.304			0.100	0.250	2,102.400
4A-01	204.000	180.800	0.000	27.623		8.392	3.226		0.100	0.250	43,729.630
4A-02	204.000	180.800	0.000	23.287		8.392	3.226		0.100	0.250	41,600.906

4B-01	788.870	0.000	0.000			0.304		0.100	0.250	2,102.400
5A-01	204.000	180.800	566.400	27.623	2.530	8.392	3.226	0.100	0.250	47,619.671
5A-02	204.000	180.800	566.400	23.287	2.530	8.392	3.226	0.100	0.250	45,490.947
5B-01	788.870	0.000	0.000			0.304		0.100	0.250	2,102.400
6A-01	64.070	0.000	0.000			2.248		0.100	0.250	1,261.440

OTTV by Wall

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	28.998	153.600	0.30
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	23.894	153.600	0.30
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	28.998	153.600	0.30
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	23.894	153.600	0.30
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00
4A-01	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	28.998	153.600	0.30
4A-01	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
4A-01	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
4A-02	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	23.894	153.600	0.30
4A-02	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
4A-02	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00
5A-01	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	28.998	153.600	0.30
5A-01	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
5A-01	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
5A-02	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	23.894	153.600	0.30
5A-02	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
5A-02	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00

RTTV by roof

Zone	Roof Name	RTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
5A-01	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (01)	2.666	283.200	0.00
5A-01	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (01)	2.393	283.200	0.00
5A-02	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (02)	2.666	283.200	0.00
5A-02	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (02)	2.393	283.200	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)
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก 01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500

ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (01)	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	14.199
ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (01)	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	12.749
ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100

ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (02)	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (02)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	14.199
ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (02)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	12.749

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uf (W/m²°C)	Δt (°C)	SHGC	SC	ESR (W/m²)
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.880	116.260
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.426	116.260
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.897	80.680
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.610	80.680
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.880	116.260
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.426	116.260
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.897	80.680
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.610	80.680
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.880	116.260
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.426	116.260
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.897	80.680
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.610	80.680
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.880	116.260
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.426	116.260

ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (1)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.897	80.680
ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	กระจกสีเทา 6 mm. (2)	153.600	5.740	3.000	0.440	0.610	80.680

Lighting System by Floor

Floor Name	Total Power (W)	Total Area (m²)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	2,376.000	886.645	2.680
ชั้น 2	3,664.000	1,196.870	3.061
ชั้น 3	3,664.000	1,196.870	3.061
ชั้น 4	3,664.000	1,196.870	3.061
ชั้น 5	3,664.000	1,196.870	3.061
ชั้นดาดฟ้า	144.000	64.070	2.248

Lighting System by Zone

Floor Name	Zone Name	Zone Area (m²)	Quantity	Power (W/Unit)	Total Power (W)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	1A-01	408.000	14	78.000	1,092.000	2.676
ชั้น 1	1A-02	408.000	14	78.000	1,092.000	2.676
ชั้น 1	1B-01	70.645	5	38.400	192.000	2.718
ชั้น 2	2A-01	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 2	2A-02	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 2	2B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้น 3	3A-01	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 3	3A-02	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 3	3B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้น 4	4A-01	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 4	4A-02	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 4	4B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้น 5	5A-01	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 5	5A-02	204.000	56	30.571	1,712.000	8.392
ชั้น 5	5B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้นดาดฟ้า	6A-01	64.070	6	24.000	144.000	2.248

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption (kW)	COP	SEER	Compliance	Status
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name :	อาคารเป็นสุขแบบที่ 1
Building Name :	อาคารเป็นสุข (สำนักงาน)
Building Type :	สำนักงาน
Location :	กรุงเทพมหานคร

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

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	72,085.039	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) :	72,085.039	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	106,162.230	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	53.651	W/m²
OTTV (A/C Zone) :	53.651	W/m²
Code OTTV :	50.000	W/m²
Building OTTV Status :	failed	

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

RTTV (A/C Zone) :	5.810 W/m²
Code RTTV :	10.000 W/m²
Building RTTV Status :	passed

Building Lighting System

Total Power :	3,531.000 Watts
Total Building Area :	2,022.200 m²
Power Density :	1.746 W/m²
Compliance :	10.000 W/m²
Lighing System Status :	passed

Building Energy by Floor

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
ชั้น 1	735.000	323.400	0.000	54.800		1.653	0.100	0.250	21,041.763
ชั้น 2	643.600	338.800	0.000	55.004		1.936	0.100	0.250	21,892.361
ชั้น 3	643.600	462.000	486.000	51.854	5.810	1.663	0.100	0.250	29,150.915

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP	EQD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy kWh/y
1A-01	56.000	46.200	0.000	55.360		1.446	3.226	0.714	0.100	0.250	2,906.668
1A-02	224.000	215.600	0.000	54.229		1.688	3.226	0.750	0.100	0.250	12,869.425
1A-03	64.000	61.600	0.000	56.378		1.688	3.226	0.625	0.100	0.250	3,749.350
1B-01	8.000	0.000	0.000			4.500			0.100	0.250	84.240
1B-02	383.000	0.000	0.000			1.598			0.100	0.250	1,432.080
2A-01	64.000	61.600	0.000	56.362		1.688	3.226	0.625	0.100	0.250	3,748.614
2A-02	224.000	215.600	0.000	54.229		1.688	3.226	0.750	0.100	0.250	12,869.425
2A-03	64.000	61.600	0.000	56.362		1.688	3.226	0.625	0.100	0.250	3,748.641
2B-01	291.600	0.000	0.000			2.236			0.100	0.250	1,525.680
3A-01	96.000	123.200	96.000	48.591	5.853	1.688	3.226	0.417	0.100	0.250	6,536.025
3A-02	294.000	215.600	294.000	55.831	5.789	1.286	3.226	0.612	0.100	0.250	15,257.980
3A-03	96.000	123.200	96.000	48.155	5.834	1.688	3.226	0.417	0.100	0.250	6,495.790
3B-01	78.800	0.000	0.000			2.335			0.100	0.250	430.560
3B-02	78.800	0.000	0.000			2.335			0.100	0.250	430.560

OTTV by Wall

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
1A-01	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	64.365	15.400	0.39
1A-01	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	50.857	30.800	0.31
1A-02	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	59.450	107.800	0.39
1A-02	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	49.008	107.800	0.32
1A-03	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	62.090	30.800	0.39
1A-03	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	50.666	30.800	0.31
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	62.090	30.800	0.39
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	50.633	30.800	0.31
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	59.450	107.800	0.39
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	49.008	107.800	0.32
2A-03	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	62.090	30.800	0.39
2A-03	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	50.634	30.800	0.31
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	60.648	46.200	0.39
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	51.164	46.200	0.34
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	26.647	30.800	0.00
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	59.450	107.800	0.39
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	52.213	107.800	0.39
3A-03	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	60.648	46.200	0.39
3A-03	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	51.160	46.200	0.34
3A-03	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (03)	24.911	30.800	0.00

RTTV by roof

Zone	Roof Name	RTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
3A-01	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (01)	6.112	32.000	0.00
3A-01	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (01)	5.465	32.000	0.00
3A-01	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันออก (01)	5.981	32.000	0.00
3A-02	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (02)	6.112	147.000	0.00
3A-02	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (02)	5.465	147.000	0.00
3A-03	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (03)	6.112	32.000	0.00
3A-03	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (03)	5.465	32.000	0.00
3A-03	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันตก (03)	5.925	32.000	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)
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	15.400	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	16.368
ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (01)	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	39.758	0.700	32.558
ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	39.758	0.700	29.110
ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันออก (01)	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันออก (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	39.758	0.700	31.858

ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	107.800	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (02)	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (02)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	147.000	0.188	39.758	0.700	32.585
ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (02)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	147.000	0.188	39.758	0.700	29.110
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	16.728
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	46.200	1.628	56.616	0.500	13.054
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (03)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (03)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	30.800	1.628	56.616	0.500	15.302
ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (03)	ชั้น 3 หลังคาทิศใต้ (03)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	39.758	0.700	32.558
ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 หลังคาทิศเหนือ (03)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	39.758	0.700	29.110
ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันตก (03)	ชั้น 3 หลังคาทิศตะวันตก (03)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	32.000	0.188	39.758	0.700	31.560

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uf (W/m²°C)	Δt (°C)	SHGC	SC	ESR (W/m²)
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 5 mm (1)	15.400	5.770	5.000	0.640	0.552	267.410
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.677	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (01)	Ocean green float glass 5 mm (2)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.827	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (02)	Ocean green float glass 5 mm (1)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.478	267.410
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 5 mm (1)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.609	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 5 mm (2)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.771	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศใต้ (03)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.518	267.410
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.678	185.060
ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 1 ผนังทิศเหนือ (03)	Ocean green float glass 5 mm (2)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.812	185.060

ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.518	267.410
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.677	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (01)	Ocean green float glass 5 mm (2)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.811	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (02)	Ocean green float glass 5 mm (1)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.478	267.410
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 5 mm (1)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.609	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 5 mm (2)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.771	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (03)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.518	267.410
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	Ocean green float glass 5 mm (1)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.678	185.060
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (03)	Ocean green float glass 5 mm (2)	30.800	5.770	5.000	0.640	0.810	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 5 mm (1)	46.200	5.770	5.000	0.640	0.496	267.410
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	Ocean green float glass 5 mm (1)	46.200	5.770	5.000	0.640	0.645	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (01)	Ocean green float glass 5 mm (2)	46.200	5.770	5.000	0.640	0.811	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (02)	Ocean green float glass 5 mm (1)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.478	267.410
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 5 mm (1)	107.800	5.770	5.000	0.640	0.612	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (03)	Ocean green float glass 5 mm (1)	46.200	5.770	5.000	0.640	0.496	267.410
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	Ocean green float glass 5 mm (1)	46.200	5.770	5.000	0.640	0.645	185.060
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (03)	Ocean green float glass 5 mm (2)	46.200	5.770	5.000	0.640	0.810	185.060

Lighting System by Floor

Floor Name	Total Power (W)	Total Area (m²)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	1,215.000	735.000	1.653
ชั้น 2	1,246.000	643.600	1.936
ชั้น 3	1,070.000	643.600	1.663

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Lighting System by Zone

Floor Name	Zone Name	Zone Area (m²)	Quantity	Power (W/Unit)	Total Power (W)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	1A-01	56.000	9	9.000	81.000	1.446
ชั้น 1	1A-02	224.000	42	9.000	378.000	1.688
ชั้น 1	1A-03	64.000	12	9.000	108.000	1.688
ชั้น 1	1B-01	8.000	2	18.000	36.000	4.500
ชั้น 1	1B-02	383.000	18	34.000	612.000	1.598
ชั้น 2	2A-01	64.000	12	9.000	108.000	1.688
ชั้น 2	2A-02	224.000	42	9.000	378.000	1.688
ชั้น 2	2A-03	64.000	12	9.000	108.000	1.688
ชั้น 2	2B-01	291.600	20	32.600	652.000	2.236
ชั้น 3	3A-01	96.000	18	9.000	162.000	1.688
ชั้น 3	3A-02	294.000	42	9.000	378.000	1.286
ชั้น 3	3A-03	96.000	18	9.000	162.000	1.688
ชั้น 3	3B-01	78.800	5	36.800	184.000	2.335
ชั้น 3	3B-02	78.800	5	36.800	184.000	2.335

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption (kW)	COP	SEER	Compliance	Status
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24,000 Btu	Split Type	24.000 KBTU	2.180	3.226	12.850	12.850	Passed

Other Equipment

Zone	Name	Power (W)	Quantity
1A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	1
1A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB350ATH	168.000	1
1A-03	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	1
2A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	1
2A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB350ATH	168.000	1
2A-03	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	1
3A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	1
3A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB500ATH	180.000	1
3A-03	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	1

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name :	อาคารเป็นสุขแบบที่ 2
Building Name :	อาคารพักทหารประทวน 64 ครอบครัว
Building Type :	อาคารชุด
Location :	กรุงเทพมหานคร

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

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	408,571.169	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) :	408,571.169	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	866,005.578	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zone) :	28.347	W/m²
OTTV (A/C Zone) :	28.347	W/m²
Code OTTV :	30.000	W/m²
Building OTTV Status :	passed	

RTTV (A/C Zone) :	2.530 W/m²
Code RTTV :	6.000 W/m²
Building RTTV Status :	passed

Building Lighting System

Total Power :	16,152.000 Watts
Total Building Area :	5,738.195 m²
Power Density :	2.815 W/m²
Compliance :	12.000 W/m²
Lighing System Status :	passed

Building Energy by Floor

Floor Name	Floor Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy (kWh/y)
ชั้น 1	886.645					2.680	0.100	0.250	20,813.760
ชั้น 2	1,196.870	361.600	0.000	28.375		2.847	0.100	0.250	94,706.308
ชั้น 3	1,196.870	361.600	0.000	28.375		2.847	0.100	0.250	94,706.216
ชั้น 4	1,196.870	361.600	0.000	28.264		2.847	0.100	0.250	94,597.146
ชั้น 5	1,196.870	361.600	1,132.800	28.375	2.530	2.847	0.100	0.250	102,486.299
ชั้นดาดฟ้า	64.070					2.248	0.100	0.250	1,261.440

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone Area (m²)	Wall Area (m²)	Roof Area (m²)	OTTV (W/m²)	RTTV (W/m²)	LPD (W/m²)	COP	EQD (W/m²)	OCCU (head/ m²)	VENT (l/s)	Total Energy kWh/y
1A-01	408.000	0.000	0.000			2.676			0.100	0.250	9,565.920
1A-02	408.000	0.000	0.000			2.676			0.100	0.250	9,565.920
1B-01	70.645	0.000	0.000			2.718			0.100	0.250	1,681.920
2A-01	204.000	180.800	0.000	30.911		7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	47,547.069
2A-02	204.000	180.800	0.000	25.839		7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	45,056.840
2B-01	788.870	0.000	0.000			0.304			0.100	0.250	2,102.400
3A-01	204.000	180.800	0.000	30.911		7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	47,546.977
3A-02	204.000	180.800	0.000	25.839		7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	45,056.840
3B-01	788.870	0.000	0.000			0.304			0.100	0.250	2,102.400
4A-01	204.000	180.800	0.000	30.689		7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	47,437.906
4A-02	204.000	180.800	0.000	25.839		7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	45,056.840

4B-01	788.870	0.000	0.000			0.304			0.100	0.250	2,102.400
5A-01	204.000	180.800	566.400	30.911	2.530	7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	51,437.018
5A-02	204.000	180.800	566.400	25.839	2.530	7.765	3.226	1.569	0.100	0.250	48,946.881
5B-01	788.870	0.000	0.000			0.304			0.100	0.250	2,102.400
6A-01	64.070	0.000	0.000			2.248			0.100	0.250	1,261.440

OTTV by Wall

Zone	Wall Name	OTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	32.869	153.600	0.30
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
2A-01	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	26.898	153.600	0.30
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
2A-02	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	32.868	153.600	0.30
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
3A-01	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	26.898	153.600	0.30
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
3A-02	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00
4A-01	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	32.868	153.600	0.30
4A-01	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
4A-01	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (01)	16.624	13.600	0.00
4A-02	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	26.898	153.600	0.30
4A-02	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
4A-02	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00
5A-01	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	32.868	153.600	0.30
5A-01	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (01)	20.139	13.600	0.00
5A-01	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (01)	19.578	13.600	0.00
5A-02	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	26.898	153.600	0.30
5A-02	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (02)	20.139	13.600	0.00
5A-02	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (02)	19.578	13.600	0.00

RTTV by roof

Zone	Roof Name	RTTV (W/m²)	Area (m²)	WWR
5A-01	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (01)	2.666	283.200	0.00
5A-01	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (01)	2.393	283.200	0.00
5A-02	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (02)	2.666	283.200	0.00
5A-02	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (02)	2.393	283.200	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)
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 2 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500

ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 3 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 4 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	7.791
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	7.700
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (01)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (01)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (01)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (01)	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	14.199
ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (01)	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (01)	หลังคากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	12.749
ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	153.600	2.685	95.424	0.500	6.191
ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ประตูไฟเบอร์	153.600	0.812	4.851	0.500	6.100
ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (02)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันออก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.500

ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (02)	ชั้น 5 ผนังทิศตะวันตก (02)	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	13.600	2.685	95.424	0.500	7.291
ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (02)	ชั้น 5 หลังคาทิศใต้ (02)	หลังคากระเบื้องซีแมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	14.199
ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 หลังคาทิศเหนือ (02)	หลังคากระเบื้องซีแมนต์เส้นใยแผ่นลอน	283.200	0.188	39.758	0.700	12.749

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m²)	Uf (W/m²°C)	Δt (°C)	SHGC	SC	ESR (W/m²)
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.880	116.260
ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 2 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.426	116.260
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.897	80.680
ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 2 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.610	80.680
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.880	116.260
ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 3 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.426	116.260
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.897	80.680
ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 3 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.610	80.680
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.880	116.260
ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 4 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.426	116.260
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.897	80.680
ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 4 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.610	80.680
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.880	116.260
ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	ชั้น 5 ผนังทิศใต้ (01)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.426	116.260
ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (1)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.897	80.680
ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	ชั้น 5 ผนังทิศเหนือ (02)	Ocean green float glass 6 mm (2)	153.600	5.740	3.000	0.600	0.610	80.680

Lighting System by Floor

Floor Name	Total Power (W)	Total Area (m²)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	2,376.000	886.645	2.680
ชั้น 2	3,408.000	1,196.870	2.847
ชั้น 3	3,408.000	1,196.870	2.847
ชั้น 4	3,408.000	1,196.870	2.847
ชั้น 5	3,408.000	1,196.870	2.847
ชั้นดาดฟ้า	144.000	64.070	2.248

Lighting System by Zone

Floor Name	Zone Name	Zone Area (m²)	Quantity	Power (W/Unit)	Total Power (W)	Power Density (W/m²)
ชั้น 1	1A-01	408.000	14	78.000	1,092.000	2.676
ชั้น 1	1A-02	408.000	14	78.000	1,092.000	2.676
ชั้น 1	1B-01	70.645	5	38.400	192.000	2.718
ชั้น 2	2A-01	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 2	2A-02	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 2	2B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้น 3	3A-01	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 3	3A-02	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 3	3B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้น 4	4A-01	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 4	4A-02	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 4	4B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้น 5	5A-01	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 5	5A-02	204.000	64	24.750	1,584.000	7.765
ชั้น 5	5B-01	788.870	10	24.000	240.000	0.304
ชั้นดาดฟ้า	6A-01	64.070	6	24.000	144.000	2.248

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption (kW)	COP	SEER	Compliance	Status
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 12,000 Btu	Split Type	12.000 KBTU	1.090	3.226	12.850	12.850	Passed

Other Equipment

Zone	Name	Power (W)	Quantity
2A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
2A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
3A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
3A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
4A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
4A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
5A-01	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8
5A-02	DELTA Energy Recovery Ventilator (ERV) Model VEB150ATH	40.000	8

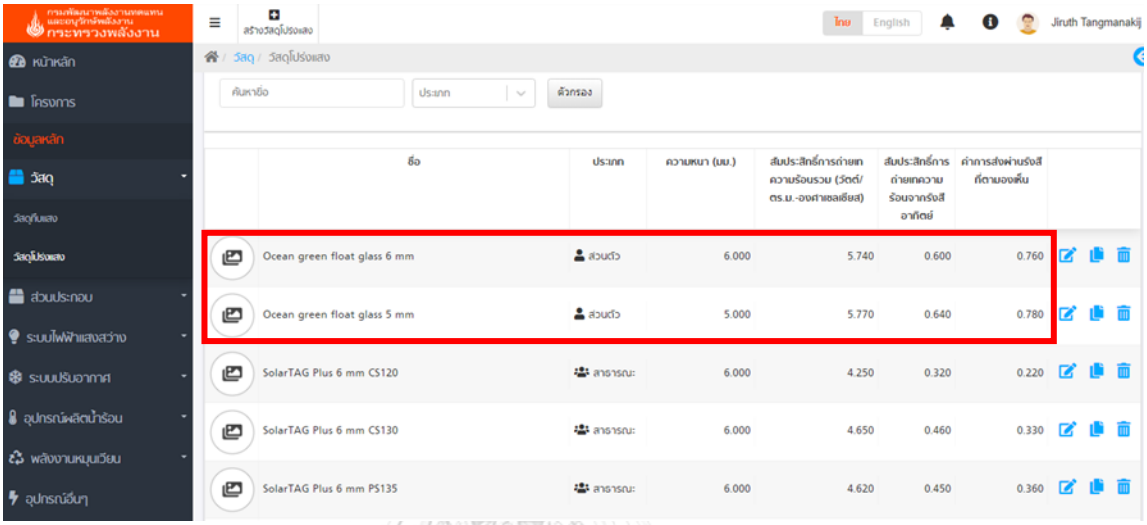
ภาคผนวก ข

รายละเอียดวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. กระจกเขียวใส หนา 5 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.78 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.64

2. กระจกเขียวใส หนา 6 มม. ที่มีค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (VLT) เท่ากับ 0.76 และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.60



รูปที่ 21 ข้อมูลคุณสมบัติกระจกที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข
ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based
ที่มา : https://bec.energy.in.th/dashboard

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเภทของกระจกโฟลต (Float Glass)

กระจกโฟลต (Float Glass) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

กระจกโฟลตใส (Clear Float Glass) เป็นกระจกที่เกิดจากการหลอมของซิลิก้า สารประกอบต่างๆ กระจกประเภทนี้จะทำให้มีรอยต่อระหว่างกระจกน้อย สามารถนำไปใช้งานได้กับผนังภายนอก ผนังภายในอาคารได้ Clear Float Glass เหมาะกับการใช้งานประเภทแสดงสินค้า แต่อาจไม่เหมาะกับส่วนที่ต้องการความเป็นส่วนตัว

กระจกสี (Tinted Float Glass) มีการผสมออกไซด์ในเนื้อกระจกเพื่อให้เกิดสีสันแตกต่างกันไป เกิดความสวยงาม ช่วยลดความจ้าของแสงที่ส่งผ่านกระจกสีทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลและเกิดความสบายตาในการมอง แต่ออกไซด์ที่ใส่เข้าไปจะอมความร้อนจึงแตกได้ง่ายสีของกระจกยังสามารถช่วยตัดแสงที่จะส่องเข้ามาในตัวอาคาร ทำให้ประหยัดพลังงานภายในอาคารจึงเหมาะกับงานภายนอก

การใช้งานของกระจกโฟลต (Float Glass)

กระจกโฟลต (Float Glass) ใช้ได้ทั้งภายใน และภายนอกอาคารทุกประเภท เช่น ประตู หน้าต่าง การตกแต่งภายใน บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน หรือร้านค้าทั่วไป ห้องแสดงสินค้าหน้าร้าน หรือตู้แสดงสินค้าทั่วไป และยังนำไปใช้เป็นโครงสร้างผนังกระจกสูงขนาดใหญ่ อีกทั้งยังตอบสนองความต้องการในทุก ๆ ด้านของผู้ใช้ โดยเฉพาะการใช้กับอาคารสมัยใหม่ที่ต้องการช่องเปิดขนาดใหญ่ จึงมีให้เลือกตั้งแต่ความหนา 2-19 ม.ม. ความกว้างประมาณ 3 เมตร และความยาวถึง 12 เมตร (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาและขนาด)

กระจกโฟลตสีตัดแสง (Tinted Float Glass)

ผลิตขึ้นโดยการผสมโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสม ในขั้นตอนการผลิตกระจก ทำให้กระจกมีสีสัน จัดเป็นกระจกดูดกลืนความร้อน ปริมาณแสงที่ทะลุผ่านกระจกสีขึ้นอยู่กับความหนา สี และความเข้มข้นของสีของกระจก ผู้ผลิตในประเทศไทยปัจจุบันผลิตได้ตั้งแต่ความหนา 3 ถึง 12 มม. และผลิตได้ขนาดกว้างxยาว สูงสุดไม่เกิน 3x7 เมตร และสีที่พบเห็นได้ทั่วไปคือ สีชา (Grey) สีฟ้า(Blue) สีเขียว(Green) และสีบรอนซ์ (Bronze) บางครั้งผู้ผลิตอาจผลิตสีอ่อน-แก่ได้มากกว่านี้ และใช้ชื่อเรียกทางการค้าที่แตกต่างกัน เช่น สีชาอ่อน (Cool Grey) สีเขียวเข้ม(Ocean Green) สีฟ้าเข้ม(Sky Blue) เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขนาดมาตรฐานการใช้งานทั่วไป

ขนาดความหนาตั้งแต่ 2 มม. ถึง 19 มม. โดยจะมีความหนาตามนี้

2mm 8mm

3mm 10mm

4mm 12mm

5mm 15mm

6mm 19mm (22mm, 25mm)

คุณสมบัติของกระจกโฟลตสีตัดแสง (Tinted Float Glass)

- มีคุณสมบัติในการดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่งมากระทบผิวกระจกได้ถึง 35-50%
- ผิวกระจกจะร้อน เนื่องจากสีของกระจกที่เกิดการเติมโลหะออกไซด์ ทำให้ความร้อนจากผิวกระจกแผ่เข้ามาในอาคาร
- ตัดแสงไม่ให้เข้ามาในอาคารมาก
- สามารถกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากกว่ากระจกโฟลตใส
- ช่วยลดความสว่างของแสง ทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลสบายตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. หลอดไฟ LED A60 Stepless Dimmable bulb (EVE) ขั้วเกลียว E27 ขนาด 9 วัตต์ มีค่า Color Rendering Index (CRI) เท่ากับ 85 ในส่วนพื้นที่ใช้งานประจำ ส่วนบริเวณอื่นยังคงใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าตามเดิม

รูปที่ 22 ข้อมูลคุณสมบัติหลอดไฟ LED แบบที่ 1 ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุขในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

ที่มา : https://www.evelighting.com/

4. หลอดไฟ LED Ceiling lamp ICON-L02 with remote (EVE) ขนาด 42 วัตต์ มีค่า Color Rendering Index (CRI) เท่ากับ 80 พร้อมควบคุมการหรี่แสงเฉพาะบริเวณที่มีการใช้งานประจำ ส่วนบริเวณอื่นยังคงใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าตามเดิม

รูปที่ 23 ข้อมูลคุณสมบัติหลอดไฟ LED แบบที่ 2 ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

ที่มา : https://www.evelighting.com/

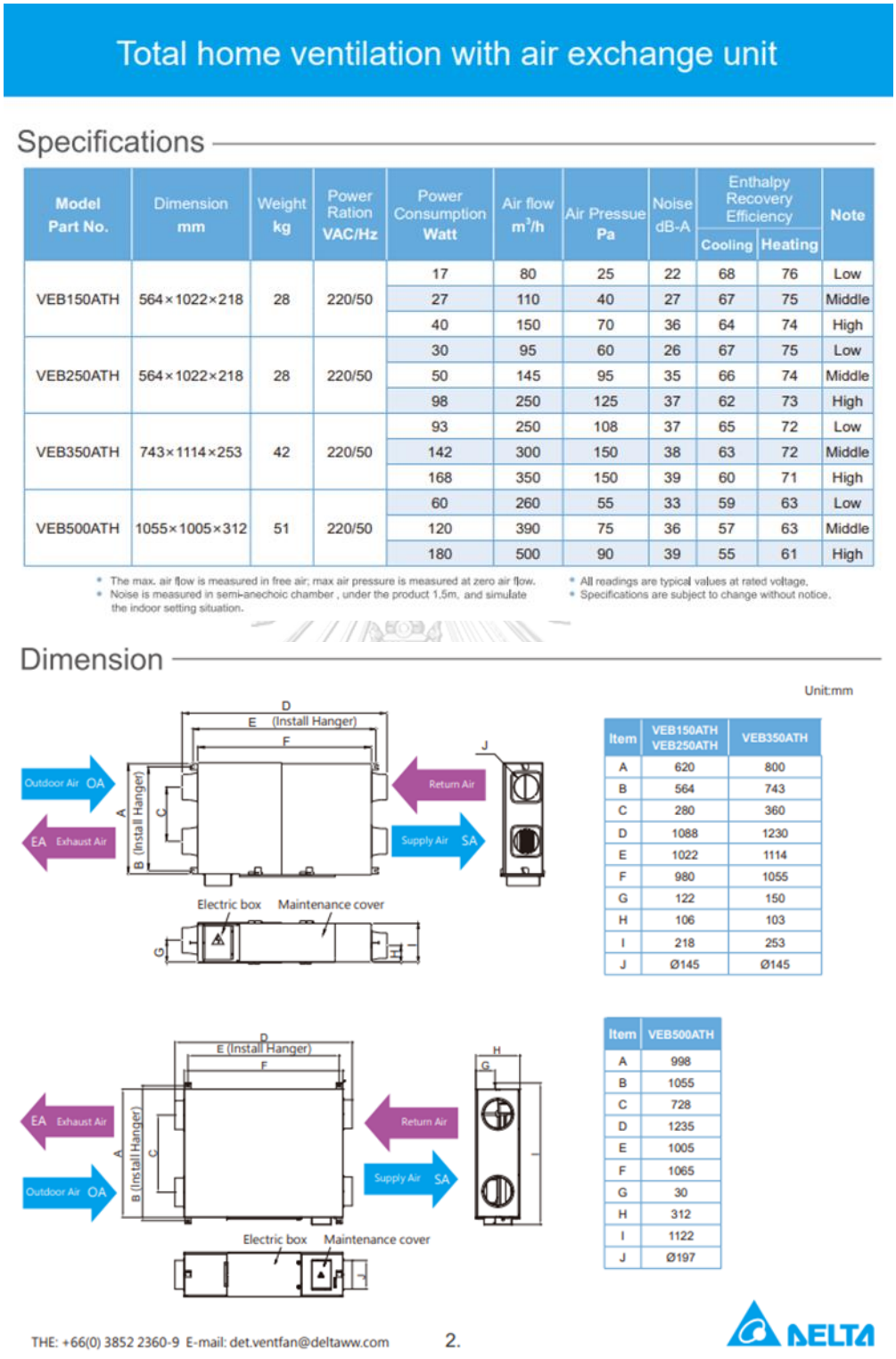
5. เครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (Energy Recovery Ventilator : ERV) จะช่วยระบายอากาศ กรองฝุ่นละออง กลิ่น และยังช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนภายในอาคาร ช่วยให้มีคุณภาพอากาศที่ดี และสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยเป็นมิตรต่อชีวิตผู้ที่อาศัย ทั้งนี้การเติมอากาศเข้าและระบายออกไปพร้อมกันโดยอาศัยหลักพื้นฐานด้านเครื่องกลช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้น จึงช่วยลดต้นทุนในการติดตั้งระบบปรับอากาศได้

- มอเตอร์ DC Motor ประสิทธิภาพสูง
- แผ่นกรองประสิทธิภาพสูง
- ออกแบบบางสวย ประกอบและติดตั้งง่าย
- เทคโนโลยีการไหลเวียนอากาศ
- ประหยัดพลังงานและเงียบ
- รับประกัน 3 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 24 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (1)

ที่มา : https://deltathailand.com/



Total home ventilation with air exchange unit

Specifications

Model Part No.	Dimension mm	Weight kg	Power Ration VAC/Hz	Power Consumption Watt	Air flow m^3/h	Air Pressue Pa	Noise dB-A	Enthalpy Recovery Efficiency		Note
								Cooling	Heating	
VEB150ATH	564×1022×218	28	220/50	17	80	25	22	68	76	Low
				27	110	40	27	67	75	Middle
				40	150	70	36	64	74	High
VEB250ATH	564×1022×218	28	220/50	30	95	60	26	67	75	Low
				50	145	95	35	66	74	Middle
				98	250	125	37	62	73	High
VEB350ATH	743×1114×253	42	220/50	93	250	108	37	65	72	Low
				142	300	150	38	63	72	Middle
				168	350	150	39	60	71	High
VEB500ATH	1055×1005×312	51	220/50	60	260	55	33	59	63	Low
				120	390	75	36	57	63	Middle
				180	500	90	39	55	61	High

* The max. air flow is measured in free air; max air pressure is measured at zero air flow.
* Noise is measured in semi-anechoic chamber , under the product 1.5m, and simulate the indoor setting situation.
* All readings are typical values at rated voltage.
* Specifications are subject to change without notice.

Dimension

Unit:mm

Item	VEB150ATH VEB250ATH	VEB350ATH
A	620	800
B	564	743
C	280	360
D	1088	1230
E	1022	1114
F	980	1055
G	122	150
H	106	103
I	218	253
J	Ø145	Ø145

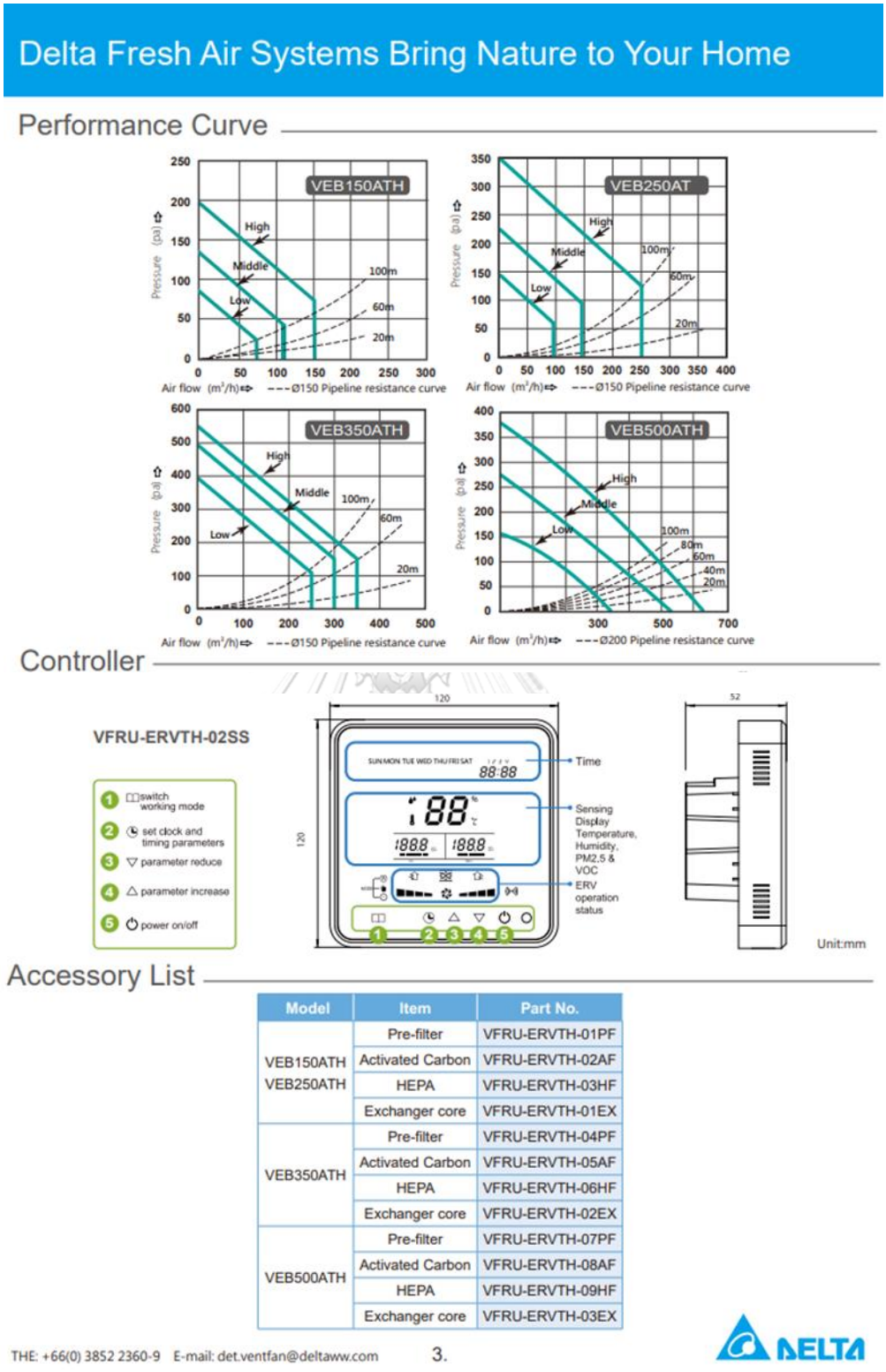
Item	VEB500ATH
A	998
B	1055
C	728
D	1235
E	1005
F	1065
G	30
H	312
I	1122
J	Ø197

THE: +66(0) 3852 2360-9 E-mail: det.ventfan@deltaww.com 2.

DELTA

รูปที่ 25 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (2)

ที่มา : https://deltathailand.com/



รูปที่ 26 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (3)

ที่มา : https://deltathailand.com/

รูปที่ 27 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (4)

ที่มา : https://deltathailand.com/

Delta Fresh Air Systems Bring Nature to Your Home

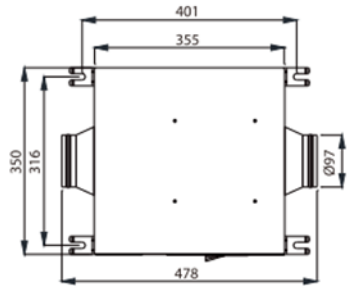
Specifications

MODEL Part No.	Dimension mm	Weight kg	Power Ration VAC/Hz	Power Consumption Watt	Maximum Air Flow m^3/h	Maximum Air Pressure Pa	Noise dB-A	PM2.5 Filtration Efficiency %	Note
VDB150CXTH-F	316×401×180	8	220/50	13	150	230	23	≥ 99.6	high
				8	120		21		low
VDB300FXTH-F	316×446×232	10	220/50	25	300	280	31	≥ 99.8	high
				22	250		29		low

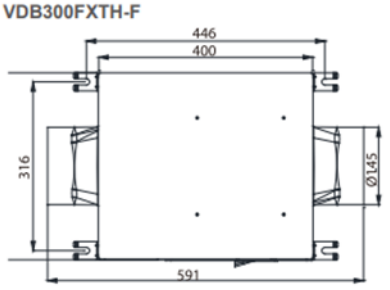
* The max. air flow is measured in free air; max air pressure is measured at zero air flow.
* Noise is measured in semi-anechoic chamber in free air, under the product 1.5m, and simulate the indoor setting situation.
* All readings are typical values at rated voltage.
* Specifications are subject to change without notice.

Dimension

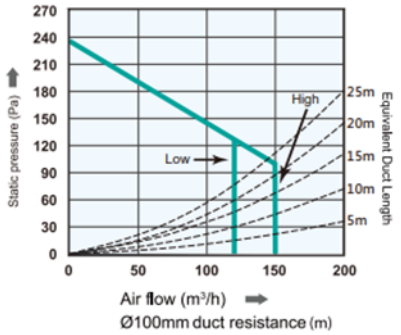
VDB150CXTH-F

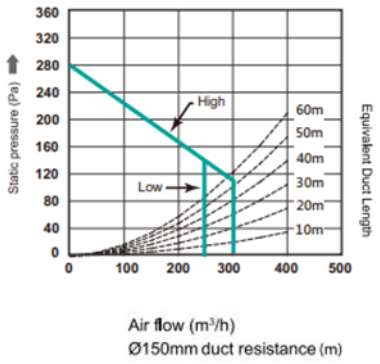


VDB300FXTH-F



Performance Curve





Accessory List

Applicable Model	Name	Name
VDB150CXTH-F	Pre-filter	VFRU-VDBTH-01PF
	HEPA Filter	VFRU-VDBTH-02HF

applicable model	Name	Name
VDB300FXTH-F	Pre-filter	VFRU-VDBTH-03PF
	HEPA Filter	VFRU-VDBTH-04HF

THE: +66(0) 3852 2360-9 E-mail: det.ventfan@deltaww.com

รูปที่ 28 ข้อมูลคุณสมบัติเครื่องแลกเปลี่ยนอากาศแบบฝังฝ้าเพดาน (ERV) ที่ใช้สำหรับเกณฑ์เป็นสุข ในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based (5)

ที่มา : https://deltathailand.com/

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายจีรุฏฐ์ ตั้งมานะกิจ

วัน เดือน ปี เกิด 15 มกราคม 2524

ที่อยู่ปัจจุบัน 555/33 ถ.อ่อนนุช แขวงประเวศ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY