DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย

ดรุณี ปัญญาภู

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปีการศึกษา 2564

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

A STUDY OF MEASUREMENT AND VERIFICATION ON THE NET ZERO ENERGY BUILDING PROJECTS IN THAILAND

DARUNEE PUNYAPOO

An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

Academic Year 2021

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย

เสนอโดย ดรุณี ปัญญาภู

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ชุมลักษณ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ..21..... เดือน ....มกราคม... พ.ศ. ..2565.....

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย
ชื่อผู้เขียน	ดรุณี ปัญญาภู
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีการออกแบบและปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building: NZEB) แต่ยังไม่มีการตรวจพิสูจน์ว่าเป็น NZEB จริงหรือไม่ การศึกษารายบุคคลในหัวข้อเรื่อง “การศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย” ฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อ (1) ทำการประเมินผลโดยการตรวจพิสูจน์ และทวนสอบ โครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย และ (2) เพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรค และเสนอแนวทางการพัฒนาอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยอาคารที่ทำการศึกษาจำนวน 4 แห่ง คือ (1) อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2) อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (3) โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ และ (4) อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด ในการศึกษาครั้งนี้ได้นิยามความหมายของ NZEB หมายถึง อาคารที่สามารถจัดหาพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้อย่างน้อยเท่ากับพลังงานที่ถูกใช้ในอาคารภายใน 1 ปี และมีการเชื่อมระบบด้านพลังงานเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้า (On-Grid) ทั้งนี้ในการประเมินใช้มาตรฐานการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดในระดับสากล (International Performance Measurement and Verification Protocol: IPMVP) ผลการศึกษาพบว่าอาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น และอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทั้งสองแห่งสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เองอย่างเพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าของอาคาร เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ส่วนอีกแห่งหนึ่งคืออาคารโครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เองได้อย่างเพียงพอ โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับสายส่งของการไฟฟ้าเลย เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานเป็นศูนย์

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(Zero Energy Building: ZEB) และแห่งสุดท้าย อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด อาคารหลังนี้จัดหาพลังงาน
ใช้เองได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ยังต้องซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงมาใช้ในอาคาร จึงไม่เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ และมีข้อเสนอแนะจากการศึกษา คือ อาคารใดที่จะพัฒนาให้เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ควรประกอบไปด้วยอาคารหลาย ๆ หลัง และจะต้องติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง ถ้าเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จะต้องมีขนาดที่ผลิตไฟฟ้าเผื่อไว้สำหรับที่จะใช้ตอนกลางคืน โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าที่จะใช้ในตอนกลางวันก็ส่งไปให้อาคารอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงใช้ หรือติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บพลังงานไว้ใช้ในตอนที่ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Individual Study Title	A STUDY OF MEASUREMENT AND VERIFICATION ON THE NET ZERO ENERGY BUILDING PROJECTS IN THAILAND
Author	Darunee Punyapoo
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2021

ABSTRACT

At present, Thailand has begun to design and renovate buildings to be Net Zero Energy Building (NZEB), but there is no proof that it is NZEB or not. This individual study on the subject "A Study of Measurement and Verification on the Net Zero Energy Building Projects in Thailand" aims to (1) To conduct an evaluation and verify a net zero energy building project in Thailand. and (2) to analyze problems and obstacles and propose guidelines for the development of NZEB. The four buildings studied were (1) the office building of the Corporate Communications Division. Khon Kaen University (2) Fisheries Natural History Museum Building, Bo Sib Rai, Faculty of Fisheries, Kasetsart University (3) Phi Suea House Project Chiang Mai Province and (4) Thanapipat Building, Thanarak Asset Development Company Limited. In this study, NZEB was defined as a building capable of supplying energy from renewable energy sources at least equal to the energy used in the building within one year and having the energy system connected to the grid (On-Grid). In this regard, the assessment uses internationally economical verification standards. (International Performance Measurement and Verification Protocol: IPMVP) The results of the study found that the office buildings of the Corporate Communications Division Khon Kaen University and the Fisheries Natural History Museum Building, Bo Sip Rai, Faculty of Fisheries, Kasetsart University Both sites can generate electricity from solar energy. Use it yourself enough to meet the building's electricity needs. It meets the definition of NZEB. The other one is the Phi Suea House project building. Chiang Mai Province can produce electricity from solar energy for self-use sufficiently without having to connect to the power grid at all Meets the definition of a Zero Energy Building (ZEB). and the last Thanapipat Building, Tanarak Asset Development Co., Ltd. This building is

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

unable to supply enough energy for its use. Still have to buy electricity from the Metropolitan Electricity Authority to use in the building. Therefore, it does not meet the definition of NZEB. And there are suggestions from the study, which buildings will be developed to be buildings with zero net energy consumption. It should consist of several buildings and must be equipped with a power generation system from renewable energy to meet the demand for electricity 24 hours a day. If the system generates electricity from solar energy Must have a size that produces electricity for use at night. The more electricity produced during the day is sent to other nearby buildings for use. Or install energy storage devices for use when it is unable to produce electricity.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำแนวทางการศึกษาต่าง ๆ ตลอดจนช่วยกรุณาตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องและชี้แนะเกี่ยวกับ การศึกษาวิจัยอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบการศึกษารายบุคคล ที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงให้มีความถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการศึกษา ทางผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การส่งเสริม และเป็นกำลังใจในการเข้าศึกษาต่อจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่าน เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการศึกษารายบุคคลเล่มนี้เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้น

ดรุณี ปัญญาภู

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย …….	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…….	ค
กิตติกรรมประกาศ……..	ฉ
สารบัญตาราง……..……	ฌ
สารบัญภาพ…….……..	ญ
บทที่	
1. บทนำ……	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย……..……	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……..	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย……	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ……..……	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..……	4
2.1 อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์……	4
2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินผลประหยัด……..……	7
2.3 กรอบอาคารและผลต่อการอนุรักษ์พลังงาน……..……	9
2.4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์……...……	14
2.5 การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) ที่เกี่ยวข้อง……	19
3. ระเบียบวิธีวิจัย……..……	24
3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย……..……..……	24
3.2 ข้อมูลของอาคารกรณีศึกษา……..……..……	25
4. ผลการวิจัย……...……..……	49
4.1 อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น……..……...…	49
4.2 พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์……...……..……	52
4.3 โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่…...……..……	52

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด…….…….	53
5. สรุปผล อภิปรายผล ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ……...……..……	55
5.1 สรุปผลการศึกษา…...…….……	55
5.2 การอภิปรายผล...……...…….……	55
5.3 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ……..…….……	58
บรรณานุกรม.....…….....…….	59
ประวัติผู้เขียน……..	62

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางคำจำกัดความของ ZEB และที่มา..... 5
2.2 ตารางคำจำกัดความของ NZEB และที่มา..... 6
2.3 ตารางสรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 23
3.1 แสดงค่า U-Value ของผนัง หน้าต่าง กระจก หลังคา ของอาคาร..... 45
3.2 ค่า SC ของผนังกระจกที่มีแผงบังแดด..... 46
3.3 แสดงรายชื่อวัสดุที่ใช้กับอาคารที่มี VOC ต่ำ..... 48
4.1 ผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์..... 51
5.1 สรุปการใช้และการผลิตพลังงานของอาคารกรณีศึกษา 4 แห่ง..... 56

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แหล่งความร้อนต่าง ๆ ของภาระการปรับอากาศ..... 10

2.2 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์อย่างง่าย..... 16

3.1 บริเวณด้านนอกอาคารและหลังคาอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร..... 26

3.2 แสดงผนังอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง..... 27

3.3 แสดงหลังคาอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง..... 28

3.4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์..... 30

3.5 อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์พิพิธภัณฑ์ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์..... 31

3.6 ส่วนประกอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์..... 32

3.7 รูปตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV Module) 33

3.8 ตู้ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse Box) 34

3.9 เครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) ยี่ห้อ HUAWEI รุ่น SUN2000-36KTL..... 35

3.10 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Solar Panel) 36

3.11 ตู้โหลดไฟฟ้า ประจำอาคาร..... 36

3.12 ระบบแสดงสถานะการใช้ไฟฟ้าของอาคาร..... 37

3.13 อาคารเก็บพลังงานและผลิตไฟฟ้า..... 39

3.14 Solar Powered Hydrogen Storage System โครงการบ้านผีเสื้อ..... 40

3.15 ขนาดและจำนวนแผงของ Rooftop PV..... 41

3.16 ระบบการผลิตพลังงานช่วง Day Time และ Night Time..... 42

4.1 ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุง..... 50

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การอนุรักษ์พลังงานหรือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เริ่มมีมาตั้งแต่ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศในกลุ่มสแกนดิเนเวียซึ่งอยู่ในเขตหนาวมีความจำเป็นต้องทำความร้อนในที่พักอาศัย ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้พลังงานค่อนข้างมาก รัฐบาลจึงได้เริ่มกำหนดให้บ้านที่อยู่อาศัย ต้องใช้ฉนวนกันความร้อนที่จะรั่วไหลออกจากบ้านผ่านผนังและหลังคาออกไป ภายหลังปี ค.ศ.1973 ที่เกิดวิกฤติน้ำมัน เมื่อกลุ่มโอเปกรวมทั้งอียิปต์และซีเรียได้ประกาศการลดการผลิตและลดการส่งออกน้ำมันไปขายให้กับประเทศที่เป็นพันธมิตรและสนับสนุนอิสราเอลในการทำสงคราม ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำมันไปทั่วโลก หลาย ๆ ประเทศจึงได้ออกมาตรการที่จะต้องใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาเกณฑ์ที่กำหนดประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร และมีการออกกฎหมายให้บังคับใช้เกณฑ์เหล่านี้แก่อาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้าง เกณฑ์เหล่านี้มักจะถูกเรียกว่า มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Standard for Energy Efficiency for New Buildings)

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานว่าเป็นไปตามมาตรฐานประสิทธิภาพหรือไม่ อาศัยหลักการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Reference) สำหรับประเทศไทยปัจจุบันได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคาร (Building Energy Code: BEC) ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำที่ได้มีการประกาศใช้ BEC คือ เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร กำหนดโดยกระทรวงพลังงาน ซึ่งออกเป็นกฎกระทรวงกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารขึ้นมา โดยมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงอาคาร ทั้งนี้จะตรวจสอบการใช้พลังงานตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบว่าเป็นไปตามกฎหมายหรือไม่ แล้วจึงอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลงได้ ทั้งนี้ เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคารได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนที่ 94 ก หน้า 7 ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2563 กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 กำหนดให้การก่อสร้างหรือการดัดแปลงอาคาร 9 ประเภทต่อไปนี้ (1) โรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร (2) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(3) สถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ (4) สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล (5) สถานศึกษาตามกฎหมายว่าด้วยการศึกษาแห่งชาติ (6) สำนักงานหรือที่ทำการ (7) ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า (8) อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด และ (9) อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร หากมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 m^2 ขึ้นไป ต้องมีการออกแบบก่อสร้างอาคารหรือบริเวณที่ดัดแปลง ให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงที่ประกาศนี้ แต่ในบทเฉพาะกาลในระยะเริ่มแรกจะบังคับใช้กับอาคารที่มีขนาด 10,000 m^2 ขึ้นไปในปีแรก (13 มีนาคม 2564) 5,000 m^2 ขึ้นไป ในปีที่ 2 (13 มีนาคม 2565) และ 2,000 m^2 ขึ้นไป ในปีที่ 3 (13 มีนาคม 2566)

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานที่สูงกว่า BEC ขึ้นไปเรียงตามลำดับได้ดังนี้ (1) เกณฑ์มาตรฐานพลังงานขั้นสูง (High Energy Performance Standard: HEPS) คือ ระดับเกณฑ์มาตรฐานขั้นสูงของระบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นเป้าหมายที่บรรลุด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน (2) อาคารมาตรฐานทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Building: Econ) คือ เป้าหมายในอนาคตอันใกล้ เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีของอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีก แต่ยังมีความคุ้มค่าในการลงทุน และ (3) อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building: NZEB) คือ เป้าหมายในระยะยาวที่ต้องการให้อาคารมีการใช้พลังงานที่นำเข้าจากภายนอกในระดับใกล้ศูนย์ ออกแบบอาคารให้มีความต้องการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการจัดหาพลังงานที่ใช้เองในอาคารจากพลังงานหมุนเวียนด้วย ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบันนี้

NZEB หมายถึง อาคารที่มีระบบผลิตพลังงานของตนเองจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ภายในอาคาร โดยอาคารดังกล่าวอาจผลิตพลังงานจากพลังงานหมุนเวียนเกินกว่าที่ใช้ก็ได้ โดยจะส่งไปทดแทนการใช้พลังงานสิ้นเปลืองของอาคารอื่น ในขณะเดียวกันอาคารดังกล่าวอาจจะใช้พลังงานสิ้นเปลืองในบางช่วงเวลาที่ไม่สามารถผลิตพลังงานเองจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้ ทั้งนี้ เมื่อรวมกันแล้วพลังงานสุทธิใน 1 รอบปี ต้องเป็นศูนย์

ประเทศไทยเริ่มมีหลาย ๆ อาคาร ทำการออกแบบอาคารให้เป็น NZEB บางอาคารปรับปรุงอาคารแล้วเสร็จและใช้งานแล้ว บางอาคารอยู่ระหว่างการก่อสร้าง บางอาคารอยู่ในขั้นตอนการออกแบบ ปัจจุบันมีอย่างน้อย 4 อาคารที่ปรับปรุงแล้วเสร็จและใช้งานแล้ว ซึ่งเป็นอาคารกรณีศึกษาในการศึกษาครั้งนี้ คือ (1) อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2) พิพิธภัณฑ์ประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ (3) โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ และ (4) อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด แต่ยังไม่มีหน่วยงานใดที่ทำการติดตามประเมินผลการใช้งานอาคารเหล่านี้ ว่าเป็น NZEB จริงหรือไม่ ผู้วิจัยจึงจะทำการศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของโครงการ NZEB ในประเทศไทย โดยศึกษา

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4 อาคารข้างต้น ว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ ผลการจัดหาพลังงานได้เท่าใด เทียบกับพลังงานทั้งหมดที่ต้องการใช้เพียงพอหรือไม่ ในการศึกษาในครั้งนี้ทำการประเมินโครงการโดยใช้มาตรฐานการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดในระดับสากล International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) รวมทั้งทำการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่มีอยู่ และเสนอแนวทางการพัฒนา NZEB ในประเทศไทย เพื่อความยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำการประเมินผลโดยการตรวจพิสูจน์และทวนสอบโครงการ NZEB ในประเทศไทย
2. เพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรค และเสนอแนวทางการพัฒนา NZEB

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยนี้ เน้นทำการศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของ NZEB ในประเทศไทย ที่ดำเนินการออกแบบ ก่อสร้างหรือปรับปรุงแล้วเสร็จ และได้เปิดใช้งานมาระยะหนึ่งแล้วเท่านั้น

2. ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่ามีอาคารที่ระบุว่า เป็น NZEB ที่ทำการปรับปรุงแล้วเสร็จและเริ่มใช้งานอาคารดังกล่าวแล้ว ซึ่งจะนำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ครั้งนี้ จำนวน 4 แห่ง ดังต่อไปนี้

2.1 อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2.2 พิพิธภัณฑ์ประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

2.3 โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

2.4 อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบสถานภาพของ NZEB ของประเทศไทย
2. ทำให้ทราบผลการใช้งาน ผลการจัดหาพลังงานได้เท่าใด เทียบกับพลังงานทั้งหมดที่ต้องการใช้เพียงพอหรือไม่
3. ทำให้ทราบผลการวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรคของโครงการ และให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อจะได้สามารถพัฒนาให้มี NZEB ในประเทศไทย เพิ่มมากขึ้น

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2.1.1 ความหมายของอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

มีความแตกต่างของความหมายระหว่าง อาคารที่มีการใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero Energy Building: ZEB) และ อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ZEB คือ อาคารที่มีผลรวมการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับพลังงานที่ผลิตได้เองจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ทั้งในและนอกสถานที่ตั้ง และมีการปล่อยคาร์บอนรวมเป็นศูนย์ต่อปี โดย ZEB หมายถึงอาคารที่เป็นอิสระจากระบบพลังงาน (Off-Grid) โดยสามารถผลิตพลังงานด้วยตนเองอย่างเพียงพอ ไม่ต้องพึ่งพิงการนำพลังงานจากภายนอกเข้าสู่ระบบของอาคาร โดยการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Sources: RES) ในสถานที่ตั้งอาคารนั้นเอง

สำหรับความหมายของ NZEB นั้นในปัจจุบันยังไม่มีความหมายกลางที่เป็นข้อตกลงร่วมกันของทุก ๆ องค์กร แต่โดยทั่วไปสามารถให้ความหมาย NZEB ได้โดยหมายถึง อาคารที่สามารถผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้มากกว่าหรือเท่ากับพลังงานที่ถูกใช้ในอาคาร และมีการเชื่อมระบบด้านพลังงานเข้ากับกริดในระดับที่ใหญ่กว่า (On-Grid) โดยใน 1 ปี มีการใช้พลังงานรวมทั้งหมดเป็นศูนย์ หรือสามารถผลิตพลังงานจ่ายกลับคืนสู่ระบบได้ ซึ่งอาคารประเภทนี้เป็นเป้าหมายที่องค์กรด้านพัฒนาอาคารเขียวพยายามมุ่งพัฒนาให้เกิดขึ้น ทั้ง Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) และ Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) เป็นต้น

2.1.2 Check List สำหรับใช้ประเมินอาคาร

2.1.2.1 Check List สำหรับอาคารที่เป็น ZEB

( ) เป็นอาคารประเภท Off-Grid

( ) ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนใช้เองอย่างเพียงพอ

2.1.2.2 Check List สำหรับอาคารที่เป็น NZEB

( ) เป็นอาคารประเภท On-Grid

( ) ใน 1 ปี ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้มากกว่าที่ใช้เองภายในอาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.1.3 คำจำกัดความของ ZEB และ NZEB จากการทบทวนวรรณกรรม

ตารางที่ 2.1 ตารางคำจำกัดความของ ZEB และที่มา

ที่มา	คำจำกัดความ	อ้างอิง
Torcellini et al. (2006)	อาคารพลังงานเป็นศูนย์ หมายถึง บ้านพักอาศัยหรืออาคารธุรกิจ ที่ลดความต้องการใช้พลังงานลงได้มาก โดยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้พลังงานหมุนเวียน	Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., Crawley, D. (2006) Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US.
Hernandez and Kenny (2010)	วงจรชีวิตของอาคารพลังงานเป็นศูนย์คำนึงถึงการใช้พลังงานหลักในการทำงานร่วมกับพลังงานที่ได้จากวัสดุและระบบต่าง ๆ	Hernandez, P., Kenny, P. (2010). From net energy to zero energy buildings: defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB), Energy Build. 42, 815-821.
Lund et al. (2011)	อาคารพลังงานเป็นศูนย์คือการผสมผสานการออกแบบอาคาร ระบบทางเทคนิค และอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงาน เพื่อลดความต้องการความร้อนและไฟฟ้า ด้วยแหล่งพลังงานหมุนเวียนในอาคารและสามารถขนานกับกริดได้	Lund, H., Marszal, A., P. Heidelberg, P. (2011). Zero energy buildings and mismatch compensation factors, Energy Build No. 43, 1646-1654.
Torcellini et al. (2015)	อาคารพลังงานเป็นศูนย์เป็นอาคารที่สามารถผลิตพลังงานหมุนเวียนได้เองอย่างพอเพียงหรือเกินความต้องการ	Torcellini, P., Pless, S., Leach, M. (2015). A pathway for net-zero energy buildings: creating a case for zero cost increase, Build Res Inf. No. 43, 25-33.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 2.2 ตารางคำจำกัดความของ NZEB และที่มา

ที่มา	คำจำกัดความ	อ้างอิง
Mertz et al. (2007)	อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ถือว่าในแต่ละปีพลังงานที่ผลิตได้เท่ากับที่ใช้ไป	Mertz, G.A., Raffio, G.S., Kissock, K. (2007). Cost optimization of net-zero energy house, Proc of the Energy Sustainability Conference, 477-488.
Laustsen (2008)	อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ คืออาคารที่มีการนำเข้าและส่งออกพลังงานกับกริด โดยไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล	Laustsen, J. (2008). Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings, Organization for Economic Cooperation and Development International Energy Agency. Paris. France.
Marszal and Heiselberg (2009)	อาคารคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ ถูกกำหนดให้เป็นอาคารที่ผลิตพลังงานที่ปราศจากคาร์บอนอย่างน้อยเท่ากับพลังงานทั้งหมดที่ใช้ โดยไฟฟ้ามาจากระบบพลังงานหมุนเวียนในหรือนอกอาคาร หรือระบบผลิตคาร์บอนต่ำอื่น ๆ	Marszal, A., Heiselberg, P. (2009). A Literature Review of Zero Energy Buildings (ZEB) Definitions, Technical Report No. 78, Department of Civil Engineering, Aalborg University, Aalborg, Denmark.
Salom et al. (2011)	อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์เป็นอาคารที่เชื่อมต่อกับกริดซึ่งผลิตพลังงานมากที่สุดเท่าที่จะใช้ในหนึ่งปี ทำโดยใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงาน และบูรณาการกับระบบพลังงานหมุนเวียน	Salom, J., Widen, J., Candaned, J., Sartori, I., Voss, K., Marszal, A. (2011) Understanding net zero energy buildings: evaluation of load matching and grid interaction indicators, Proc. Of Building Simulation 2011, 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, NSW, Australia.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ที่มา	คำจำกัดความ	อ้างอิง
European Commission (2010)	อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ หมายถึง อาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงมากและให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานหมุนเวียนจากภายในอาคารหรือจากบริเวณใกล้เคียง	Recast, E. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010, The energy performance of buildings (recast) Off. J. Eur. Union 18 (06).
Kibert and Fard (2012)	อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์นำเข้าพลังงานจากกริดเมื่อพลังงานหมุนเวียนผลิตได้น้อยกว่าความต้องการใช้ของอาคาร และส่งออกพลังงานจากพลังงานหมุนเวียนเมื่ออาคารมีความต้องการใช้น้อยกว่าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาต่างกัน	Kibert, C.J., Fard, M.M. (2012). Differentiating among low-energy, low-carbon and net-zero-energy building strategies for policy formulation, Build Res Inf. 40, 625-637.
Panagiotidou and Fuller (2013)	อาคารเอนเนอร์ยี่พลัสคืออาคารที่ผลิตพลังงานจากพลังงานหมุนเวียนได้มากกว่าการนำไฟฟ้าเข้ามาใช้ในเวลาหนึ่งปี	Panagiotidou, M., Fuller, R.J. (2013). Progress in ZEBs – A review of definitions, policies and construction activity, Energy Policy No. 62, 196-206.
Cole and Fedoruk (2015)	อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นบวกคืออาคารที่สามารถผลิตพลังงานได้อย่างพอเพียงและส่งออกไปยังอาคารอื่น ๆ หรือระบบได้	Cole, R.J., Fedoruk, L. (2015). Shifting from net-zero to net-positive energy buildings, Build Res Inf. 43, 111-120.

จากการค้นคว้าข้อมูลคำจำกัดความของ ZEB และ NZEB พบว่ามีความหมายต่าง ๆ กัน จึงได้รวบรวมพร้อมระบุที่มาตามตารางที่ 2.1 และ 2.2 ข้างต้น

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินผลประหยัด

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการประเมินผลประหยัดของโครงการโดยใช้มาตรฐานการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดในระดับสากลอย่าง International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) ซึ่งมีความนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง หลักการเบื้องต้นของมาตรฐาน IPMVP

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบุว่า อาคารที่จะตรวจพิสูจน์ต้องมีการวัดค่าการใช้พลังงานด้วยวิธีอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) อ่านค่าจากมิเตอร์ของการไฟฟ้าทั่วไป (2) ติดตั้งมิเตอร์แยกเฉพาะกับวัสดุอุปกรณ์ที่ลงทุนติดตั้ง (3) การวัดค่าการใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาคำนวณการใช้พลังงานภายหลัง (4) การคำนวณการใช้ไฟฟ้าทางอ้อมจากการวัดอื่น เช่น การวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ แล้วนำมาคำนวณ (5) ดูผลจากโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ที่ปรับเทียบกับการใช้งานจริง ดังนั้น โดยสรุปแล้ว จึงมีวิธีการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานได้ 4 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 : Retrofit Isolation – Key parameter measurement

ทางเลือกที่ 2 : Retrofit Isolation – All parameter measurement

ทางเลือกที่ 3 : Whole Facility

ทางเลือกที่ 4 : Calibrated Simulation

ทางเลือกที่ 1 Retrofit Isolation – Key parameter measurement เป็นการวัดพิสูจน์ผลการประหยัดจากมาตรการใดมาตรการหนึ่ง ตัวอย่าง เช่น มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างของโรงเรียนแห่งหนึ่ง การตรวจวัดต้องครอบคลุมทั้งช่วงปิดเทอมและเปิดเทอม การคำนวณผลประหยัดตามทางเลือกที่ 1 นี้ สามารถทำได้โดยใช้วิธีวัดค่าจริงแล้วนำมาคำนวณทางวิศวกรรม หรือใช้ค่าจาก Name Plate ของผู้ผลิตมาประกอบการคำนวณ ตัวแปรบางตัวที่ไม่ได้ทำการวัดโดยตรงอาจต้องใช้วิธีการประเมิน หรือประมาณการ (เช่น ประมาณการระยะเวลาใช้งานหรือระยะเวลาที่เปิดไฟในแต่ละวัน) แล้วจึงนำผลมาเทียบกับค่าการใช้พลังงานก่อนมีการปรับปรุงอาคาร (Per-Retrofit)

ทางเลือกที่ 2 Retrofit Isolation – All parameter measurement เป็นการวัดพิสูจน์ผลการประหยัดจากมาตรการใดมาตรการหนึ่ง เช่นเดียวกับ ทางเลือกที่ 1 แต่ทุกตัวแปรที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานจะต้องทำการติดตั้งมิเตอร์วัด การวัดจะทำการวัดเก็บข้อมูล จนกว่าจะได้ค่าที่นิ่งและสามารถใช้เป็นตัวแทนของการใช้จริง ตัวอย่างการใช้ ทางเลือกที่ 2 เช่น การติดตั้ง kW meter ทำการวัดการใช้ไฟฟ้าโดยตรงที่เข้ามอเตอร์ภายหลังติดตั้งอุปกรณ์ VSD แล้ว และทำการวัดเก็บข้อมูลต่อเนื่องทุก ๆ นาที เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เป็นต้น การวัดด้วยวิธีทางเลือกที่ 2 นี้ จะทำให้ทราบข้อมูลการประหยัดจริงทันที โดยที่เราไม่ต้องคำนวณ จากประมาณการหรือคำนวณจากสมมติฐานการใช้แต่อย่างใด ทั้งนี้ ทางเลือกที่ 2 นี้ สามารถนำไปใช้วัดผลประหยัดจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างได้เช่นกัน แต่ต้องทำการติดตั้งมิเตอร์แยกวงจรไฟฟ้าแสงสว่างออกมาจากการใช้ไฟฟ้าส่วนอื่น ๆ ของอาคารก่อน

ทางเลือกที่ 3 Whole Facility เป็นการวัดพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงานแบบทั้งอาคาร เหมาะสำหรับอาคารที่ทำการปรับปรุงอาคารในหลาย ๆ มาตรการพร้อมกัน และแต่ละมาตรการมี

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ผลต่อมาตรการอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนเปลือกอาคารกระจกให้เป็นกระจกประหยัดพลังงานที่ความร้อนเข้าน้อย แต่แสงสว่างเข้ามากขึ้น ก็จะลดภาระโหลดระบบทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปในตัว ทำให้ผลประหยัดจากการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างระบบปรับอากาศไม่สามารถประเมินเดี่ยว ๆ ได้ จึงทำการวัดแบบทั้งอาคาร และติดมิเตอร์วัดต่อเนื่องตลอดช่วงที่วิเคราะห์ผล การวัดตาม ทางเลือกที่ 3 นี้ ควรจะต้องตรวจวัดต่อเนื่องตลอดทั้งปี เพราะมักมีผลจากสภาพอากาศภายนอกมาเป็นตัวแปรที่สำคัญ

ทางเลือกที่ 4 Calibrated Simulation จะเป็นวิธีพิเศษที่แตกต่างจากทางเลือกอื่น ๆ เพราะต้องใช้ผลการวัดจากอาคารจริง ข้อมูลอากาศภายนอกและภายในอาคาร ประกอบกับตัวแปรข้อมูลการใช้อาคารเป็นจำนวนมาก นำมาขึ้นเป็นโมเดลคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะให้ผลการใช้พลังงานอย่างละเอียดแยกตามแต่ละอุปกรณ์ ทางเลือกที่ 4 นี้ จึงต้องอาศัยผู้มีความเชี่ยวชาญเป็นอย่างสูง การคำนวณผลประหยัดด้วยวิธีนี้จะค่อนข้างชัดเจนตรงไปตรงมา เพราะเพียงนำผลจากโมเดลจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงอาคาร ทางเลือกนี้อาจจะไม่มีการติดตั้งมิเตอร์แยกวงจรมาก่อน

จากทางเลือกต่าง ๆ ของ IPMVP จะเห็นว่าเราสามารถเลือกรูปแบบการตรวจพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงานได้ถึง 4 ทางเลือกขึ้นอยู่กับมาตรการที่ใช้มีความซับซ้อนหรือไม่ ซึ่งพบว่าทางเลือกที่ 1 และ 2 ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ส่วนใหญ่จะเป็นมาตรการเดี่ยว ๆ ที่สามารถวัดผลด้วยวิธี Retrofit Isolation ได้ แต่ถ้ามีมาตรการที่เกี่ยวกับการปรับปรุงเปลือกอาคารด้วย การตรวจพิสูจน์ผลก็จะมีความยุ่งยากขึ้นทันที เพราะต้องหันไปใช้ทางเลือกที่ 3 หรือ 4 แทน ซึ่งในการตรวจวัดนอกจากจะต้องตรวจวัดผลเป็นระยะเวลานานกว่าแล้ว ยังต้องหาผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านมาช่วยเหลือ ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการทำการตรวจวัดพิสูจน์ที่สูงขึ้น จึงอาจไม่เป็นที่นิยมในการเลือกใช้ทางเลือกเหล่านี้

2.3 กรอบอาคารและผลต่อการอนุรักษ์พลังงาน

ระบบการทำความเย็นและปรับอากาศมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เราจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการออกแบบกรอบอาคาร โดยกรอบอาคารที่ดีต้องช่วยป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาภายในตัวอาคารได้มากจนเกินไป ทั้งนี้ เพื่อลดภาระโหลดการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

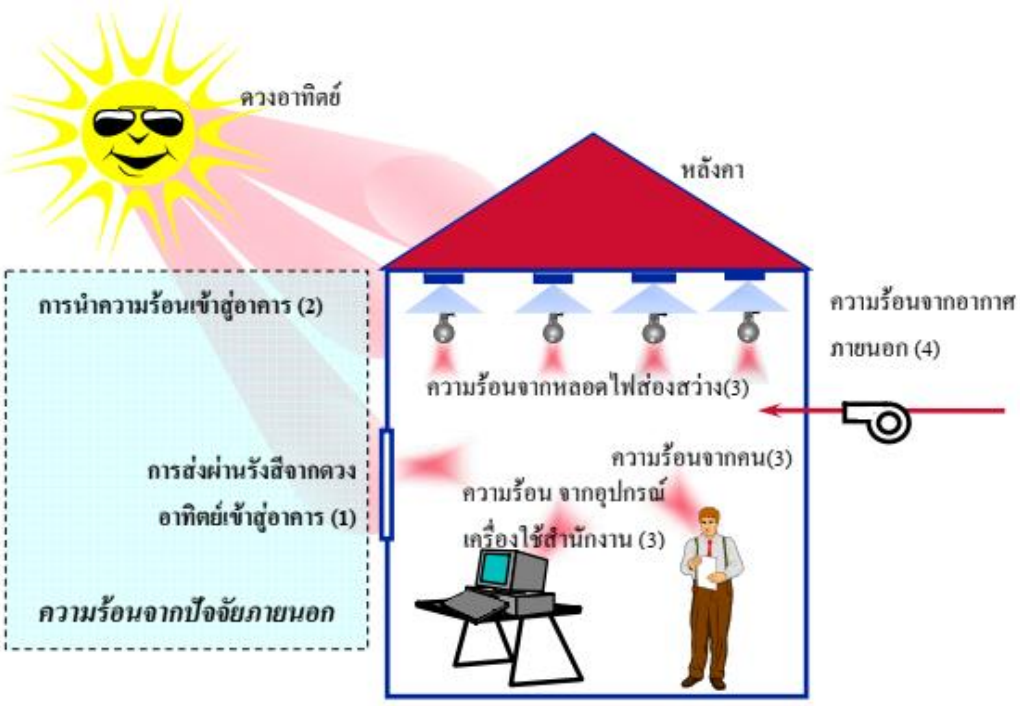
โดยปกติแล้วความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอก จะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายใน คือ คิดเป็น 60% ของภาระการปรับอากาศ ตามภาพที่ 2.1 แสดงแหล่งความร้อนต่าง ๆ ของภาระการปรับอากาศ ซึ่งประกอบด้วย

1. การส่งผ่านรังสีจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรงผ่านพื้นผิวที่โปร่งแสง เช่น หน้าต่าง, หลังคาโปร่งแสง (Skylight)

2. การนำความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านทางผนังภายนอก (ผนังทึบและผนังกระจก) พื้นและหลังคา

3. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากตัวคน, หลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่อยู่ภายในอาคาร

4. ความร้อนที่เกิดจากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาเพื่อการระบายอากาศภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่อาคาร (เช่น อากาศที่ผ่านเข้าทางประตูหรือหน้าต่างในส่วนที่เปิดไว้)



ภาพที่ 2.1 แหล่งความร้อนต่าง ๆ ของภาระการปรับอากาศ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.3.1 วัสดุผนังทึบ

ผนังอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ผนังทึบและผนังกระจก ผนังทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งในด้านกายภาพและกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น จากการศึกษารายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานของเปลือกอาคารพบว่าวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน

แม้ว่าวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นผนังทึบจะมีความหลากหลาย แต่หากพิจารณาโดยอาศัยเกณฑ์ในด้านการถ่ายเทความร้อนแล้ว วัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังทึบอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. วัสดุที่ไม่มีความเป็นฉนวนและ
2. วัสดุที่มีความเป็นฉนวน

2.3.2 กระจก

กระจกเป็นวัสดุกรอบอาคารที่ปัจจุบันได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กระจกมีด้วยกันหลายประเภท นอกจากนี้ในแต่ละประเภทยังมีความหนาและค่าสมบัติทางความร้อนที่แตกต่างกัน กระจกที่ใช้ประกอบอาคารโดยทั่วไปได้แก่ กระจกชั้นเดียวที่มีความหนาระหว่าง 3-6 mm.

กระจกมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อภาระความร้อนของอาคาร ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังกระจกอาจมีค่าสูง 5-10 เท่า เมื่อเทียบกับผนังทึบ การเลือกใช้กระจกที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อนจะสามารถลดภาระความร้อนของอาคารลงได้อย่างมาก สำหรับกระจกแล้วเรายังต้องพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราสามารถผลิตกระจกที่มีความเหมาะสมมากขึ้น กล่าวคือ มีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี และในขณะเดียวกันก็สามารถนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารได้อย่างเหมาะสมด้วย

1. กระจกธรรมดา (Float Glass)

กระจกธรรมดาเป็นกระจกพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยตรง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ กระจกใสและกระจกสี

ก) กระจกใส (Float Glass)

กระจกใสเป็นกระจกโปร่งใสที่มีผิวทั้งสองด้านเรียบสนิท ให้ภาพในการมองเห็นชัดเจน และมีราคาถูกที่สุด กระจกชนิดนี้ยอมให้แสงผ่านเข้ามาสูง (88%) จึงมีแสงสว่างกระจายเข้ามาภายในห้องเป็นจำนวนมาก แต่ในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามามากด้วยเช่นกัน (83%) ดังนั้น ในการใช้งานจึงมักมีการติดฟิล์มกรองแสง หรือการใช้ร่วมกับอุปกรณ์บังแดดเป็นต้น กระจกใสยังเป็นกระจกพื้นฐานเพื่อไปผลิตกระจกประเภทอื่น ๆ ต่อไป

ข) กระจกสี (Color Glass)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กระจกสีหรือกระจกดูดกลืนความร้อน (Heat Absorbing Glass) ผลิตขึ้นโดยการผสมโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสมในขั้นตอนการผลิตกระจกทำให้กระจกมีสีสัน ความเข้มของสีจะเพิ่มมากขึ้นตามความหนาของกระจก ซึ่งจะส่งผลทำให้การดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่สะสมอยู่ในเนื้อกระจกมีมากขึ้นด้วย ฉะนั้น การนำไปใช้งานจึงควรให้ความสนใจและระมัดระวังคุณสมบัติเหล่านี้ด้วย อีกทั้งกระจกชนิดนี้เมื่อมองภายนอกจะมีความคล้ายกับกระจกตัดแสงที่มีสีแต่คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนจะต่างกัน จึงควรสอบถามให้แน่ชัดก่อนว่าเป็นชนิดใดก่อนการเลือกซื้อ

2. กระจกอบความร้อน (Heat Treated Glass)

กระจกอบความร้อนเป็นกระจกใสหรือกระจกสีที่นำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งคุณภาพของเนื้อกระจกเพื่อให้มีความแข็งแกร่งมากขึ้น หรือรับแรงกระทำภายนอกได้มากขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

ก) กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Glass)

กระจกนิรภัยเทมเปอร์เป็นการนำกระจกไปผ่านกระบวนการเทมเปอริ่ง (Tempering) เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่ง โดยการสร้างให้เกิดชั้นของแรงอัดขึ้นที่ผิวแก้วเพื่อต้านแรงจากภายนอก ซึ่งทำได้โดยการให้ความร้อนกับกระจกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัวของแก้วเล็กน้อยที่ประมาณ 650-700°C และทำให้ผิวกระจกเย็นตัวอย่างรวดเร็ว

ข) กระจกฮีตสเตรงเทน (Heat Strengthen Glass)

กระจกฮีตสเตรงเทนเป็นกระจกที่ได้จากกระบวนการผลิตที่คล้ายกับกระจกนิรภัยเทมเปอร์ คือ ให้ความร้อนกับกระจกแล้วปล่อยให้เย็นตัวลง แต่ต่างจากกระจกนิรภัยเทมเปอร์ ตรงที่การผลิตกระจกฮีตสเตรงเทนจะปล่อยให้กระจกเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ จึงทำให้ความแข็งแรงน้อยกว่ากระจกนิรภัย

3. กระจกเคลือบผิว (Surface Coated Glass)

กระจกเคลือบผิวเป็นกระจกธรรมดาที่นำไปผ่านกระบวนการเคลือบโลหะบนผิวกระจก เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงและความร้อนจากแสงอาทิตย์สำหรับนำไปใช้งานในด้านการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนมีความสวยงามมากขึ้น

ก) กระจกสะทอนรังสีอาทิตย์ (Solar Reflective Glass)

กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์เป็นกระจกธรรมดาที่เคลือบผิวด้วยโลหะออกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสงทำให้สามารถสะท้อนพลังงานจากรังสีอาทิตย์ได้บางส่วน กระจกมีค่าการสะท้อนแสงค่อนข้างสูง ความโปร่งแสงค่อนข้างน้อย มีสีสันสวยงามหลายสีที่แตกต่างกันขึ้นกับรูปแบบการเคลือบและสีของกระจกที่เป็นวัตถุดิบที่นำมาเคลือบ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ข) กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-E Glass)

กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำเป็นกระจกที่เคลือบสารโลหะโดยมีโลหะเงินบริสุทธิ์เป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อให้ได้ผิวเคลือบที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำมาก ทั้งนี้เพื่อให้เกิดลักษณะเด่นในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณสมบัติในการประหยัดพลังงาน โดยที่กระจกยังคงมีลักษณะใส ไม่ทึบแสง ให้ค่าแสงส่งผ่านมากและมีค่าการสะท้อนแสงน้อย ค่าการแผ่รังสีเป็นคุณสมบัติจำเพาะของผิววัตถุใด ๆ ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสะท้อนความร้อนที่ตกกระทบบนผิววัตถุนั้น ๆ หรือความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนออกจากผิววัตถุนั้น ๆ ดังนั้นกระจกแผ่นใดที่เคลือบด้วยสารที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำมาก ๆ จึงหมายความว่า กระจกนั้นมีความสามารถในการแผ่รังสีต่ำ ด้วยเหตุนี้เองทำให้กระจกชนิดนี้ถูกนำไปใช้ทำเป็นกระจกฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดี

2.3.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร

การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยอาจเกิดจากวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลาย ๆ วิธีพร้อม ๆ กัน อย่างไรก็ตามกระบวนการถ่ายเทความร้อนจะดำเนินไปจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลทางความร้อน

การนำความร้อน คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกันโดยที่ทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

การพาความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของของไหล เช่น อากาศ เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุใด ๆ ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้น ในสภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ทำให้เกิดการไหลเวียนพาความร้อน โมเลกุลที่เย็นกว่าและหนักจะตกลงข้างล่าง ส่วนที่ร้อนกว่าจะเบาและลอยขึ้นด้านบนการพาความร้อนเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ การพาความร้อนโดยธรรมชาติ และการพาความร้อนโดยการบังคับ

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องว่างใด ๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทุกทาง

2.3.4 ข้อแนะนำสำหรับอาคารเก่าในการป้องกันความร้อนผ่านเข้าสู่กรอบอาคาร

เพื่อให้อาคารสามารถประหยัดพลังงาน วิธีการทางเทคนิคดังต่อไปนี้สามารถนำไปใช้กับอาคารเก่า เพื่อที่จะลดการใช้พลังงานและเพิ่มความสบายในการอาศัยได้

1. ติดตั้งฉนวนที่หลังคา หรือบริเวณช่องว่างเหนือฝ้าเพดาน
2. ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร ที่หน้าต่างที่แดดสามารถส่องได้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3. ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายใน เช่น ม่านหรือมูลี่ที่หน้าต่างที่มีแดดส่องถึง

4. ติดตั้งฟอล์ยสะท้อนแสงบริเวณหน้าต่างที่แดดส่องถึง

5. เคลือบผิวของหลังคาให้มีการสะท้อนความร้อนได้

6. ลดการแทรกซึมของอากาศจากภายนอกโดยการปิดอุดช่องว่างที่ประตู และหน้าต่างทั้งหมดและเพิ่มระบบป้องกันอากาศไหลเข้า-ออก (Air Lock) ที่ประตูทางเข้า

7. ทาสีตัวอาคารใหม่โดยให้เป็นสีอ่อน

8. ปลูกต้นไม้เพื่อให้ร่มเงาแก่ผนัง (และหลังคาในกรณีของอาคารที่ไม่สูง)

2.4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เป็นพลังงานสะอาดและมีอยู่ทั่วไปแต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างเนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวันตลอดจนมีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอนเพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และฤดูกาลที่เปลี่ยนไป แสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงนอกชั้นบรรยากาศของโลก จะมีความเข้มของแสงโดยเฉลี่ยประมาณ 1,350 W/m^2 แต่กว่าจะลงมาถึงพื้นโลก พลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศต่าง ๆ ที่ห่อหุ้มโลก เช่น ชั้นโอโซน ชั้นไอน้ำ ชั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มของแสงลดลงเหลือประมาณ 1,000 W/m^2 (หรือประมาณ 70%)

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ใดรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้น ๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกเสมอ และจากการที่โลกเอียง ทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และซีกโลกใต้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ดังนั้นเราจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสงนั้น ๆ ในแนวเหนือใต้ (มุมก้มและมุมเงย) ให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วย เพื่อให้พื้นที่นั้น ๆ รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-20 องศาเหนือ จะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ประมาณ 4-5 $kWh/m^2/day$

การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนพลังงานน้ำมัน ก๊าซ และถ่านหิน น้ำมันเตา ซึ่งได้มาจากฟอสซิลของพืช เริ่มมากขึ้นทุกวัน เนื่องจากการใช้พลังงานจากฟอสซิลจะมีราคาแพงขึ้น และมีปริมาณสำรองลดน้อยลงแล้ว การใช้พลังงานจากฟอสซิลยังไปมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมันในการผลิตพลังงานไฟฟ้า แต่หากนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิล จะช่วย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ทำให้ประเทศไทยลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ลดการใช้ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทย ลดการใช้ถ่านหินจากเหมืองแร่ และช่วยลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ ทำให้ช่วยลดภาวะเรือนกระจก และภาวะโลกร้อนได้

สาเหตุที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่น่าสนใจคือ

1. ขั้นตอนและกระบวนการในการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นไม่ก่อให้เกิดมลพิษช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

2. ขั้นตอนการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่มีความซับซ้อน และไม่มีอันตรายทางมลพิษ

3. อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานกว่า 25 ปี ดังนั้นเมื่อทำการลงทุนติดตั้งในครั้งแรกก็แทบจะไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกต่อไป ทั้งนี้เนื่องพลังงานต้นกำเนิดเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีวันหมด

4. สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง

5. ต้องการการบำรุงรักษาระบบน้อยมาก

2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์

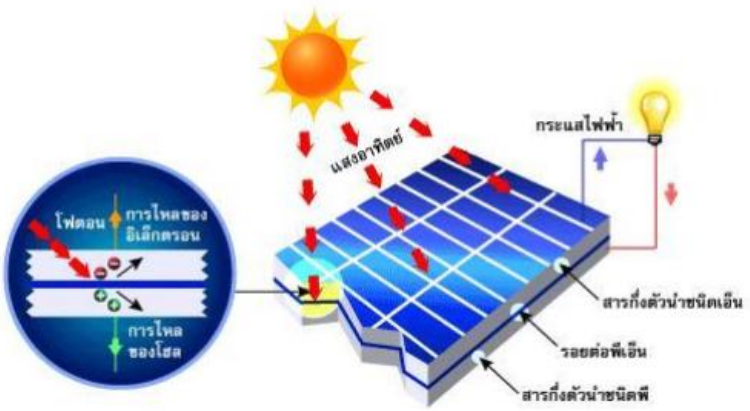
การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถกระทำได้ โดยอาศัยสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ และใช้คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ ชนิดนี้ในการเปลี่ยนรูปพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงเมื่อมีแสงตกกระทบเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า โฟโตโวลทาอิก ซึ่งสารกึ่งตัวนำชนิดนี้เราเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ เซลล์สุริยะ หรือ Photovoltaic เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าก็จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงาน ซึ่งสามารถจัดได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใด ๆ ให้กับสิ่งแวดล้อม และประการสำคัญก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นหนึ่งในพลังงานที่มีความยั่งยืนไม่มีที่สิ้นสุด

2.4.2 หลักการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

องค์ประกอบหลักของ เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สารกึ่งตัวนำ (Semi-Conductors) 2 ชนิด มาต่อกัน ซึ่งเรียกว่า P-N Junction เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ ก็จะถ่ายพลังงานให้อะตอมของสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดอิเล็คตรอน และโฮลส์อิสระ ไปรออยู่ที่ขั้วต่อ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ดังนั้นเมื่อมีการเชื่อมกับวงจรภายนอก เช่น เอาหลอดไฟฟ้ามาต่อคร่อมขั้วต่อ ก็จะเกิดการไหลของอิเล็คตรอน/โฮลส์ ทำให้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไหลไปยังวงจรภายนอกได้ และจะให้เกิดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงอย่างต่อเนื่อง ตราบเท่าที่ยังมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้านำไปใช้งานได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์อย่างง่าย

2.4.3 การแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

วิวัฒนาการของเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีมานานนับทศวรรษ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นในช่วงแรกจะผลิตจากซิลิเนียม ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานประมาณ 1–2% จึงทำให้การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จนถึงในช่วง พ.ศ.2493 ได้มีการผลิตซิลิคอนขึ้นได้สำเร็จเป็นครั้งแรก และได้มีการพัฒนาต่อมาเรื่อย ๆ เพื่อให้ได้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพและราคาถูกลง ตลอดจนถึงมีอายุการใช้งานได้นาน ในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการผลิตในหลายลักษณะ 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

2.4.3.1 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน

2.4.3.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว หรือ Single Crystalline Silicon Solar Cellหรือ Mono Crystalline Silicon Solar Cell ให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 13-16%

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.4.3.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) หรือ Multi Crystalline Silicon Solar Cell) ให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 11-15% ราคาถูกกว่า ชนิดผลึกเดี่ยว

2.4.3.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากชนิดไม่มีรูปผลึกหรือชนิดฟิล์มบาง (Amorphous Silicon solar cell หรือ Thin Film Solar Cell) ให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 5-12% อายุการใช้งานต่ำกว่าชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกรวมอยู่มาก จึงไม่นิยมนำมาใช้งานระบบใหญ่ ๆ แต่นิยมนำมาใช้กับ เครื่องคิดเลข ของเล่นเด็ก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.4.3.2 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ (Compound)

เช่น สารประกอบแกลเลี่ยมอาเซไนด์ แคดเมียมเทลเลอไรด์ และคอปเปอร์อินเดียมไดอาเซไนด์ เป็นต้น ซึ่งมีทั้งแบบผลึกเดี่ยว และผลึกรวม ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูงข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้คือ มีราคาแพง บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อม และยังมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานอีกด้วย ไม่นิยมนำมาใช้บนโลก จึงใช้ในงานสำหรับดาวเทียมกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน

2.4.3.3 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดพลาสติก (Polymer Solar Cell)

มีการพัฒนาขึ้นโดยใช้ไฟฟ้าเป็นสื่อในการผสมผสานกันระหว่างสารโพลิเมอร์และสารฟลูเลอเรนซ์ ซึ่งโมเลกุลของสารประกอบด้วยโครงสร้างของอะตอมที่มีการจัดเรียงอยู่ระหว่างเพชรและแกรไฟต์ซึ่งโมเลกุลนี้สามารถดัดแปลง ให้ขยายยาวออกไปเป็นท่อนาโนคาร์บอนได้โดยวัสดุชนิดใหม่นี้สามารถฉาบหรือพิมพ์ลงบนผิวหน้าวัสดุในกระบวนการที่เหมือนกับการผลิตฟิล์มถ่ายภาพ โดยเราสามารถตัดหรือสร้างเซลล์ชนิดนี้ในรูปแบบพิเศษ และสามารถพิมพ์ลงบนเครื่องจักรที่ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเนื่อง (Roll-to-Roll Machine) ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ และสามารถผลิตในปริมาณมากได้ แต่ประสิทธิภาพยังต่ำอยู่

2.4.3.4 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม (Dye-Sensitized Solar Cell)

มีการพัฒนาต่อมาจาก เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดพลาสติกโดยอาศัยโมเลกุลของสีย้อมบนพื้นผิวของชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ขั้วโฟโตอิเล็กโทรดจะทำหน้าที่ดูดซับโฟตอน เมื่อแสงตกกระทบ อิเล็กตรอนจากโมเลกุลของสีย้อมจะถูกส่งผ่านไปยังแถบตัวนำในชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ต่อมาอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังชั้นของคาร์บอนที่ขั้วตรงข้ามโดยผ่านวงจรภายนอก เมื่ออิเล็กตรอนจากโฟโตอิเล็กโทรดหลุดออกจากวงโคจรและเคลื่อนที่ลงมายังขั้วตรงข้าม ทำให้เกิดช่องว่างซึ่งมีประจุเป็นบวกอยู่ที่ชั้นคาร์บอนของขั้วโฟโตอิเล็กโทรด ดังนั้นการสะสมของประจุบวกและประจุลบที่ชั้นคาร์บอนของขั้วที่ต่างกันทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถเก็บพลังงานหรือประจุได้เหมือนกับตัวเก็บประจุ (Capacitor) ประสิทธิภาพในการผลิต

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ไฟฟ้าเพียง 5% เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ พึ่งมีพัฒนาได้ไม่นาน คาดว่าจะถูกนำมาใช้งานในเชิงพาณิชย์ในไม่ช้า

2.4.4 ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรมีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ได้ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้งานในแต่ละพื้นที่มีดังนี้

2.4.4.1 ความเข้มของแสง (Irradiation)

กระแสไฟฟ้า (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง คือเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำ ทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW/cm^2 หรือ 1,000 W/m^2

2.4.4.2 อุณหภูมิ (Temperature)

กระแสไฟฟ้า (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่ทางด้านแรงดันไฟฟ้า (V) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง -0.0821 V/°C หรือคิดเป็น 0.5% และในส่วนกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25°C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ VOC) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25°C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25°C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25°C เช่น อุณหภูมิ 30°C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5°C) นั่นคือ แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ VOC จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V – 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย จากข้อกำหนดดังกล่าว การจะเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงเซลล์ฯ ที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานใด หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันอย่างไรหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 W ที่ความเข้มแสง 1,200 W ต่อ ตร.เมตร ณ อุณหภูมิ 20°C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 W ที่

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ความเข้มแสง 1,000 W ต่อ ตร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25°C แล้ว จะพบว่าแผงเซลล์ฯที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า เป็นต้น

2.5 การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้า งานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อวิจัย การศึกษาการประเมินผลโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย พบว่ามีงานวิจัย ที่มีเนื้อหาสาระใกล้เคียงกัน อย่างน้อย 5 งานวิจัย ดังนี้

ประพัทธ์ ชื่นชุมศรี (2560) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งพบว่าทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร คือ ใช้มาตรการเปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นชนิด Clear Color Single Silver Low-E coat on Ocean Green 6 mm (6-6-6) มาตรการปรับปรุงอาคารโดยการลดขนาดหน้าต่างชนิด น1 ประมาณ 25% มาตรการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร และมาตรการจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจากมาตรการทั้งหมดทำให้มีค่า OTTV ลดลงเป็น 30.168 W/m^2 RTTV เท่ากับ 6.018 W/m^2 Lighting Power Density เท่ากับ 6.697 W/m^2 และค่าพลังงานรวมที่ใช้ 82,195.43 kWh/year ค่าพลังงานรวมที่จัดหาได้ 82,555.55 kWh/year ซึ่งทำให้การใช้พลังงานเป็นบวก คือ สามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้เท่ากับ 360.12 kWh/year งบประมาณลงทุนประมาณ 7,701,066.15 บาท และมีค่าระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลดที่ 28 ปี

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2559) ได้ศึกษา อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero Energy Building, ZEB) คือ อาคารที่ออกแบบให้ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร มีการประหยัดพลังงานในระบบต่าง ๆ และมีการผลิตพลังงานเองได้เท่ากับหรือมากกว่าพลังงานที่ใช้ในอาคาร การออกแบบอาคารขนาดกลางและขนาดใหญ่ให้ใช้พลังงานเป็นศูนย์เป็นเป้าหมาย 15-20 ปี ในอนาคตอย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างรวดเร็วและความมุ่งมั่นของเจ้าของอาคารรวมทั้งผู้ออกแบบ ทำให้ปัจจุบันเริ่มมีอาคารขนาดใหญ่ที่ประสบความสำเร็จในการออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์เกิดขึ้นในต่างประเทศซึ่งเร็วกว่าที่คาดหมายหลายปี แนวทางที่สามารถใช้ในการออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์สำหรับประเทศไทย แสดงให้เห็นว่า การออกแบบอาคารประเภทนี้มีความเป็นไปได้ในอาคารขนาดใหญ่ทั่วไปด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันและมีความคุ้มค่าในการลงทุน พร้อมทั้งนำเสนอทิศทางงานวิจัยที่ต้องการเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ในภูมิภาคร้อนชื้นในอนาคต

พันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2562) ได้ศึกษาการกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์ ซึ่งพบว่าปัจจุบันได้มีการก่อสร้างอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero Energy

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Building, ZEB) ในเกือบทุกภูมิภาคทั่วโลก แต่การพิจารณาว่าอาคารใดเป็นอาคาร ZEB มิได้มีนิยามและเกณฑ์ที่เหมือนกันทีเดียว ซึ่งมีผลต่อการกำหนดค่ามาตรฐานที่ใช้วัดประสิทธิภาพของอาคาร การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของงานออกแบบอาคารสาธิตที่ใช้เกณฑ์ ZEB ของกระทรวงพลังงาน ในขั้นต้นของงานออกแบบอาคาร จำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Target) ของอาคาร เพื่อนำมาหาปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และค่าก่อสร้างอาคาร กระทรวงพลังงานได้กำหนดประสิทธิภาพของอาคาร ZEB ใน 2 รูปแบบ คือ ในรูปแบบค่าประสิทธิภาพรวมของทั้งอาคาร โดยใช้ค่า EUI และในรูปแบบค่าประสิทธิภาพรายระบบ ประกอบด้วย (1) ระบบกรอบอาคาร ใช้ค่า OTTV และ RTTV (2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้ค่า LPD (3) ระบบปรับอากาศ ใช้ค่า COP วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ จึงต้องการเปรียบเทียบค่า Energy Use Intensity (EUI) ของอาคาร ZEB ระหว่างของประเทศไทยกับมาตรฐานและอาคารกรณีศึกษาในต่างประเทศ ความเป็นไปได้ในการออกแบบให้ผ่านเกณฑ์รายระบบ คือ ผ่านค่า OTTV, RTTV, LPD และ COP ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน วิธีการศึกษา ใช้การค้นคว้าจากเอกสารและการจำลองพลังงานของอาคารที่มีพื้นที่ประมาณ 2,000 m^2 ในกรุงเทพมหานคร ด้วยรูปทรงกล่องเรียบง่าย (Simple Box) คำนวณหาค่า OTTV, RTTV, ค่า EUI และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผง PV ด้วยโปรแกรม BEC หาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ และหลอดไฟฟ้าจากผู้จำหน่าย ผลการศึกษา พบว่า ค่า EUI เป้าหมายของประเทศไทยค่อนข้างต่ำ หรือ กำหนดความเข้มข้นไว้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานและกรณีศึกษาในต่างประเทศ ส่วนเกณฑ์ประสิทธิภาพในรายระบบ โดยใช้ค่า OTTV, RTTV, LPD และ COP นั้น พบว่า ค่า LPD และ COP ยังไม่สามารถผ่านเกณฑ์อาคาร ZEB ได้ในปัจจุบัน แต่ทุกค่าสามารถผ่านเกณฑ์อาคารระดับ ECON (Economic Building) ได้ ซึ่งเร็วกว่าเป้าหมายในแผนอนุรักษ์พลังงาน นอกจากนี้ยังพบว่า การจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผง PV ของโปรแกรม BEC มีความใกล้เคียงกับการใช้โปรแกรม PV Watts อย่างไรก็ตาม การจำลองพลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE 209-2018 จะต้องทำซ้ำหลายรอบ ตั้งแต่แบบร่างขั้นต้น จนถึงขั้นแบบก่อสร้าง โดยใช้โปรแกรมขั้นสูงในขั้นตอนต่อไป เพื่อให้ได้ค่า EUI ที่ต่ำ และเป็นไปได้ในการใช้อาคารจริง

วงศิยา อนุศักดากุล และพันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2559) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-พ.ศ. 2573) มีเป้าหมายในการปรับศักยภาพพลังงานอาคารภาครัฐและเอกชนให้สูงขึ้น จากเกณฑ์การใช้พลังงานขั้นต่ำ (BEC) ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 ที่ใช้ในปัจจุบัน สู่เกณฑ์การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (ZEB) ในปี พ.ศ. 2573 การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่า อาคารสำนักงานภาครัฐที่สร้างตามแบบมาตรฐานต่าง ๆ ในปัจจุบัน จะสามารถพัฒนา

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB) ได้หรือไม่ หากยังคงรูปลักษณ์และสัดส่วนอาคารแบบเดิม โดยการนำแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานภาครัฐ 3 รูปแบบ ตั้งแต่ขนาดน้อยกว่า 2,000 m^2 ขนาด 2,000-10,000 m^2 และขนาดมากกว่า 10,000 m^2 มาศึกษาการใช้พลังงานและเสนอวิธีลดการใช้พลังงาน เพื่อเปรียบเทียบระหว่างความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งอาคารกับความสามารถในการผลิตพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่หลังคาที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งประเมินด้วยโปรแกรม PVsyst ให้เกิดสมดุลพลังงานตามหลักการอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ผลการศึกษาพบว่าอาคารทั้ง 3 รูปแบบก่อนปรับปรุงมีการใช้พลังงานสูงกว่าที่ผลิตได้เอง โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ซึ่งประเมินด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) มีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดผ่านเกณฑ์ทุกอาคาร แต่ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบางอาคารต่ำกว่าเกณฑ์ จึงแบ่งแนวทางลดการใช้พลังงานดังนี้ แนวทางที่ 1 ปรับปรุงกรอบอาคารเพียงอย่างเดียว ให้ผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย คือ OTTV≤50 W/m^2 และ RTTV≤15 W/m^2 โดยเปลี่ยนวัสดุผนังทึบและกระจก เพิ่มฉนวนใยแก้วใต้หลังคา ซึ่งพบว่าความต้องการพลังงานรวมทุกอาคาร ยังสูงกว่าที่สามารถผลิตได้ จึงยังเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ไม่ได้ แนวทางที่ 2 ปรับปรุงการจัดการระบบภายในอาคาร โดยเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟประสิทธิภาพสูงแอลอีดี (LED) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้อุปกรณ์สำนักงานและคอมพิวเตอร์ที่มีเครื่องหมายประหยัดพลังงาน Energy Star โดยไม่ปรับปรุงกรอบอาคาร ซึ่งพบว่าแนวทางนี้สามารถลดพลังงานรวมในทุกอาคารได้มากกว่าแนวทางแรก จนสามารถเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ แต่อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์นอกจากจะเป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานแล้ว ยังต้องมีศักยภาพสอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานพลังงานและกฎหมายด้วย ซึ่งการปรับปรุงผนังและหลังคา ให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV, RTTV) ผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย ควบคู่กับการเปลี่ยนหลอดไฟ เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์สำนักงาน จะยิ่งทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังช่วยลดจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการได้อีกด้วย

กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (2558) ได้ทำโครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์ ซึ่งการศึกษาเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์ในประเทศไทย ตามแนวคิดอาคารที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์ (NZEB) ซึ่งหมายถึง อาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูง (ประหยัดพลังงาน) และสามารถสร้างพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ฯลฯ) ได้อย่างน้อยเท่ากับพลังงานที่ถูกใช้ในอาคาร การออกแบบบูรณาการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(Integrated Design Processes: IDP) เพื่อการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์ ทราบถึงข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบ ตั้งแต่เป็นแบบร่างจนถึงการทำแบบก่อสร้าง ทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ฯลฯ รวมถึงทราบว่าเมื่อปรับเปลี่ยนแบบเป็นอย่างอื่นจะมีการใช้พลังงานเปลี่ยนไปเป็นอย่างไร กระบวนการออกแบบบูรณาการ (IDP) ระบบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ด้วยการใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อ การวิเคราะห์สมรรถนะอาคารด้วยระบบจำลองสมรรถนะอาคาร (Building Performance Simulation: BPS) ด้วยโปรแกรมที่ใช้การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud-based Energy-analysis Software) คือ Autodesk Green Building Studio (GBS) และ การปฏิบัติการร่วม (Interoperability) ระหว่างระบบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) กับระบบจำลองสมรรถนะอาคาร (BPS) ด้วย โครงสร้างข้อมูล GBXML (Green Building XML Schema) เพื่อสนับสนุนให้กระบวนการออกแบบบูรณาการนั้นประสบความสำเร็จ รวมถึงได้กล่าวถึงการบริการทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อใช้คำนวณการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอีกด้วย

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นจะเห็นว่าเป็นการศึกษาทางทฤษฎี ทั้งการศึกษาความหมายของ NZEB การกำหนดค่าประสิทธิภาพและวิธีการปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน แล้วใช้ Software วิเคราะห์ว่าสามารถจะเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้หรือไม่ แต่ยังไม่มีการศึกษาว่าอาคารที่ได้ออกแบบและทำการปรับปรุงให้เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ที่เปิดใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ งานศึกษานี้จึงจะทำการศึกษาการประเมินผลโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทย ว่า จากผลการใช้งานสามารถผลิตพลังงานได้เท่าใด เทียบกับพลังงานทั้งหมดที่ต้องการใช้เพียงพอหรือไม่ โดยใช้มาตรฐานการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดในระดับสากล International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) รวมทั้งทำการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่มีอยู่ และเสนอแนวทางการพัฒนาอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในประเทศไทยเพื่อความยั่งยืนต่อไป จากงานวิจัยที่ข้างต้นสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2.3 นี้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

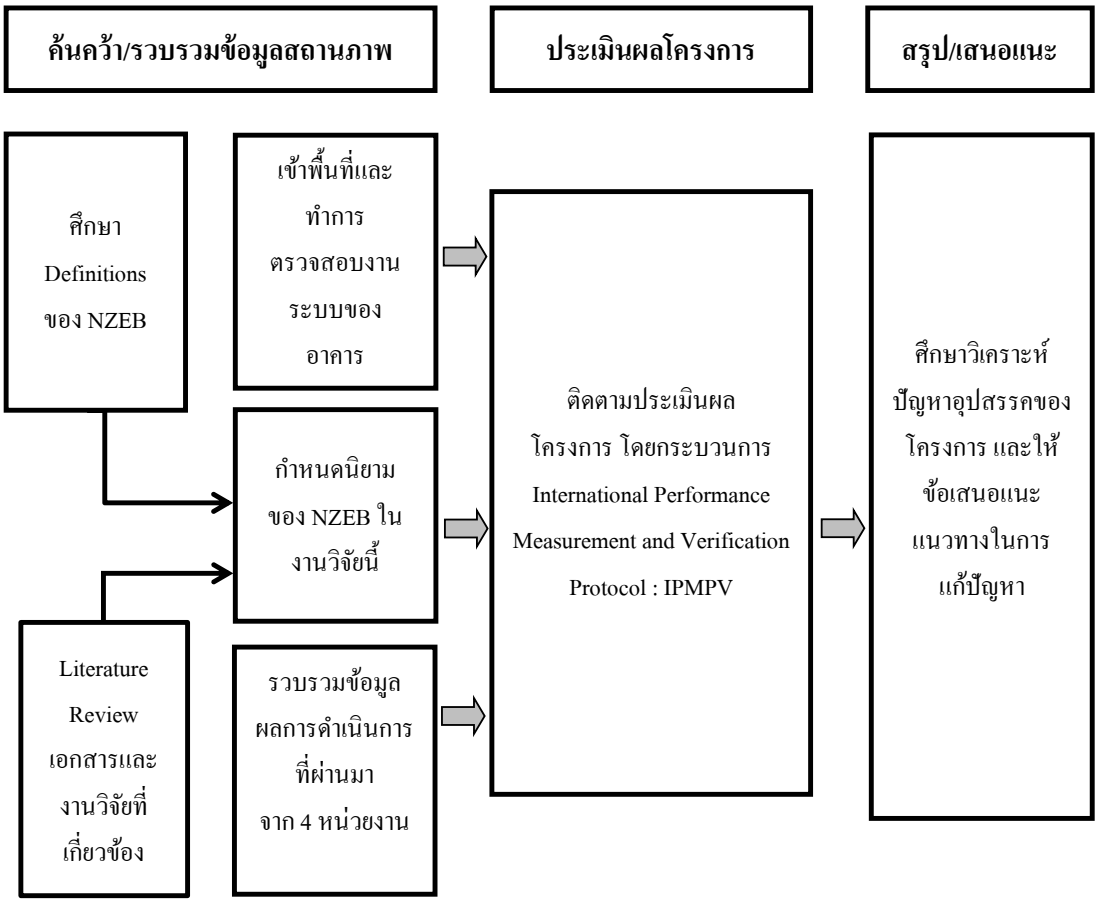
ตารางที่ 2.3 ตารางสรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
วงศิยา อนุศักดากุล และ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2559)	แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์	งานวิจัยเชิงประยุกต์	เป็นการนำแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานภาครัฐ 3 รูปแบบ มาศึกษาว่าจะสามารถปรับปรุงเป็นอาคาร ZEB ได้หรือไม่ ซึ่งผลการศึกษาสามารถดำเนินการได้
ชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2559)	บทความปริทรรศน์: อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์	งานวิจัยเชิงพรรณนา	ให้ความหมายของอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ และเสนอแนวทางในการออกแบบอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์
ประพัทธ์ ชื่นชุมศรี (2560)	การปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์	งานวิจัยเชิงประยุกต์	ปรับปรุงอาคารเปลี่ยนชนิดของกระจก ลดขนาดหน้าต่างลง 25% ใช้แสงธรรมชาติ และติดตั้งโซล่าร์เซลล์ แต่มีระยะเวลาคืนทุนนานถึง 28 ปี
พันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2562)	การกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์	งานวิจัยเชิงประยุกต์	ผลการศึกษากำหนดค่าประสิทธิภาพที่จะใช้กับอาคาร ZEB และทดสอบผ่าน Software ต่าง ๆ
กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ (2558)	โครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์	งานวิจัยเชิงประยุกต์	ผลการศึกษากำหนดแนวทางการสร้างอาคาร และวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบให้เป็นต้นแบบอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย



ขั้นตอนวิธีการดำเนินการประกอบด้วย

3.1.1 ศึกษาคำจำกัดความของ NZEB

โดยทำการศึกษาค้นคว้าจากทั้งต่างประเทศและในประเทศ แล้วนำมาสรุปเป็นตารางคำจำกัดความและที่มา ตามตารางที่ 2.1 ในบทที่ 2

3.1.2 Literature Review เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ทำการศึกษาค้นคว้าทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) ที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมข้อมูลงานศึกษาที่ผ่านมา นำมาใช้ประกอบงานศึกษาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีเนื้อหาโดยละเอียดในบทที่ 2 และได้สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามตารางที่ 2.2

3.1.3 กำหนดนิยามของ ZEB และ NZEB ของงานวิจัยเล่มนี้

ทำการกำหนดนิยามของ ZEB และ NZEB ของงานวิจัยเล่มนี้ เพื่อให้เกิดความชัดเจน โดยมีรายละเอียดในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1

3.1.4 รวบรวมข้อมูลจากผลการดำเนินการโครงการที่ผ่านมา

โดยการเข้าพื้นที่และทำการตรวจสอบงานระบบของอาคาร จัดเก็บข้อมูลผลการผลิตและใช้พลังงานของอาคาร เพื่อจะนำมาวิเคราะห์ประเมินโครงการ

3.1.5 ประเมินผลการดำเนินการโครงการ โดยใช้กระบวนการ IPMPV

นำข้อมูลผลการผลิตและใช้พลังงานของอาคารทั้ง 4 แห่ง มาทำการวิเคราะห์และประเมินผลว่าอาคารแต่ละแห่งเป็น NZEB หรือไม่อย่างไร

3.1.6 วิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรค และเสนอแนวทางการพัฒนาต่อไป

ภายหลังทราบผลการประเมินโครงการว่าเป็น NZEB หรือไม่อย่างไรแล้ว จะทำการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่มีอยู่ และเสนอแนวทางการพัฒนา NZEB ในประเทศไทย เพื่อขยายให้มีมากยิ่งขึ้นอย่างยั่งยืนต่อไป

3.2 ข้อมูลของอาคารกรณีศึกษา

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลอาคารที่เจ้าของอาคารระบุว่าเป็น NZEB พบว่าปัจจุบันในประเทศไทย มีการออกแบบและก่อสร้างอาคารลักษณะ NZEB อยู่อย่างน้อย 6 แห่ง ซึ่งอยู่ระหว่างการออกแบบ 1 แห่ง อยู่ระหว่างการก่อสร้าง 1 แห่ง ที่ดำเนินการแล้วเสร็จและเปิดใช้งานอาคารแล้ว และได้เลือกเป็นอาคารกรณีศึกษาในการศึกษารายบุคคลฉบับนี้ จำนวน 4 แห่ง มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้ทำการปรับปรุงอาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานของฝ่ายประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย ให้เป็น NZEB โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

ที่ตั้ง:	มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น
ชื่ออาคาร:	อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร
การใช้งานหลัก:	สำนักงาน มีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน 25 คน
เวลาในการทำงานหลัก:	วันจันทร์ – วันศุกร์ เวลา 8:00 – 17:00 น.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ลักษณะของอาคาร: โครงสร้างก่ออิฐถือปูน สองชั้น ดังภาพที่ 3.1

พื้นที่อาคารรวม: 315 m^2 ประกอบด้วย ชั้น 1 พื้นที่ปรับอากาศ 63 m^2 และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 94.5 m^2 ชั้น 2 พื้นที่ปรับอากาศ 157.50 m^2

ภาพที่ 3.1 บริเวณด้านนอกอาคารและหลังคาอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร

3.2.1.1 การสำรวจตรวจวัดการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงอาคาร

จากผลการตรวจวัดการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 11 – 25 ธันวาคม 2555 แล้วนำข้อมูลมาเฉลี่ยเหลือเพียง 1 สัปดาห์ สรุปได้ว่าอาคารมีการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 98.60 kWh/day หรือ 35,987.70 kWh/year

3.2.1.2 ผลสรุปการออกแบบและปรับปรุงอาคารในแต่ละระบบ มีดังนี้

3.2.1.2.1 การออกแบบและปรับปรุงกรอบอาคาร

3.2.1.2.1.1 ผนังอาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ออกแบบลดพื้นที่กระจก ดังภาพที่ 3.2 โดยปรับเปลี่ยนเป็นผนังทึบไฟเบอร์ซีเมนต์แกนกลางบุฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว และผนังกระจกที่ไม่ได้ปรับปรุงเป็นผนังทึบ ได้ทำการติดตั้งฟิล์มเพื่อลดความร้อน โดยเลือกใช้ฟิล์มชนิดสัมประสิทธิ์การบังเงาที่ต่ำ (SC = 0.23) ทำให้ OTTV ลดลงเหลือเพียง 18.95 W/m^2 แต่ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพเชิงแสง WWR เท่ากับ 0.21

ภาพที่ 3.2 แสดงผนังอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

3.2.1.2.1.2 การออกแบบและปรับปรุงหลังคาอาคาร

ออกแบบหลังคายกสูงทำมุมยกขึ้นจากพื้นราบประมาณ 12-15 องศา และเปลี่ยนวัสดุมุงหลังคาเป็นเมทัลชีท เพื่อรองรับการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว ใต้หลังคาเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อน ดังภาพที่ 3.3

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.3 แสดงหลังคาอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.2.1.2.2 การออกแบบและปรับปรุงระบบแสงสว่าง

เทคโนโลยีหลอดไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง และมีความเหมาะสมที่นำมาเลือกใช้ออกแบบและปรับปรุง คือ หลอด LED ซึ่งสามารถใช้แทนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอด Downlight ที่มีใช้งานอยู่ในอาคารนี้ ได้ค่าความส่องสว่างเป็นไปตามมาตรฐานและกำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 3.36 W/m^2

3.2.1.2.3 การออกแบบและปรับปรุงการใช้แสงธรรมชาติ

อาคารมีการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน จึงออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติได้ ซึ่งเลือกใช้ช่องนำแสงธรรมชาติประเภทกันความร้อนและรังสี UV เพื่อไม่ให้เป็นโหลดทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ และผลกระทบต่อผู้ใช้งาน และออกแบบให้ติดตั้งบริเวณทางเดินในสำนักงานเพียง 1 จุด เพื่อเหลือพื้นที่หลังคาไว้สำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานและทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

3.2.1.2.4 การออกแบบและปรับปรุงระบบทำความเย็น

การใช้งานระบบปรับอากาศรวมของอาคารจะเป็นลักษณะโหลดไม่เต็มพิกัดและมีปริมาณโหลดทำความเย็นสูงสุดไม่เกิน 20 ตันความเย็น หรือ 240,000 Btu/hr จึงเลือกออกแบบและปรับปรุง ดังนี้

3.2.1.2.4.1 ออกแบบติดตั้งระบบปรับอากาศแบบ VRF และแบบ Solar Air

เครื่องปรับอากาศ VRF ใช้คอมเพรสเซอร์ DC มอเตอร์และมี Inverter ควบคุมความเร็วรอบให้สัมพันธ์กับโหลดทำความเย็นและใช้พื้นที่ระบายความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์ทุกอย่างต่อเนื่องและประหยัดพลังงาน

เครื่องปรับอากาศ Solar Air มีเทคโนโลยีนำพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ผ่านอุปกรณ์ Vacuum Tule ช่วยเสริมกำลังอัดและลดกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ได้อย่างดีโดยเฉพาะในสภาวะอากาศร้อน

3.2.1.2.4.2 การติดตั้งแผงรังผึ้งระบายความร้อน (Cooling Pad)

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนคอนเดนเซอร์เครื่องปรับอากาศ VRF ด้วยแผงรังผึ้งระบายความร้อนที่ใช้น้ำช่วยลดอุณหภูมิอากาศ ส่งผลให้การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศทุกระบบรวมกันลดลงเหลือเพียง 0.57 kW/Ton ทั้งนี้การออกแบบยังคำนึงถึงเกณฑ์คุณภาพอากาศตามข้อกำหนดอัตราการระบายอากาศ และกำหนดความสบายที่อุณหภูมิ 25±1ºC และความชื้น 50±5%RH รวมทั้งคุณภาพเชิงเสียงระดับเสียงไม่เกิน 90 (dBa)

3.2.1.2.5 การออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์สำนักงาน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การปรับปรุงอุปกรณ์สำนักงานไม่ได้กำหนดไว้ในกรอบของการวิจัย แต่เนื่องจากในอาคารมีการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก และเป็นคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ ซึ่งใช้กำลังไฟมาก จึงได้มีการเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานในสำนักงานมาเป็นคอมพิวเตอร์ Ultrabook แทนคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ นอกจากจะช่วยให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นหลายเท่าตัวแล้ว ยังมีความคล่องตัวและเหมาะสมในการใช้งานเป็นอย่างมาก

3.2.1.2.6 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบต่าง ๆ ทำให้การใช้พลังงานของอาคารลดลงโดยประมาณ 40% พลังงานที่จำเป็นต้องใช้จริงประมาณ 60% ของพลังงานเดิม จะมาจากระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ ขนาด 20 kWp ดังภาพรูปที่ 3.4 โดยเลือกใช้แผง PV Module-Polycrystalline มีประสิทธิภาพสูง 16.05% เต็มพื้นที่หลังคา ซึ่งออกแบบให้มีปริมาณการผลิต 78.65 kWh/day หรือ 28,707.00 kWh/year เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณการใช้พลังงาน หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์หลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง และเพียงพอต่อการใช้พลังงานรวมทั้งปีของอาคารหลังนี้

ภาพที่ 3.4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.2 พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง อยู่ภายในคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นแหล่งเก็บรักษาสิ่งมีชีวิตในน้ำหลายประเภท มากกว่า 350,000 ตัวอย่าง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2466 ทั้งสัตว์น้ำ ปลาชนิดต่าง ๆ สาหร่ายชนิดต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องมือประมงพื้นบ้าน อาคารพิพิธภัณฑ์ตั้งอยู่กลางน้ำ ซึ่งรู้จักกันในชื่อเรียกว่า บ่อสิบไร่ ภายในเป็นห้องโถงค่อนข้างใหญ่ พื้นที่ส่วนหนึ่งกั้นไว้สำหรับเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในน้ำเพื่อการวิจัยและอ้างอิง อีกส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่จัดแสดงสัตว์น้ำ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ที่มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นสัตว์ที่สตัฟฟ์ไว้ บางชิ้นเป็นโครงกระดูก มีป้ายนิทรรศการที่ให้ข้อมูลชัดเจนอยู่ใกล้ ๆ และมีรูปประกอบ ข้อมูลมีทั้งชื่อวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไป ลักษณะเด่น แหล่งอาศัย และอาหาร

ภาพที่ 3.5 อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์พิพิธภัณฑ์ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง ตั้งอยู่ใน “บ่อสิบไร่” ที่คนในมหาวิทยาลัยคุ้นเคย ขนาดของบ่อใกล้เคียงกับหนองน้ำหรืออ่างเก็บน้ำตามหมู่บ้านส่วนใหญ่ของไทย มีการนำเทคโนโลยีล่าสุดของแผงโซลาร์มาใช้กับพิพิธภัณฑ์ โดยเป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบโซล่าลอยน้ำที่ใช้กับพิพิธภัณฑ์แห่งแรกของโลก (เท่าที่หาข้อมูลได้) และเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ Floating Solar for Net Zero Energy Building Museum แห่งแรกของโลก ดังภาพที่ 3.5 ด้วยการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้เองทั้งหมด พิพิธภัณฑ์ได้จัดทำมอนิเตอร์ไว้ด้านหน้าอาคารแสดงการผลิตพลังงานจากแผงโซลาร์ลอยน้ำ การใช้พลังงานในศูนย์ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้ ปริมาณเทียบเท่าของการปลูกต้นไม้เป็นจำนวนไร่ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ฯลฯ

3.2.2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนทุนลอยน้ำ (Solar PV Floating)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ เป็นแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย ขนาด 39.6 kWp มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.6 ประกอบด้วย

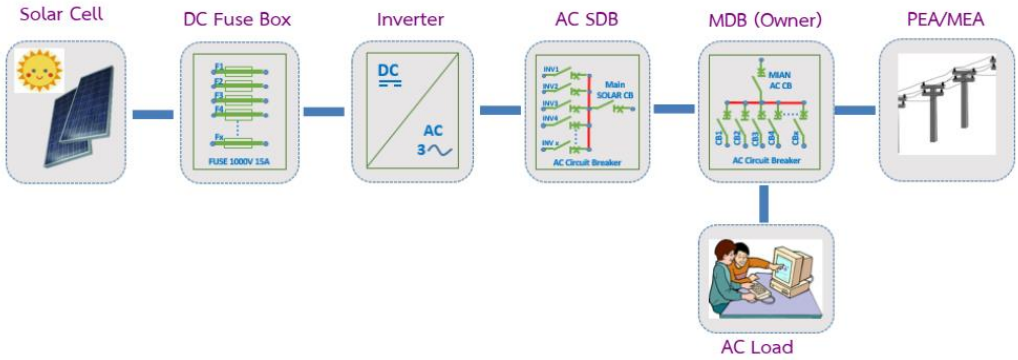
1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

2) ตู้ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse Box)

3) เครื่องแปลงไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid-Connected Inverter)

4) ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Solar Distribution Board: AC SDB)

5) ตู้โหลดไฟฟ้าของอาคาร (MDB)



ภาพที่ 3.6 ส่วนประกอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม (Poly Crystalline หรือ Multi Crystalline)

1.1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ รุ่น 72 Cell พิกัด 330 วัตต์ต่อแผง จำนวน 120 แผง กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 39.6 kWp มีแรงดันไฟฟ้าสูงสุดขณะทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประมาณ 40 V/Module มีกระแสไฟฟ้าสูงสุด ประมาณ 9 A/Module ตัวอย่างตามภาพที่ 3.7

1.2) กรอบแผงเซลล์ทำด้วยอลูมิเนียม มีน้ำหนักเบาไม่เป็นสนิม และโครงสร้างน้ำหนักรวมต่อแผงประมาณ 23 kg/Module

1.3) ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ติดตั้งกล่องรวมสายไฟฟ้า (Junction Box) หรือขั้วต่อสาย (Terminal Box) ที่มั่นคงแข็งแรง ทนต่อสภาพอากาศ และสภาพแวดล้อมได้ดี

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.7 รูปตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV Module)

1.4) เซลล์แสงอาทิตย์และสายต่อระหว่างแผงใช้เป็น Multi Contact ทนแรงดันสูง ทำให้มีความปลอดภัย

1.5) แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการผนึกด้วยสารกันความชื้น Ethylene Vinyl Acetate (EVA)

1.6) ชุดน๊อตแหวนรองและแหวนสปริงที่ใช้ยึดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นวัสดุที่ทำจากสแตนเลส

1.7) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อวงจรไฟฟ้าเป็นแบบ อนุกรม เรียกว่า String

โดยการ ต่อวงจรอนุกรม 18-20 Module/String มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดขณะเปิดวงจร (Voc) 650 – 900 Vdc มีกระแสไฟฟ้าสูงสุด (Isc) อยู่ในช่วง 8-10 A.

2) ตู้ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse Box)

ตู้ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse Box) คือ ตู้ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรและการที่กระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากเกินไป ก่อนเข้าสู่เครื่องแปลงไฟฟ้าทั้งหมด โดยหากมีกระแสไฟฟ้าปริมาณมากกว่าพิกัดของอุปกรณ์ป้องกัน ก็จะทำการตัดวงจรไฟฟ้าดังกล่าวทันที ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ DC FUSE พิกัด 15 AT 1000 Vdc เป็นอุปกรณ์ป้องกันฯ วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากชุดแผงเซลล์ String ตามภาพที่ 3.8

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.8 ตู้ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse Box)

3) เครื่องแปลงไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid-Connected Inverter)

เครื่องแปลงไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid-Connected Inverter) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า เครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) ดังภาพที่ 3.9 เป็นอุปกรณ์สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ขนาดพิกัด 3 Phase 220/380 V 36 kW โดยเครื่องแปลงไฟฟ้าจะทำงานอัตโนมัติ เมื่อมีแสงแดดเพียงพอเครื่องก็จะเริ่มทำการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยอัตโนมัติ และเมื่อแสงแดดไม่มี หรือไม่เพียงพอ ต่อการผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (ในช่วงเวลากลางคืน) เครื่องก็จะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติเช่นกัน

เครื่องแปลงไฟฟ้าจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อส่งเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในอาคาร ในขณะเดียวกันไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ก็จะจ่ายเข้ามายังอาคารด้วย เมื่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารน้อยกว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ เราสามารถตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์โดยผ่านมิเตอร์ผลิตไฟฟ้า ในกรณีที่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า เครื่องแปลงไฟฟ้าจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติทำให้กระแสไฟฟ้าจากชุดเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายเข้ามาในระบบได้ เครื่องแปลงไฟฟ้าจะเริ่มทำงานใหม่ก็ต่อเมื่อในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า มีไฟฟ้าอยู่เท่านั้น การที่เราป้องกันกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ไม่ให้ไหลเข้าไปในระบบการไฟฟ้า เมื่อเกิด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ไฟฟ้าดับ ก็เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือช๊อตกับพนักงานของการไฟฟ้าหรือ จนท.ซ่อมบำรุง ที่กำลังแก้ไขระบบไฟฟ้าอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

ภาพที่ 3.9 เครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) ยี่ห้อ HUAWEI รุ่น SUN2000-36KTL

4) ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Solar Distribution Board: AC SDB)

ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Solar Panel) คือ ตู้ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านขาออกของเครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) ทั้งหมด โดยจะตัดวงจรไฟฟ้าหากเกิดการลัดวงจรขึ้นไม่ว่าจะเกิดจากเครื่องแปลงไฟฟ้า หรือระบบจำหน่ายเองก็ตาม รวมถึงใช้สำหรับปลดวงจรไฟฟ้าเพื่อการซ่อมบำรุงระบบ ดังภาพที่ 3.10 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังต่อไปนี้

4.1) MCB เป็นอุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าหลักของตู้ควบคุม เพื่อเชื่อมต่อกับตู้ MDB ของอาคาร

4.2) CB-AC เป็นอุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าย่อยของวงจรไฟฟ้ากระแสไฟสลับ (AC) ด้านขาออก Inverter แต่ละตัว

4.3) SPD (AC Surge Protector) เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้ากระโชก

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.10 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Solar Panel)

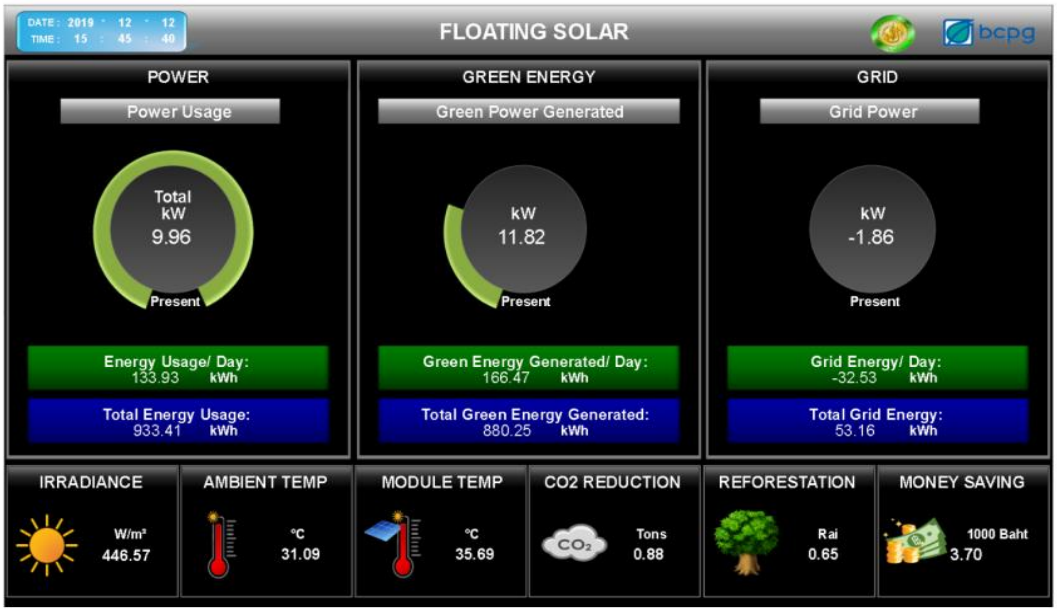
5) ตู้โหลดไฟฟ้าของอาคาร (MDB)

ตู้โหลดไฟฟ้าของอาคาร คือ ตู้ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ควบคุมและกระจายกระแสไฟฟ้าสลับออกไปยังโหลดประจำอาคารเป็นตู้ไฟฟ้าอยู่ภายในห้อง MDB ดังภาพที่ 3.11 ซึ่งสำหรับระบบโซลาร์รูฟ จะติดตั้ง Circuit Breaker (Main Solar CB) ที่ทำหน้าที่ป้องกันวงจรเชื่อมต่อระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กับระบบไฟฟ้าของอาคาร ก่อนกระจายพลังงานไฟฟ้าออกไปยังโหลดต่างๆ ดังที่กล่าวมา

ภาพที่ 3.11 ตู้โหลดไฟฟ้า ประจำอาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.2.2.2 ระบบแสดงสถานะการใช้ไฟฟ้าของอาคาร



ภาพที่ 3.12 ระบบแสดงสถานะการใช้ไฟฟ้าของอาคาร

ระบบแสดงสถานะการใช้ไฟฟ้าของอาคาร ดังภาพที่ 3.12 ประกอบไปด้วย

1) Power Usage แสดงค่าการใช้ไฟฟ้าของอาคาร ประกอบด้วยค่าพลังไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน (kW) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประจำวัน (kWh) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สะสมทั้งหมด (kWh)

2) Green Power Generated แสดงค่าที่ระบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบโซล่าลอยน้ำผลิตได้ ประกอบด้วยค่าพลังไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน (kW) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ประจำวัน (kWh) และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สะสมทั้งหมด (kWh)

3) Grid Power แสดงค่าการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้า ประกอบด้วยค่าพลังไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน (kW) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประจำวัน (kWh) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สะสมทั้งหมด (kWh)

3.2.3 โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

โครงการบ้านผีเสื้อ ตั้งอยู่ที่ตำบลสันผีเสื้อ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นกลุ่มอาคารบ้านพักแห่งแรกของโลกที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ ควบคู่กับการเก็บก๊าซไฮโดรเจนเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองตลอด 24 ชั่วโมง เป็นโครงการที่จัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเหลือเฟือในธรรมชาติอย่างแสงแดด และน้ำ นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีการนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ เพื่อไม่ให้เป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ แผงโซล่าเซลล์

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บนอาคารแต่ละหลังยังติดตั้งระบบทำน้ำร้อนที่นำมาใช้ได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง รวมถึงเทคโนโลยีอัจฉริยะที่สามารถควบคุมการทำงานไฟฟ้า ระบบน้ำต่าง ๆ ภายในโครงการได้โดยเพียงแค่ปลายนิ้วสัมผัสผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้อยู่อาศัย และเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้เป็นระบบการจัดเก็บพลังงานสะอาด ที่เหมาะสมกับพื้นที่ห่างไกล และเข้าถึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้ยาก ระบบมีความยืดหยุ่นสูง สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์และความต้องการของโครงการ และสามารถอยู่ได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องพึ่งไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

3.2.3.1 องค์ประกอบของโครงการ

3.2.3.1.1 อาคารเก็บพลังงานและผลิตไฟฟ้า

เป็นอาคาร 1 ชั้น ทำหน้าที่สองส่วนได้แก่ เก็บพลังงานและผลิตไฟฟ้า หลังคาติดตั้งด้วยแผงโซล่าเซลล์เต็มพื้นที่ ภายในแบ่งเป็น 3 ห้อง ได้แก่ ห้องควบคุมระบบ ห้องผลิตและเก็บ ไฮโดนเจน และห้องแบตเตอรี่ ในเวลากลางวันพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโครงการถูกผลิตจากแผงโซล่าและถูกนำไปใช้ในโครงการโดยตรง แต่พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือ จะถูกนำไปใช้ผลิตก๊าซไฮโดรเจน โดยใช้เครื่องอิเล็กโทรไลต์เซอร์ (Electrolysis) มาทำการแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากกัน หลังจากนั้นในเวลากลางคืน จะนำก๊าซไฮโดรเจนกลับมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้นานกว่า 30 ชั่วโมง และหากมีความต้องการการใช้กระแสไฟ มากกว่า 4 kW ที่เครื่องเซลล์กำเนิดไฟฟ้า (Fuel Cell) ผลิตได้ ระบบแบตเตอรี่ก็จะช่วยสนับสนุนจ่ายกระแสไฟฟ้าในส่วนที่เกิน

3.2.3.1.2 บ้านพักรับรอง A และ B

เป็นบ้านพักรับรองแขกหลังละ 1 ครอบครัว ถูกออกแบบให้เป็นบ้านประหยัดพลังงาน โดยแต่ละหลังมีระบบนำจ่ายไฟฟ้าซึ่งส่งตรงมาจากอาคารผลิตไฟฟ้าส่วนกลางของโครงการ ดังภาพที่ 3.13 ซึ่งมีมาตรฐานการก่อสร้างสูงและใช้วัสดุคุณภาพเพื่อการประหยัดพลังงานโดยเฉพาะ ทั้งนี้ตัวอาคารสามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามต้องการ ตามสภาพพื้นที่ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.13 อาคารเก็บพลังงานและผลิตไฟฟ้า

3.2.3.1.3 อาคารหลักสำหรับอยู่อาศัย

ตัวบ้านออกแบบให้ห้องนอนและห้องทำงานอยู่แยกชั้นกันเพื่อความเป็นส่วนตัว และโถงทางเข้าได้ทำเป็น Art Gallery เพื่อรองรับผลงานของศิลปินท้องถิ่นในเชียงใหม่ที่จะหมุนเวียนมาแสดงผลงานของตนเองได้ ตรงโถงกลางที่แสงเข้าถึงน้อยได้จัดแสงให้ดูเหมือนแสงในอวกาศเพื่อความสวยงามยามค่ำคืน ผู้อยู่อาศัยสามารถรับชมวิวดอยสุเทพและวัดที่อยู่ด้านหน้าบ้านได้อย่างชัดเจนอย่างไม่มีอะไรมาบดบัง

3.2.3.1.4 อาคารอเนกประสงค์

อาคารอเนกประสงค์ที่แยกตัวออกไปต่างหาก ใช้เป็นห้องซักรีดและห้องเก็บเครื่องมืองานไม้และงานสวน

3.2.3.1.5 สวนและเรือนเพาะชำ

ต้นไม้หลากหลายสายพันธ์ถูกปลูกขึ้นในโครงการในพื้นที่กว่า 18 ไร่อย่างเป็นสัดส่วนเพื่อในอนาคตสามารถนำพืชผลมาบริโภค และยังเป็นการรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการศึกษาธรรมชาติ อีกทั้งยังเพิ่มความสุนทรีย์ให้กับโครงการอีกด้วย

3.2.3.1.6 ศาลา/บ้านดิน

ศาลาถูกสร้างขึ้นจากไม้ไผ่เพื่อให้ร่มเงาแก่เป็ดและห่านที่อยู่บริเวณนั้น ด้านล่างของศาลามีระบบกรองน้ำ ซึ่งตัวกรองทำจาก เปลือกหอยซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติอีกเช่นกัน ด้วยระบบนี้เองน้ำสะอาดจะถูกสูบกลับเข้าไปที่น้ำตกโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บ้านดินคือบ้านที่สร้างจากดินทั้งหลัง ถูกสร้างให้อยู่คู่กับบ่อปลาธรรมชาติและเรือนเพาะชำ เพื่อความสุนทรีย์ในการชื่นชมธรรมชาติในโครงการ

3.2.3.1.7 ครัวกลาง

ครัวกลางถูกแยกออกมาจากบ้านใหญ่ ออกแบบสไตล์โมเดิร์น ทั้งหลังคาและพื้นระเบียงใช้วัสดุธรรมชาติจากไม้สักแท้ จุดเด่นของอาคารครัวนี้คือระเบียงที่ยื่นออกมาจากตัวอาคารกว่า 5 m เปิดให้เห็นทัศนียภาพเบื้องหน้าที่เป็นทุ่งนาข้าวอันอุดมสมบูรณ์ สระว่ายน้ำและหาดวอลเล่ย์บอลที่เป็นอีกหนึ่งกิจกรรมของทุกคนในครอบครัว

3.2.3.1.8 สระว่ายน้ำและวอลเล่ย์บอลชายหาด

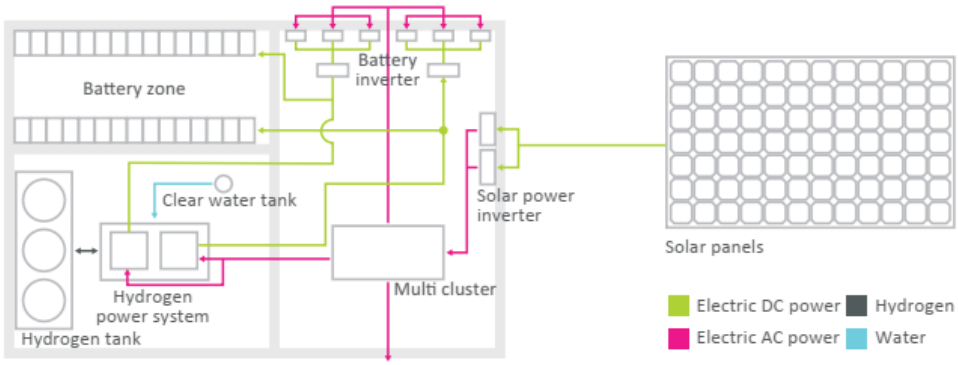
วิถีชีวิตที่ยั่งยืนสามารถมีสุขภาพที่ดีได้เช่นกัน ครอบครัว ญาติ และเพื่อนๆ ที่มาพักบ้านผีเสื้อสามารถสนุกไปกับการว่ายน้ำและเล่นวอลเล่ย์บอลชายหาด ด้วยรูปแบบที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของที่นี่คือ Beach of the World โดยแขกพิเศษที่มาพักสามารถนำทรายกลับไปเป็นที่ระลึกได้ด้วย

3.2.3.1.9 เทคโนโลยีระบบผลิตพลังงาน

โครงการบ้านผีเสื้อ เป็นกลุ่มอาคารบ้านพักประหยัดพลังงาน แห่งแรกของโลก ที่นำแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ ควบคู่กับการเก็บก๊าซไฮโดรเจนเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองตลอด 24 ชั่วโมง กล่าวง่ายๆ คือ พลังงานของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงเซลล์ พลังงานส่วนเกินใด ๆ จะถูกเปลี่ยนและเก็บไว้เป็นไฮโดรเจน เมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงไม่ได้เราจะใช้ก๊าซไฮโดรเจนที่จัดเก็บจากถังเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เซลล์เชื้อเพลิง

3.2.3.2 ระบบผลิตพลังงานของโครงการ

ระบบผลิตพลังงานของโครงการบ้านผีเสื้อมีชื่อเรียกว่า Solar Powered Hydrogen Storage System ซึ่งมีองค์ประกอบดังภาพที่ 3.14

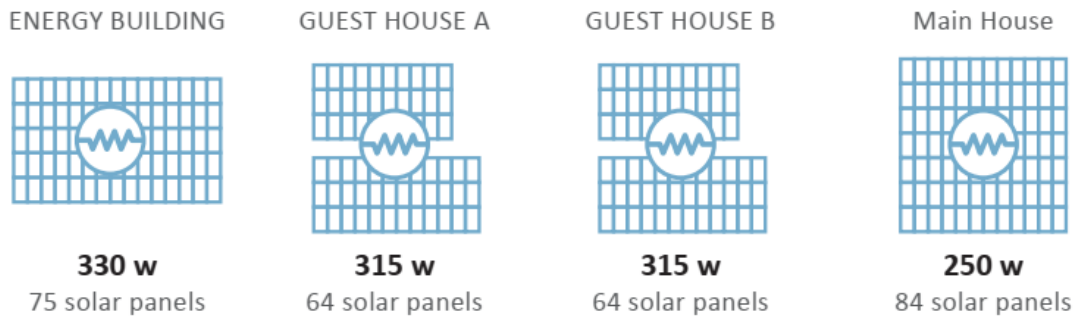


ภาพที่ 3.14 Solar Powered Hydrogen Storage System โครงการบ้านผีเสื้อ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ Solar Powered Hydrogen Storage System ของโครงการบ้านผีเสื้อ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.3.2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.15 ขนาดและจำนวนแผงของ Rooftop PV

ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของโครงการบ้านผีเสื้อ เป็นแบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop PV) มีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 86.07 kWp ประกอบไปด้วย ติดตั้งบนหลังคาอาคารเก็บพลังงานและผลิตไฟฟ้า (Energy Building) ขนาด 330 W จำนวน 75 แผง รวม 24.75 kWp ติดตั้งบนหลังคาบ้านรับรอง A และ B แต่ละหลังติดตั้งขนาด 315 W จำนวน 64 แผง รวม 20.16 kWp รวม 2 หลัง กำลังผลิต 40.32 kWp และอาคารหลักสำหรับอยู่อาศัย ติดตั้งขนาด 250 W จำนวน 84 แผง รวม 21 kWp รวมทั้งหมด 86.07 kWp ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้วันละ 326.8 kWh รายละเอียดเป็นดังภาพที่ 3.15

3.2.3.2.2 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage)

โครงการบ้านผีเสื้อ มีระบบกักเก็บพลังงาน 2 รูปแบบ คือ

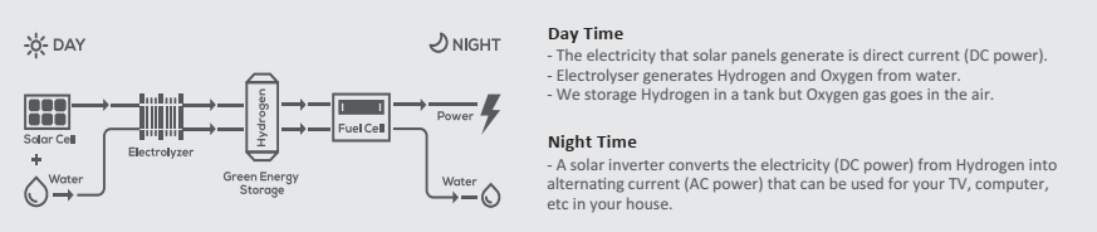
3.2.3.2.1 ระบบกักเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ โดยไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหลือจากการใช้งานในช่วงกลางวันจะถูกนำไปชาร์จประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่วกรด (Lead-Acid Battery) ขนาด 48 V. 2,000 Ah จำนวน 2 ชุด

3.2.3.2.2 ระบบกักเก็บไฮโดรเจน ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหลือจากการใช้งานในช่วงกลางวันจะถูกนำไปชาร์จประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่จนเต็ม หลังจากนั้นจะถูกนำไปใช้ผลิตก๊าซไฮโดรเจน โดยใช้เครื่องอิเล็กโทรไลต์เซอร์ (Electrolysis) มาทำการแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากกัน โดยระบบผลิตก๊าซไฮโดรเจนมีอัตรากำลังผลิต 2,000 Liter/hr

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

และมีถังเก็บไฮโดรเจนขนาด 90,000 Liter ที่แรงดัน 30 Bar ซึ่งเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้า 130 kWh ที่เซลล์เชื้อเพลิง

3.2.3.2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิง เซลล์เชื้อเพลิงที่โครงการบ้านผีเสื้อ มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 4 kW เป็นเซลล์เชื้อเพลิงชนิด PEMFC (Proton-exchange membrane fuel cells) ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 ระบบการผลิตพลังงานช่วง Day Time และ Night Time

3.2.4 อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด (ธพส.)

ธพส. มีแนวคิดในการย้ายสำนักงาน ที่กระจายอยู่ 3 แห่ง ให้อยู่รวมกัน ณ ที่แห่งใหม่ภายในศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 บนเนื้อที่ 3.2.92 ไร่ โดยแนวคิดการออกแบบและก่อสร้างอาคาร สำนักงาน ธพส. แห่งใหม่ ให้เป็นอาคารสำนักงาน 3 ชั้น สร้างอยู่บนโครงสร้างบ่อน้ำเดิม เพื่อใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึง การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้าง และลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง อาคารสำนักงานแห่งใหม่นี้ จะเป็นอาคารสำนักงานที่มีแนวคิดในการออกแบบให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน และอาคารยั่งยืน ให้สอดคล้องกับมาตรฐาน DGNB ในระดับ Platinum ซึ่งทาง ธพส. มีความมุ่งหวังที่จะมีส่วนร่วมในการลดการใช้พลังงาน สนับสนุนให้ผู้ใช้อาคารประจำที่ใช้เวลาอยู่กับอาคารแห่งนี้มากถึงวันละ 8 ชม. และผู้เข้าใช้อาคารชั่วคราว มีคุณภาพชีวิต และสุขภาพที่ดีขึ้น

ประเภทอาคารและการใช้งาน:	สำนักงาน
อายุอาคาร:	2.7 ปี
จำนวนชั้นทั้งหมด:	3 ชั้น
พื้นที่ใช้อาคารรวม (Gross Floor Area : GFA) :	3,511 m^2
พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด:	3,234 m^2
พื้นที่ผนังกรอบอาคาร และพื้นที่หลังคา	4,560 m^2
สัดส่วนพื้นที่ผนัง หลังคาต่อพื้นที่ใช้สอย	140%

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พื้นที่ปรับอากาศ	2,861 m^2 (88.4%)
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	373 m^2

3.2.4.1 การออกแบบอาคาร

3.2.4.1.1 การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม การจัดทิศทางอาคาร ลม และการถ่ายเทอากาศโดยธรรมชาติ น้ำ แสงธรรมชาติ และอื่น ๆ

การจัดวางผังอาคารโดยการออกแบบให้ด้านที่ยาวที่สุดของอาคาร ขนานกับทิศเหนือ-ใต้ และด้านที่สั้นที่สุด ขนานกับแนวทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก เพื่อช่วยในการลดปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร บริเวณรอบ ๆ อาคารถูกออกแบบให้ล้อมรอบด้วยบ่อน้ำ โดยใช้บ่อน้ำเดิมของอาคาร เพื่อลดปริมาณพื้นที่ดาดแข็ง และลดปริมาณความร้อนรอบ ๆ อาคาร อาคารถูกออกแบบให้มีโถงอเนกประสงค์อยู่ตรงกลางของอาคารพร้อมกับหลังคาโปร่งแสง เพื่อให้แสงสว่างส่องเข้าสู่ภายในโถง และพื้นที่อาคารในช่วงกลางวัน ส่งผลให้เกิดการลดการใช้พลังงานแสงสว่าง

3.2.4.1.2 การออกแบบและการบังเงา

3.2.4.1.2.1 ชนิดของวัสดุกรอบอาคาร

วัสดุกรอบอาคารถูกออกแบบและเลือกสรรให้มีศักยภาพที่ช่วยลดปริมาณความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ผ่านพื้นผิวหรือวัสดุต่างๆ ซึ่งส่งผลให้สภาวะภายในอาคารมีความเย็นสบาย ลดการใช้พลังงานปรับอากาศของอาคาร

1. ผนังอลูมิเนียมคอมโพสิต

ผนังอลูมิเนียมคอมโพสิต โครงเหล็กกล่องพร้อมช่องอากาศ มีไส้กลางผนังเป็นฉนวนใยแก้วห่อฟลอยปิดผิวภายในด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ด

2. Double Low-E Glazing with Air Gap

ผนังกระจกอาคารที่มีศักยภาพสูง อนุญาตให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าสู่อาคารได้ ในขณะที่ป้องกันรังสีความร้อน (อินฟาเรด – IR) และรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยการเคลือบสารที่ผิวกระจก ช่องอากาศตรงกลางระหว่างกระจกทำหน้าที่เป็นฉนวน โดยเพิ่มศักยภาพการประหยัดพลังงานของระบบกระจกนี้ให้ดียิ่งขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารมีความคงที่ ทั้งนี้กระจกระบบยังสามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนกันเสียงจากภายนอก ลดปัญหาเสียงรบกวนขณะทำงานหรือระหว่างทำกิจกรรมภายในอาคารได้

3. หลังคาของอาคาร

เป็นระบบหลังคาเมทัลชีท พร้อมกับฉนวนใยแก้ว 2 ชั้น และช่องอากาศระหว่างฉนวนปิดท้องด้วยแผ่นฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด ช่วยลดปริมาณความร้อนจากหลังคาเข้าสู่อาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.2.4.1.2.2 สีภายนอกกรอบอาคาร

สีภายนอกกรอบอาคาร มีสีอ่อน ที่มีส่วนช่วยในการสะท้อนแสงอาทิตย์ ทำให้กรอบอาคารลดการดูดซับความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ลดปัญหาเกาะความร้อนกลางเมือง

3.2.4.1.2.3 การใช้อุปกรณ์บังแดด

อาคารหลังนี้มีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ผ่านการศึกษาศักยภาพของอุปกรณ์บังแดดที่สามารถสร้างร่มเงาให้กับผนังกระจกอาคารได้ ส่งผลต่อการลดปริมาณแสงสว่าง และความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร วัสดุแผงบังแดดที่ใช้ภายในโครงการเป็นแผ่นอลูมิเนียมพับขึ้นรูปเจาะรูทำให้แสงแดดบางส่วนส่องผ่านเข้ามาได้ โดยแบ่งเป็น แผงบังแดดแนวตั้งและแนวนอน แผงบังแดดแนวตั้งติดตั้งระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ ทำให้แผงบังแดดสามารถป้องกันแสงอาทิตย์ได้ทุกช่วงเวลา – แผงบังแดดแนวนอน

1. Horizontal Shading แผงบังแดดแนวนอน มีทั้งแบบ 1 ชั้น และ 3 ชั้น ซึ่งจำนวนชั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของแดด และความเข้มแดดในแต่ละทิศนั้น ๆ

2. Vertical Moveable Shading Device ถูกออกแบบเพื่อใช้สำหรับบังแดดผนังกระจกที่มีขนาดใหญ่ในทิศตะวันออก - ตะวันตก โดยแผงบังแดดสามารถปรับองศาได้ตามทิศทางของแดด ทำให้แผงบังแดดสามารถป้องกันแดดได้ตามทิศทางของแดดในช่วงเวลานั้น ๆ ในส่วนที่ต้องการให้มีแสงจากภายนอกส่องผ่านเข้ามาได้ หรือต้องการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

3. Self - Shading Device อาศัยการออกแบบและรูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม ในทิศตะวันตก และทิศใต้ เพื่อทำหน้าที่บังแดดให้กับตัวอาคารเอง โดยอาศัยส่วนที่ยื่นออกมานอกเหนือจากผนังอาคาร สร้างร่มเงาให้กับอาคาร

3) ตำแหน่งพื้นที่ส่วนให้บริการ ทางเชื่อม (ทางเดิน, บันได)

เนื่องจากอาคารหลังนี้เป็นอาคารสำนักงาน ดังนั้นแล้วพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารส่วนใหญ่จึงถูกใช้เป็นพื้นที่ทำงาน การออกแบบผนังภายในอาคาร จึงมุ่งเน้นให้ทางเดินอยู่ตรงกลางของอาคาร และให้พื้นที่ทำงานอยู่บริเวณรอบกรอบอาคาร เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในช่วงเวลากลางวัน ทำให้ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ทั้งนี้ทางเดินบริเวณโถงกลางอาคารยังสามารถใช้ประโยชน์จากแสงสว่างที่ส่องผ่านจากหลังคาเข้าสู่โถงอเนกประสงค์อาคารได้อีกด้วย ทำให้บริเวณทางเดินซึ่งโดยปกติจะเป็นพื้นที่ใช้งานน้อย ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

บันไดหลักของอาคารถูกออกแบบให้อยู่ที่ด้านหน้าโถงต้อนรับของอาคารใกล้กับผนังกระจก เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟในตอนกลางวันแต่ใช้แสงอาทิตย์ให้ความสว่างแทน

4) การออกแบบผนังอาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ผนังอาคารถูกออกแบบให้เป็นผนังทึบและผนังกระจก โดยมีอัตราส่วนของผนังกระจกต่อผนังทั้งหมด 37% โดยในแต่ละด้านจะมีทั้งผนังกระจกและผนังทึบ ที่มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร และมีการออกแบบแผงบังแดดในส่วนผนังกระจกในทุกๆด้าน เพื่อลดพื้นที่ผนังกระจกต่อพื้นที่ผนังทึบ ส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารน้อยลง มีส่วนช่วยในการลดการใช้พลังงานอาคารในการทำความเย็น

5) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

5.1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) 16.1 W/m^2

- อัตราส่วนผนังกระจกต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด 37%

- ค่า U และค่า SC ของผนังหน้าต่าง รวมอุปกรณ์บังแดดด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก และค่า U ของผนังทึบ เป็นไปตามตารางที่ 3.1 และ 3.2

5.2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) 8.2 W/m^2

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า U-Value ของผนัง หน้าต่าง กระจก หลังคา ของอาคาร

Thermal properties of construction (W/mK)	Baseline	Design
External Wall (Out -In)		
Aluminum cladding composite 4 mm	160.000	160.000
Wool insulation 50 mm	0.040	-
Wool insulation 75 mm	-	0.033
Air gap : 300 mm	R = 1.356	
Gypsum Board	0.191	0.191
U-Value (W/m2-K)	**0.292**	**0.243**
Roof		
Metal sheet 5 mm	45.000	45.000
Wool insulation 8 inch	-	0.035
Wool insulation 2 inch	0.035	-
Air gap : 2000 mm	R = 1.356	
Wool insulation 6 inch	-	0.035
Gypsum Board	0.191	0.191
U-Value (W/m2-K)	**0.295**	**0.082**
Glazing		
Type	Sgl	Dbl lowE
U (W/m2-K)	**5.46**	**1.58**
SHGC	-	**0.24**

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.2 ค่า SC ของผนังกระจกที่มีแผงบังแดด

GLZAING	AREA	SC
North GZ1	57.6	0.68
North GZ2	60	0.68
North GZ3.2	5.04	0.64
North GZ3.3	5.04	0.64
North GZ3.1	5.04	0.64
GZ North4.1	8.4	0.68
GZ North4.2	8.4	0.68
North GZ6.1	45	0.67
North GZ6.2	49.2	0.67

GLZAING	AREA	SC
South GZ 1.1	12.24	0.19
South GZ2.1	7.2	0.83
South GZ2.2	7.2	0.83
South GZ2.3	7.2	0.83
South GZ2.4	78.84	0.96
South GZ5	105	0.19
East GZ Entrance	120.96	0.78
East GZ2	57.6	0.64
Wast GZ2	57.6	0.64

6) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

6.1) การติดตั้งโคมไฟฟ้าประเภท LED Downlight, LED Spotlight, LED Suspended direct/indirect luminaire

6.2) ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง 6.50 W/m^2 (พื้นที่ใช้สอย)

7) การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร (ห้องโถง ทางเดิน ที่จอดรถ ห้องน้ำ และอื่น ๆ)

อาคารถูกออกแบบให้มีการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติในส่วนของพื้นที่โถงรับรองตรงกลาง และส่วนบันไดด้านหน้าโถงต้อนรับ ในส่วนของบันไดด้านหน้าโถงต้อนรับ ถูกจัดวางให้อยู่ใกล้กับผนังกระจกอาคาร ทำให้ในช่วงเกลางวันพื้นที่บันไดสามารถใช้ประโยชน์แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ ในส่วนของโถงรอบรับตรงกลางอาคารสูง 2 ชั้น ได้ถูกออกแบบมีหลังคาโปร่งแสง ทำให้แสงสว่างจากภายนอกอาคารเข้าสู้ภายในอาคารได้ในช่วงกลางวัน สามารถดำเนินกิจกรรมภายในอาคารได้โดยที่ไม่ต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟ ดังนั้นแล้วจึงเห็นได้ว่าพื้นที่ดังกล่าว สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ ลดการใช้พลังงานแสงสว่างของอาคาร

พื้นที่หรือบริเวณที่ใช้แสงสว่างจากหลอดไฟร่วมกับแสงสว่างจากธรรมชาติ พื้นที่ที่ใช้แสงสว่างจากหลอดไฟร่วมกับแสงสว่างจากธรรมชาติคือ ส่วนสำนักงานรอบกรอบอาคาร ห้องน้ำ บันไดหนีไฟ โถงบันได เนื่องจากพื้นที่ผนังบางส่วนเป็นผนังทึบเพื่อช่วยลดปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้แสงธรรมชาติที่ใช้ภายในอาคารไม่เพียงพอ ในส่วนของพื้นที่ต่าง ๆ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟร่วมด้วย โดยหลอดไฟที่ทางอาคารเลือกใช้คือหลอดไฟประเภท LED

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

8) ระบบปรับอากาศและอุปกรณ์

8.1) อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศบริสุทธิ์ 25.20 m^3/hour/person 84 m^3/hour/ m^2 และ 25.20 m^3/hour

8.2) ขนาดตันความเย็นของระบบปรับอากาศ

- ชนิดแยกส่วน หรือแบบเป็นชุด 7 ตันความเย็น

8.3) ภาระความเย็น 8.6 W/m^2 (คิดต่อพื้นที่ปรับอากาศ)

8.4) สมรรถนะการทำความเย็น (kW/TR) ของเครื่องปรับอากาศ

อาคารธนพิพัฒน์ใช้น้ำเย็นจากส่วนกลางของโครงการ โดยบริษัทผลิตน้ำเย็น CHPP ที่มีประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น

- เครื่องทำน้ำเย็น 0.594 kW/TR

8.5) สมรรถนะการทำความเย็น (kW/TR) ของระบบปรับอากาศรวมเครื่องทำน้ำเย็น ปั๊มน้ำเย็น ปั๊มน้ำระบายความร้อน และหอผึ่งเย็น 0.125 kW/TR โดยประมาณ

9) Heat Recovery System หรือการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ โดยการใช้ Heat Recovery Wheel เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศเย็นภายในอาคาร และอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคาร เพื่อลดการใช้ปริมาณน้ำเย็นในการทำความเย็นสำหรับอากาศบริสุทธิ์ และควบคุมอุณหภูมิของอากาศบริสุทธิ์ให้เหมาะสมแก่ผู้ใช้งานในอาคารตามลำดับ

10) ประสิทธิภาพของลิฟต์ บันไดเลื่อน การควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว ฯลฯ มีการติดตั้ง Motion Sensor ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวในการเปิดปิดไฟอัตโนมัติ มีการติดตั้งลิฟต์สำหรับผู้พิการ ผู้สูงอายุ ขึ้นลง 2 ชั้น แบบไม่มีห้องเครื่อง เลือกใช้รุ่นที่ใช้พลังงานต่ำ มีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน

3.2.4.2 ข้อมูลการใช้งานอาคาร

1) อัตราการใช้งานอาคาร 100% (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใช้สอยรวม)

2) จำนานผู้ใช้งาน 200 คน

3) กรรมสิทธิ์ของอาคาร บริษัทธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด (ธพส)

4) เวลาทำงานของอาคาร แยกเป็น

- วันจันทร์-ศุกร์ ตั้งแต่ 08.30-17.00 น.

- ชั่วโมงการทำงานทั้งปี 1,770 ชั่วโมง/ปี

5) สภาวะแวดล้อมในอาคาร คุณภาพของอากาศในอาคาร (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์)

- อุณหภูมิ 24+- 1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 55+-5%

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

- การใช้วัสดุที่มีปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound: VOC) ต่ำ สีอาคารเลือกใช้วัสดุที่มี VOC ต่ำ ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

- การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มี VOC และส่วนผสมของ formaldehyde ต่ำ เช่น

พรม พื้นไวนิล FLOOVER รุ่น LOOSE LAY ANTISKID

พรม ของ VILA RICA

ทางอาคารได้มีการวัดค่า TVOC จำนวน 5 จุด ภายในอาคาร ก่อนการเปิดใช้อาคารเพื่อยืนยันการเลือกใช้วัสดุและผลิตภัณฑ์ที่มี LOW VOC โดยค่าที่วัดออกมาได้ มีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน DGNB (<800 ug/m^3) ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงรายชื่อวัสดุที่ใช้กับอาคารที่มี VOC ต่ำ

ตารางแสดงรายชื่อวัสดุที่ใช้กับอาคารที่มี VOC ต่ำ	
ภายนอกอาร	**ภายในอาคาร**
1. Aluminum Composite	1. สีรองพื้นปูนใหม่ของ TOA Super Shield
2. สีรองพื้นปูนใหม่ของ TOA Super Shield	2. สีทาผนังภายในอาคารของ TOA Super Shield Dura Clean
3. สีทาผนังภายนอกอาคารของ TOA Super Shield	3. สีย้อมไม้ BEGER
4. Structure Sealant (NRV) ของ GECONS	4. แล็กเกอร์เคลือบไม้ของ TOA (Waterborne Wood Coating)
5. สีเคลือบเงางานโครงสร้างเหล็ก TOA Enamel Paint	5. ปูนกาวซีเมนต์สำหรับปูกระเบื้อง จระเข้ฟ้า WEBER รุ่น เวเบอร์ไทล์ เซ็ม DAVCO รุ่น ซุปเปอร์ ทีทีบี
6. สี Powder Coating ของ Jotun	6. ยาแนวกระเบื้อง จระเข้ พรีเมี่ยมพลัส เงิน, COTTO รุ่นทนกรด 3 เท่า
7. สีกันไฟโครงสร้างเหล็กของ Firekote S99	7. กาวติดกระเบื้องยางของ SARKOTET

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การติดตามประเมินผลโครงการอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของประเทศไทย

จากบทที่ 3 ได้นำเสนอตัวอย่างอาคาร NZEB ของประเทศไทย จำนวน 4 โครงการ ซึ่งจากการติดตามประเมินผลของทั้ง 4 โครงการ มีผลดังนี้

4.1 อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

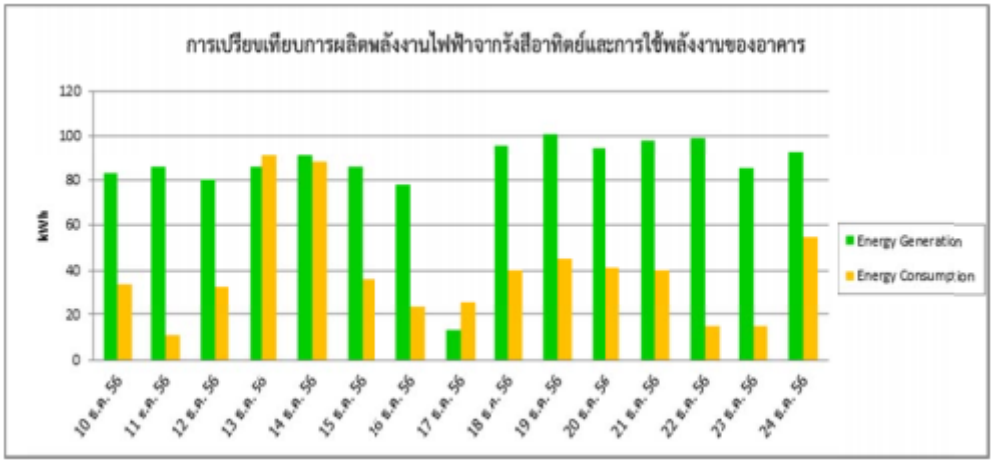
4.1.1 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงอาคาร

การตรวจวัดสถานะภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง ซึ่งได้ดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับก่อนการปรับปรุง คือ แบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และเลือกช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน คือ ตั้งแต่วันที่ 10 ถึง วันที่ 24 ธันวาคม 2556 หลังจากนั้นสรุปข้อมูลเฉลี่ยให้เหลือเพียง 1 สัปดาห์ แล้วจัดทำเป็นกราฟแสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง

จะเห็นได้ชัดเจนว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังการปรับปรุง ลดลงโดยประมาณ 50% เปรียบเทียบกับกำลังใช้พลังงานก่อนปรับปรุง สำหรับข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานในอาคารหลังการปรับปรุง ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน คือ ตั้งแต่วันที่ 10 ถึง วันที่ 24 ธันวาคม 2556 พบว่ามีการใช้พลังงานเฉลี่ยเหลือ 39.53 kWh/day หรือ 14,428.45 kWh/year และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปประมาณ 50%

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์มีการผลิตพลังงานเฉลี่ย 84.67 kWh/day หรือ 30,904.55 kWh/year ซึ่งมากกว่าปริมาณผลิตไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ คือ 60.06 kWh/day หรือ 21,920.71 kWh/year สำหรับปริมาณการใช้พลังงานสะสมกับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สะสม ตั้งแต่วันอังคารที่ 10 ถึง วันอังคารที่ 24 ธันวาคม 2556 นั้น พบว่ามีปริมาณ 593 kWh และ1,270 kWh ตามลำดับ ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุงเป็นดังภาพที่ 4.1

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 4.1 ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

4.1.2 ผลการปรับปรุงอาคาร

ภายหลังการออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์การใช้พลังงานหลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตามที่ออกแบบปรับปรุง และเก็บข้อมูลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง สามารถสรุปผลงานการปรับปรุงอาคารตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์การเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ประกอบด้วย

4.1.2.1 การอนุรักษ์พลังงาน อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น เดิมมีการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 98.60 kWh/day หรือ 35,987.70 kWh/year และได้ประเมินไว้ว่า หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์การใช้พลังงานหลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงจะต้องมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 60.06 kWh/day หรือ 21,920.71 kWh/year เมื่อทำการเก็บข้อมูลวัดผลการใช้พลังงานจริงหลังการปรับปรุง ระหว่าง วันที่ 10 - 24 ธันวาคม 2556 พบว่าอาคารดังกล่าวมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 39.53 kWh/day หรือ 14,428.45 kWh/year ผลการออกแบบและปรับปรุงอาคารโดยใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงนั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้สอดคล้องตามที่ประเมินไว้

4.1.2.2 การใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งได้ออกแบบระบบผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ ให้มีปริมาณการผลิต 78.65 kWh/day หรือ 28,707.00 kWh/year เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณการใช้พลังงาน หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์หลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง คือ 60.06 kWh/day หรือ 21,920.71 kWh/year เมื่อทำการเก็บข้อมูลระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ระหว่าง วันที่ 10 - 24 ธันวาคม 2556 พบว่ามีปริมาณการผลิตพลังงานเฉลี่ย 84.67 kWh/day หรือ 30,904.55 kWh/year

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ผลการผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคาร และยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย

4.1.3 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการตามมาตรฐาน IPMVP ทางเลือกที่ 1 ติดตั้งเครื่องมือวัดในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แล้วประเมินการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่ามีผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ดังตารางที่ 4.1 ข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์

Year	Energy (kWh)	Peak	
		Month	kWh
2014	25,882	พฤษภาคม	2,715
2015	15,745	พฤษภาคม	2,492
2016	24,076	พฤษภาคม	2,496
2017	23,524	เมษายน	2,223
2018	21,669	มีนาคม	2,019
2019	18,454	เมษายน	1,882
2020	10,961	มกราคม	1,216
2021	11,956	มีนาคม	1,136
Average	19,033		2,022

การใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งได้ออกแบบระบบผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ ให้มีปริมาณการผลิต 78.65 kWh/day หรือ 28,707.00 kWh/year เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณการใช้พลังงาน หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์หลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง คือ 60.06 kWh/day หรือ 21,920.71 kWh/year เมื่อทำการเก็บข้อมูลระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ปี 2557 ถึงปี 2564 พบว่ามีปริมาณการผลิตพลังงานเฉลี่ยปีละ 19,033 kWh ต่ำกว่าที่ออกแบบและประมาณการไว้ แต่ยังมากกว่าความต้องการใช้พลังงานของอาคาร และยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย

ผลการปรับปรุง อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำให้อาคารหลังนี้ใช้พลังงานลดลงตามเป้าหมาย และสามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ใช้เองเพียงพอต่อความต้องการ เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Check List สำหรับอาคารที่เป็น NZEB

(/) เป็นอาคารประเภท On-Grid

(/) ใน 1 ปี ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้มากกว่าที่ใช้เองภายในอาคาร

4.2 พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.1 ผลการใช้งานอาคาร

4.2.1.1 การใช้ไฟฟ้าของอาคาร

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยวันละประมาณ 100 kWh เดือนละประมาณ 3,150 kWh โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเดือนละ 4,694 kWh ต่ำสุด 2,324 kWh ทั้งนี้อาคารหลังนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 37,782 kWh/year

4.2.1.2 การใช้พลังงานหมุนเวียน จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนทุนลอยน้ำ ขนาด 39.6 kWp สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยวันละ 126 kWh คิดเป็นเดือนละ 3,780 kWh หรือ 45,990 kWh/year ผลการผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคาร และยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย

4.2.2 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการตามมาตรฐาน IPMVP ทางเลือกที่ 3 ติดตั้งเครื่องมือวัดการใช้พลังงานของอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ พบว่ามีการใช้พลังงานเท่ากับ 37,782 kWh/year ในขณะที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 45,990 kWh/year สรุปผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารหลังนี้สามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ใช้เองเพียงพอต่อความต้องการ เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

Check List สำหรับอาคารที่เป็น NZEB

(/) เป็นอาคารประเภท On-Grid

(/) ใน 1 ปี ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้มากกว่าที่ใช้เองภายในอาคาร

4.3 โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

4.3.1 สรุปผลการใช้พลังงานของโครงการบ้านผีเสื้อ

4.3.1.1 การใช้ไฟฟ้าของอาคาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเดือนละประมาณ 6,000 kWh หรือวันละ 200 kWh

4.3.1.2 การใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของโครงการบ้านผีเสื้อ เป็นแบบ Off-Grid ไม่มีการเชื่อมต่อกับสายส่งไฟฟ้า มีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 86.07 kWp สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้วันละ 326.8 kWh ทั้งนี้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าเฉพาะในเวลากลางวัน ดังนั้นในช่วงเวลากลางวันพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจึงถูกนำไปประจุแบตเตอรี่เก็บไว้ รวมทั้งนำไปจ่ายให้กับเครื่องอิเล็กโทรไลต์เซอร์ ทำการแยกไฮโดรเจนจากน้ำเพื่อเก็บไฮโดรเจนไว้ใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 4 kW ในเวลากลางคืน หากเซลล์เชื้อเพลิงจ่ายโหลดไม่เพียงพอ ระบบควบคุมจะสั่งการให้จ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ออกมาช่วยเซลล์เชื้อเพลิง

4.3.2 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการตามมาตรฐาน IPMVP ทางเลือกที่ 1 ติดตั้งเครื่องมือวัดการใช้พลังงานของโครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อาคารแต่ละหลัง แล้วนำมาประเมินรวมกัน พบว่ามีการใช้พลังงานประมาณ 73,000 kWh/year ในขณะที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 119,282 kWh/year โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เองได้อย่างเพียงพอ โดยไม่ต้องเชื่อมต่อใช้งานไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าเลย เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคาร ZEB

Check List สำหรับอาคารที่เป็น ZEB

(/) เป็นอาคารประเภท Off-Grid

(/) ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนใช้เองอย่างเพียงพอ

4.4 อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด

4.4.1 สรุปข้อมูลการใช้พลังงาน

อาคารธนพิพัฒน์เป็นอาคารที่ตั้งอยู่ในศูนย์ราชการฯ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสองแหล่งได้แก่พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง (MEA) และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยได้ใช้ระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางของโครงการเพื่อทำความเย็นให้แก่อาคาร

4.4.1.1 ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบปี 55 kW

4.4.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำเย็นสำหรับอาคารธนพิพัฒน์จากส่วนกลาง 371,000 kWh/year ประกอบด้วย

4.4.1.2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารธนพิพัฒน์เป็นพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า 48,084 kWh และพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ขนาด 125 kW จำนวน 175,540 kWh ซึ่งระบบ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์คิดเป็น 78% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่อาคารต้องการ และสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้ 102.2 ตัน CO_2 ต่อปี

4.4.1.2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบทำน้ำเย็นจากส่วนกลางจ่ายน้ำเย็นให้แก่อาคารธนพิพัฒน์ด้วยปริมาณน้ำเย็น 204,974 ตันความเย็นต่อปี และสามารถคำนวณเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อผลิตน้ำเย็นดังกล่าวได้เป็น 147,377 kWh อ้างอิงจากประสิทธิภาพระบบทำน้ำเย็นของโครงการ 0.719 kW/Ton ตามการออกแบบ

อาคารธนพิพัฒน์มีการใช้พลังงานหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์ 47.1% ของพลังงานรวมทั้งหมดในอาคาร

4.4.2 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการตามมาตรฐาน IPMVP ทางเลือกที่ 1 ติดตั้งเครื่องมือวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารธนพิพัฒน์และประเมินค่าพลังงานไฟฟ้าที่จะต้องใช้สำหรับการปรับอากาศเนื่องจากเป็นการใช้ระบบทำน้ำเย็นจากส่วนกลาง ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วมีการใช้พลังงานเท่ากับ 371,000 kWh/year ในขณะที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 175,540 kWh/year

Check List สำหรับอาคารที่เป็น NZEB

(/) เป็นอาคารประเภท On-Grid

(X) ใน 1 ปี ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้มากกว่าที่ใช้เองภายในอาคาร

ผลการผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคาร จึงไม่เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการตรวจพิสูจน์ผลประหยัดของอาคาร NZEB ในประเทศไทยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษา ติดตามประเมินผลของอาคารที่ได้แสดงตัวว่าเป็นอาคาร NZEB จำนวน 4 แห่ง จากผลการศึกษาพบว่าอาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น และอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทั้งสองแห่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ใช้เองอย่างเพียงพอกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคาร NZEB ส่วนอีกแห่งหนึ่งคืออาคารโครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เองได้อย่างเพียงพอ โดยไม่ต้องเชื่อมต่อใช้งานไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าเลย เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคาร ZEB และแห่งสุดท้ายที่ได้ทำการศึกษาคือ อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด อาคารหลังนี้ผลิตพลังงานใช้เองได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ยังต้องซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงมาใช้ในอาคาร จึงไม่เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคาร NZEB แต่อย่างใด

5.2 การอภิปรายผล

อาคาร NZEB หมายถึง อาคารที่สามารถผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้อย่างน้อยเท่ากับพลังงานที่ถูกใช้ในอาคาร และมีการเชื่อมระบบด้านพลังงานเข้ากับกริดในระดับที่ใหญ่กว่า (On-Grid) และไม่ได้ปลดตนเองออกจากระบบพลังงานภายนอก โดยใช้พลังงานรวมทั้งหมดใน 1 ปี เป็นศูนย์ โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษา ติดตามประเมินผลของอาคารที่ได้แสดงตัวว่าเป็นอาคาร NZEB จำนวน 4 แห่ง ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งสามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ดังนี้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 5.1 สรุปการใช้และการผลิตพลังงานของอาคารกรณีศึกษา 4 แห่ง

อาคาร	การใช้พลังงาน (kWh/year)	การผลิตพลังงาน (kWh/year)	สรุปผล
อาคารกองสื่อสารองค์กร ม.ขอนแก่น	14,428	30,904	เป็น NZEB
พิพิธภัณฑ์ประมง ม.เกษตรศาสตร์	37,782	45,990	เป็น NZEB
โครงการบ้านผีเสื้อ จ.เชียงใหม่	73,000	119,282	เป็น ZEB
อาคารธนพิพัฒน์	371,000	175,540	ไม่เป็น NZEB

5.2.1 อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ดำเนินการปรับปรุงอาคารใน 2 ด้านคือ ด้านการอนุรักษ์พลังงาน และนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ โดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp ซึ่งมีปริมาณการผลิตไฟฟ้าได้ปีละ 30,904 kWh เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารปีละ 14,428 kWh และยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย ทำให้อาคารหลังนี้ใช้พลังงานลดลงตามเป้าหมาย และสามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ใช้เองเพียงพอต่อความต้องการ จึงเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

อาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีข้อเด่นคือทำการปรับปรุงอาคารด้วยการอนุรักษ์พลังงาน ทำให้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียง 20 kWp ก็เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งาน แต่ข้อด้อยคือในเวลากลางคืนจำเป็นต้องนำไฟฟ้าจากระบบภายนอกเข้ามาใช้ภายในอาคาร

5.2.2 พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ ขนาด 39.6 kWp สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 45,990 kWh ในขณะที่อาคารมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยวันละประมาณปีละ 37,782 kWh ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองจากแสงอาทิตย์ มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคาร และยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย จึงเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีข้อเด่นคือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ ซึ่งเหมาะกับอาคารที่อยู่กลาง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บ่อน้ำ แต่มีข้อด้อยคือไม่ได้ปรับปรุงอาคารด้วยการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ หากปรับปรุงอาคารก่อนก็จะสามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กกว่านี้ได้

5.2.3 โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ได้ก่อสร้างโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยปีละ 73,000 kWh โครงการมีระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Off-Grid ไม่มีการเชื่อมต่อกับสายส่งไฟฟ้า กำลังการผลิตติดตั้งรวม 86.07 kWp สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 119,282 kWh ทั้งนี้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าเฉพาะในเวลากลางวัน ดังนั้นในช่วงเวลากลางวันพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจึงถูกนำไปประจุแบตเตอรี่เก็บไว้ รวมทั้งนำไปจ่ายให้กับเครื่องอิเล็กโทรไลต์เซอร์ ทำการแยกไฮโดรเจนจากน้ำเพื่อเก็บไฮโดรเจนไว้ใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 4 kW ในเวลากลางคืน หากเซลล์เชื้อเพลิงจ่ายโหลดไม่เพียงพอ ระบบควบคุมจะสั่งการให้จ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ออกมาช่วยเซลล์เชื้อเพลิง โครงการบ้านผีเสื้อ สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ได้อย่างเพียงพอ โดยไม่ต้องเชื่อมต่อใช้งานไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าเลย เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานเป็นศูนย์ (ZEB)

โครงการบ้านผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีข้อเด่นคือสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองอย่างเพียงพอ โดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากระบบภายนอกเลย แต่มีข้อด้อยคือค่าลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าสูงมาก

5.2.4 อาคารธนพิพัฒน์ บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด

อาคารธนพิพัฒน์ ถึงแม้จะออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานแล้วก็ตาม แต่ยังมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า 371,000 kWh/year ซึ่งส่วนใหญ่นำไปใช้ในการปรับอากาศ อาคารได้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาด 125 kWp ผลิตไฟฟ้าได้ 175,540 kWh/year ผลการผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคาร จึงไม่เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

อาคารธนพิพัฒน์ มีข้อเด่นคือได้ออกแบบและปรับปรุงด้วยการอนุรักษ์พลังงานแล้ว แต่ข้อด้อย คือ มีความจำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศที่ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากแต่มีพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้ไม่เพียงพอ

ทั้งนี้ หากอาคารธนพิพัฒน์ประสงค์จะพัฒนาอาคารให้เป็น NZEB สามารถทำได้โดยจัดหาไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยจะทำการติดตั้งเองหรือซื้อมาให้เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งหากจะติดตั้งเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 140 kWp ซึ่งเมื่อรวมของเดิมจะมีขนาดรวม 265 kWp จะผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 371,424 kWh/year ก็จะเพียงพอต่อการใช้งานและเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

5.3 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

5.3.1 ปัญหาอุปสรรคจากระเบียบข้อกำหนดการใช้ไฟฟ้า

เนื่องจากปัจจุบันมีการเปิดรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เฉพาะจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย และรับซื้อไม่เกินขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 10 kWp ในอัตรารับซื้อ 2.20 บาท/ kWh ดังนั้นบ้านอยู่อาศัยที่จะเข้าข่ายเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ จะต้องมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยวันละไม่เกิน 36 kWh หรือเดือนละ 1,080 kWh และต้องมีพื้นที่ติดตั้งระบบขนาดประมาณ 100 m^2 ซึ่งค่อนข้างจะหาได้ยากสำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป

5.3.2 ข้อเสนอแนะ

จะเห็นว่าจากผลการศึกษาสองอาคารที่เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ คืออาคารสำนักงานของกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น และอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง บ่อสิบไร่ คณะประมง มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ เป็นอาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันได้มากเกินความต้องการและได้ส่งกระแสไฟฟ้าไปใช้กับอาคารที่อยู่ใกล้เคียงที่เป็นของมหาวิทยาลัยเช่นกัน และถึงแม้ว่าในช่วงกลางคืนยังมีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า แต่เมื่อมาดูการใช้พลังงานสุทธิโดยดูจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบกับที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ยังสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้ จึงถือว่าเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ดังนั้น จึงมีข้อเสนอแนะว่าอาคารใดที่จะพัฒนาให้เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ควรประกอบไปด้วยอาคารหลาย ๆ หลัง ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน และจะต้องติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งวัน หมายถึงทั้งกลางวันและกลางคืนรวมกัน แต่ถ้าเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉพาะในเวลากลางวัน จะต้องติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าที่ผลิตเผื่อไว้สำหรับที่จะใช้ตอนกลางคืน โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าที่จะใช้ในตอนกลางวันก็ส่งไปให้อาคารอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงใช้ หรือในอีกกรณีหนึ่งจะต้องติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บพลังงานเพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินในตอนกลางวัน และนำออกมาใช้ในตอนกลางคืนที่ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เอง แต่ในกรณีนี้มีความจำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติมในส่วนของอุปกรณ์กักเก็บพลังงาน ซึ่งการลงทุน ณ ปัจจุบันยังมีราคาค่อนข้างแพงยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ.กองแบบแผน. (2558). *โครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์.* ผู้แต่ง.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2559).*อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์.*บทความปริทรรศน์, 13(2), 1-30. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด.(2564).*แบบฟอร์มการจัดทำเอกสารการประกวด Thailand Energy Awards 2021 ด้านอนุรักษ์พลังงาน ประเภทอาคาร Zero Energy Building.*

ประพัทธ์ ชื่นชุมศรี.(2561).*การปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์* [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์]. https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/308537

พันธุดา พุฒิไพโรจน์.(2562).*การกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์.* ในการจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 (น. 126). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พันธุดา พุฒิไพโรจน์, และวงศิยา อนุศักดากุล.(2559).*แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์.* ในการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3 (น. 231). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น.(2557). *โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย.* ผู้แต่ง.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง.(2562).*คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ.* ผู้แต่ง.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง.(2562). *Floating Solar for NZEB แห่งแรกของโลก.* ผู้แต่ง.

อรรจน์ เศรษฐบุตร.(2559, 11 มีนาคม).ระเบียบพิธีตรวจพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงานตาม IMPVP. *Energy saving, 8* (88), 32-33.

โครงการบ้านผีเสื้อ เอกสารและภาพเพื่อการประชาสัมพันธ์.สืบค้น 23 ตุลาคม 2564, จาก https://www.phisueahouse.com/th_index.php

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาษาต่างประเทศ

Laustsen, J. (2008). Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings, Organization for Economic Cooperation and Development *International Energy Agency.* Paris. France.

Recast, E. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010, *The energy performance of buildings* (recast) Off. J. Eur. Union 18 (06).

Cole, R.J., Fedoruk, L. (2015). Shifting from net-zero to net-positive energy buildings, *Build Res Inf. 43*, 111-120.

Hernandez, P., Kenny, P. (2010). From net energy to zero energy buildings: defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB), *Energy Build. 42*, 815-821.

Kibert, C.J., Fard, M.M. (2012). Differentiating among low-energy, low-carbon and net-zero-energy building strategies for policy formulation, *Build Res Inf. 40,* 625-637.

Marszal, A., Heiselberg, P. (2009). A Literature Review of Zero Energy Buildings (ZEB) Definitions, *Technical Report No. 78,* Department of Civil Engineering, Aalborg University, Aalborg, Denmark.

Panagiotidou, M., Fuller, R.J. (2013). Progress in ZEBs – A review of definitions, policies and construction activity, *Energy Policy No. 62,* 196-206.

Lund, H., Marszal, A., P. Heidelberg, P. (2011). Zero energy buildings and mismatch compensation factors, *Energy Build No. 43,* 1646-1654.

Torcellini, P., Pless, S., Leach, M. (2015). A pathway for net-zero energy buildings: creating a case for zero cost increase, *Build Res Inf. No. 43,* 25-33.

Mertz, G.A., Raffio, G.S., Kissock, K. (2007). Cost optimization of net-zero energy house, *Proc of the Energy Sustainability Conference,* 477-488.

Salom, J., Widen, J., Candaned, J., Sartori, I., Voss, K., Marszal, A. (2011) Understanding net zero energy buildings: evaluation of load matching and grid interaction indicators, *Proc. Of Building Simulation 2011, 12th Conference of International Building Performance Simulation Association,* Sydney, NSW, Australia.

Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., Crawley, D. (2006) Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, *National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy,* US.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ดรุณี ปัญญาภู
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2553 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2565 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	Business Development Coordinator บริษัท ยูเอซี โกลบอล จำกัด (มหาชน)