การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา เขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น.ส.บุญยนุช กรีกูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AREA-BASED ASSESSMENT OF SOLAR PV ROOFTOP INSTALLATION POTENTIAL: CASE STUDY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY

Miss Boonyanuch Krikun

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา เขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดย	น.ส.บุญยนุช กรีกูล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันต์ สัมปัตตะวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6282012120 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: Solar Rooftop, PV system, Potential assessment

Boonyanuch Krikun : AREA-BASED ASSESSMENT OF SOLAR PV ROOFTOP INSTALLATION POTENTIAL: CASE STUDY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY. Advisor: Asst. Prof. THITISAK BOONPRAMOTE

This research aims to assess the suitable rooftop area with a potential for solar PV rooftop installation in the case study area of Chulalongkorn University. Determine the suitable buildings with potential by applying the limitations of solar rooftop such as roofing structural and shading that affects system energy production. Employ the geographical information system and software to evaluate the total rooftop area and the technical potential of the PV system. In conclusion, the result represents that 87 out of 216 buildings in Chulalongkorn University are suitable for solar PV installation. The total rooftop area is approximately 115,400.99 sq.m. However, only 23,076 PV panels are applicable for installation (approximately 46,590.44 sq.m). Therefore, the overall annual energy production of all buildings is approximately 13,473.03 MWh. The system annual production can reduce the energy approximately 26.49 percent of the total energy consumption in the campus and save around 66,556,768.2 THB per year.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

บุญยนุช กรีกูล : การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา เขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (AREA-BASED ASSESSMENT OF SOLAR PV ROOFTOP INSTALLATION POTENTIAL: CASE STUDY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

สารนิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาและประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา เขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา ข้อกำหนดและข้อจำกัดต่าง ๆ นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่ดังกล่าว จากการรวบรวมข้อมูลมีจำนวนอาคารรวม 216 อาคาร และใช้ข้อจำกัดด้านวิศวกรรมในการคัดเลือกพื้นที่หลังคาอาคาร มีอาคารจำนวน 87 อาคารที่ผ่านการคัดเลือก จากการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่หลังคาอาคารที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีทั้งหมดประมาณ 113,897 ตารางเมตร และโดยเมื่อประเมินพื้นที่สำหรับการติดตั้งจริงโดยคำนึงถึงสิ่งกีดขวาง เช่น ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ เป็นต้น และการจัดวางแผงและระบบทำให้มีพื้นที่ที่สามารถติดตั้งได้จริงเพียงร้อยละ 40 มีความสามารถในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุดจำนวน 23,076 แผง หรือคิดเป็นพื้นที่ 46,590.44 ตารางเมตร โดยมีพลังงานไฟฟ้าที่ประเมินว่าจะผลิตได้ทั้งหมด 13,473.03 MWh/year ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้คิดเป็นสัดส่วนการทดแทนการใช้พลังงานได้ร้อยละ 26.49 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในมหาวิทยาลัย คิดเป็นค่าไฟประมาณปีละ 66,556,768.2 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ซึ่งได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้องค์ความรู้ ทฤษฎี แนวคิด ประสบการณ์จริงในการทำงาน และให้คำปรึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตร เจ้าหน้าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้อง และเพื่อนนิสิต ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณจากสถาบันวิจัยพลังงาน สำนักงานบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และอาจารย์ทุกท่านที่อนุเคราะห์ให้คำแนะนำและข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการศึกษา รวมถึงอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือทางข้อมูล ซึ่งช่วยให้สารนิพนธ์มีความสมบูรณ์ทางด้านข้อมูลเพิ่มขึ้น

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ สนับสนุน และความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บุญยนุช กรีกูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ 2

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหาการศึกษา 2

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 5

2.1.2 อุปกรณ์หลักของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 6

2.1.3 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 6

2.1.4 โซลาร์รูฟท็อป (Solar PV Rooftop) 8

2.2 ข้อจำกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.1 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา 10
2.2.2 หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง 14
2.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการขออนุญาตติดตั้งและขนานไฟ 14
2.2.4 สรุปข้อกำหนดและการดำเนินการขออนุญาตสำหรับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 15
2.2.5 การขออนุญาตขนานไฟกับโครงข่ายไฟฟ้าแบ่งตามขนาดของระบบ 17
2.2.6 ตัวอย่างนโยบายและโครงการที่เกี่ยวข้อง 19
2.2.7 ข้อจำกัดด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง 21
2.3 การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา 25
2.3.1 การประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ 25
2.3.2 การประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ 26
2.3.3 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 27
2.4 ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย และเขตพื้นที่กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 28
2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 28
2.5.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System: GIS) 28
2.5.2 การวิเคราะห์การอับแสงอาทิตย์ 31
2.5.3 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 32
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพื้นที่เพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 38
3.1 ข้อจำกัดในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 39
3.1.1 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 39
3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดตั้งและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า 39
3.1.3 การคำนวณที่เกี่ยวข้อง 40
3.2 การรวบรวมข้อมูล 40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1 การประเมินรายอาคาร 42
3.2.1.1 ใช้เกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 3-2 สำหรับการคัดเลือกข้อมูล 42
3.2.1.2 การประเมินศักยภาพด้วยข้อจำกัดทางวิศวกรรม 42
3.2.1.3 การประเมินการอับแสงอาทิตย์ 43
3.2.1. การคำนวณพื้นที่หลังคาอาคาร 45
3.2.2 วิเคราะห์ข้อมูล Data Analysis 45
3.2.2.1 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่หลังคาอาคารจากการคำนวณ . 45
3.2.2.2 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอาคารด้วยโปรแกรม 48
3.2.2.3 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง 49
3.3 ข้อจำกัดและสมมติฐานการศึกษาวิจัย 50
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 52
4.1 ผลการรวบรวมข้อมูล 52
4.2 ผลการประเมินรายอาคาร 54
4.3 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 55
4.3.1 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่หลังคาอาคารจากการคำนวณ 55
4.3.2 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของอาคารโดยการใช้โปรแกรม 57
4.4 เปรียบเทียบผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณและโปรแกรม 58
4.5 ผลการศึกษากับข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง 59
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการศึกษา 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 63
บรรณานุกรม 65
ภาคผนวก ก 68
ภาคผนวก ข 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค 102

ประวัติผู้เขียน 126

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แบบ 5
รูปที่ 2-2 ระบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ 6
รูปที่ 2-3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า 7
รูปที่ 2-4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานน้ำ 7
รูปที่ 2-5 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานน้ำ 7
รูปที่ 2-6 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ 8
รูปที่ 2-7 แผนภาพสรุปการขอติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 12
รูปที่ 2-8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการติดตั้งระบบ On-Grid เพื่อจำหน่ายไฟฟ้า 15
รูปที่ 2-9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการติดตั้งระบบ On-Grid เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เอง 16
รูปที่ 2-10 พื้นที่ดำเนินการและเป้าหมายการรับซื้อสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 19
รูปที่ 2-11 เป้าหมายการรับซื้อสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 19
รูปที่ 2-12 พื้นที่ดำเนินการและเป้าหมายการรับซื้อสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 20
รูปที่ 2-13 แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้ารับแสงทางทิศใต้โดยทำมุมเงย 15 องศา 21
รูปที่ 2-14 แผนภาพแสดงมุมและแสงอาทิตย์ 21
รูปที่ 2-15 การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับความชัน 22
รูปที่ 2-16 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ... 24
รูปที่ 2-17 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงค่าต่าง ๆ 24
รูปที่ 2-18 แผนภาพแสดงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-19 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของ ArcGIS 29
รูปที่ 2-20 ตัวอย่างการใช้งาน Google Maps 30
รูปที่ 2-21 ตัวอย่างหน้าต่างการใช้งานของ Google Earth 31
รูปที่ 2- 22 แบบจำลองการแสดงแสงเงา 32
รูปที่ 2- 23 ตัวอย่างแบบจำลองที่สร้างจาก SolarEdge Designer 33
รูปที่ 3-1 แผนภาพแสดงภาพรวมวิธีการดำเนินงานวิจัย 38
รูปที่ 3-2 ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษาวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน 41
รูปที่ 3-3 ภาพถ่ายจากมุมสูงของพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจากการสำรวจ 41
รูปที่ 3-4 ตัวอย่างพื้นที่ที่ถูกคัดออกตามเกณฑ์ที่กำหนดในการประเมินพื้นที่ 42
รูปที่ 3-5 ตัวอย่างพื้นที่ที่ถูกคัดออกตามเกณฑ์ข้อจำกัดทางวิศวกรรม 43
รูปที่ 3-6 แบบจำลองการอับแสงอาทิตย์ของอาคารตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโดยใช้ SketchUp Pro .. 44
รูปที่ 3-7 ตัวอย่างการอับแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาเดือนมกราคมโดย SketchUp Pro 44
รูปที่ 3-8 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวหลังคา 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ขนาดที่เหมาะสมกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในอาคารแต่ละประเภท 9
ตารางที่ 2-2 การขออนุญาตสำหรับการติดตั้ง 12
ตารางที่ 2-3 ประเภทกิจการพลังงานที่จะได้รับการพิจารณายกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต 13
ตารางที่ 2-4 ประเภทกิจการพลังงานที่ไม่เข้าข่ายต้องพิจารณาเพื่อขอยกเว้นไม่ต้องขออนุญาต 13
ตารางที่ 2-5 ข้อกำหนดในการขนานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Roof Top) ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 18
ตารางที่ 2-6 ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ 24
ตารางที่ 2-7 ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบล ปี 2560 เขตปทุมวัน (MJ/ m²-day) 28
ตารางที่ 3-1 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดตั้งและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า 39
ตารางที่ 3-2 เกณฑ์สำหรับการประเมินพื้นที่ศึกษา 42
ตารางที่ 3-3 สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ 45
ตารางที่ 3-4 ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคาร 46
ตารางที่ 3-5 สมมติฐานพื้นที่หลังคาอาคารที่ไม่สามารถติดตั้งได้ 46
ตารางที่ 3-6 สมมติฐานการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา 48
ตารางที่ 3-7 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ2560 51
ตารางที่ 4-1 ตารางข้อมูลจำนวนอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแยกตามหมวดหมู่ 52
ตารางที่ 4-2 ผลการรวบรวมข้อมูลอาคารในเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 53
ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินคัดเลือกรายอาคาร 54
ตารางที่ 4-4 ผลข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคารที่คำนวณโดย ArcGIS 55
ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ 55
ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ 56
ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้แบบเต็มพื้นที่จากการคำนวณ 57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างตารางการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับการประเมินรายอาคาร..... 57
ตารางที่ 4-9 สรุปผลการประเมินจากการคำนวณและโปรแกรม..... 58
ตารางที่ 4-10 สรุปกำลังการผลิตติดตั้งและจำนวนอาคาร..... 59
ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบผลการประเมินของงานวิจัยที่ผ่านมากับงานวิจัยในครั้งนี้.....62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

แนวโน้มการนำเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV system: Photovoltaic system) มีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากต้นทุนของระบบและการติดตั้งลดลง อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้น โดยปัจจุบันภาครัฐมีการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง อาทิ การมีโครงการนำร่องผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรีใน ปี พ.ศ.2559 [1] และโครงการโซลาร์ภาคประชาชนใน ปี พ.ศ.2562 [2] นอกจากนี้ตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐโดยมีเป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์รวม 10,000 เมกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ. 2580 จากแผนพัฒนาผลิตกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2018) และมีการส่งเสริมการดำเนินโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์ภาคประชาชน) ปีละ 100 เมกะวัตต์ เป็นระยะเวลา 10 ปี จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2561-2580 (AEDP 2018) [3] โดยสำหรับพื้นที่ในเมืองหรือเขตชุมชนที่มีคนอยู่อาศัยอย่างแออัด เนื่องด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่สำหรับการติดตั้ง ประกอบกับนโยบายของภาครัฐที่มีการสนับสนุนพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ทำให้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาหรือโซลาร์รูฟท็อป (solar pv rooftop) นั้นได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมากสำหรับการนำมาช่วยลดค่าไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นพื้นที่สถาบันการศึกษาที่มีกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้ามากและการใช้มีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้มหาวิทยาลัยเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตอนกลางวันสูง [4] จากรายงานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแบบรายเดือนของหน่วยงานภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยของปีงบประมาณ2560 [5] ทั้ง12 เดือน มีการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 50843.56 MWh ซึ่งเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนของปีงบประมาณก่อนหน้าแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้การใช้ไฟฟ้าในลักษณะนี้ของมหาวิทยาลัยเหมาะสมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีตัวกักเก็บพลังงานเนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องผลิตและใช้ทันที อย่างไรก็ตามไม่ใช่ทุกอาคารที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากการติดตั้งระบบบนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างมาก อาทิ พื้นที่อับแสงอาทิตย์ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การศึกษานี้จึงทำการศึกษาประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษาเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งในประเทศไทยทั้งทางด้านวิศวกรรมและด้านข้อกำหนดของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานเพื่อใช้ประกอบการศึกษาประเมินในครั้งนี้ เช่น โครงสร้างอาคาร ทิศทางในการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกพื้นที่และอาคารที่เหมาะสมกับการติดตั้งและมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าและนำพื้นที่ที่ได้มาออกแบบการวางและจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประเมินกำลังการติดตั้งโดยการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ในการติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาอาคารในเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาเพื่อประเมินพื้นที่และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในเขตพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหาการศึกษา

1. กำหนดการศึกษาประเมินเฉพาะศักยภาพเชิงพื้นที่และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาเท่านั้น ไม่พิจารณาการวิเคราะห์ประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ อาทิ ความคุ้มค่าสำหรับการติดตั้งระบบ
2. การประเมินพื้นที่มีการอ้างอิงข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาตร์ อาทิ ภาพถ่ายดาวเทียม และฐานข้อมูลจากสำนักงานบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาทิ จำนวนอาคาร
3. ในส่วนของข้อกำหนด กำหนดให้ศึกษาเฉพาะข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ระเบียบวิธีการ**ศึกษา**

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา โดยการศึกษาจะสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อกำหนดและข้อจำกัดในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกและการประเมินพื้นที่สำหรับการติดตั้ง การศึกษางานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคาจากเอกสารเผยแพร่ต่าง ๆ เพื่อนำมาสร้างเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่เพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ในการติดตั้ง

ขั้นตอนที่ 2 รวมรวมข้อมูลอาคารในพื้นที่กรณีศึกษา

สำรวจและรวบรวมข้อมูลอาคารในพื้นที่กรณีศึกษาและใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการประเมินพื้นที่ติดตั้ง โดยใช้เกณฑ์ที่ได้ทำการศึกษา ประกอบการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้ง โดยคัดพื้นที่ไม่เหมาะสมสำหรับระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออก

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินพื้นที่และการประเมินรายอาคารพื้นที่กรณีศึกษา

ประเมินและคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมโดยการใช้เกณฑ์และข้อจำกัดทางวิศวกรรมที่ศึกษาในขั้นตอนที่ 1 เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่รวบรวมข้อมูลได้ใน ขั้นตอนที่ 2 โดยคัดเลือกพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือไม่มีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ออกจากการประเมินประกอบกับการลงสำรวจพื้นที่ประกอบการวิเคราะห์ อาทิ สภาพและโครงสร้างหลังคา การอับแสงเบื้องต้นและการใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์การอับแสงอาทิตย์ เป็นต้น และเก็บข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นที่หลังคาอาคารที่ผ่านการคัดเลือกในขั้นตอนที่ 3 โดยประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณพื้นฐานที่เกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการใช้โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นที่หลังคาโดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบและวิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้แบบเฉลี่ยรายปีในหน่วย เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อ ปี (MWh/year)

ขั้นตอนที่ 5 การสรุปผลการวิจัย

สรุปผลการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในเขตพื้นที่กรณีศึกษาและแนวทางในการขออนุญาตสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจากผลการศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ศึกษาความรู้ด้านข้อจำกัดของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา ทั้งด้านข้อกำหนดในประเทศไทยและข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม

1.5.2 เป็นแนวทางในการศึกษาประเมินสำหรับผู้ที่ต้องการประเมินความสามารถในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคาอาคาร

1.5.3 การศึกษานี้สามารถปรับใช้กับพื้นที่ที่สนใจโดยการปรับเกณฑ์การคัดเลือกเข้าให้เข้ากับพื้นที่เพื่อประเมินความสามารถในการติดตั้งและศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

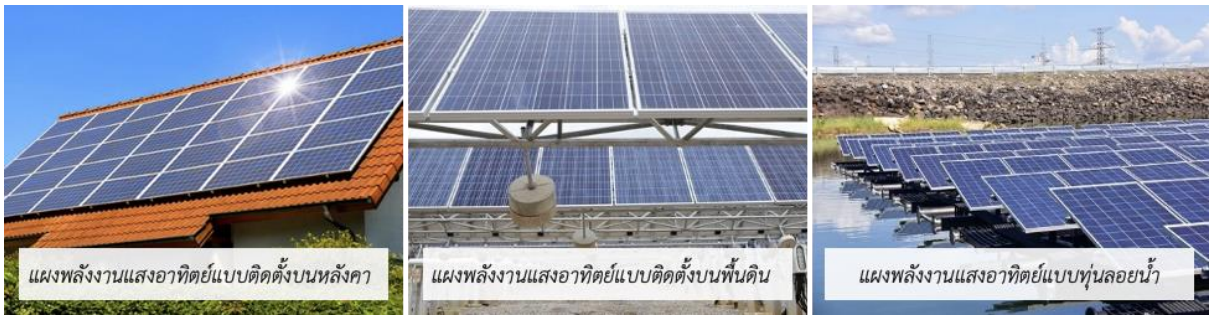
บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยนี้ เพื่อการศึกษา ประเมินศักยภาพในการติดตั้งเชิงพื้นที่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคา บนอาคารในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้เกณฑ์ที่ได้จากการศึกษาและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง ในการประเมินเพื่อหาความสามารถในการติดตั้งสูงสุดที่สามารถติดตั้งและผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีศักยภาพ เพื่อใช้ประกอบการศึกษาในสารนิพนธ์ จึงได้มีการศึกษาทฤษฎี งานวิจัย และเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและรวบรวมข้อจำกัดของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็นส่วนทางด้านของข้อกำหนดและข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม นอกจากนี้ในส่วนนี้ยังกล่าวถึงงานวิจัยจากเอกสารเผยแพร่ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ Photovoltaic system (PV system) ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 1 แผง หรือมากกว่ากับอินเวอร์เตอร์ (inverter) และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ระบบ PV เป็นระบบที่ใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีหลากหลายขนาดและรูปแบบตั้งแต่ขนาดเล็กแบบพกพา ติดหลังคาบ้านเรือน ไปยังโรงงานขนาดใหญ่ [6] เช่น แบบติดตั้งบนหลังคา (solar pv rooftop) แบบติดตั้งบนพื้นดิน (ground-mounted solar) และแบบลอยน้ำ (floating solar)



รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แบบ [7]

2.1.2 อุปกรณ์หลักของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

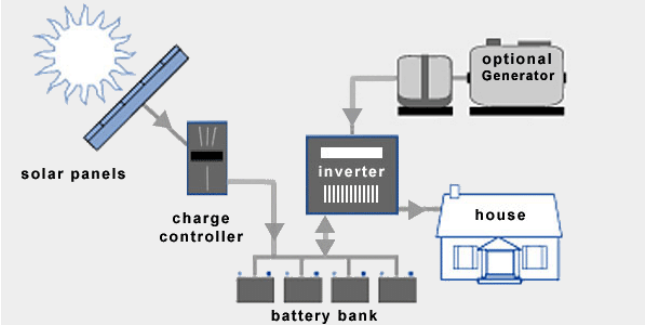
อุปกรณ์ที่หลักที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV panel) อินเวอร์เตอร์[1] (Inverter) สายไฟ ชุดเบรกเกอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าและไฟกระชาก (Surge protection device) เป็นต้น โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีการออกแบบให้เพียงพอต่อการใช้งานในบ้านพักอาศัย หรือสถานประกอบการอื่น ๆ ความรู้และเข้าใจในแต่ละอุปกรณ์เป็นสิ่งที่จำเป็นในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ถูกต้องและปลอดภัย [8] (ดูภาคผนวก ก)

2.1.3 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [9] แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

1) ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone/Off-Grid system)

ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone/Off-Grid system) คือ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่ออกแบบมาให้ใช้งานในเขตพื้นที่ชนบท หรือห่างไกลเป็นหลัก โดยที่ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึงได้ หรือ ไม่มีสายส่งไฟฟ้าจากระบบ การใช้งานสามารถต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานไฟฟ้าโดยตรง และสามารถเชื่อมกับแบตเตอรี่ เพื่อชาร์จไฟเก็บไว้ใช้งานได้

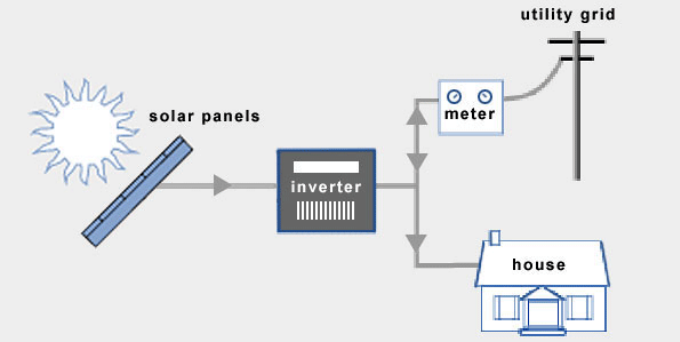


รูปที่ 2-2 ระบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ [7]

2) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า

ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า (On-grid connected system) คือ ระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ผลิตไฟฟ้าที่เชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าในพื้นที่ที่ไฟฟ้าสามารถเข้าถึงได้ หรือ มีระบบสายส่งไฟฟ้า เช่น เขตพื้นที่เมือง

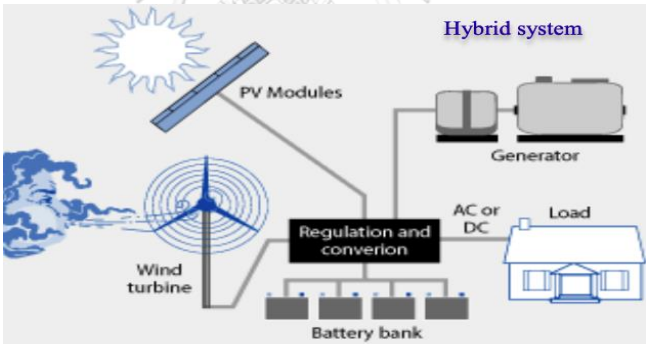
[1] เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า



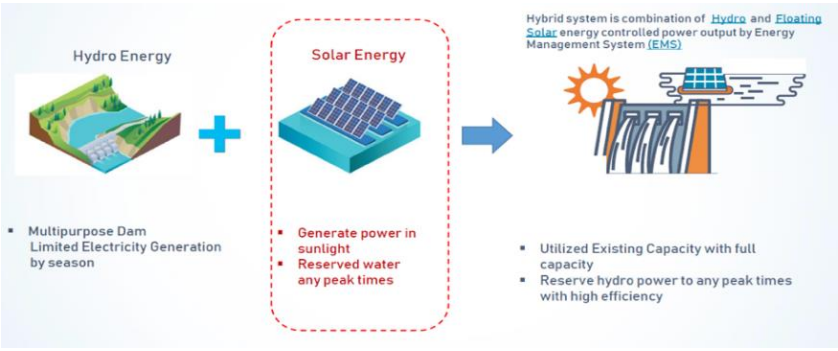
รูปที่ 2-3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า [7]

3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System) คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าประเภทอื่น อาทิ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำและเครื่องยนต์ดีเซล โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตาม วัตถุประสงค์โครงการ



รูปที่ 2-4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานน้ำ [7]



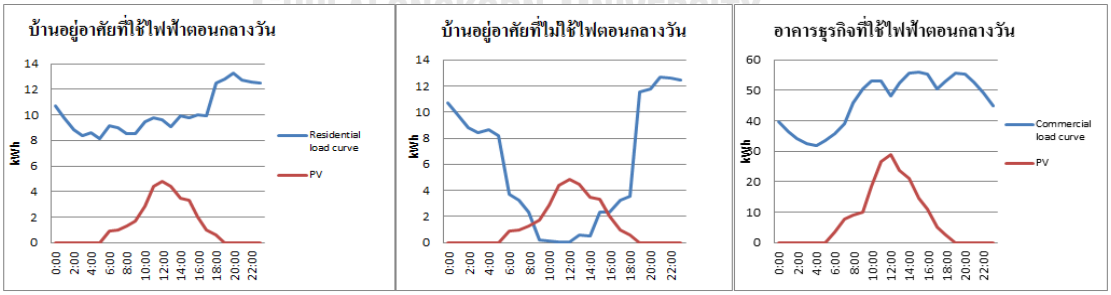
รูปที่ 2-5 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานน้ำ [7]

2.1.4 โซลาร์รูฟท็อป (Solar PV Rooftop)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาหรือ โซลาร์รูฟท็อป หมายถึง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไว้บริเวณหลังคาอาคารที่อยู่อาศัย สำนักงาน หรือโรงงาน ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแผงโซล่าเซลล์เมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะส่งต่อเข้าสู่กระบวนการแปลงให้เป็นกระแสไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟสำหรับใช้งานในระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร [10]

1) การใช้งานไฟฟ้าที่เหมาะกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

การใช้ไฟฟ้า (Load Profile) ในแต่ละที่พักอาศัยหรืออาคารสำนักงานมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์การใช้งานและผู้ใช้งาน โดยบ้านและที่พักอาศัยส่วนใหญ่จะใช้พลังงานปริมาณมากในช่วงเย็นและกลางคืนเนื่องจากผู้อยู่อาศัยออกไปทำงานหรือเรียนข้างนอกในช่วงเวลากลางวัน ในทางกลับกันอาคารจำพวกสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงงานอุตสาหกรรมจะใช้พลังงานสูงในช่วงเวลากลางวันและต่ำในเวลากลางคืน อีกทั้งโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งอาจมีการใช้พลังงานสูงตลอดทั้งวัน การเลือกติดโซลาร์รูฟท็อปควรพิจารณาถึงปัจจัยนี้เป็นหลัก เนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีตัวกักเก็บพลังงานจะต้องใช้ในทันทีหลังผลิตได้ ดังนั้น อาคารที่ใช้พลังงานสูงในตอนกลางวันจะสามารถใช้ประโยชน์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ ทำให้การติดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงจะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ [11]



รูปที่ 2-6 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ [10]

2) ประเภทของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประเภทของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแบ่งตามวัตถุประสงค์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การติดตั้งเพื่อใช้งานและการติดตั้งเพื่อขายไฟฟ้า

(1) ติดตั้งเพื่อใช้งาน

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการใช้งานภายในโรงงาน อาคารหรือบ้านที่พักอาศัยเป็นหลัก เพื่อช่วยในการประหยัดค่าไฟ

(2) ติดตั้งเพื่อขายไฟฟ้า

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง โดยจะต้องมีการติดตั้งมิเตอร์แยกจากมิเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ทั้งนี้การรับซื้อไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับนโยบายของภาครัฐ

3) ขนาดที่เหมาะสมกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในอาคารแต่ละประเภท

ตารางสรุปขนาดการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามประเภทอาคารสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-1 อย่างไรก็ตามการติดตั้งแบบใช้งานภายในโดยไม่มีการจำหน่ายไฟให้การไฟฟ้าจะต้องพิจารณาลักษณะการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่จะติดตั้งเพื่อให้ระบบกับการใช้งานไฟฟ้ามีขนาดที่สอดคล้องกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2-1 ขนาดที่เหมาะสมกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	ขนาดการติดตั้งระบบ
บ้านพักอาศัย	ไม่เกิน 10 kWp
อาคารพาณิชย์หรือโรงงานขนาดเล็ก	มากกว่า 10 kWp แต่ไม่เกิน 250 kWp
โรงงานขนาดกลางถึงขนาดใหญ่	มากกว่า 250 kWp แต่ไม่เกิน 1000 kWp

อย่างไรก็ตาม กรณีโรงงานขนาดใหญ่บางแห่งก็มีการติดตั้งมากกว่า 1000 kWp โดยอาจจะแบ่งแยกออกมาอีก เป็นโรงงานขนาดกลางและโรงงานขนาดใหญ่แต่ขึ้นอยู่กับพื้นที่และการใช้ไฟฟ้า

4) ประโยชน์ของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา [10]

1. พลังงานแสงอาทิตย์ดีต่อสิ่งแวดล้อม: พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดจากธรรมชาติที่ไม่มีวันหมดโดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีที่ดีอีกวิธีหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. ช่วยลดค่าไฟฟ้า: ช่วยลดค่าไฟฟ้าเนื่องจากสามารถผลิตไฟใช้ได้ส่วนหนึ่ง ดังนั้นจึงจ่ายค่าไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกิน ในกรณีที่มีการใช้งานน้อยกว่าที่ระบบผลิตไฟฟ้าผลิตก็สามารถขายไฟฟ้าส่วนที่เกินให้กับการไฟฟ้าได้
3. ใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่ได้ถูกใช้งาน :เปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์นั้นมาเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อลดค่าใช้จ่ายและยังสามารถขายไฟฟ้าที่ผลิตที่เหลือจากการใช้งานให้กับการไฟฟ้า
4. ลดความร้อนภายในอาคาร: แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถช่วยบังแสงแดดและช่วยลดความร้อนของหลังคา ลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศและประหยัดค่าไฟฟ้าได้
5. มีไฟฟ้าสำรองเมื่อขาดแคลน: การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีที่มีตัวกักเก็บพลังงาน จะทำให้มีไฟฟ้าสำรองเมื่อเกิดการขัดข้องระบบโครงข่ายไฟไฟฟ้า

2.2 ข้อจำกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย

ในการศึกษานี้ข้อจำกัดสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคานั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ ข้อจำกัดด้านข้อกำหนดและข้อจำกัดด้านวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในส่วนนี้จะรวบรวมเกี่ยวกับข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องรับทราบและปฏิบัติตาม ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องและปลอดภัยของการติดตั้งระบบในกรณีที่เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าจะต้องแจ้งให้การไฟฟ้าในเขตของพื้นที่ติดตั้งรับทราบรวมถึงการขอใบอนุญาตและดำเนินการแจ้งเพื่อขอขนานไฟของผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.1 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา

(1) คุณสมบัติของอุปกรณ์และมาตรฐานในการติดตั้ง [12]

1) ข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์

2) ข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่าย (Grid-connected inverter): เพื่อรับรองว่าผ่านมาตรฐาน ISO/IEC 17025 (สำหรับอินเวอร์เตอร์) หรือได้รับการยอมรับจากการไฟฟ้านครหลวง [13]

3) รูปแบบการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและส่วนภูมิภาค [13]

ทั้งนี้ผู้เชื่อมต่อที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดอินเวอร์เตอร์และมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งรวมกัน**เกินกว่า 1 เมกะวัตต์** จะต้องจัดหาและติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality Meter) ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตาม ข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง ณ ตำแหน่งจุดเชื่อมต่อของผู้ขอเชื่อมต่อ

(2) ต้องมีการยื่นคำขอรับใบอนุญาตที่เกี่ยวข้อง

1) ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4) (กรณีเข้าข่ายตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน)
2) ใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร (อ.1) (กรณีเข้าข่ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร)
3) ใบอนุญาตผลิตพลังงานควบคุม (พ.ค.2) (กรณีเข้าข่ายตามกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน หมายถึง มีพิกัดขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง (Rated Nominal Capacity) ของเครื่องแปลงผันกระแสไฟฟ้า (Grid-Connected Inverter) รวมตั้งแต่ 200 kVA (หรือ 200 kW) ขึ้นไป
4) หนังสือรับแจ้งการประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) เอกสารหลักฐานประกอบ

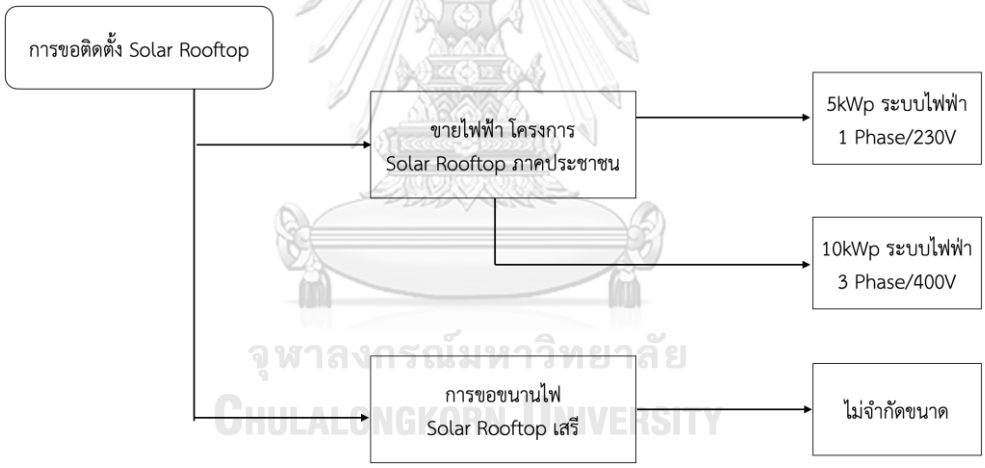
เอกสารทั่วไปของผู้ยื่นคำขอและเอกสารแสดงข้อมูลทางเทคนิค ตัวอย่างเอกสาร ได้แก่

1) รูปถ่ายแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์
2) สำเนาหลักฐานการยื่นแจ้งต่อราชการส่วนท้องถิ่น
3) แบบ Single Line Diagram ทางไฟฟ้า พร้อมกับวิศวกรไฟฟ้ากำลังลงนามรับรอง
4) แบบแปลนโครงสร้างการติดตั้งและรายการคำนวณทางโยธาพร้อมวิศวกรโยธาลงนาม
5) สำเนาใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร
6) CoP Check list และ Specification Sheets ของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

อย่างไรก็ตามผู้ยื่นคำขอจะต้องจัดทำเอกสารจำนวน 1 ชุด พร้อมทั้งจัดส่งเอกสารดังกล่าวในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ด้วยอีก 1 ชุด (ดูภาคผนวก ก)

ตารางที่ 2-2 การขออนุญาตสำหรับการติดตั้ง

การขออนุญาตสำหรับการติดตั้ง	
แบบที่ 1	การขออนุญาตเพื่อขอขายไฟคืน ตามโครงการไฟฟ้าภาคประชาชน (ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน10 กิโลวัตต์) และต้องเป็นบ้านพักอาศัยเท่านั้น (ประเภท1)
แบบที่ 2	การขอขนานไฟเพื่อติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเสรี โดยติดตั้งที่มีกำลังการผลิตได้ทุกขนาดไม่จำกัด



รูปที่ 2-7 แผนภาพสรุปการขอติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

กิจการพลังงานที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน

ประเภทของกิจการพลังงานที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 ดังนี้ [14]

ตารางที่ 2-3 ประเภทกิจการพลังงานที่จะได้รับการพิจารณายกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต

กิจการพลังงานที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต	
1. กิจการผลิตไฟฟ้า	มีกำลังรวมการผลิตไฟฟ้ารวม < 1000kVA
2. กิจการระบบโครงข่ายไฟฟ้า	ผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าตาม 1. นำไฟฟ้าไปใช้ในกิจการของตนเอง
3. กิจการจำหน่ายไฟฟ้า	มีขนาดการจำหน่ายไฟฟ้ารวม < 1000kVA
4. กิจการศูนย์ควบคุมไฟฟ้า	โดยปกติจะไม่มีหน้าที่สั่งการด้านการผลิตไฟฟ้าโดยตรง
5. กิจการเก็บรักษาและแปรสภาก๊าซธรรมชาติจากของเหลวเป็นก๊าซ	ปริมาณกักเก็บก๊าซธรรมชาติเหลวรวม < 50,000 ลิตร

ตารางที่ 2-4 ประเภทกิจการพลังงานที่ไม่เข้าข่ายต้องพิจารณาเพื่อขอยกเว้นไม่ต้องขออนุญาต

กิจการพลังงานที่ไม่เข้าข่ายต้องพิจารณา
1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน
2. การผลิตไฟฟ้าที่ไม่เชื่อมต่อกับระบบโครงข่าย เช่น เรือสำราญ แท่นขุดน้ำมันกลางทะเล หรือ ในพื้นที่ห่างไกล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างไรก็ตาม กิจการที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตจะต้องยื่นเอกสารประกอบการจดแจ้งต่อสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน โดยเอกสารจะต้องผ่านการตรวจสอบและรับรองโดยวิศวกรโยธา ให้โครงสร้างอาคารตามแบบแปลนโดยมีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

1) ขนาดพื้นที่ติดตั้งไม่เกิน 160 ตารางเมตร
2) มีน้ำหนักรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และโครงสร้างรองรับทั้งหมดไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยกำหนดให้วิศวกรโยธามีใบอนุญาตถูกต้องตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร

   <u>ระดับภาคี</u>: ให้ออกแบบและคำนวณได้เฉพาะอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 4 ชั้น หรือโครงสร้างอาคารที่ชั้นใดชั้นหนึ่งมีความสูงไม่เกิน 5 เมตร

   <u>ระดับสามัญและวุฒิ</u>: ให้ออกแบบและคำนวณได้ทุกงาน ทุกประเภทและทุกขนาด

2.2.2 หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการขายไฟฟ้าหรือการติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรือสำนักงานจะต้องติดต่อหน่วยงานของรัฐทั้ง 3 หน่วยงาน ดังนี้

(1) สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) เพื่อแจ้งขอเป็นผู้ประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นและขอรับใบอนุญาตทำการผลิตพลังงานควบคุม

(2) องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น หรือ สำนักงานเขต ที่อาคารที่จะติดตั้งระบบ ตั้งอยู่เพื่อขอรับใบอนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร (อ.1)

(3) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟผ.) ในเขตพื้นที่เพื่อให้ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งและเปลี่ยนระบบมิเตอร์ใหม่

2.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการขออนุญาตติดตั้งและขนานไฟ

ขั้นตอนในการขอดำเนินการขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการขอขนานไฟฟ้ากับการไฟฟ้าให้ถูกต้องตามกฎหมาย [15] โดยผู้ที่มีความประสงค์จะขอเชื่อมต่อระบบกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง จะต้องดำเนินการตามระเบียบการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง [16] และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [13] สามารถสรุปได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้ (ดูภาคผนวก ก)

1. จัดทำแบบการติดตั้งโดยให้ทีมวิศวกรโยธาตรวจสอบและลงนาม แจ้งให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เทศบาล หรือ อบต. รับทราบการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาที่พักอาศัย[2]
2. ผู้ขออนุญาตติดตั้งได้รับหลักฐานจากหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
3. เริ่มดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จนแล้วเสร็จ
4. ลงทะเบียนแจ้งการประกอบกิจการพลังงาน ที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตที่สำนักงาน กกพ. หรือบนช่องทางออนไลน์เว็บไซต์ของ กกพ.
5. แจ้งการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้เข้าตรวจสอบระบบแล้วชำระค่าใช้จ่าย
6. สำนักงาน กกพ. ออกหนังสือแจ้งยกเว้นการขออนุญาตฯ

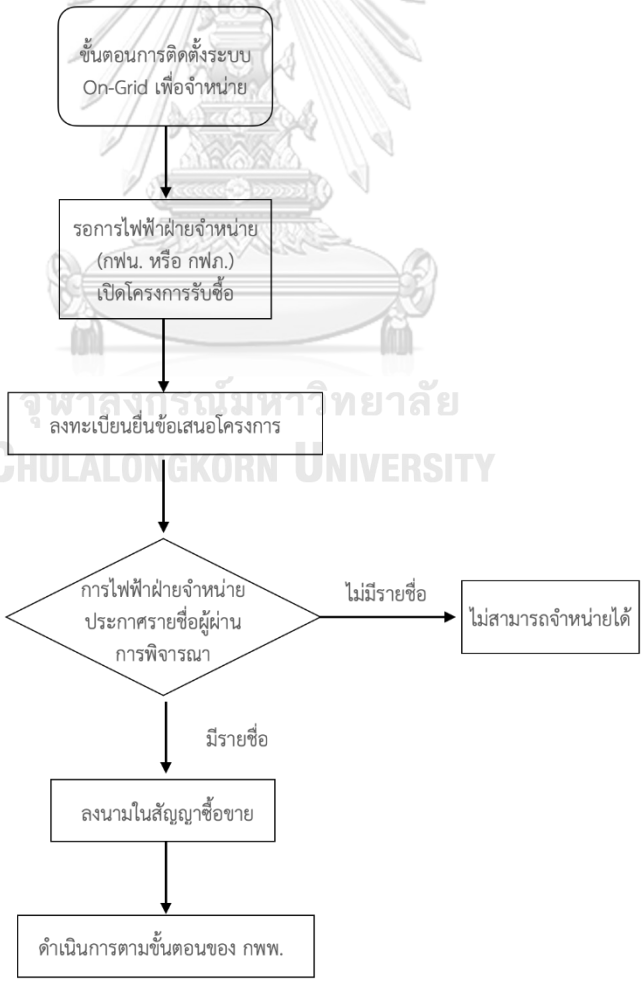
[2] แผงโซลาร์เซลล์มีน้ำหนักถึง 22 กิโลกรัม การเอาแผงไปวางบนหลังคา จะต้องมีการตรวจสอบโครงสร้างหลังคาว่ารับน้ำหนักได้หรือไม่ ผู้ติดตั้งจึงต้องยื่นแบบ ขอต่อเติมอาคาร กับ สำนักงานเขต หรือ องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น แล้วก็จะได้ใบอนุญาตมา 1 ใบ

7. ยื่นสำเนาหนังสือรับแจ้งยกเว้นการขออนุญาตฯ ต่อการไฟฟ้านครหลวง/ส่วนภูมิภาค)
   นำเอกสารทั้ง2 ส่วน ยื่นต่อ กฟน. หรือ กฟภ. ซึ่งการไฟฟ้าจะนำมิเตอร์ไฟฟ้ามาเปลี่ยนให้ใหม่ โดยป้องกันไฟฟ้าย้อนกลับและถ้าจะขายไฟฟ้าคืน
8. ผ่านการตรวจสอบระบบผลิต/เชื่อมโยงไฟฟ้า ตามข้อกำหนด
9. เริ่มผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าหรือใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.4 สรุปข้อกำหนดและการดำเนินการขออนุญาตสำหรับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

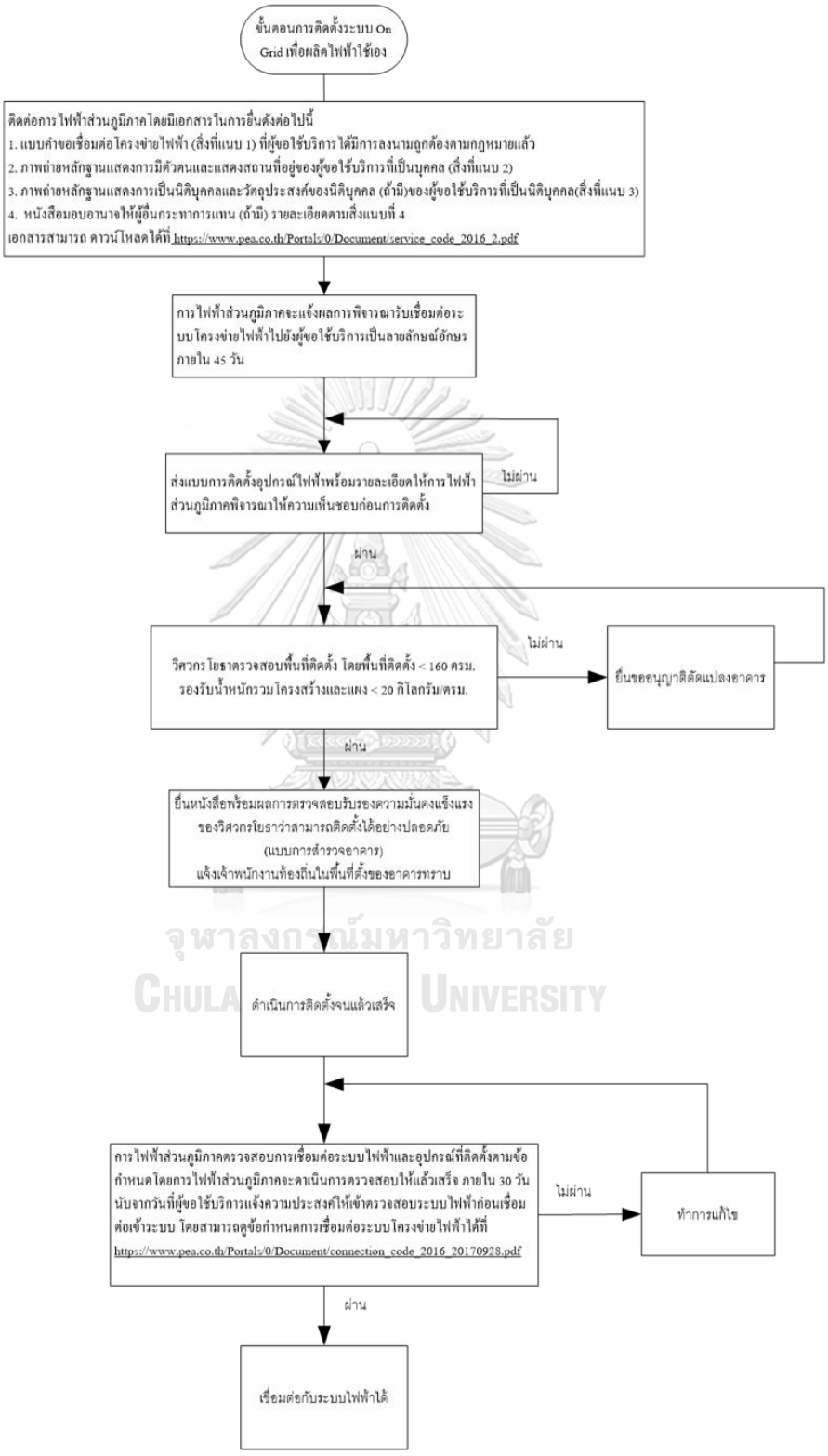
การติดตั้งระบบ Off-Grid ไม่ต้องมีการขออนุญาต แต่ในส่วนของการติดตั้งแบบ On-Grid ต้องมีการดำเนินการขออนุญาตเพื่อขนานไฟให้ถูกต้องตามข้อกำหนดโดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การติดตั้งระบบแบบผลิตไฟฟ้าใช้เองและแบบจำหน่ายไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

(1) **การติดตั้งระบบ On-Grid เพื่อจำหน่ายไฟฟ้า**



รูปที่ 2-8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการติดตั้งระบบ On-Grid เพื่อจำหน่ายไฟฟ้า [9]

(2) **การติดตั้งระบบ On-Grid แบบผลิตไฟฟ้าใช้เอง**



รูปที่ 2-9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการติดตั้งระบบ On-Grid เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เอง [9]

2.2.5 การขออนุญาตขนานไฟกับโครงข่ายไฟฟ้าแบ่งตามขนาดของระบบ

แนบท้ายประกาศสำหรับระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าโดย กฟน. และ กฟผ. [13] สามารถสรุปการขออนุญาตขนานไฟกับโครงข่ายไฟฟ้าแบ่งตามขนาดของระบบกำลังการผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์: kWp) ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยสามารถสรุปในตารางที่ 2-5 ได้ดังต่อไปนี้ (ดูข้อมูลเพิ่มเติมใน ภาคผนวก ก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2-5 ข้อกำหนดในการขนานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Roof Top) ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

กำลังการผลิตติดตั้ง	ขนาดแรงดัน	การขนานไฟ	ข้อกำหนดที่สำคัญ	หมายเหตุ
น้อยกว่า 15 kWp	220V/400V	อนุญาตให้ ขนานได้ แต่กำลังการผลิตต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของหม้อแปลงจำหน่ายที่ติดตั้ง	ต้องเปิดการใช้งาน Zero Export เพื่อควบคุมไม่ให้พลังงานไหลย้อนในช่วงที่มีการใช้พลังงานน้อยกว่าที่ผลิตได้	
มากว่า 15 kWp แต่น้อยกว่า 1000 kWp	12/24kV กฟน. 22/33kV กฟภ.	อนุญาตให้ ขนานได้ แต่กำลังผลิตรวมกันไม่เกินขีดจำกัดร้อยละ 15 ของขนาดหม้อแปลงจำหน่ายที่ติดตั้ง (KVA) ส่วนข้อจำกัดอื่น ๆ เป็นไปตามข้อกำหนดว่าด้วยการเชื่อมต่อของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	ต้องเปิดการใช้งาน Zero Export เพื่อควบคุมไม่ให้พลังงานไหลย้อนในช่วงที่มีการใช้พลังงานน้อยกว่าที่ผลิตได้ ติดตั้ง Relay Protection มี function ขั้นต่ำตามที่กำหนดว่าด้วยการเชื่อมต่อ ต้องติดตั้ง Power Quality Meter กรณีขนาดกำลังผลิตเกิน 250KW	ในกรณีกำลังผลิตเกิน 200KW ต้องขอใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม พค.2 และแจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า
มากกว่า 1000 kWp	12/24kV กฟน. 22/33kV กฟภ.	อนุญาตให้ ขนานได้ แต่กำลังผลิตรวมกันไม่เกินขีดจำกัดร้อยละ 15 ของขนาดหม้อแปลงจำหน่ายที่ติดตั้ง (KVA) ส่วนข้อจำกัดอื่น ๆ เป็นไปตามข้อกำหนดว่าด้วยการเชื่อมต่อของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	ต้องเปิดการใช้งาน Zero Export เพื่อควบคุมไม่ให้พลังงานไหลย้อนในช่วงที่มีการใช้พลังงานน้อยกว่าที่ผลิตได้ ติดตั้ง Relay Protection มี function ขั้นต่ำตามที่กำหนดว่าด้วยการเชื่อมต่อ ต้องติดตั้ง Power Quality Meter กรณีขนาดกำลังผลิตเกิน 250KW	ในกรณีกำลังผลิตเกิน 200KW ต้องขอใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม พค.2 และแจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า

2.2.6 ตัวอย่างนโยบายและโครงการที่เกี่ยวข้อง

(1) ตัวอย่างนโยบายสนับสนุนสำหรับภาคประชาชน **[17]**

1.1 โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564

พื้นที่ดำเนินการ (1)	เป้าหมายการรับซื้อ (2) (เมกะวัตต์, MWp)
การไฟฟ้านครหลวง	15
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	35
รวม	50

หมายเหตุ : (1) พื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้านครหลวง ประกอบด้วย 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ สำหรับพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประกอบด้วย 74 จังหวัด ที่อยู่นอกเหนือจากพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้านครหลวง

(2) เป้าหมายการรับซื้อไฟฟ้าให้รวมถึงการรับซื้อไฟฟ้าตามประกาศ กกพ. เรื่อง ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 และประกาศ กกพ. เรื่อง เชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2563

รูปที่ 2-10 พื้นที่ดำเนินการและเป้าหมายการรับซื้อสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 [17]

1.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อ 5 อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนเกินจากโครงการโซลาร์ภาคประชาชน ระยะที่ 1 (กลุ่มเป้าหมายภาคครัวเรือน ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย ติดตั้งไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ (kWp)) มีอัตรารับซื้อไฟฟ้า 1.68 บาทต่อหน่วย เป็นระยะเวลารับซื้อ 10 ปี ปริมาณรับซื้อ 100 เมกะวัตต์ (MWp) โดยแบ่งพื้นที่ดำเนินการในส่วนของการไฟฟ้านครหลวง 30 เมกะวัตต์ (MWp) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 70 เมกะวัตต์ (MWp) โดยให้ใช้อัตราดังกล่าวสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ยื่นคำขอขายไฟฟ้าต่อการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายตั้งแต่ปี 2563 เป็นต้นไป จนกว่าจะมีการประกาศเปลี่ยนแปลง

รูปที่ 2-11 เป้าหมายการรับซื้อสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 [17]

1.3 โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562

พื้นที่ดำเนินการ	กลุ่มเป้าหมายบ้านอยู่อาศัย กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์, MWp)
การไฟฟ้านครหลวง	30
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	70
รวม	100

หมายเหตุ : พื้นที่ดำเนินการ ของการไฟฟ้านครหลวง ประกอบด้วย 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ สำหรับพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประกอบด้วย 74 จังหวัด ที่อยู่นอกเหนือจากพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้านครหลวง

รูปที่ 2-12 พื้นที่ดำเนินการและเป้าหมายการรับซื้อสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 [17]

(2) ตัวอย่างนโยบายสนับสนุนอื่นในอดีต

2.1 โครงการเปลี่ยนจาก Adder เป็น Feed-in Tariff (FiT) เพื่อความเป็นธรรมต่อประชาชนและภาครัฐ *พ.ศ.* 2556 โดย FiT อยู่ที่ 5.66-6.85 บาท (ค่า FiT ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับขนาดของการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป หากเป็นบ้านอาศัยขนาดเล็กก็จะได้ค่า FiT มาก ในขณะที่โรงงานและอาคารธุรกิจค่า FiT จะถูกกว่าจนกระทั่งได้มีการปรับลด FiT ลงมาเป็น 4.12 บาท)

2.2 การรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน สำหรับผู้ที่ยื่นขอขายไฟไว้ในระบบส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) เดิม พ.ศ.2557

2.3 การรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน สำหรับผู้ที่ยื่นขอขายไฟไว้ในระบบส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) เดิม พ.ศ. 2558

2.4 โครงการนำร่องการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรี พ.ศ. 2559 โดยเปิด Pilot Project รวม 100 เมกะวัตต์ ภายใต้ Self-consumption นั่นก็คือติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปสำหรับผลิตไฟฟ้าในตอนกลางวัน ส่วนกลางคืนก็ซื้อไฟฟ้าตามปกติ ทั้งนี้ประชาชนสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้านได้เองและขายไฟส่วนที่เหลือ เพียงแต่จะไม่ได้รับค่าไฟในที่ไหลเข้าสู่ระบบโครงข่าย (Gird) แต่จะได้รับการติดตั้งและตรวจสอบมิเตอร์ฟรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.7 ข้อจำกัดด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง

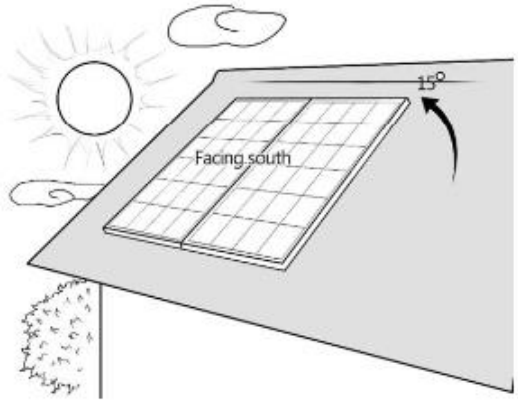
โดยข้อจำกัดทางวิศวกรรมที่มีผลต่อการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของระบบมีดังนี้ [9]

(1) สภาพโครงสร้าง ประเภท และความเหมาะสมของหลังคาอาคาร

(2) การยึดและการติดตั้งแผง

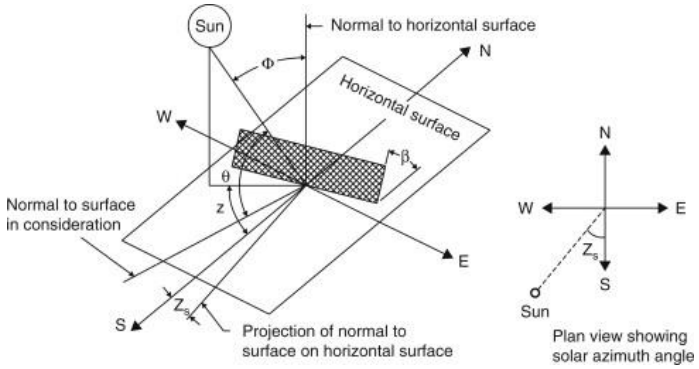
2.1 ทิศทางการติดตั้ง

แนวที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีอยู่ในระนาบแนว ทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก เป็นแนวที่รับแสงได้ตลอดวัน โดยส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในทางกลับกัน แนวทิศเหนือ-ทิศใต้ สามารถรับแสงได้เพียงครึ่งวัน ทำให้ประสิทธิภาพลดลงครึ่งหนึ่ง



CHULALONGKORN UNIVERSITY

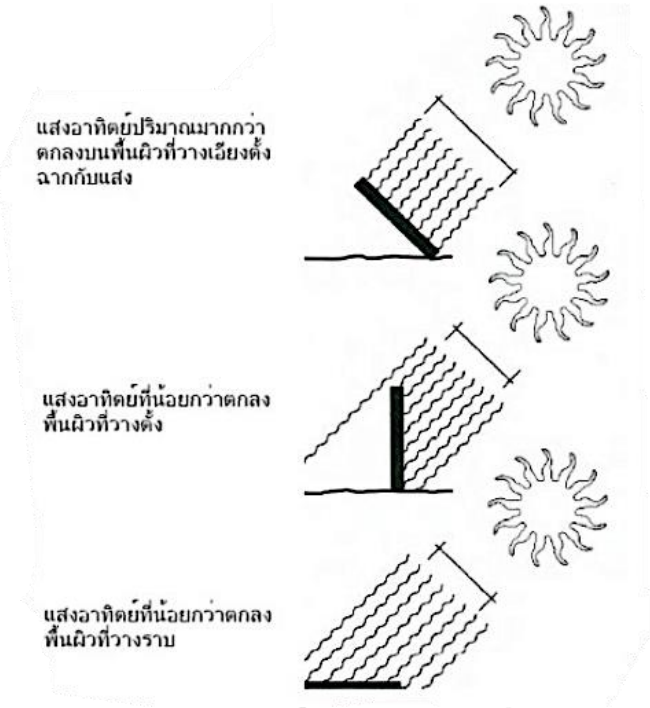
รูปที่ 2-13 แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้ารับแสงทางทิศใต้โดยทำมุมเงย 15 องศา [9]



รูปที่ 2-14 แผนภาพแสดงมุมและแสงอาทิตย์ [9]

2.2 มุมเอียงในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องวางให้ถูกต้องและเหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด โดยทั่วไปสำหรับประเทศไทย การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความชันที่เหมาะสมควรติดตั้งที่ความชันประมาณ 15 องศา จากพื้นดิน หากความชันไม่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างมาก [9]



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-15 การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับความชัน [9]

(3) การอับแสงอาทิตย์ (Shading)

สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยิ่งแสงแดดตกกระทบมาก แผงยิ่งมีการผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น หากมีการบังแดด หรือเงา บนแผง แผงจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ลดลงอย่างมาก การอับแสงอาทิตย์หรือ การเกิดเงาบดบังแสง โดยทั่วไปเกิดได้จากการเกิดเงาพาดบังพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อาทิ เงาจากเสา อาคารสูง หรืออาจเกิดจากโครงสร้างทางธรรมชาติ หรือสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยการอับแสงอาทิตย์จากเงา แม้เพียงบนพื้นที่เล็กน้อย ก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่จะผลิตได้ โดยสรุปแล้ว การอับแสงอาทิตย์จะส่งผลอย่างมากในเรื่องศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ รูปแบบการอับแสงมีหลากหลายประเภท [18] ดังต่อไปนี้

1) การอับแสงอาทิตย์ชั่วคราว

การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดแบบชั่วคราว เช่น เมฆปกคลุมบริเวณแผง เศษฝุ่นใบไม้ มูลนก หรือ ในพื้นที่อากาศหนาว อาจเกิดการอับแสงอาทิตย์จากหิมะ ในกรณีนี้ แนวทางการแก้ไขปัญหา ได้แก่ การทำความสะอาดแผงตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้

2) การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดจากสถานที่ติดตั้ง

การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น อาคารตึกสูงใกล้เคียง ต้นไม้ รวมถึงการอับแสงที่สามารถเกิดขึ้นในอนาคต อาทิ ต้นไม้ที่มีแนวโน้มที่จะโตและสูงขึ้นจนบดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3) การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดจากตัวแผงเซลล์แสงอาทิตย์เอง

การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดขึ้นจากการวางแผนติดตั้งที่ไม่ได้ประสิทธิภาพ การป้องกันเพื่อลดผลกระทบ ได้แก่ การออกแบบและติดตั้งโดยเว้นพื้นที่ระหว่างแผง และใช้องศาในการติดตั้งที่เหมาะสม

4) การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดจากตัวอาคาร

การอับแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจากตัวอาคาร โดยมีส่วนประกอบของอาคารที่เป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดเงา เช่น จานดาวเทียม ปล่องไฟ หรือระบบเครื่องปรับอากาศ การแก้ไขปัญหา ได้แก่ การหลีกเลี่ยง ปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้เหมาะสมกับการติดตั้ง หากทำไม่ได้อาจต้องพิจารณาการออกแบบ

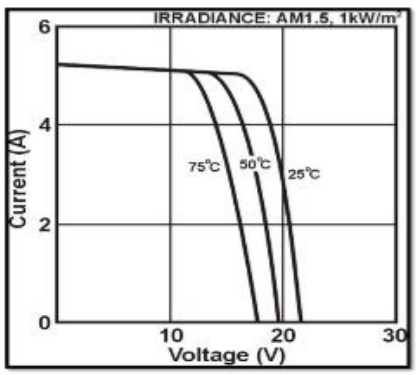
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องติดตั้งในบริเวณที่ได้รับ ปริมาณแสงแดดเท่ากันตลอด ทั้งวัน อาทิ การหลีกเลี่ยงการอับแสงอาทิตย์ประเภท 2 และ 4 โดยการติดตั้งเพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างที่จะทำให้เกิดเงาพาดทับ เช่น ต้นไม้และอาคารสูง

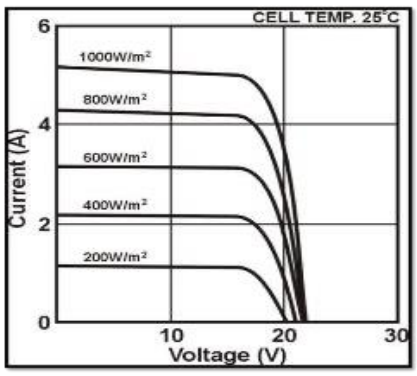
ตารางที่ 2-6 ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ

ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	
1. ความเข้มแสง	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อ ความเข้มของแสงสูง กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น (กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้นแต่แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 15)
2. อุณหภูมิ	กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ แรงดันไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 ดังแสดงในรูปที่ 16 ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย (กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้ กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)
3. ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด ทำให้เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
4. วัสดุประกอบแผง	วัสดุที่ใช้ประกอบแผง เช่น กระจก นั้นมีผลต่อประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน โดยกระจกควรลดการสะท้อนของแสงให้น้อยที่สุดก่อนที่แสงจะผ่านไปถึงเซลล์ด้านใน
5. อายุการใช้งาน	ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะค่อย ๆ ลดลงตามอายุการใช้งาน

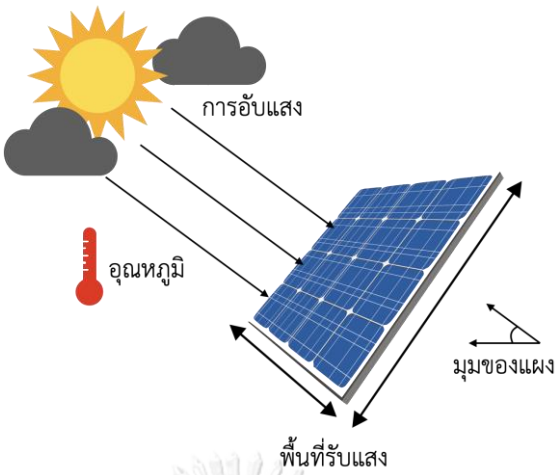
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-16 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ [9]



รูปที่ 2-17 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงค่าต่าง ๆ [9]



รูปที่ 2-18 แผนภาพแสดงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า [9]

2.3 การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

การประเมินศักยภาพทางกายภาพของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ คือการประเมินพื้นที่ในการติดตั้งและมีประสิทธิภาพบนอาคาร ร่วมกันกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางตรงกับระบบ อาทิ ปัจจัยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ โดยพื้นที่ที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาก ก็จะสามารถดึงศักยภาพในการใช้พลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ได้มาก โดยค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์จะแปรผันตามพื้นที่ ตามช่วงเวลาในหนึ่งวันและยังผันเปลี่ยนตามฤดูกาลในรอบปี

การคำนวณพลังงานแสงอาทิตย์ ณ สถานที่ใด ๆ จะอ้างอิงจากชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak Sun Hour, PSH) โดยจะแสดงชั่วโมงถึงค่าแสงแดดในเกณฑ์ดีมาก และไม่มีเมฆปกคลุมในรอบวัน ยกตัวอย่างเช่น PSH 5 ชั่วโมง หมายถึง ในพื้นที่ดังกล่าว มีชั่วโมงแดดที่ดี และไม่มีเมฆบดบังเป็นเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน ในทำนองเดียวกัน ช่วงเวลาที่มีรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า โดยจะมีค่าสูงสุดช่วงเวลาเที่ยงวัน และค่อยลดลงในช่วงเวลาเย็น ในการคำนวณเพื่อประเมินศักยภาพในการติดตั้งสามารถแบ่งออกเป็นการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ [4]

2.3.1 การประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงของมวลอากาศ (air mass) โดยรังสีอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านมายังผิวโลก การตกกระทบของแสงในช่วงเวลาต่างกัน การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่มีผลมาจากสภาพทางอุตุนิยมวิทยาโดยมีเมฆเป็นตัวแปร [4] หาได้จาก สมการที่ (1)

$$P = I \cdot A \quad (1)$$

กำหนดให้ P คือ ศักยภาพเชิงกายภาพ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day)

I คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อปีซึ่งเกิดการลดทอนของทิศทางการติดตั้งและมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร (kWh/m^2)

Area คือ พื้นที่ทั้งหมด ตารางเมตร (m^2)

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อปี (I) สามารถหาได้จาก สมการที่ (2)

$$I = \eta_t \cdot \eta_d \cdot \eta_s \cdot I_r \quad (2)$$

กำหนดให้ I คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อปีซึ่งเกิดการลดทอนของทิศทางการติดตั้งและมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร (kWh/m^2)

η_t คือ ประสิทธิภาพจากมุมเงยของเซลล์แสงอาทิตย์ เปอร์เซ็นต์ (%)

η_d คือ ประสิทธิภาพจากทิศทางของเซลล์แสงอาทิตย์ เปอร์เซ็นต์ (%)

η_s คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ได้รับแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของเซลล์แสงอาทิตย์ เปอร์เซ็นต์ (%)

I_r คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์ต่อปี กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี ($kWh/m^2/Year$)

2.3.2 การประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

การประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยคิดจากพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะคัดเลือกพื้นที่ที่ไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สามารถติดตั้งได้ออก เช่น บริเวณที่มีระบบเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ หรือ บริเวณที่มีการอับแสงอาทิตย์ เป็นต้น

$$G = I \cdot A \quad (3)$$

กำหนดให้ G คือ ศักยภาพการติดตั้ง กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน(kWh/day)

I คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อปีซึ่งเกิดการลดทอนของทิศทางการติดตั้งและมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร (kWh/m^2)

A คือ พื้นที่การติดตั้งที่เหมาะสม ตารางเมตร (m^2)

2.3.3 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ การนำผลของการประเมินที่ได้จากการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ โดยนำมาประกอบกับ ความสูญเสียของพลังงาน ดังนี้

$$E = G \cdot \eta \cdot pr \quad (4)$$

กำหนดให้ E คือ ศักยภาพทางเทคนิค กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน(kWh/day)

G คือ ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน(kWh/day)

H คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เปอร์เซ็นต์ (%)

pr คือ สมรรถนะของอัตราส่วนระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$\% \text{ ความแตกต่าง} = \left| \frac{X_1 - X_2}{\frac{(X_1 + X_2)}{2}} \right| \times 100 \quad (5)$$

กำหนดให้ % ความแตกต่าง คือ ค่าความแตกต่างระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวมที่ได้จากการคำนวณและโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

X_1 คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวมที่ได้จากการคำนวณ (MWh/year)

X_2 คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวมที่ได้จากโปรแกรม (MWh/year)

2.4 ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย และเขตพื้นที่กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบล ปี 2560 เขตปทุมวัน (MJ/ m²-day)

มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
17.61	19.24	19.89	20.9
พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
18.88	18.24	17.37	17.15
กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
16.94	16.8	17.06	16.86

ข้อมูลจากสถานีตรวจวัด กรุงเทพฯ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ที่ตั้ง: 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

โดยในการประเมินในการศึกษาวิจัยอ้างอิงจากฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบลสำหรับประเทศไทย ปี 2560 เขตปทุมวัน เนื่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งเป็นเขตพื้นที่กรณีศึกษา โดยแสดงในตารางที่ 2 โดยค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและถึงจุดสูงสุดในเดือนเมษายนก่อนค่อยลดลงสู่ระดับต่ำสุดในเดือนธันวาคม สำหรับค่ารังสีอาทิตย์ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 18 MJ/m²-day หรือ 5 kW/m²-day [19]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

2.5.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System: GIS)

กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่เป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมายเชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์ สภาพท้องที่ สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วนระยะทางและพื้นที่จริง

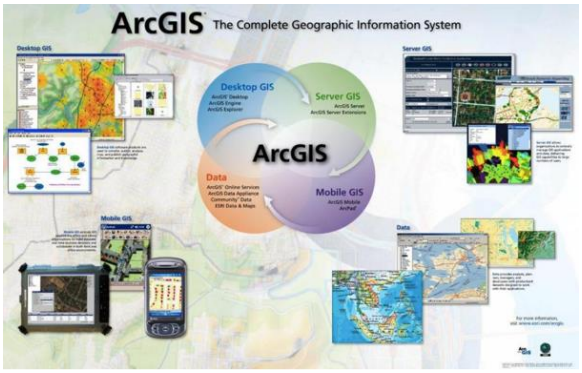
บนแผนที่ ข้อมูลที่จัดเก็บในระบบ GIS มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่แสดงในรูปของภาพ แผนที่ ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย หรือฐานข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อมกัน [20] ระบบ GIS ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะการประเมินศักยภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ของพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้ระบบ GIS เป็นเครื่องมือประกอบกับการประเมินจะช่วยประหยัดเวลา และประเมินพื้นที่ได้รวดเร็วขึ้น

ในปัจจุบันโปรแกรมที่ช่วยในเรื่องของระบบ GIS มีหลากหลายมาก อาทิ ArcGIS Quantum GIS และ Google Earth เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้สามารถช่วยวัดข้อมูลการวัดระยะและวัดพื้นที่จากระบบของ Google Earth ซึ่งมีการพัฒนาระบบสารสนเทศต่อยอดเพื่อใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมจะพบว่ามีระบบสารสนเทศหลายระบบที่มีระบบในการวัดระยะและวัดพื้นที่จากภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยในการศึกษาจะใช้ Google Earth Google Maps และ ArcGIS เป็นเครื่องมือช่วยในการสำรวจและประเมิน รวมถึงในเรื่องของการวัดคำนวณพื้นที่หลังคาอาคาร

(1) โปรแกรม ArcGIS

โปรแกรม ArcGIS เป็นชุดโปรแกรมประยุกต์ของระบบ GIS ชุดโปรแกรมหนึ่ง ผลิตและจัดจำหน่ายโดยบริษัท ESRI จำกัด ใช้ในการจัดการข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน สถานศึกษา ฯลฯ องค์ประกอบของ ArcGIS ประกอบด้วย ArcGIS for Desktop, ArcGIS for Server, ArcGIS for Mobile และ ArcGIS Online

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

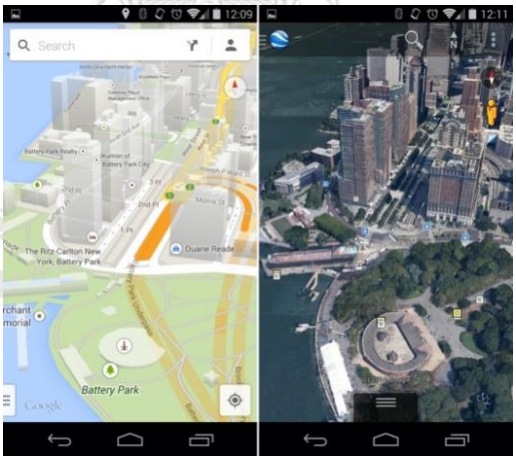


รูปที่ 2-19 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของ ArcGIS [21]

โดยศักยภาพของ ArcGIS มีความสามารถในการสร้าง การจัดการ การวิเคราะห์และการแสดงผลข้อมูล ทั้งในรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติได้อย่างสะดวกรวดเร็ว เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลจากภาพถ่ายทางดาวเทียมซึ่งมีความละเอียดและแม่นยำสูง โดยผู้ใช้สามารถสร้างแผนที่และวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งทางโปรแกรม ArcGIS for Desktop ทั้งนี้สำหรับส่วนผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้งานบริการแผนที่ต่าง ๆ เหล่านี้ได้โดยผ่าน Desktop Application หรือ Web Application ในการศึกษาจะใช้ Measure ซึ่งเป็นเครื่องมือการวัด สำหรับการคำนวณพื้นที่หลังคาอาคาร

(2) Google Earth และ Google Maps

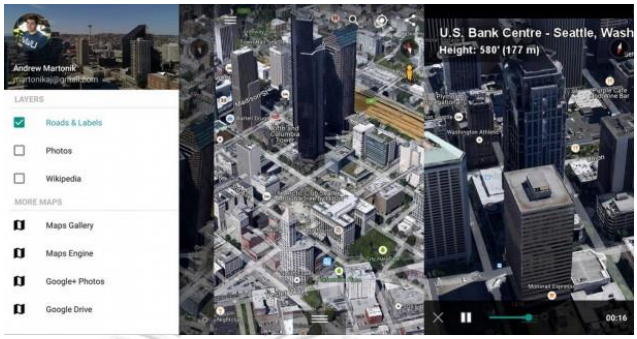
2.1 Google Maps คือ แอปพลิเคชันที่เป็นแหล่งแผนที่สำหรับเส้นทางสำหรับการเดินทางและบอกถึงการจราจร โดยมีการแสดงผลมุมมองดาวเทียมขั้นพื้นฐาน สามารถให้ข้อมูลครอบคลุมได้มากถึง 95 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่คนส่วนใหญ่ต้องการสำหรับการใช้งาน มีระบบ Street View ซึ่งสามารถใช้ในการสำรวจได้แต่ความละเอียดไม่มากเท่า Google Earth [22]



รูปที่ 2-20 ตัวอย่างการใช้งาน Google Maps [22]

2.2 Google Earth คือ แอปพลิเคชันที่เหมาะกับการสำรวจ เนื่องจากมีการแสดงผลข้อมูลที่ละเอียด ชัดเจนและซับซ้อนกว่า Google Mapsอีกทั้งยังมีการแสดงผลแบบ 3 มิติของข้อมูลดาวเทียมเพื่อให้เห็นถึงขนาดของอาคารและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่กำลังสำรวจอยู่ได้สมจริง โดยผ่านหน้าต่างการใช้งานจะทำให้สามารถมองเห็นทั้งอาคาร

และสภาพบ้านเมืองโดยรอบอย่างเต็มรูปแบบ อย่างไรก็ตาม Google Earth ยังมีเครื่องมือที่สามารถช่วยในการคำนวณพื้นที่ได้เช่นเดียวกับ ArcGIS [22]



รูปที่ 2-21 ตัวอย่างหน้าต่างการใช้งานของ Google Earth [22]

2.5.2 การวิเคราะห์การอับแสงอาทิตย์

ในการประเมินเพื่อคัดเลือกอาคาร การอับแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของระบบเป็นอย่างมาก และเพื่อการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง แม่นยำและลดการคลาดเคลื่อนของข้อมูล การนำโปรแกรมมาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์แสงเงา โดยเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินการอับแสงอาทิตย์ ได้แก่ โปรแกรม SketchUp Pro 2021 [23]

(1) โปรแกรม SketchUp Pro 2021

SketchUp เป็นของบริษัท Trimble Inc. สามารถขึ้นรูปโมเดลโดยใช้ภาพถ่ายจริงมาเป็นแบบในการวาด ดังนั้นจึงสามารถขึ้นรูปอาคารสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ให้เหมือนจริงได้ ทั้งนี้โดยการสร้างเงาตามความเป็นจริงของโปรแกรม SketchUp Pro 2021 จะสามารถทำได้โดยเครื่องมือ SketchUp’s Shadows สามารถทำให้โมเดลสร้างเงาพื้นฐานหรือดูว่าดวงอาทิตย์ทอดเงาบนหรือรอบ ๆ โมเดลที่ระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ โดยการสร้างเงาตามความเป็นจริงของโปรแกรม SketchUp Pro 2021 ด้วยเครื่องมือ SketchUp’s Shadows [23] สามารถทำให้โมเดลสร้างเงาพื้นฐานหรือดูว่าดวงอาทิตย์ทอดเงาบนหรือรอบโมเดลที่ระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ซึ่งโปรแกรมจะเชื่อมกับระบบ GIS ที่เป็นปัจจุบันและให้ข้อมูลออกมาค่อนข้างแม่นยำ

การคำนวณเงาที่วิเคราะห์และแสดงผ่าน SketchUp จากข้อมูลดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ละติจูดและลองจิจูดของแบบจำลอง
2. การวางแนวที่สำคัญของโมเดล

   โดยทิศเหนือใต้ตะวันออกหรือตะวันตกโปรดดูการปรับแกนการวาดภาพ เพื่อดูรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดแนวแกนวาดให้ตรงกับทิศทางที่สำคัญ

3. เขตเวลาที่เลือก

รูปที่ 2-22 แบบจำลองการแสดงแสงเงา [23]

2.5.3 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

โปรแกรมที่สามารถใช้ในการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีมากมายหลายประเภท แตกต่างกันตามความต้องการ ความถนัดของผู้ใช้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ โปรแกรมที่จะมีบทบาทในการวิเคราะห์ ได้แก่ SolarEdge Designer โดยโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉพาะ โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีฐานข้อมูลใหญ่และเป็นปัจจุบัน

(1) โปรแกรม SolarEdge Designer

SolarEdge Designer คือ โปรแกรมประเภท Web Based Application[3] ซึ่งทำให้สะดวกในการเข้าถึงทางเว็บไซต์ผ่านเครื่องมือสื่อสาร เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์สมาร์ตโฟน (Smart phone) โดยโปรแกรม Solar Edge Designer สามารถช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบ PV ทั้งการสร้างโมเดลแบบสามมิติและการออกแบบระบบ เช่น การต่อ

[3] Web Based Application หรือ Web Application (เว็บแอปพลิเคชัน) หมายถึง โปรแกรมที่เขียนมาเพื่อทำงานบนเว็บไซต์ โดยเรียกใช้งานผ่านทางออนไลน์ทั้งระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) โดยที่ผู้ใช้สามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้ผ่านการใช้ Browser (เบราว์เซอร์) เช่น Google Chrome (Alex Chaffee,2000) [26]

เครื่องแปลงไฟฟ้าและสายไฟ ทั้งนี้ยังสามารถทำได้ทั้งการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของที่อยู่อาศัย และการออกแบบระบบเชิงพาณิชย์ [24]

รูปที่ 2-23 ตัวอย่างแบบจำลองที่สร้างจาก SolarEdge Designer [24]

สำหรับระบบแบบ Grid-Connected หลักการคำนวณของโปรแกรมเป็นผลมาจากกระบวนการจำลองทั้งหมด โดยใช้ฐานข้อมูลแบบรายชั่วโมงต่อวันตลอดทั้ง 12 เดือน โดยมีการใช้แบบจำลองสำหรับการฉายรังสีบนโมดูล PV การผลิตอาร์เรย์ PV พฤติกรรมของอินเวอร์เตอร์ รวมไปถึงการคำนวณการสูญเสีย เช่น การอับแสง และความสูญเสียอื่น ๆ ทั้งหมดเช่น ค่าสูญเสียจากความสกปรก ประกอบกับตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าตำแหน่งพิกัดของพื้นที่ Time zone ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ รวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์และรายลที่ใช้ในแบบจำลอง เช่น ยี่ห้อ ขนาด และชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ รวมไปถึงการจัดวางทิศทางและมุมเอียงของแผงประกอบกันทั้งหมดเพื่อจำลองปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพื้นที่เพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1) การรวบรวมข้อมูลพื้นที่

จากการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศึกษาประเมินพื้นที่เพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบติดตั้งบนพื้นดินและแบบติดตั้งบนหลังคาอาคาร ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะถูกนำมาใช้กับโครงการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยหลายฉบับที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ามีการเลือกใช้ระบบ GIS สอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในขอบเขตที่กว้างของ Pillot Al-Kurdi Gervet และLinguet (2563) [25] และ Huang Ma Xiao และSun (2562) [26] ซึ่งมีการเสนอแนะให้เลือกใช้ระบบ GIS เป็นวิธีการและเครื่องมือหลักในการศึกษา เนื่องจากปัจจัย

ทางความไม่พร้อมของข้อมูลสำหรับบางประเทศ เช่น ประเทศด้อยพัฒนา เป็นต้น โดยในทางกลับกัน วิธีการทั่วไปอย่างการสำรวจและการลงพื้นที่เพื่อเข้าถึงข้อมูลเองนั้นใช้เวลานานหรืออาจจะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่สามารถรวบรวมข้อมูลทางภูมิศาสตร์ได้ทั้งหมด อาทิ ข้อมูลพื้นที่หลังคาของอาคารจำนวนมาก ดังนั้นในการศึกษานี้ซึ่งเป็นการประเมินพื้นที่ขนาดใหญ่และมีอาคารจำนวนมากจึงใช้ระบบ GIS ในการประเมินพื้นที่หลังคาอาคารที่เหมาะสมกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้การศึกษาครั้งนี้จะอ้างอิงฐานข้อมูลของสำนักบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2563) [27] โดยแสดงอาคารในวิทยาเขตของมหาวิทยาลัย โดยข้อมูลอาคารและพิกัดที่รวบรวมโดยอาศัยเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับระบบ GIS อาทิ โปรแกรม ArcGIS Google Maps และ Google Earth เป็นต้น

การใช้ข้อมูลจากระบบ GIS รวมถึงการนำเกณฑ์ด้านพื้นที่มาใช้ในการคัดเลือกพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Elshurafa และ Muhsen (2562) [28] ที่เป็นการประเมินการศักยภาพสูงสุดในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่เมืองโดยมีการแบ่งเกณฑ์ตามพื้นที่และการใช้งาน

2) แนวคิด โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่และเชิงเทคนิค

จากการทบทวนวรรณกรรมวิธีการในการประเมินศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาสำหรับเมืองขนาดใหญ่หรือพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารมาก วิธีการที่การศึกษาก่อนหน้านี้ใช้มีแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน อาทิ งานวิจัยของ Byrne Taminiau Kurdgelashvili และ Kim (2558) [29] กับการใช้ระบบ GIS สำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพของการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับภูมิภาค: กรณีศึกษามณฑลฝูเจี้ยน รวมไปถึงงานวิจัยของ Sun, Y., Hof, A., Wang, R., Liu, J., Lin, Y. และ Yang, D. (2556) [30] ที่วัตถุประสงค์หลักคือของการศึกษาเหล่านี้นั้นคือ การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของหลังคาที่มีอยู่และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ได้จากการติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สามารถนำมาปรับใช้กับพื้นที่กรณีศึกษาของสารนิพนธ์ฉบับนี้ได้

ในการศึกษาที่ผ่านมาผู้ศึกษาวิจัยมักจะเลือกใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐาน ยกตัวอย่างงานวิจัยของ Mukisa Zamora และ Lie (2562) [31] โปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน (application) ที่ใช้ได้แก่ Google Earth AutoCAD และ SketchUp โดยในปี พ.ศ.2558 งานวิจัยของณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ [4]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีการใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ GIS อย่างโปรแกรม Quantum GIS สำหรับประเมินและคำนวณพื้นที่หลังคาอาคารตัวอย่างในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยที่ผ่านมามีการพัฒนาแบบจำลองต่าง ๆ สำหรับการประเมินศักยภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น งานวิจัยของ Nguyen, H. and Pearce, J., (2555) [32] สำหรับตัวอย่างเทคนิคในการผสานความสามารถของการวิเคราะห์จากระบบ GIS แสดงให้เห็นถึงวัตถุกีดขวางบนอาคาร ทำให้สามารถบอกพื้นที่บนชั้นดาดฟ้าที่พร้อมใช้งานสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นในสารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถคัดเลือกพื้นที่โดยใช้ข้อมูลของสิ่งกีดขวางบนอาคารที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียมจากระบบ GIS ได้

แนวคิดและขั้นตอนในการประเมินสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hong et al. (2559) ซึ่งเป็นการศึกษาประเมินพื้นที่บนดาดฟ้าที่มีอยู่ของกรณีศึกษาย่านกังนัมในกรุงโซลประเทศเกาหลีใต้ โดยพิจารณาการอับแสงของอาคารโดยใช้การวิเคราะห์ Hillshade ในโปรแกรม ArcGIS ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์การอับแสงอาทิตย์ของพื้นที่บริเวณกว้าง โดยแนวคิดของงานวิจัยดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การรวบรวมและการแปลงข้อมูลการวิเคราะห์เงาอาคารและการประมาณพื้นที่ดาดฟ้าที่มีอยู่

จากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาที่ใช้ข้อจำกัดทางวิศวกรรม เช่น ทิศทางการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความชัน และการหลีกเลี่ยงพื้นที่อับแสง รวมถึงการคัดเลือกอาคารโดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ (2558) [4] อีกทั้งยังสอดคล้องในส่วนของการตั้งสมมติฐานต่าง ๆ และการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยงานวิจัยของโธนาพล ตันติสัตยกุล พีรพล รัศมีธรรมโชติ และเมฑาพร อุ่ยสกุล (2560) [33] เรื่องของการประเมินผลประโยชน์ทางพลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์ สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยทั้งสองเป็นการประเมินที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยซึ่งมีอาคารอยู่เป็นจำนวนมากและกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นกลุ่มประเภทใช้งานกลางวัน

การประเมินศักยภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษาเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการศึกษาประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ (2558) [4] ซึ่งเป็น

การศึกษาพื้นที่เดียวกัน รวมถึงแนวคิดในการประเมินคือการใช้ข้อจำกัดทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง อาทิ โครงสร้างหลังคา ทิศทาง เพื่อเป็นเกณฑ์คัดเลือกอาคารที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นการจัดทำโดยการเลือกตัวอย่างอาคารจากเกณฑ์การเข้าถึงข้อมูลเพียงแค่ 10 อาคาร เนื่องจากข้อจำกัดของขอบเขตในการศึกษา ได้แก่ การศึกษาทั้งการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทำให้ต้องมีการเข้าถึงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและการวิเคราะห์เกี่ยวกับทางการเงิน โดยจะต้องมีการคำนวณถึงจุดคุ้มทุน ซึ่งต้องมีการอ้างอิงข้อมูลต้นทุนของระบบได้แก่ ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ เครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงค่ามิเตอร์และการเชื่อมต่อระบบต่องานการติดตั้ง โดยนำมาใช้ประกอบกับการคิดมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) มีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว และเปรียบอัตราส่วนของไฟฟ้าที่ใช้จริงกับที่ระบบที่เมินผลิตได้เพื่อดูว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เท่าไหร่ ด้วยปัจจุยหลายประการจึงทำให้ผู้วิจัยสามารถประเมินได้แค่ขอบเขตอาคารที่กำหนด 10 อาคาร

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไม่มีการพิจารณาในประเด็นเชิงเศรษฐศาสตร์ขอบเขตเชิงพื้นที่จึงมีการขยายขอบเขตข้อมูลในเชิงปริมาณของจำนวนอาคารทั้งหมดที่ศึกษา อ้างอิงจากฐานข้อมูลของสำนักบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์ ทั้งหมด 216 อาคาร ในการประเมินมีแนวคิดในการใช้ข้อจำกัดทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง อาทิ โครงสร้างหลังคา ทิศทาง เพื่อคัดเลือกอาคารที่เหมาะสม จากงานวิจัยดังกล่าวเป็นผลการประเมินที่ได้จากการศึกษาในปี พ.ศ. 2558 และในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ ช่วงเวลามีผลต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้น ๆ เพราะพื้นที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อาทิ การก่อสร้าง หรือ รื้อถอนอาคาร เป็นต้น ปัจจุบันมีอาคารพาณิชย์และที่พักอาศัยขนาดใหญ่ที่เพิ่งก่อสร้างเสร็จทำให้บดบังอาคารเทพทราวาดีและอาคารพินิตประชานารถที่เป็นอาคารตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาที่ผ่านมา เพื่อให้ข้อมูลใหม่และเป็นปัจจุบันจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาโดยใช้ข้อมูลล่าสุดในปี พ.ศ. 2563 อีกทั้งในส่วนของการประเมินดังกล่าวไม่มีการใช้โปรแกรมวิเคราะห์เพิ่มเติมนอกเหนือจากโปรแกรม Quantum GIS ดังนั้นการศึกษานี้จึงอาศัยโปรแกรม SketchUp Pro 2021 สำหรับวิเคราะห์การอับแสงในแต่ละช่วงเวลา และในการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้การศึกษาครั้งนี้จึงมีการใช้โปรแกรม SolarEdge Designer ในการช่วยวิเคราะห์เพิ่มเติมจากการคำนวณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้นและเพื่อเปรียบเทียบกัน นอกเหนือจากที่กล่าวไปข้างต้นในการศึกษาครั้งนี้ยังมีการกล่าวถึงข้อกำหนดที่สำคัญ

และแนวทางสำหรับการขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยเพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้

สำหรับงานวิจัยทั้งหมดนี้ก่อนหน้านี้ ทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้นำแนวคิดในการศึกษาประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่และเชิงเทคนิค วิธีการ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ โดยจะถูกนำมาปรับใช้อย่างเหมาะสมสำหรับพื้นที่กรณีศึกษา ในส่วนแรกของการประเมินจะเป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลของพื้นที่และอาคารในพื้นที่ หลังจากรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นแล้วในขั้นตอนถัดมาคือในเรื่องความเหมาะสมของพื้นที่โดยในการศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นการใช้ข้อมูลจากระบบ GIS ในการประเมินเป็นหลัก เนื่องจากมีความแม่นยำค่อนข้างมากและสามารถช่วยประหยัดเวลาในการประเมินพื้นที่ในการติดตั้งได้ โดยจะใช้ Google Maps Google Earth และ ArcGIS เพื่อรวบรวมพิกัด และข้อมูลพื้นที่ เพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้ง จากพื้นที่ที่เหมาะสมการประเมินรายอาคารและวิเคราะห์ด้วยข้อจำกัดต่าง ๆ อาทิ โครงสร้าง การอับแสงอาทิตย์ เป็นต้น โดยจะถูกใช้เพื่อคัดเลือกอาคารที่มีศักยภาพในการติดตั้งและมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ดังกล่าวจึงมีการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ในการติดตั้งโดยวิธีการคำนวณและวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมเพื่อประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเป็นปริมาณเฉลี่ยรายปีของไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นที่ดังกล่าว รวมถึงมีการสรุปขั้นตอนและข้อกำหนดในการดำเนินการหากประสงค์ที่จะติดตั้งระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาข้อจำกัดในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม ด้านข้อกำหนด โดยใช้ข้อจำกัดที่ศึกษาเพื่อทำการประเมินหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปและมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า การศึกษาจะประเมินโดยการอ้างอิงข้อมูลอาคาร ณ ปัจจุบัน ทั้งหมด 216 อาคาร จากสำนักบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [27] และการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการประเมินผล อาทิ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ระบบ GIS) สำหรับการเก็บข้อมูลพื้นที่ ทั้งนี้จากการใช้โปรแกรมในการวัดคำนวณพื้นที่หลังคาในการศึกษา และการทวนสอบวัดสถานที่จริง โดยการสุ่มตรวจสอบวัดพื้นที่ของอาคารจำนวน 1 อาคาร พบว่าทั้งสองวิธีได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน จึงถือว่าเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้ในการศึกษาได้ [4] ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม ได้แก่ ArcGIS SketchUp Pro 2021 และ SolarEdge Designer ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสำรวจ ประเมินพื้นที่ วิเคราะห์ ออกแบบระบบ ประกอบกับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพื้นที่และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ วิธีการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษาข้อจำกัดในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่กรณีศึกษา โดยมีแผนภาพการดำเนินงานวิจัยดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.ศึกษาข้อจำกัดในการการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง >

1.1 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

1.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการติดตั้งและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า

1.3 การคำนวนที่เกี่ยวข้อง

2. การรวบรวมข้อมูล >

2.1 การประเมินรายอาคาร
- 2.1.1 ใช้เกณฑ์ที่กำหนดคัดเลือกข้อมูล
- 2.1.2 การประเมินศักยภาพด้วยข้อจำกัดทางวิศวกรรม
- 2.1.3 การประเมินการอับแสงอาทิตย์
- 2.1.4 การวัดพื้นที่หลังคาอาคาร

2.2 วิเคราะห์ข้อมูล Data Analysis
- 2.2.1 คำนวณศักยภาพเชิงเทค
- 2.2.2 ประเมินศักยภาพเชิงเทคโดยใช้โปรแกรม

2.3 ข้อกำหนด

รูปที่ 3-1 แผนภาพแสดงภาพรวมวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อจำกัดในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.1.1 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปกำหนดโดยคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ กิจการพลังงานแบบต้องขออนุญาต และแบบไม่ต้องขออนุญาตในการติดตั้ง ในส่วนเรื่องระบบรวมไปถึงคุณสมบัติและองค์ประกอบที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อมาตรฐานและความปลอดภัย อาทิ ชนิดของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดตั้งและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าที่แสดงในตารางที่1 รวมถึงข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม ดังปัจจัยที่แสดงในตารางที่ 3-1 เป็นส่วนที่จะต้องพิจารณาเพื่อตรวจสอบให้พื้นที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 3-1 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดตั้งและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า

เกณฑ์การประเมิน	คำอธิบาย
พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม	พื้นที่ที่ไม่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างชัดเจน เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่จะไม่มีอาคารบ้าน หรือ มีเพียงเล็กน้อย เช่น ลานจอดรถ ร้านสะดวกซื้อขนาดเล็ก บริเวณที่ถูกปกคลุมอย่างชัดเจนโดยต้นไม้ใหญ่
พื้นที่ลานกว้าง สำหรับกิจกรรม และบ่อน้ำ	พื้นที่ที่ใช้สำหรับกิจกรรมทั่วไป มักเป็นพื้นที่ที่มีบริเวณกว้าง และไม่มีสิ่งปลูกสร้าง เช่น ลานกิจกรรมสำหรับนักศึกษา บริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น บ่อน้ำ
พื้นที่กับการใช้งานจริง	การใช้งานจริงของพื้นที่ในแต่ละส่วน โดยที่พื้นที่บนดาดฟ้าอาคารที่มีอาจจะไม่สามารถใช้งานได้ทั้งหมด ทั้งนี้จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในการใช้ประโยชน์พื้นที่ในส่วนนั้น เช่น ยิม (Gym) สนามกีฬา สนามเทนนิส สระว่ายน้ำ
พื้นที่ที่มีการอับแสงอาทิตย์ที่ชัดเจน	บริเวณพื้นที่ที่มีการอับแสงอาทิตย์ โดยอาคารในพื้นที่จากการประมวลผลจากภาพดาวเทียมนั้น จะเห็นได้ชัดว่าพื้นที่ถูกปกคลุม และไม่ได้รับแสง หรือได้รับแสงอาทิตย์น้อยมาก โดยพื้นที่หลายแห่งในวิทยาเขต มีโอกาสที่จะเป็นพื้นที่อับแสงอาทิตย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.3 การคำนวณที่เกี่ยวข้อง

ประเมินกำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Installed DC Power) บนหลังคาบนพื้นที่ของแต่ละอาคาร

ขนาดของระบบที่ติดตั้ง = จำนวนแผง x กำลังของแผง (6)

กำหนดให้ ขนาดของระบบที่ติดตั้ง = กิโลวัตต์สูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (หน่วย: kWp)

จำนวนแผง = จำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (หน่วย: แผง)

กำลังของแผง = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ตรงจากแผง (หน่วย: วัตต์ W)

ตัวอย่างการคำนวณ:

กำหนดจำนวนแผงที่ติดตั้งจำนวน 20 แผง โดยที่กำลังของแผงหนึ่งแผงมีค่าเท่ากับ 405 W

จากสูตรที่ (1): ขนาดของระบบที่ติดตั้ง = 20 x 405W = 8100 Wp = 8.1 kWp

ดังนั้น ขนาดของระบบที่ติดตั้งมีค่าเท่ากับ 8.1 kWp

ข้อมูลศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของ เขต ปทุมวัน กรุงเทพฯ

การประเมินอ้างอิงจากฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบลสำหรับประเทศไทย ปี 2560 เขตปทุมวัน แสดงในตารางที่ 2 ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและถึงจุดสูงสุดในเดือนเมษายนก่อนค่อยลดลงสู่ระดับต่ำสุดในเดือนธันวาคม สำหรับค่ารังสีแสงอาทิตย์ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้ง 12 เดือน โดยมีค่าเท่ากับ 18 MJ/m²-day [19] กำหนดค่าพารามิเตอร์ (parameter) และสมมติฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

3.2 การรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลอาคารในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน แยกข้อมูลและรายละเอียดอาคารลงในตารางข้อมูลโดยอ้างอิง หมวดหมู่ จำนวนและข้อมูลอาคารจากสำนักบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึงพิกัดของอาคารด้วยGoogle Map ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลละติจูด (latitude) และลองจิจูด (longitude) ทั้งนี้ข้อมูลจำนวนชั้นของอาคารเพื่อใช้ในการประเมินความสูงของอาคารในการประเมินโดยใช้ความสูงระยะดิ่งสูงสุดของอาคารใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเทศไทย [34] กำหนดมีค่าเท่ากับ 3.5 เมตร ต่อ 1 ชั้นอาคาร ยกตัวอย่างเช่น อาคาร 2 ชั้น จะประมาณความสูงอาคารเท่ากับ 7 เมตร เป็นต้น

จากพื้นที่โดยรวมของพื้นที่วิทยาเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยตั้งอยู่บริเวณ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานบริหารทรัพยากรกายภาพของอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ดูภาคผนวก ก สำหรับตารางบันทึกผลการเก็บข้อมูลอาคาร) ซึ่งประกอบด้วยอาคาร 216 อาคาร โดยแยกหมวดหมู่ตามหน่วยงาน สถาบัน หอพัก และ สำนักงานของมหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-2 ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษาวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน

รูปที่ 3-3 ภาพถ่ายจากมุมสูงของพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจากการสำรวจ

3.2.1 การประเมินรายอาคาร

3.2.1.1 ใช้เกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 3-2 สำหรับการคัดเลือกข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินเพื่อคัดพื้นที่ไม่เหมาะสมออกและบันทึกผลการประเมินลงตารางข้อมูล ตัวอย่างพื้นที่ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในตารางที่ 3-2 ดังรูปที่ 3-4

รูปที่ 3-4 ตัวอย่างพื้นที่ที่ถูกคัดออกตามเกณฑ์ที่กำหนดในการประเมินพื้นที่

3.2.1.2 การประเมินศักยภาพด้วยข้อจำกัดทางวิศวกรรม

ข้อจำกัดที่มีผลต่อการติดตั้งระบบโซลาร์รูฟท็อป ทั้งด้านของการติดตั้ง และประสิทธิภาพซึ่งมีผลต่อปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการประเมินและคัดเลือกอาคารจากผลใน 2.3.1 โดยใช้เกณฑ์ข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม ดังที่แสดงในตารางที่ 3-2 และ รูปที่ 3-5 คือตัวอย่างพื้นที่ และอาคารที่ไม่ผ่านการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์สำหรับการประเมินพื้นที่ศึกษา

คุณสมบัติ	คำอธิบาย
พื้นที่ที่ขาดความพร้อมด้านโครงสร้าง ความเหมาะสมของหลังคา	ถึงแม้ว่าพื้นที่จะมีอาคารอยู่ แต่หลังคาอาจไม่เหมาะกับโครงสร้างสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น อาคารอนุรักษ์ เชิงคุณค่าสถาปัตยกรรม เช่น บ้านเรือนไทย หลังคาประเภทนี้ที่ไม่สามารถแบกรับน้ำหนักของแผงและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งได้
ความชัน	ความชันของหลังคาจะเป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่จะพิจารณาร่วมกับโครงสร้างของหลังคา 10-15 องศา

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์สำหรับการประเมินพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ทิศทางการติดตั้ง	แนวที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อยู่ในระนาบแนวทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก เป็นแนวที่รับแสงได้ตลอดวัน โดยส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในทางกลับกัน แนวทิศเหนือ-ทิศใต้ สามารถรับแสงได้เพียงครึ่งวัน ทำให้ประสิทธิภาพลดลงครึ่งหนึ่ง
การอับแสง (Shading)	ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องติดตั้งในบริเวณที่ได้รับ ปริมาณแสงแดดเท่ากันตลอดทั้งวัน หลีกเลี่ยงการอับแสงอาทิตย์โดยการติดตั้งแบบหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างที่จะทำให้เกิดเงาพาดทับ เช่น ต้นไม้

รูปที่ 3-5 ตัวอย่างพื้นที่ที่ถูกคัดออกตามเกณฑ์ข้อจำกัดทางวิศวกรรม

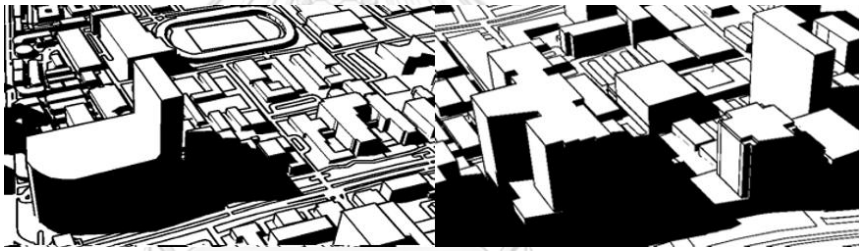
3.2.1.3 การประเมินการอับแสงอาทิตย์

การประเมินสามารถแบ่งได้ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ประเมินเบื้องต้นด้วยระบบ GISและการสำรวจพื้นที่จริงและใช้โปรแกรม SketchUp Pro 2021 สำหรับทำแบบจำลองเพื่อตรวจสอบการแสงเงาแบบละเอียด โดยขั้นตอนการใช้โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข เนื่องด้วยในแต่ละช่วงเวลาอาจมีแสงส่องไม่เท่ากัน ตัวอย่างดังรูปที่ 2 แบบจำลองการอับแสงอาทิตย์ของอาคารตัวอย่าง การทำแบบจำลองแสงเงาของช่วงเวลาที่ต่างกัน แสดงในรูปที่ 3 โดยพื้นที่ที่ผ่านการประเมินและเป็นพื้นที่อับแสงอาทิตย์ พื้นที่หรืออาคารนั้นจะถูกคัดออก

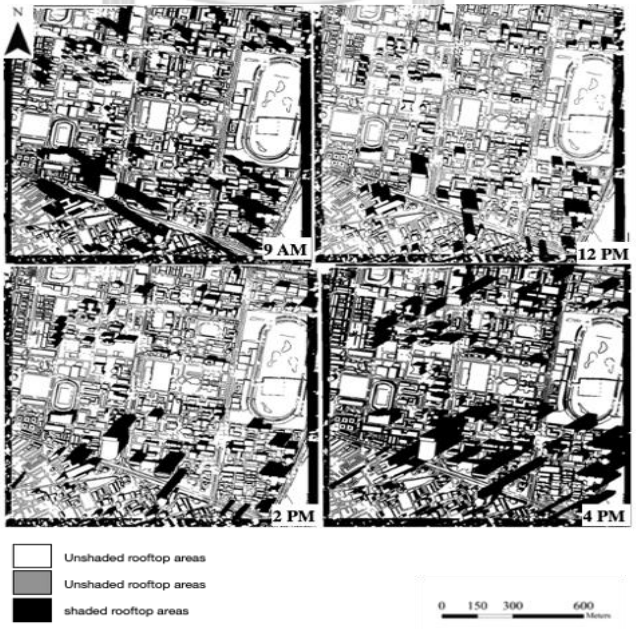
ขั้นตอนการประเมินการอับแสงอาทิตย์

1) การประเมินเบื้องต้นด้วยข้อมูลพื้นฐาน การสำรวจพื้นที่และการใช้ระบบ GIS เพื่อประเมินการอับแสงอาทิตย์จากข้อมูลพื้นที่ของอาคารและการใช้ระบบ GISในการประเมินพื้นที่ ประกอบกับการสำรวจพื้นที่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ 3 ประเภท ได้แก่ อับแสง ไม่อับแสง และอาจอับแสง
2) การประเมินพื้นที่ที่คัดเลือกจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านโปรแกรม SketchUp Pro 2021 เพื่อตรวจสอบการอับแสงอาทิตย์

การประเมินอาคารประเภท อาจอับแสง ในขั้นตอนที่ 1 โดยจะทำการจำลองพื้นที่กรณีศึกษา ผ่านโปรแกรม SketchUp Pro2021 โดยการใช้ข้อมูลความสูงเบื้องต้นจากการเก็บข้อมูลอาคารในการจำลองแสงเงาของอาคารที่ต้องการตรวจสอบ โดยพื้นที่อาคารที่โดนเงาของอาคารโดยรอบพาดทับจะถูกคัดออกจากการ (ดูภาคผนวก ข)



รูปที่ 3-6 แบบจำลองการอับแสงอาทิตย์ของอาคารตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโดยใช้ SketchUp Pro



รูปที่ 3-7 ตัวอย่างการอับแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาเดือนมกราคมโดย SketchUp Pro

3.2.1. การคำนวณพื้นที่หลังคาอาคาร

โปรแกรม ArcGIS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหาพื้นที่ ใช้คำสั่งการวัด (measure) เก็บข้อมูลพื้นที่ในหน่วยตารางเมตร และการวัดหลังคาอาคารจะทำการวัดจากพื้นที่หลังคาทั้งหมดของอาคารที่ผ่านการคัดเลือกโดยไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวางบนอาคาร อาทิ ระบบเครื่องปรับอากาศ ถังกักเก็บน้ำ เป็นต้น โดยบันทึกข้อมูลพื้นที่ที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผล (ดูภาคผนวก ข)

3.2.2 วิเคราะห์ข้อมูล Data Analysis

การวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้การคำนวณจากพื้นที่หลังคาอาคารที่ผ่านการคัดเลือกและการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยการใช้โปรแกรมในการออกแบบระบบและวิเคราะห์

3.2.2.1 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่หลังคาอาคารจากการคำนวณ

การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคารจากขั้นตอนที่ 3.2.1.4 โดยการประเมินทั้งแบบไม่คำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้และพื้นที่ที่สามารถติดตั้งได้ (คำนึงและไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวาง) ผลที่ได้จะเป็นค่าประมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ

ข้อมูล	สมมติฐาน	แหล่งอ้างอิง
1. ประสิทธิภาพจากมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	100%	กำหนดแผงมุม 15 องศา
2. ประสิทธิภาพจากทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	100%	กำหนดแผงหันหน้าทางทิศใต้
3. อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ได้รับแสงต่อพื้นที่ทั้งหมด	100%	กำหนดรับแสงเต็มพื้นที่
4. สมรรถนะระบบ	0.85	ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ (2558) [4]
5. ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์ต่อปี	5 kWh/m2/day	สถานีตรวจวัด เขตปทุมวัน [19]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่หลังคาอาคารจากการคำนวณแบ่งออกแบ่ง 3 ขั้นตอน ได้แก่ การคำนวณศักยภาพเชิงกายภาพ เชิงภูมิศาสตร์ และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

1) การประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ

การประเมินศักยภาพโดยไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวางบนอาคารจากพื้นที่หลังคาอาคารที่เก็บได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3.2.1.4 คำนวณโดยใช้สูตรที่ (3)

ตารางที่ 3-4 ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคาร

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	249.60
	ธรรมสถาน	760

คลังเก็บเอกสาร: G = I x A = 5 x 249.6 = 1,248 kWh/day

ธรรมสถาน: G = I x A = 5 x 760 = 3,800 kWh/day

ดังนั้น ศักยภาพเชิงกายภาพของคลังเก็บเอกสารและธรรมสถานมีค่าเท่ากับ 1,248 kWh/day และ 3,800 kWh/day ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

การประเมินศักยภาพโดยคำถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้ โดยพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้จะคิดจากสมมติฐานที่กำหนดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3-5 สมมติฐานพื้นที่หลังคาอาคารที่ไม่สามารถติดตั้งได้

สมมติฐาน	การใช้พื้นที่จากทั้งหมด (%)
1. หลังคาและทางขึ้นดาดฟ้า	10
2. งานระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ระบบน้ำ	20
3. สิ่งกีดขวางอื่นๆ เช่น ระบบสื่อสาร พื้นที่เพาะปลูก	15
รวม	45

ตัวอย่างการคำนวณ:

จากสูตรที่ 3 สมมติฐานจากตารางที่ 3-5 และตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ 3-4

คลังเก็บเอกสาร: G = I x A = 5 x (249.60-(249.60*0.45)) = 686.40 kWh/day

ธรรมสถาน: G = I x A = 5 x (760-(760*0.45)) = 2,090 kWh/day

ดังนั้น ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ของคลังเก็บเอกสารและธรรมสถานมีค่าเท่ากับ 686.40 kWh/day และ 2,090 kWh/day ตามลำดับ

3) การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

3.1 แบบเต็มพื้นที่

กำหนดสมมติฐานโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณและคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่จากสูตรที่ (5)

ตัวอย่างการคำนวณ:

จากสูตรที่ 4 และตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ 6

คลังเก็บเอกสาร:E = G x η x pr = 807.96 kWh/day x 14 % x 0.85 = 81.68 kWh/day

ธรรมสถาน:E = G x η x pr = 2,460.12 kWh/day x 14 % x 0.85 = 248.71 kWh/day

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของคลังเก็บเอกสารและธรรมสถานมีค่าเท่ากับ 81.68 kWh/day และ 248.71 kWh/day ตามลำดับ

3.2 แบบเว้นระยะห่างแผง

จากสูตรที่ 6 และตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ 6

คลังเก็บเอกสาร: E = W x n x PSH = 405W x 90 x 4.36 = 158.92 kWh/day

ธรรมสถาน: E = W x n x PSH = 405W x 81 x 4.36 = 143.03 kWh/day

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้แบบเว้นระยะแผงของคลังเก็บเอกสารและธรรมสถานมีค่าเท่ากับ 158.92 kWh/day และ 143.03 kWh/day ตามลำดับ

3.2.2.2 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอาคารด้วยโปรแกรม

การวิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแต่ละอาคารที่ผ่านการคัดเลือก โดยการประเมินด้วยโปรแกรม SolarEdge Design โดยกำหนดระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดสมมติฐาน ดังตารางที่ 3 โดยโปรแกรม SolarEdge Design จะถูกใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ

กำหนดค่าพื้นฐานระบบ ออกแบบวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการติดตั้งจริง ทำการประเมินโดยการออกแบบจัดวางแผงให้เหมาะสมที่สุดกับพื้นที่ โดยมีการเว้นระยะห่างแผงและให้มีค่าการสูญเสียจากการอับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (shading loss) น้อยที่สุด โดยมีค่า shading loss ไม่เกิน 1% โดยรายละเอียดการใช้โปรแกรม (ดูภาคผนวก ข)

กำหนดสมมติฐานประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล ตามสมมติฐานในตารางที่ 3-6 และหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางบนอาคารที่สามารถมองเห็นผ่านภาพจากระบบ GIS จากนั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบจะถูกคำนวณโดยโปรแกรม SolarEdge Designer

ผลที่ได้จากการประเมินและวิเคราะห์จากโปรแกรมมีดังนี้

1. จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2. กำลังการติดตั้งสูงสุด (kWp)

3. ปริมาณการผลิตไฟฟ้าแบบรายปี (MWh/year

ตารางที่ 3-6 สมมติฐานการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

รายการ	สมมติฐาน
1.ตำแหน่งพิกัดที่ตั้ง	ละติจูดที่ 13.74 ลองจิจูดที่ 100.54
2.Solar tracking mode	Fixed

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-6 สมมติฐานการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (ต่อ)

3.ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์	14%
4.ประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์	90%
5.ค่าสูญเสียจากดิน (Soiling Losses)	3%
6.ทิศทางการวางแผง (azimuth)	กำหนดวางแผงตามแนวของหลังคาตามข้อจำกัด สำหรับพื้นที่ดาดฟ้ากำหนดให้แผงหันตามและแนวการวางตัวของอาคารโดยให้มุ่งไปทางทิศใต้ (azimuth = 180 องศา) เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของการรับรังสีอาทิตย์
8.มุมเอียงของการวางแผง (tilt angle)	สอดคล้องตามละติจูดและลองจิจูดของประเทศไทย และสำหรับหลังคากำหนดความชันเท่ากับ 15 องศา
9.แผงเซลล์แสงอาทิตย์	Monocrystalline
10.กำลังไฟฟ้าที่ผลิต (Pmax)	405 W ต่อ แผง
11.ขนาดภายนอก	2015 x 1002 x 40 mm

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2.3 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

สรุปการขออนุญาตเพื่อขอขนานไฟกับโครงข่ายการไฟฟ้า โดยการอ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 5 ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าโดยการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากการศึกษาข้อกำหนดต่าง ๆ โดยค่ากำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดที่ได้ผลการวิเคราะห์ประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโปรแกรม ในข้อ 3.2.2.2 จะถูกนำมาสรุปแนวทางเพื่อขออนุญาต

3.3 ข้อจำกัดและสมมติฐานการศึกษาวิจัย

1. ข้อจำกัดของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ระบบ GIS) ในเรื่องการเข้าถึงข้อมูลบางส่วน เช่น ลักษณะหลังคา ดาดฟ้า ความสูง สิ่งกีดขวางทั่วไป สำหรับในการรูปแบบการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในโปรแกรมจะใช้ภาพถ่ายจากระบบ GIS กับภาพถ่ายมุมมองจากการสำรวจตามที่สามารถเก็บข้อมูลได้ (ดูภาคผนวก ค)

   ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจ:

รูปที่ 3-8 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจหลังคา

2. ข้อจำกัดของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ระบบ GIS) เช่น ข้อมูลคลาดเคลื่อน และข้อจำกัดของรูปแบบหลังคา การประเมินพื้นที่หลังคาอาคารในการคำนวณจะใช้สมมติฐานพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานได้ ดังตารางที่ 3-5 โดยมีการกำหนดสมมติฐานการประเมินความชันหลังคามาตรฐาน 10 องศา
3. แหล่งข้อมูลที่ใช้ Google Earth Google Maps OpenStreetMap
4. กำหนดให้ศึกษาเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบโครงข่ายเท่านั้น (On-grid Connected) โดยการติดตั้งเพื่อใช้งานเองภายใน ไม่จำหน่ายไฟฟ้า และกำหนดชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ มีการใช้เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ
5. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา: การออกแบบระบบ จำลองระบบ และการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จะใช้โปรแกรมในการช่วยคำนวณและวิเคราะห์ โดยปริมาณค่าเฉลี่ยการผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบรายปี โดยโปรแกรมที่ใช้ได้แก่ ArcGIS SketchUp Pro2021 และ SolarEdge Designer

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6. กำหนดสมมติฐานค่าไฟฟ้าต่อหน่วย ตามประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ มีการใช้งานเกิน 1000 kW ขึ้นไป เนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูลรายละเอียดการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้ การศึกษาวิจัยจึงใช้ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของมหาวิทยาลัยที่ผ่านมา จากตารางที่ 3-7 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 12 เดือน โดยมีค่าเท่ากับ 4.94 บาท/หน่วย [5]

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยสามารถคิดได้จากสมการที่ 7 ดังนี้

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท) / จำนวนหน่วย (หน่วย) (7)

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ2560

เดือน	จำนวนหน่วย (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท)	ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/หน่วย)
ตุลาคม	4,404,105	21,768,713.83	4.94
พฤศจิกายน	4,267,342	22,651,078.88	5.31
ธันวาคม	3,444,710	16,663,553.65	4.84
มกราคม	3,874,384	17,804,156.47	4.60
กุมภาพันธ์	3,978,440	19,005,887.84	4.78
มีนาคม	4,945,590	23,700,615.02	4.79
เมษายน	4,200,956	21,026,520.08	5.01
พฤษภาคม	4,119,090	21,389,971.79	5.19
มิถุนายน	4,138,852	21,195,530.03	5.12
กรกฎาคม	4,208,400	19,498,007.82	4.63
สิงหาคม	4,744,256	22,301,584.15	4.70
กันยายน	4,517,434	24,516,620.57	5.43
รวม	50,843,559	251,522,240.13	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาและประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากการคัดเลือกและการประเมินพื้นที่ด้วยเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนวิธีการดำเนินการงานวิจัยประกอบกับการใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการวิเคราะห์ โดยผลการศึกษาวิจัยจะประกอบไปด้วย ผลจากการรวบรวมข้อมูล ผลการประเมินรายอาคาร และผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

4.1 ผลการรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นที่ อาคารในมหาวิทยาลัย มีจำนวนอาคารทั้งหมด 216 อาคาร โดยแบ่งเป็นหมวดหมู่ ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางข้อมูลจำนวนอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแยกตามหมวดหมู่

หมวดหมู่	จำนวนอาคาร
สำนักงานมหาวิทยาลัย	74
คณะทันตแพทย์ศาสตร์	8
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี	4
คณะรัฐศาสตร์	5
คณะวิศวกรรมศาสตร์	25
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	5
คณะอักษรศาสตร์	2
สถาบัน	9
คณะนิติศาสตร์	1
คณะแพทยศาสตร์	16
คณะวิทยาศาสตร์	18
คณะเศรษฐศาสตร์	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-1 ตารางข้อมูลจำนวนอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแยกตามหมวดหมู่ (ต่อ)

คณะสหเวชศาสตร์	3
โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	6
คณะครุศาสตร์	6
คณะนิเทศศาสตร์	3
คณะเภสัชศาสตร์	6
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา	3
คณะศิลปศาสตร์	4
คณะสัตวแพทยศาสตร์	6
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	11
รวม	216

ผลการเก็บข้อมูลตามหมวดหมู่ของอาคารในมหาวิทยาลัย ได้แก่ สำนักงานมหาวิทยาลัย คณะต่าง ๆ วิทยาลัย โรงเรียน และสถาบัน โดยจะมีการรวบรวมข้อมูลละติจูด (latitude) ลองจิจูด (longitude) และจำนวนชั้นของอาคารเพื่อใช้ในการประเมินความสูงของอาคารในการประเมิน ตัวอย่างการเก็บบันทึกข้อมูลดัง ตารางที่ 4-2 (ดูภาคผนวก ค สำหรับตารางบันทึกผลฉบับเต็ม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-2 ผลการรวบรวมข้อมูลอาคารในเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	จำนวนชั้น	ความสูง (เมตร)	พื้นที่อาคาร (ตารางเมตร)	พิกัด	
					ละติจูด	ลองจิจูด
สำนักงาน	คลังเก็บเอกสาร	6	21	1,387.31	13.742220	100.526166
	ธรรมสถาน	2	7	927.51	13.739915	100.526339
	เรือนจุฬานฤมิต	1	3.5	326.8	13.74002781	100.5288011
	เรือนไทยจุฬาฯ	2	7	1602.51	13.74187081	100.5279426
	เรือนภะรตราชา	3	10.5	325.39	13.74011895	100.5290234
	เรือนอนุสาสก	2	7	186.98	13.74101013	100.5295928

4.2 ผลการประเมินรายอาคาร

จากการประเมินตำแหน่งพื้นที่ของอาคาร ใน 4.1 มีอาคารที่ไม่ผ่านเกณฑ์ด้านตำแหน่ง จำนวน 10 อาคาร จาก 216 อาคาร ทำให้มีอาคารที่ผ่านการคัดเลือกด้านตำแหน่งพื้นที่ทั้งหมด 206 อาคาร

จากอาคารจำนวน 206 อาคาร กับการคัดเลือกโดยเกณฑ์ทางด้านข้อจำกัดทางวิศวกรรม เช่น ความเหมาะสม โครงสร้างอาคาร และการอับแสงอาทิตย์ ซึ่งอาคารที่จะคัดออกเป็นอาคารที่หลังคาไม่สามารถติดตั้งระบบและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยอาคารผ่านการคัดเลือกด้านโครงสร้าง มีจำนวน 180 อาคาร อาคารที่ถูกประเมินว่ามีการอับแสงในเบื้องต้น จากการสำรวจและใช้ระบบ GIS มี จำนวน 86 อาคาร และอาคารที่ไม่สามารถประเมินได้จากการสำรวจและการวิเคราะห์เบื้องต้นมี จำนวน 44 อาคาร

โดยใช้ข้อจำกัดต่าง ๆ และการวิเคราะห์แสงเงาโดยใช้โปรแกรม SketchUp Pro2021 ในการคัดเลือกอาคารในการประเมินรายอาคารมีอาคารที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด 91 อาคาร อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีอาคารที่ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลของพื้นที่หลังคาผ่านระบบ GIS ได้ 4 อาคาร ดังนั้น อาคารที่ผ่านการคัดเลือกโดยศักยภาพในการติดตั้งระบบและผลิตไฟฟ้าในการศึกษานี้มีจำนวนรวม 87 อาคาร จากการคำนวณพื้นที่โดย ArcGIS โดยมีพื้นที่หลังคาอาคารทั้งหมด 113,897.41 ตารางเมตร โดยตารางที่ 4-3 แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการประเมินผลรายอาคาร (ดูภาคผนวก ค สำหรับตารางบันทึกผลฉบับเต็ม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินคัดเลือกรายอาคาร

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	ตำแหน่งพื้นที่	โครงสร้าง	การอับแสง		สรุป
				เบื้องต้น	SIA	
สำนักงานฯ	คลังเก็บเอกสาร	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	ธรรมสถาน	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	เรือนจุฬานฤมิต	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	เรือนไทยจุฬาฯ	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	เรือนภะรตราชา	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	เรือนอนุสาสก	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน

ตารางที่ 4-4 ผลข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคารที่คำนวณโดย ArcGIS

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	249.60
	ธรรมสถาน	760
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,224.55
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	525
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	596.33
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	775

4.3 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

4.3.1 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่หลังคาอาคารจากการคำนวณ

1) ผลการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ

การประเมินศักยภาพโดยไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวางบนอาคารจากพื้นที่หลังคาอาคารที่เก็บได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3.2.1.4 ดังตารางที่ 4-5 (ดูภาคผนวก ค) มีค่าเฉลี่ย 569,487.05 kW/day

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)	ความเข้มรังสีอาทิตย์ (kWh/m2/day)	ศักยภาพเชิงกายภาพ (kWh/day)
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	249.60	5	1,248.00
	ธรรมสถาน	760	5	3,800.00
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ฯ	1,224.55	5	6,122.75
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	525	5	2,625.00
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	596.33	5	2,981.65
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	775	5	3,876.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ผลการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

จากการคำนวณผลประเมินศักยภาพโดยคำถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้ โดยพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้จะคิดจากสมมติฐานที่กำหนด ได้ผลรวมเท่ากับ 316,167.11 kW/day โดยบันทึกผลการคำนวณในตารางที่ 4-6 ดังนี้ (ดูภาคผนวก ค สำหรับตารางบันทึกผลฉบับเต็ม)

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)	ความเข้มรังสีอาทิตย์ (kWh/m2/day)	ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ (kWh/day)
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	137.28	5	686.40
	ธรรมสถาน	418.00	5	2,090.00
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	673.50	5	3,367.51
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	288.75	5	1,443.75
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	327.98	5	1,639.91
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	426.39	5	2,131.97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณ

ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ เฉลี่ยรวม 14,872.87 MWh/year จากการคำนวณโดยกำหนดสมมติฐานของการติดตั้งและระบบโดยให้มีประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 14% และระบบมีสมรรถนะเท่ากับ 85% โดยบันทึกผลการคำนวณในตารางที่ 4-7 (ดูภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้แบบเต็มพื้นที่จากการคำนวณ

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	ประสิทธิภาพแผง	สมรรถนะระบบ	ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ (kWh/day)	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	
					kWh/day	MWh/year
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	0.14	0.85	686.40	81.68	29.81
	ธรรมสถาน	0.14	0.85	2,090.00	248.71	90.78
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	0.14	0.85	3,367.51	400.73	146.2679054
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	0.14	0.85	1,443.75	171.81	62.70928125
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	0.14	0.85	1,639.91	195.15	71.22938226
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	0.14	0.85	2,131.97	253.70	92.60189978

4.3.2 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของอาคารโดยการใช้โปรแกรม

ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการใช้โปรแกรม SolarEdge Designer ในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบและหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีตัวอย่างตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4-8 (ดูภาคผนวก ค)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างตารางการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับการประเมินรายอาคาร

รายชื่ออาคาร	พื้นที่ติดตั้ง (ตารางเมตร)	จำนวนแผง (แผง)	กำลังการติดตั้ง (kWp)	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh/Year)
คลังเก็บเอกสาร	42.39	21	43.74	62.25
ธรรมสถาน	14.13	7	32.81	47.95
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	650.12	322	130.41	184.84
โรงอาหารสำนักงานฯ	72.68	36	14.58	21.71

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างตารางการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับการประเมินรายอาคาร (ต่อ)

ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	306.89	152	61.56	87.51
ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์ฯ	325.06	161	65.21	95.32

จากผลการวิเคราะห์จากพื้นที่หลังคาอาคารทั้งหมดนั้นสามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จริงทั้งหมดจำนวน 23,076 แผง คิดเป็นพื้นที่ติดตั้งเท่ากับ 46,590.44 ตารางเมตร มีกำลังการติดตั้งสูงสุดรวมเท่ากับ 9,369.73 kWp โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 13,473.03 MWh/year

4.4 เปรียบเทียบผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณและโปรแกรม

ผลการประเมินศักยภาพจากการคำนวณเบื้องต้นและการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมมีค่าเฉลี่ยรวมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 87 อาคารของการประเมินทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน จากการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยรวมมีค่าเท่ากับ 14,872.87 MWh/year และจากโปรแกรมวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยรวมมีค่าเท่ากับ 13,473.03 MWh/year โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-9 ดังนี้

ตารางที่ 4-9 สรุปผลการประเมินจากการคำนวณและโปรแกรม

ผลการประเมิน	ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh/year)
การคำนวณ	14872.87
โปรแกรม	13473.03
ค่าความแตกต่าง (%)	10.29

จากตารางที่ 4-9 จากค่าความแตกต่างของทั้งสองวิธี มีค่าเท่ากับ 10.29 % ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามจากผลการคำนวณและประเมินรายอาคารนั้นแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแต่ละอาคารในทั้งสองวิธีมีค่าแตกต่างกันตามความละเอียดในการประเมิน อาทิ การประเมินโดยการคำนึงถึงสิ่งกีดขวางแบบการตั้งสมมติฐานกับการประเมินผ่านระบบ GISใน

โปรแกรมซึ่งจะให้รายละเอียดมากกว่าการใช้สมมติฐานการประเมินผ่านโปรแกรมจะทำให้ออกแบบรูปแบบการวางและสามารถประเมินจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ การกำหนดค่าต่าง ๆ รวมไปถึงพื้นที่ที่ติดตั้งได้จริงจะมีความแม่นยำมากกว่าการประเมินเบื้องต้นด้วยการคำนวณ

4.5 ผลการศึกษากับข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

จากการประเมินศักยภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคา พื้นที่กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากผลอาคารที่ผ่านการคัดเลือกและมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีหลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับพื้นที่อาคารและความเหมาะสม โดยระบบมีขนาดเล็กที่สุดตั้งแต่ประมาณ 14.58 และใหญ่ที่สุดถึง 351.54 kWp โดยการศึกษาวิจัยเป็นการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาและผลิตไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หากต้องการดำเนินการติดตั้งจะต้องมีการดำเนินการเพื่อขออนุญาตขนานไฟกับโครงข่ายของการไฟฟ้าให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในเอกสาร [17]

ตารางที่ 4-10 สรุปกำลังการผลิตติดตั้งและจำนวนอาคาร

กำลังการผลิตติดตั้ง	จำนวนอาคาร
น้อยกว่า 15 kWp	1
มากว่า 15 kWp แต่น้อยกว่า 1000 kWp	86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสมมติฐานในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแบบเชื่อมต่อระบบโครงข่ายของการไฟฟ้าแบบใช้งานภายในอาคารไม่มีการจำหน่ายไฟ ดังนั้น พื้นที่กรณีศึกษาสามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาได้ สำหรับขั้นตอนการดำเนินการเพื่อขอขนานไฟจากตารางที่ 2-5 ตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าโดยการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยระบบขนาด มากกว่า 15 kWp แต่น้อยกว่า 1000 kWp การไฟฟ้าอนุญาตให้ ขนานได้แต่กำลังผลิตรวมกันไม่เกินขีดจำกัดร้อยละ 15 ของขนาดหม้อแปลงจำหน่ายที่ติดตั้ง (kVA) ในส่วนข้อจำกัดอื่น ๆ จะเป็นไปตามข้อกำหนดว่าด้วยการเชื่อมต่อของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต้องเปิด อย่างไรก็ตามการติดตั้งแบบไม่มีการขายไฟจะต้องมีการใช้งาน Zero Export เพื่อควบคุมไม่ให้พลังงานไหลย้อนในช่วงที่มีการใช้พลังงานน้อยกว่าที่ผลิตได้ ติดตั้ง Relay Protection มี function ขั้นต่ำตามที่กำหนดว่าด้วยการ

เชื่อมต่อ และต้องติดตั้ง Power Quality Meter กรณีขนาดกำลังผลิตเกิน 250KWทั้งนี้ในกรณีกำลังผลิตเกิน 200 kWp ต้องขอใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม พค.2 และ แจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ศึกษาข้อกำหนดและข้อจำกัดต่าง ๆ และใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกประเมินพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพื้นที่ดังกล่าว จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลอาคารทั้งหมดในพื้นที่มีอาคารจำนวน 216 อาคาร และมี 206 อาคารที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกด้านพื้นที่ ในส่วนการประเมินรายอาคารซึ่งจากข้อจำกัดทางวิศวกรรมมีอาคารที่ผ่านเกณฑ์โครงสร้างอาคารจำนวน 180 อาคาร อย่างไรก็ตามมีอาคารที่อับแสง 86 อาคารจากการประเมินการอับแสงเบื้องต้น ทั้งนี้มีอาคารที่ไม่สามารถประเมินได้จากการสำรวจและการวิเคราะห์เบื้องต้นมีจำนวน 44 อาคาร หลังจากวิเคราะห์โดยการใช้โปรแกรมจำลองการอับแสง ทำให้มีอาคารที่ไม่อับแสงอาทิตย์มีทั้งหมดจำนวน 91 อาคาร การเก็บข้อมูลพื้นที่หลังคาจากอาคารทั้งหมด 91 อาคาร มี 4 อาคาร ที่ถูกนำออกจากการประเมินเนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ จากการคำนวณพื้นที่ด้วยโปรแกรม ได้พื้นที่หลังคาที่เหมาะสมซึ่งได้จากการประเมินทั้งด้านพื้นที่และข้อจำกัดทางวิศวกรรมทั้งหมด 113,897.41 ตารางเมตร จากการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานกับสมมติฐานในการคำนวณ ผลการประเมินค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณจากพื้นที่ประกอบกับค่าสมรรถนะระบบและประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.85 และ 14% ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรวม 14,934.70 MWh/year และจากการวิเคราะห์และจำลองระบบโดยโปรแกรม สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) พื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จริงมีจำนวน 23,076 แผง (หรือคิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 46,590.44 ตารางเมตร)
2) กำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดเท่ากับ 9,369.73 kWp
3) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยรายปีรวม 13,473.03 MWh

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ได้จากการคำนวณและโปรแกรมมีค่าร้อยละ 10.29 ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลในการตั้งสมมติฐานของการคำนวณ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในการประเมินผ่านโปรแกรม

อย่างไรก็ตามจากพื้นที่หลังคาที่เหมาะสมต่อการติดตั้งทั้งหมด 113,897.41 ตารางเมตร มีพื้นที่เพียง 46,590.44 ตารางเมตรที่สามารถติดตั้งได้ซึ่งคิดร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมด เนื่องจากในการติดตั้งจริงจะต้องคำนึงถึงสิ่งกีดขวางบนหลังคาอาคาร ที่ทำให้ไม่สามารถติดตั้งได้ อาทิ ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ พื้นที่ทำการทดลองของนิสิต พื้นที่เพาะปลูก หรือการใช้ประโยชน์พื้นที่สำหรับกิจกรรมอื่น ๆ เช่น สนามเทนนิส เป็นต้น นอกเหนือจากสิ่งกีดขวางแล้ว การเว้นระยะห่างและการจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมถึงอุปกรณ์อื่น ๆ และการอับแสงอาทิตย์จากแผงด้วยกันเองจะต้องได้รับการพิจารณาจึงทำให้พื้นที่บางส่วนลดลงไปจากพื้นที่เหมาะสมดังกล่าว ทั้งนี้เมื่อเพิ่มเติมปัจจัยที่กล่าวไปข้างต้นพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จริงสามารถติดตั้งได้จำนวนสูงสุดเพียง 23,076 แผง เป็นทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินจากงานวิจัยที่ผ่านมา [4] กับงานวิจัยในครั้งนี้มีความแตกต่างกันโดยแสดงให้เห็นดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบผลการประเมินของงานวิจัยที่ผ่านมากับงานวิจัยในครั้งนี้

ชื่ออาคาร	จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง)		พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh/year)	
	งานวิจัยในอดีต	งานวิจัยครั้งนี้	งานวิจัยในอดีต	งานวิจัยครั้งนี้
ครุศาสตร์ 3	31	148	15.29	87.32
เทพทวาราวดี	122	ไม่ผ่านเกณฑ์	60.18	ไม่ผ่านเกณฑ์
มหาธีรราชานุสรณ์	503	364	248.15	214.4
อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	388	266	191.41	156.92
อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมฯ	387	259	190.92	151.2
จามจุรี 8	268	222	132.21	131.04
อาคารศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาฯ	266	161	131.22	95.32
พินิตประชานารถ	90	ไม่ผ่านเกณฑ์	44.40	ไม่ผ่านเกณฑ์
อาคารสัตววิทยวิจักษ์	85	102	41.93	61.99
ฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	42	40	20.72	22.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประเมินของงานวิจัยที่ผ่านมามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูล อย่างไรก็ตามผลการประเมินของบางอาคารมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม เช่น มีอาคารที่ก่อสร้างใหม่ มีสิ่งกีดขวางบนอาคารเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างส่งผลให้อาคารเทพทวาราวดีและพินิตประชานารถอับแสงอาทิตย์และทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน และในบางอาคารสามารถติดตั้งแผงได้ลดลงจากผลการประเมินของงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น อาคารจามจุรี 8 ผลประเมินเดิมสามารถติดตั้งได้ 268 แผง แต่ผลงานวิจัยในครั้งนี้สามารถติดตั้งได้ 222 แผง เป็นต้น

จากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารทดแทนพลังงานการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 26.49 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยต่อปี อ้างอิงข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารวมของทุกหน่วยงานในมหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2560 [37] ซึ่งมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 50,843.56 MWh/year โดยเป็นค่าไฟฟ้าจำนวน 251,522,240.13 บาท ทั้งนี้จากสมมติฐานสามารถคิดค่าไฟฟ้า สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ประมาณปีละ 66,556,768.2 หรือประมานเดือนละ 5,546,365 บาท โดยค่าไฟเฉลี่ยตลอดปีของมหาวิทยาลัยอยู่ที่ประมานเดือนละประมาณ 20 ล้านบาทจากข้อมูลของสำนักงานบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [37] สำหรับการติดตั้งจริงบนพื้นที่ที่ศึกษาในเชิงข้อกำหนดที่กำหนดไว้โดยคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละอาคารจำเป็นจะต้องมีการดำเนินการขออนุญาตและยื่นเอกสารตามที่กำหนดไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาอาจมีความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ ข้อมูล หรือความผิดพลาดจากมนุษย์ ดังนั้นการศึกษานี้เป็นหนึ่งในแนวทางการประเมินศักยภาพของพื้นที่ที่ต้องการศึกษาเท่านั้น ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคตหรือผู้ที่สนใจนำไปใช้ศึกษาต่อสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 การประเมินในส่วนของการคำนวณด้วยข้อมูลพื้นฐาน อาจมีความละเอียดไม่เพียงพอจากที่แสดงให้เห็นในผลการประเมิน หากต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดควรใช้โปรแกรมช่วยประเมินควบคู่

5.2.2 ในการคำนวณและวัดพื้นที่ด้วยระบบ GISเป็นกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์เท่านั้น ซึ่งปัจจัยบางประการอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน

ของข้อมูลได้ เช่น ข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน การเข้าถึงไม่ได้หรือความผิดพลาดของภาพถ่ายจากดาวเทียม

5.2.3 เพื่อเพิ่มความแม่นยำและป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล ด้วยประการนี้จึงแนะนำให้มีการวัดพื้นที่จริงด้วยอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานก่อนการนำข้อมูลไปใช้เพื่อการวางแผนติดตั้งระบบจริง

5.2.4 การประเมินพื้นที่ติดตั้งบนหลังคาสามารถปรับใช้ได้กับพื้นที่อื่นที่สนใจได้โดยการปรับเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่สนใจศึกษา

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคตตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น การสร้างอาคารใหม่ที่มีขนาดสูงและใหญ่รอบบริเวณพื้นที่กรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. โครงการนำร่องผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาเสรี ปี พ.ศ.*2559*. 2559; Available from: http://www.erc.or.th/ERCWeb2/Front/News/NewsDetail.aspx?rid=3327&CatId
2. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. โซลาร์ภาคประชาชน. 2562 8 May 2021]; Available from: http://solar.erc.or.th/solar62/index.html.
3. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. *2561-2580*. 2561 8 May 2021]; Available from: http://www.eppo.go.th/images/Infromation_service/public_relations/PDP2018/PDP2018Rev1.pdf.
4. สังข์, ณ.ฐ.พ.ส. and โ.ภ.ต.ส.ท.โ.ภ. ต, การ ประเมิน ศักยภาพ เชิง เทคนิค และ เศรษฐศาสตร์ ของ ระบบ ผลิต ไฟฟ้า พลังงาน แสงอาทิตย์ บน หลังคา อาคาร ใน จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. Journal of Energy Research, 2558. **12**(2): p. 59-74.
5. สำนักบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, รายงานข้อมูลค่าไฟฟ้าแบบรายเดือนของหน่วยงานภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2560.
6. Energyeducation.ca. *Energy Education*. 2021 4 May 2021]; Available from: https://energyeducation.ca.
7. Egat.co.th. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2021 4 May 2021]; Available from: https://www.egat.co.th.
8. เตวัฒนรัตน์, อ., ศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด *1* เมกะวัตต์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, คณะเศรษฐศาสตร์. , 2558.
9. กระทรวงพลังงาน, ก.พ., คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. 2021.
10. Banpu NEXT Co., L. ข้อควรรู้ก่อนติดตั้ง “โซลาร์ รูฟท็อป” (*Solar Rooftop)* อย่างคุ้มค่าประหยัดต้นทุนได้ในระยะยาว. 2021 4 May 2021]; Available from: https://www.banpunext.co.th/.
11. Limited, A.C. *Solar Rooftop* คือ อะไร กับ *5* เหตุผลทำไมถึงควรติด โซลาร์รูฟท็อป. 2021 4 May 2021]; Available from: https://www.adheseal.com/solar-rooftop/.
12. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, ข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ อุปกรณ์และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (*Solar PV Rooftop)* เอกสารแนบท้าย *5*. 2020.
13. (กฟผ.), ก., ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า. 2019.
14. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, การรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. 2021.

15. evesolar.com. การขออนุญาตขนานไฟ - *Evesolar*. 2021; Available from: https://www.evesolar.com/content/5086/.
16. Authority, ก.M.E. ระเบียบที่เกี่ยวข้อง. 2021 8 May 2021]; Available from: https://www.mea.or.th/minisite/vspp/about/833.
17. Erc.or.th. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. 2019 8 May 2021]; Available from: http://www.erc.or.th/ERCWeb2/Front/StaticPage/StaticPage.aspx?p=16.
18. Antonios, T., *Site survey and shading analysis.* 2021.
19. (พพ.), ก., ศักยภาพรังสีรวมปี *2560*. 2560.
20. ศูนย์วิจัยภูมิศาสตร์สารสนเทศเพื่อประเทศไทย. *Learning GIS*. 2021; Available from: http://www.gisthai.org/v2/.
21. กรมชลประทาน, คู่มือการฝึกอบรม โปรแกรม *ArcGIS*. 2021.
22. แอพดิสคัส, *Google Maps* และ *Google Earth* ต่างกันตรงไหน. 2021.
23. Help.sketchup.com. *Casting Real-World Shadows | SketchUp Help*. 2021 8 May 2021]; Available from: https://help.sketchup.com/en/sketchup/casting-real-world-shadows.
24. Solaredge.com. *Designer | Free SolarEdge solar design software tool*. 2021 8 May 2021]; Available from: https://www.solaredge.com/products/installer-tools/designer#/.
25. Pillot, B., et al., *An integrated GIS and robust optimization framework for solar PV plant planning scenarios at utility scale.* Applied Energy, 2020. **260**: p. 114257.
26. Huang, P., et al., *Geographic Information System-assisted optimal design of renewable powered electric vehicle charging stations in high-density cities.* Applied Energy, 2019. **255**: p. 113855.
27. สำนักบริหารระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ข้อมูลกายภาพพื้นฐาน, ข้อมูลอาคาร. 2563.
28. Elshurafa, A.M. and A.R. Muhsen, *The Upper Limit of Distributed Solar PV Capacity in Riyadh: A GIS-Assisted Study.* Sustainability, 2019. **11**(16): p. 4301.
29. Byrne, J., et al., *A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **41**: p. 830-844.
30. Sun, Y.-w., et al., *GIS-based approach for potential analysis of solar PV generation at the regional scale: A case study of Fujian Province.* Energy Policy, 2013. **58**: p. 248-259.
31. Mukisa, N., R. Zamora, and T.T. Lie, *Feasibility assessment of grid-tied rooftop solar*

photovoltaic systems for industrial sector application in Uganda. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2019. **32**: p. 83-91.

32. Nguyen, H.T. and J.M. Pearce, *Incorporating shading losses in solar photovoltaic potential assessment at the municipal scale.* Solar Energy, 2012. **86**(5): p. 1245-1260.
33. กุล, ธ.น.พ.ต.ส., พ.พ.ร.ธ. โชติ, and เ.ท.พ.อ. สกุล, การ ประเมิน ผล ประโยชน์ ทาง พลังงาน สิ่งแวดล้อม และ เศรษฐศาสตร์ สำหรับ ระบบ ผลิต ไฟฟ้า พลังงาน แสงอาทิตย์ บน หลังคา อาคาร ภายใน มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ ศูนย์ รังสิต. Thai Science and Technology Journal, 2560: p. 1083-1099.
34. กฎกระทรวงฉบับที่ 55 ข้อที่ 22 , ห้องหรือส่วนของอาคารที่ใช้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ต้องมีระยะดิ่งไม่น้อยกว่าที่กำหนด. 2543.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

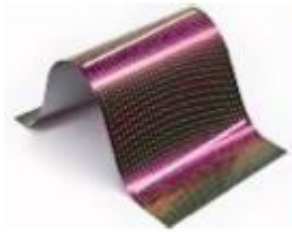
1.อุปกรณ์หลักของระบบโซลาร์เซลล์

1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel)

1.1.1 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

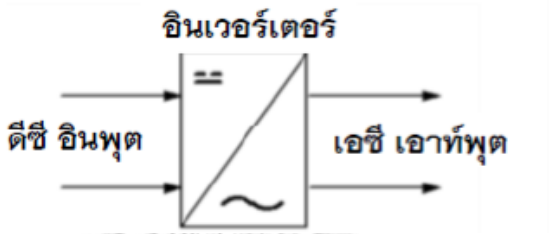
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-1 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline)	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline/Multi-crystalline)	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film)
ลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์			
ประสิทธิภาพสูงสุด	15-25%	13-16%	5-8%
ข้อดี	- ประสิทธิภาพสูงที่สุด - ประหยัดพื้นที่ - อายุการใช้งานนานที่สุด (25ปี) - แนวโน้มทำงานได้ดีกว่าแผงชนิดอื่นในสภาพแสงน้อย	- ราคาถูกกว่า ได้รับความนิยมมากที่สุด - กระบวนการผลิตง่ายกว่า - เกิดขยะจากของเสียน้อยกว่า - ผลกระทบต่ออุณหภูมิน้อยกว่า	- ผลิตจำนวนมากได้ง่าย ราคาถูกที่สุด - กำลังไฟฟ้าได้รับผลกระทบน้อยจากอุณหภูมิสูง ใช้วัสดุน้อยในการผลิต - สะอาด โค้งงอเป็นรูปต่าง ๆ ได้ - ทำงานได้ดีในสภาแสงน้อย
ข้อเสีย	- ราคาสูงที่สุด - หากถูกปกคลุมวงจรจะเสียหายทั้งหมด - เกิดขยะจากของเสียซิลิกอน - ประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูง ซึ่งประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อน	- ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์ เพราะความบริสุทธิ์ซิลิกอนที่ต่ำกว่า - ใช้พื้นที่มากกว่าเพื่อผลิตไฟฟ้าในปริมาณที่เท่ากันกับแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์	- ประสิทธิภาพต่ำมาก - ใช้เวลานานในการติดตั้ง - ข้อจำกัดในการเลือกอินเวอร์เตอร์ - กระบวนการผลิตที่เป็นพิษมากขึ้น

1.2 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

การทำงานของอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนหรือสำนักงานใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังแสดงใน รูปที่ 51 โดยด้านขาข้าวของอินเวอร์เตอร์นั้นเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC เช่น ต่อตรงกับแบตเตอรี่ หรือ อาร์เรย์เซลล์แสงอาทิตย์ด้านขาออกจ่ายไฟ AC ให้กับ ผู้บริโภค (ปกติ220-240 โวลต์)



รูปที่ ก-1 สัญลักษณ์อินเวอร์เตอร์ในวงจรไฟฟ้า

1.2.1 ประเภทของอินเวอร์เตอร์

1) อินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบแรงดันไฟฟ้าขาเข้า

- กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ (Grid-tied Inverter)
- อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่ (Battery Inverter)

2) อินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบแรงดันไฟฟ้าขาออก

- รูปแบบคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave)
- รูปแบบคลื่นไซน์ (Pure Sine wave)
- รูปแบบคลื่นไซน์ดัดแปลง (Modified Sine wave)

รูปที่ ก-2 อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่ 3.5 กิโลวัตต์โวลต์แอมป์ทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 แบตเตอรี่

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลากลางวันเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสง ไม่สามารถเก็บ พลังงานได้ แต่เมื่อต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางคืนจะต้องมีการใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน แบตเตอรี่ที่ เหมาะสำหรับใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท

1) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion Battery)

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion Battery) เป็นเทคโนโลยีล่าสุดในตลาด มักพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระดับสูง เช่น โทรศัพท์มือถือและแล็ปท็อป (Laptop) ดังแสดงในรูปที่ 4 แบตเตอรี่ Li-ion ไม่ได้ถูกใช้ในแอปพลิเคชันระบบในบ้านเนื่องจากมีราคาสูง และเมื่อเทียบกับขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ Li-ion มีอายุการใช้ งานที่ยาวนานและความจุพลังงานสูง โดยเฉลี่ยแบตเตอรี่ Li-ion สามารถใช้งานได้นานถึง 5 ปีนับจากวันผลิต ขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ ก-3 Li-ion Battery จาก Tesla Home Battery

2) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid Battery)

เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด อายุ การใช้งานตั้งแต่ 2 ถึง 10 ปี แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถพบได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2 โวลต์ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าที่สุดในตลาด

รูปที่ ก-4 แบตเตอรี่เซลล์เปียกแบบทั่วไป 6 โวลต์และ 12 โวลต์

1.4 ตัวควบคุมชาร์จประจุ (Charger Controllers)

เครื่องควบคุมการชาร์จประจุจะควบคุมการจ่ายพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้ในการชาร์จ แบตเตอรี่ ทาได้โดยการรับแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่

ตัวควบคุมการชาร์จมีหน้าที่หลัก ๆ 4 ประการ ดังนี้

1) ควบคุมให้การชาร์จประจุแบตเตอรี่เป็นไปอย่างปลอดภัย รวดเร็ว และสมบูรณ์

2) ฟังก์ชันโหลดคอนโทรลเลอร์ จะช่วยป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุที่ลึกได้

3) เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จประจุมากเกินไป

4) เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับจากแบตเตอรี่ไปยังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวอย่างตัวควบคุมชาร์จประจุ

รูปที่ ก-5 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ PWM ยี่ห้อ Victron 12 โวลต์ 10 แอมป์

1.5 อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าและไฟกระชาก (Surge Protection Device)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในเวลาสั้น ๆ เช่น ฟ้าผ่า ซึ่งจะทำให้เครื่องจักรทำงานต่อได้โดยไม่กระตุก

1.6 สายไฟและชุดเบรกเกอร์

สายไฟฟ้าขึ้นอยู่กับพิกัดการทนกระแสไฟฟ้าสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์ต้องใช้สายไฟที่ทนอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส (PV/PVI -F) และข้อต่อที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อต้องสามารถกันน้ำและทนความร้อนได้ เพราะติดตั้งในที่โล่งแจ้ง

1.7 เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Power Optimizer)

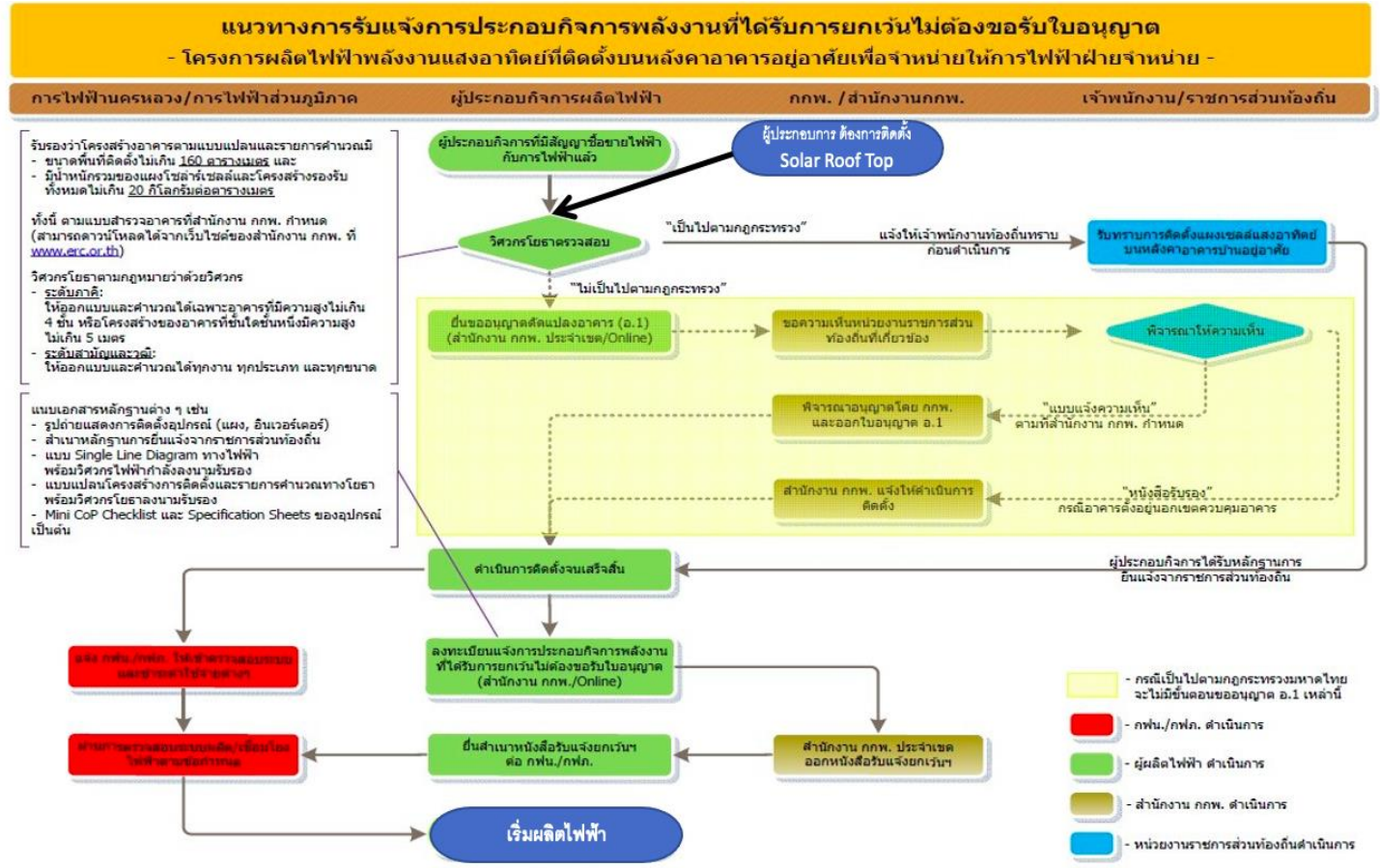
คือ เทคโนโลยีที่เป็นเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน โดยตัวแปลง DC / DC ซึ่งเชื่อมต่อโดยตัวติดตั้งกับโมดูลโซลาร์เซลล์แต่ละตัวโดยเปลี่ยนให้เป็นโมดูลอัจฉริยะ

- ช่วยเพิ่มผลผลิตพลังงานจากระบบ PV โดยการติดตามจุดกำลังสูงสุด (MPPT) ของแต่ละโมดูลอย่างต่อเนื่อง
- ตรวจสอบประสิทธิภาพของแต่ละโมดูลและสื่อสารข้อมูลประสิทธิภาพไปยังแพลตฟอร์มการตรวจสอบ SolarEdge เพื่อการบำรุงรักษา
- มีคุณสมบัติ SafeDC™ ที่ออกแบบมาเพื่อลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยโดยอัตโนมัติเมื่อใดก็ตามที่อินเวอร์เตอร์หรือระบบปิดลง

รูปที่ ก-6 เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน

2. เอกสารและใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

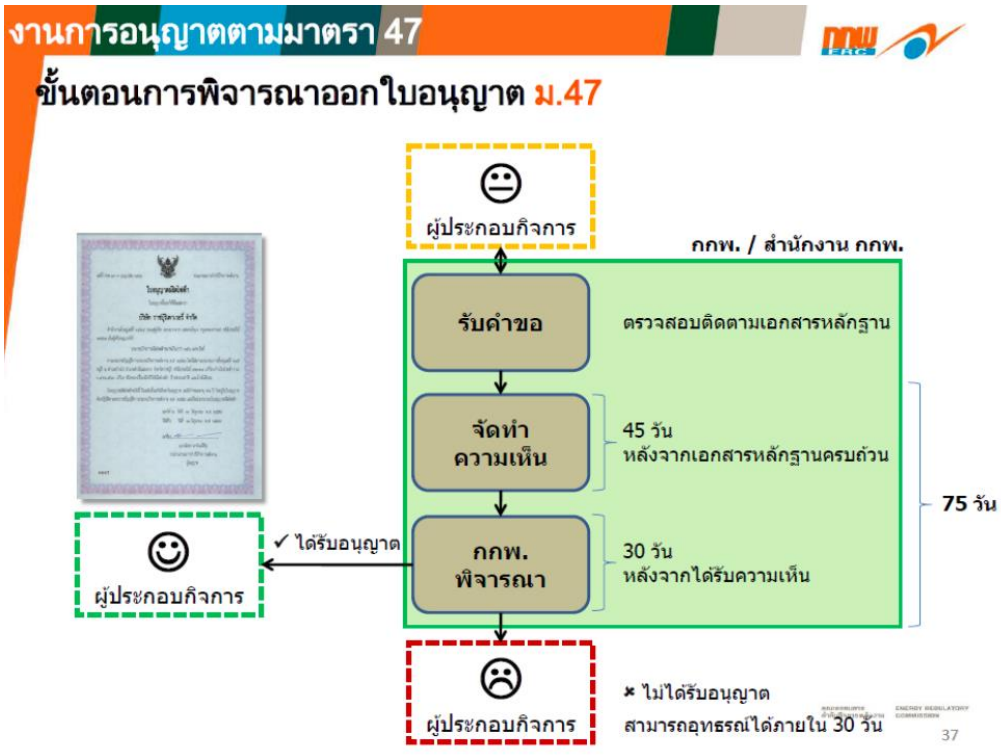
2.1 แนวทางการรับแจ้งการประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต



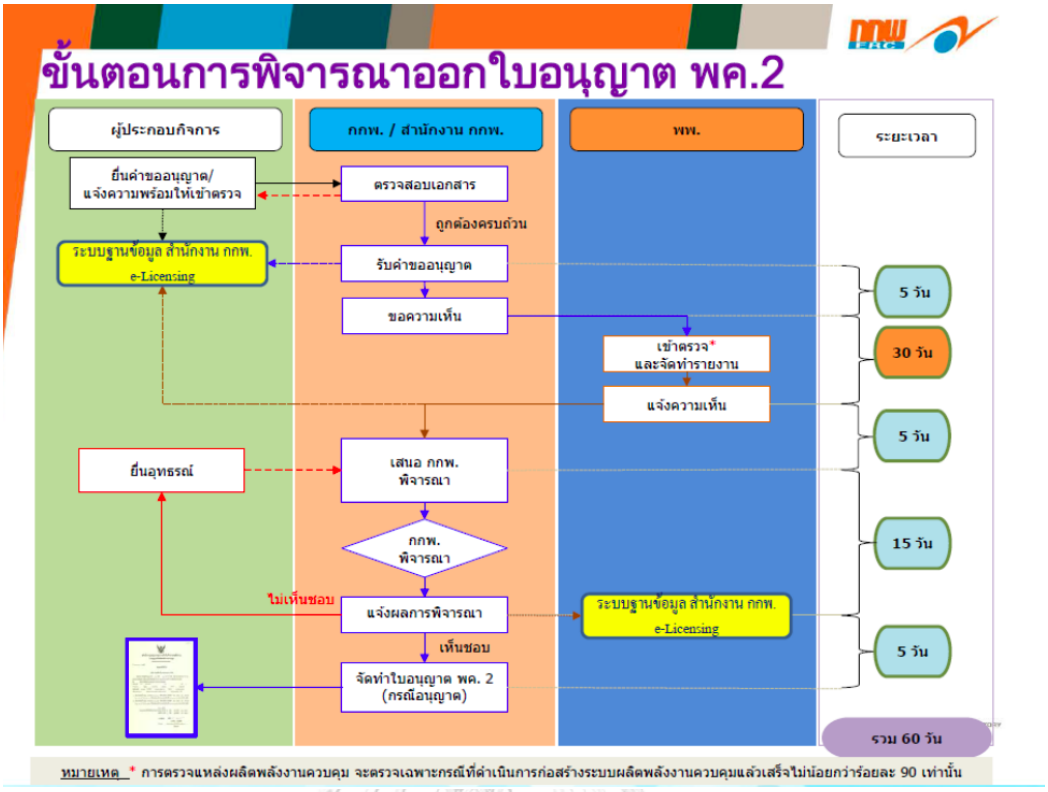
รูปที่ ก-5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการพิจารณาใบอนุญาตแต่ละชนิด

2.2 ใบอนุญาตที่เกี่ยวข้อง

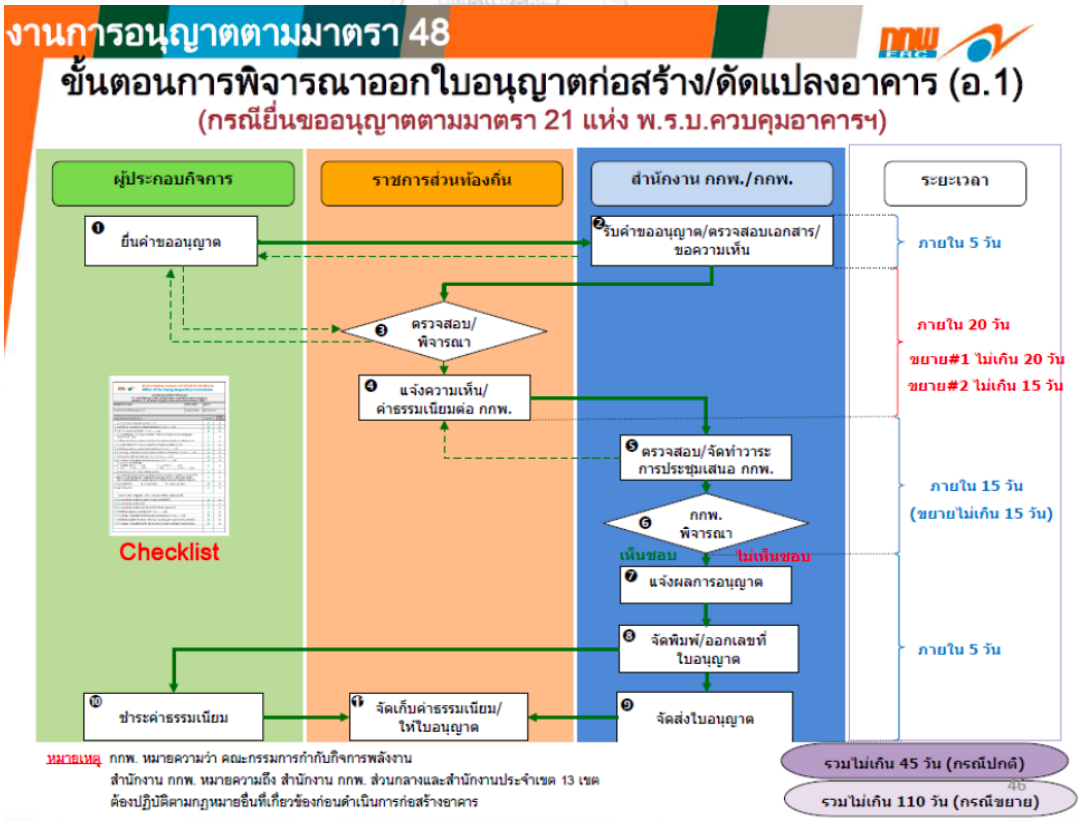
รูปที่ ก-6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการพิจารณาใบอนุญาตแต่ละชนิด



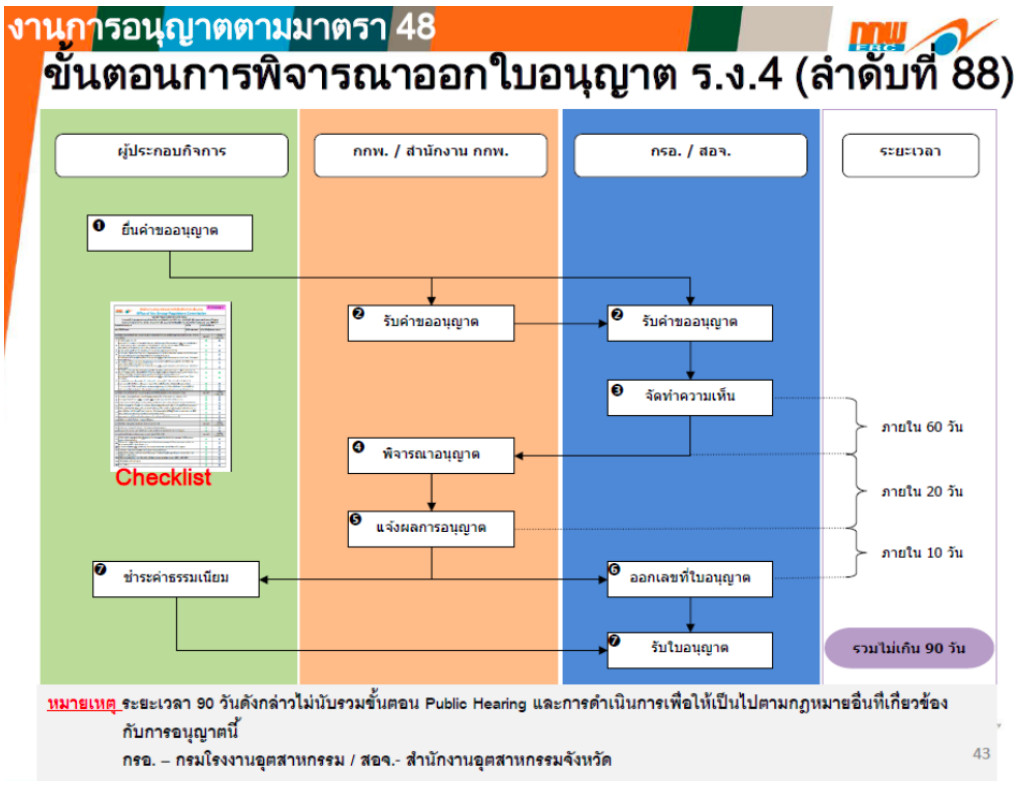
รูปที่ ก-7 ขั้นตอนพิจารณาออกใบอนุญาต ม.47



รูปที่ ก-8 ขั้นตอนการพิจารณาออกใบอนุญาต พค.2

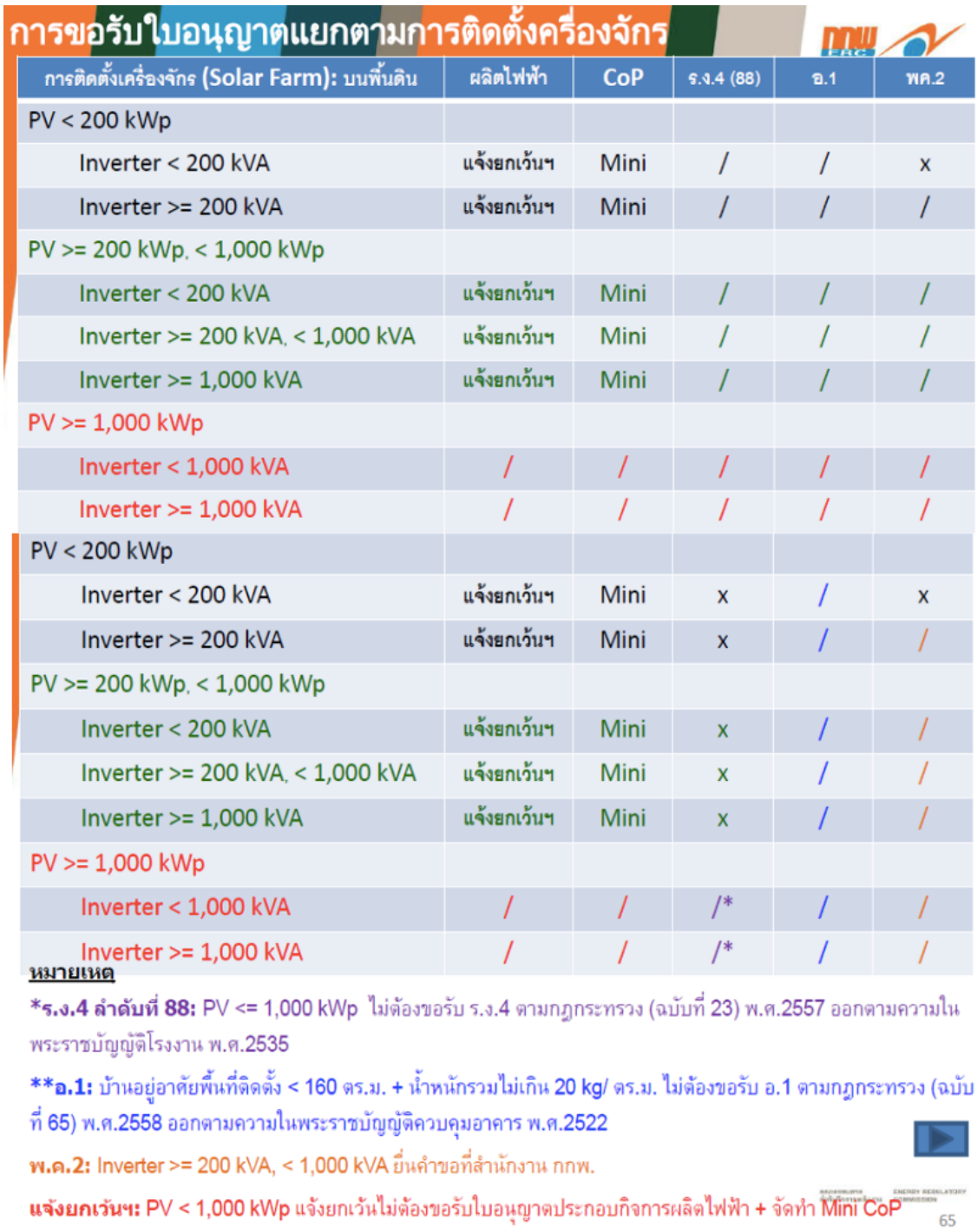


รูปที่ ก-8 ขั้นตอนการพิจารณาออกใบอนุญาตก่อสร้าง/ดัดแปลงอาคาร (อ.1)



รูปที่ ก-9 ขั้นตอนการพิจารณาออกใบอนุญาต ร.ง.4 (อันดับที่ 88)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



การขอรับใบอนุญาตแยกตามการติดตั้งเครื่องจักร

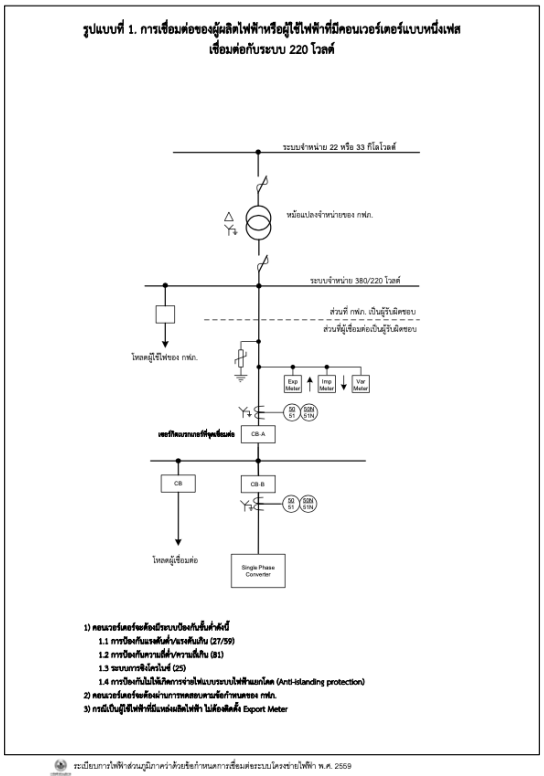
การติดตั้งเครื่องจักร (Solar Farm): บนพื้นดิน	ผลิตไฟฟ้า	CoP	ร.ง.4 (88)	อ.1	พค.2
PV < 200 kWp					
Inverter < 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	/	/	x
Inverter >= 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	/	/	/
PV >= 200 kWp, < 1,000 kWp					
Inverter < 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	/	/	/
Inverter >= 200 kVA, < 1,000 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	/	/	/
Inverter >= 1,000 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	/	/	/
PV >= 1,000 kWp					
Inverter < 1,000 kVA	/	/	/	/	/
Inverter >= 1,000 kVA	/	/	/	/	/
PV < 200 kWp					
Inverter < 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	x	/	x
Inverter >= 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	x	/	/
PV >= 200 kWp, < 1,000 kWp					
Inverter < 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	x	/	/
Inverter >= 200 kVA, < 1,000 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	x	/	/
Inverter >= 1,000 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	Mini	x	/	/
PV >= 1,000 kWp					
Inverter < 1,000 kVA	/	/	/*	/	/
Inverter >= 1,000 kVA	/	/	/*	/	/

รูปที่ ก-10 การขอรับใบอนุญาตแยกตามการติดตั้งเครื่องจักร

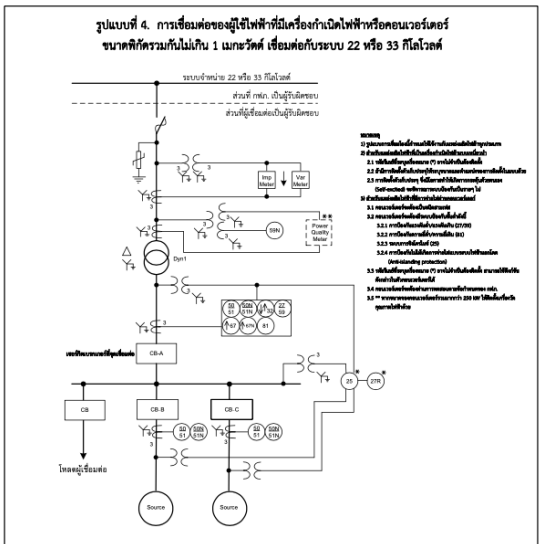
2.2 รายละเอียดรูปแบบการเชื่อมต่อเข้าระบบโครงข่าย อ้างอิงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

สิ่งแนบที่ 1

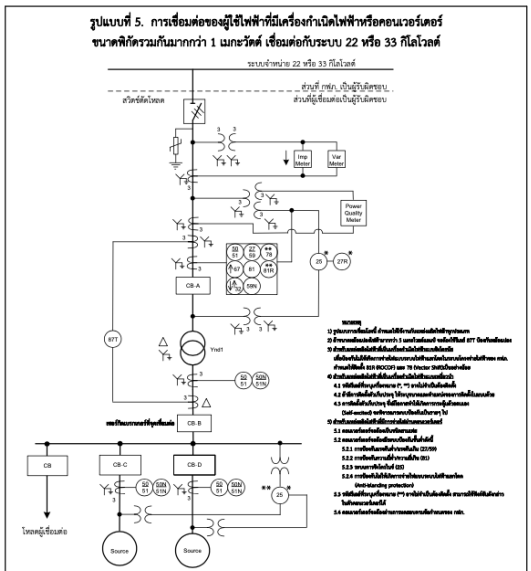
รายละเอียดรูปแบบการเชื่อมต่อ



ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559

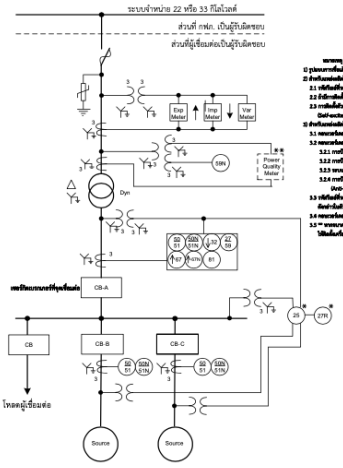


รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการโหลดของ CB-A , CB-B , CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
50/51 50N/51N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินต้านฟอลและกราวด์	สั่งทริป CB-A, CB-B และ CB-C
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-A
67/67N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางต้านฟอลและต้านกราวด์	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A
27R	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำชนิดรหนึ่ง	ปิดกั้นการปิดวงจรของ CB-A
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-A



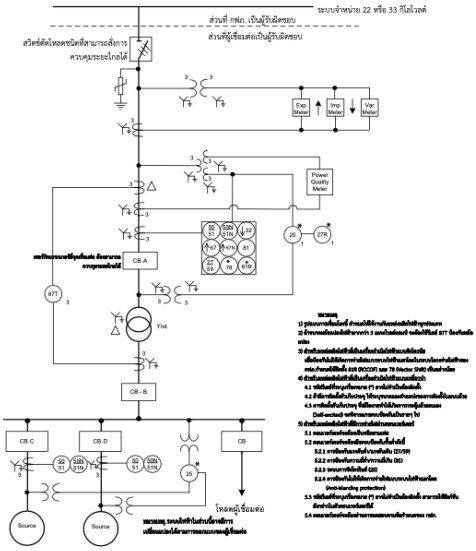
รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการโหลดของ CB-A , CB-C , CB-D
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
50/51	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินต้านเฟส	สั่งทริป CB-A
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-A
67	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางต้านเฟส	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A
27R	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำชนิดหนึ่ง	ปิดกั้นการปิดวงจรของ CB-A
87T	รีเลย์ผลต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-A และ CB-B
78 & 81R	รีเลย์ป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด	สั่งทริป CB-A
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-A

รูปแบบที่ 6. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือคอนเวอร์เตอร์ ขนาดพิกัดรวมกันไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ เชื่อมต่อกับระบบ 22 หรือ 33 กิโลโวลต์



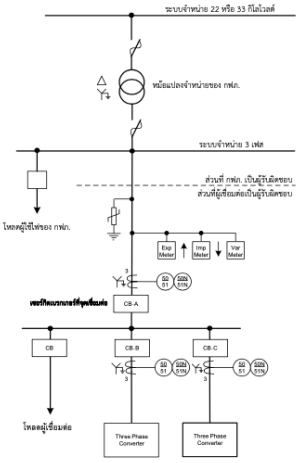
รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจรของ CB-A , CB-B , CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
50/51 50N/51N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านแฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-A, CB-B และ CB-C
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-A
67/67N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านแฟสและด้านกราวด์	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A
27R	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำชนิดหนึ่ง	ปิดกั้นการปิดวงจรของ CB-A
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-A

รูปแบบที่ 7. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือคอนเวอร์เตอร์ ขนาดพิกัดรวมกันมากกว่า 1 เมกะวัตต์ เชื่อมต่อกับระบบ 22 หรือ 33 กิโลโวลต์



รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจรของ CB-A , CB-C , CB-D
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
50/51 50N/51N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านแฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-A
67/67N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านแฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A
27R	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำชนิดหนึ่ง	ปิดกั้นการปิดวงจรของ CB-A
87T	รีเลย์แตกต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-A และ CB-B
78 & 81R	รีเลย์ป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด	สั่งทริป CB-A
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-A

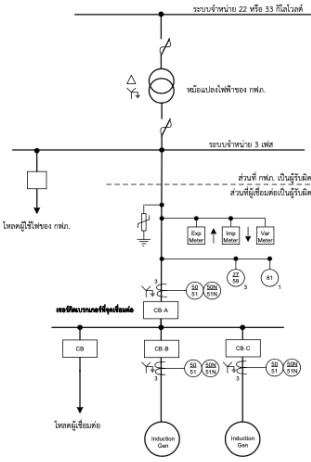
รูปแบบที่ 2. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าหรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีคอนเวอร์เตอร์แบบสามเฟส เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส



1) คอนเวอร์เตอร์จะต้องมีระบบป้องกันขั้นต่ำดังนี้
- 1.1 การป้องกันแรงดันต่ำแรงดันเกิน (27/59)
- 1.2 การป้องกันความถี่ต่ำความถี่เกิน (81)
- 1.3 ระบบการซิงโครไนซ์ (25)
- 1.4 การป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-islanding protection)

2) คอนเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของ กฟภ.
3) กรณีเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้า ไม่ต้องติดตั้ง Export Meter

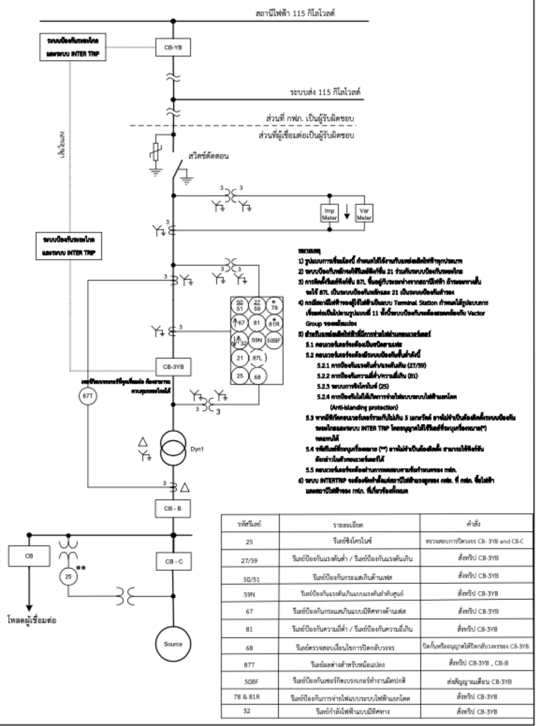
รูปแบบที่ 3. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าหรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 3 เฟส



หมายเหตุ
1) การเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะต้องเป็นชนิดสามเฟสเท่านั้น
2) ต้องมีการติดตั้งตัวเก็บประจุให้ระบบขนานและตำแหน่งของการติดตั้งไปแบบตัวอย่าง
3) การติดตั้งตัวเก็บประจุชนิดไม่มีอุปกรณ์ทำให้เกิดการกระตุ้นด้วยตนเอง (Self-excited) จะพิจารณาระบบป้องกันเป็นราย ๆ ไป
4) กรณีเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้า ไม่ต้องติดตั้ง Export Meter

รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A

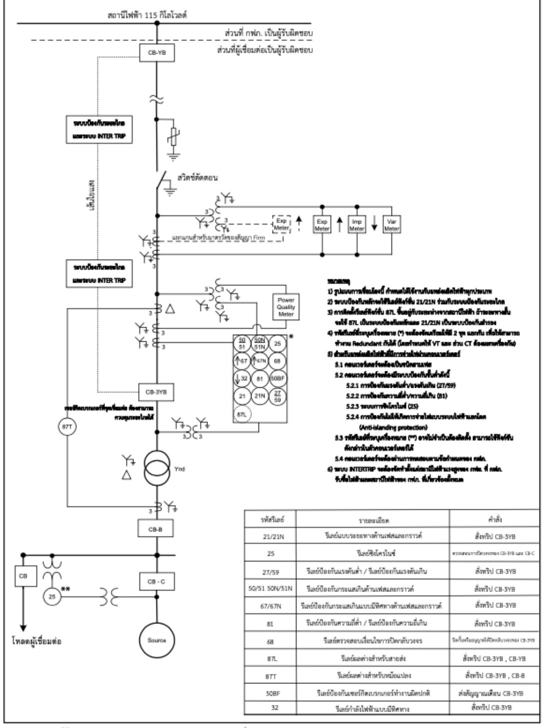
รูปแบบที่ 8. การเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบ 115 กิโลโวลต์



รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจร CB- 3YB and CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-3YB
50/51	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านเฟส	สั่งทริป CB-3YB
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-3YB
67	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านเฟส	สั่งทริป CB-3YB
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-3YB
68	รีเลย์ตรวจสอบเงื่อนไขการปิดกลับวงจร	ปิดกั้นหรืออนุญาตให้ปิดกลับวงจรของ CB-3YB
87T	รีเลย์ผลต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-3YB , CB-B
50BF	รีเลย์ป้องกันเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผิดปกติ	ส่งสัญญาณเตือน CB-3YB
78 & 81R	รีเลย์ป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด	สั่งทริป CB-3YB
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-3YB

ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559

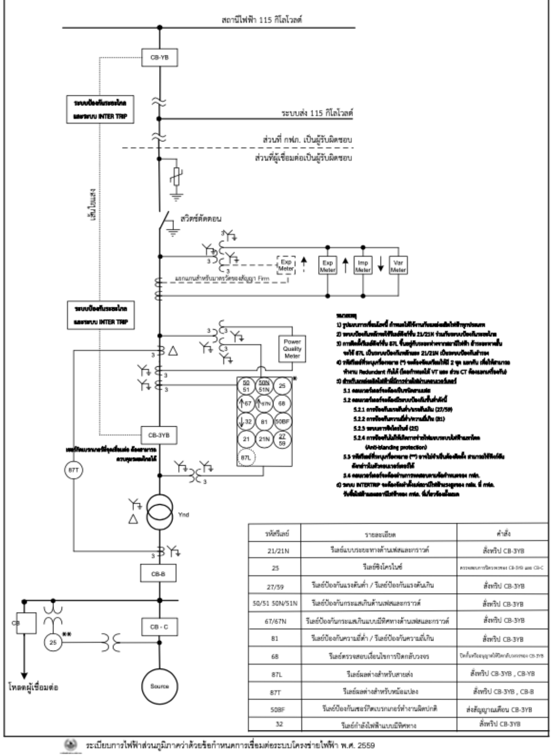
รูปแบบที่ 9. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบ 115 กิโลโวลต์ และจ่ายไฟเข้าสถานีไฟฟ้าของ กฟภ. โดยตรง



รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
21/21N	รีเลย์แบบระยะทางด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-3YB
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจรของ CB-3YB และ CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-3YB
50/51 50N/51N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-3YB
67/67N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-3YB
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-3YB
68	รีเลย์ตรวจสอบเงื่อนไขการปิดกลับวงจร	ปิดกั้นหรืออนุญาตให้ปิดกลับวงจรของ CB-3YB
87L	รีเลย์ผลต่างสำหรับสายส่ง	สั่งทริป CB-3YB , CB-YB
87T	รีเลย์ผลต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-3YB , CB-B
50BF	รีเลย์ป้องกันเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผิดปกติ	ส่งสัญญาณเตือน CB-3YB
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-3YB

ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559

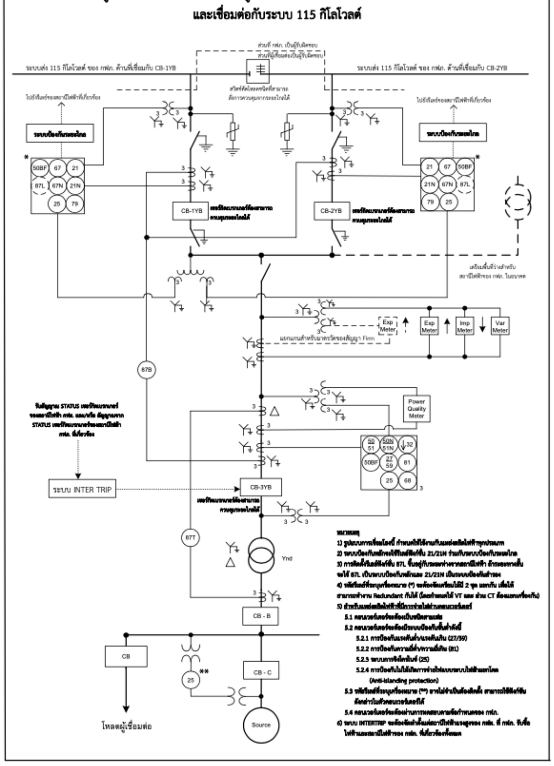
รูปแบบที่ 10. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ขายไฟฟ้าไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ และเชื่อมต่อกับระบบ 115 กิโลโวลต์



รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
21/21N	รีเลย์แบบระยะทางด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-3YB
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจรของ CB-3YB และ CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-3YB
50/51 50N/51N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-3YB
67/67N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-3YB
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-3YB
68	รีเลย์ตรวจสอบเงื่อนไขการปิดกลับวงจร	ปิดกั้นหรืออนุญาตให้ปิดกลับวงจรของ CB-3YB
87L	รีเลย์ผลต่างสำหรับสายส่ง	สั่งทริป CB-3YB , CB-YB
87T	รีเลย์ผลต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-3YB , CB-B
50BF	รีเลย์ป้องกันเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผิดปกติ	ส่งสัญญาณเตือน CB-3YB
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-3YB

ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559

รูปแบบที่ 11. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ขายไฟฟ้ามากกว่า 10 เมกะวัตต์ และเชื่อมต่อกับระบบ 115 กิโลโวลต์



ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559

รูปแบบที่ 11. การเชื่อมต่อของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ขายไฟฟ้ามากกว่า 10 เมกะวัตต์ และเชื่อมต่อกับระบบ 115 กิโลโวลต์ ของ กฟภ. (ต่อ)

		รีเลย์สงวนสำหรับใช้	ด้านที่เชื่อมโยงกับ CB-1YB			ด้านที่เชื่อมโยงกับ CB-2YB			ด้านที่เชื่อมโยงกับ CB-3YB				
			รีเลย์ป้องกันระยะทางสำหรับสายส่งที่มีการต่อขนานกันหลายวงจร	รีเลย์ป้องกันการผิดปกติในแบบมีทิศทางสำหรับสายส่งที่มีการต่อขนานกันหลายวงจร	รีเลย์ป้องกันระยะทางสำหรับสายส่งที่ไม่มีการต่อขนานกันหลายวงจร	รีเลย์ป้องกันการผิดปกติในแบบมีทิศทางสำหรับสายส่งที่มีการต่อขนานกันหลายวงจร	รีเลย์ป้องกันระยะทางสำหรับสายส่งที่ไม่มีการต่อขนานกันหลายวงจร	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านแหล่งกำเนิด	รีเลย์สงวนสำหรับใช้หม้อแปลงไฟฟ้า	รีเลย์ป้องกันการผิดปกติระยะทางด้านเดียวกัน
รหัสรีเลย์		87B	21/21 N	67/67 N	50BF	21/21 N	67/67 N	50BF	81	27/59	50/51 50N/51N	87T	50BF
สัญญาณเตือนและแสดงผล		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
หน้าที่ของอุปกรณ์	CB-1YB	●	▲	●	○			○					○
	CB-2YB	●			○	▲	●	○					○
	CB-3YB	●			○			○	●	●	●	●	○
	CB-B											●	○

■ สัญญาณเตือนและแสดงผล

● ทริปและเปิดค้าง (Trip and lockout)

▲ ทริป และปิดกลับหรือเปิดค้าง (Breaker trip and reclose / lockout) ขึ้นอยู่กับรูปแบบระบบป้องกันของ กฟภ. ในแต่ละพื้นที่ โดย กฟภ. จะเป็นผู้พิจารณา

○ ทริป เมื่อ 50BF ส่งสัญญาณมาแจ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. **นโยบายสนับสนุนของรัฐบาลกับโซลาร์รูฟท็อป**

รูปที่ ก-11 ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564

4. ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย

ข้อมูลจากสถานีตรวจวัด กรุงเทพฯ โดย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ที่ตั้ง: 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบลสำหรับประเทศไทย

หน่วย	MJ/m²-day																	
จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	lattitude	Longitude	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Average
	ปทุมวัน	รองเมือง	13.74	100.52	17.610	19.270	19.910	20.940	18.930	18.280	17.430	17.190	16.970	16.690	16.970	16.800	**18.080**
		วังใหม่	13.74	100.53	17.610	19.240	19.890	20.900	18.880	18.240	17.370	17.150	16.940	16.800	17.060	16.860	**18.080**
		ปทุมวัน	13.74	100.54	17.610	19.240	19.890	20.900	18.880	18.240	17.370	17.150	16.940	16.800	17.060	16.860	**18.080**
		ลุมพินี	13.74	100.55	17.610	19.210	19.880	20.850	18.800	18.190	17.300	17.090	16.890	16.910	17.160	16.920	**18.070**
	ป้อมปราบศัตรูพ่าย	ป้อมปราบ	13.74	100.51	17.610	19.270	19.910	20.940	18.930	18.280	17.430	17.190	16.970	16.690	16.970	16.800	**18.080**
		วัดเทพศิรินทร์	13.75	100.51	17.560	19.230	19.860	20.840	18.830	18.210	17.380	17.110	16.940	16.710	16.960	16.810	**18.040**
		คลองมหานาค	13.75	100.51	17.560	19.230	19.860	20.840	18.830	18.210	17.380	17.110	16.940	16.710	16.960	16.810	**18.040**
		บ้านบาตร	13.75	100.51	17.560	19.230	19.860	20.840	18.830	18.210	17.380	17.110	16.940	16.710	16.960	16.810	**18.040**
		วัดโสมนัส	13.76	100.51	17.560	19.230	19.860	20.840	18.830	18.210	17.380	17.110	16.940	16.710	16.960	16.810	**18.040**
	พระโขนง	บางจาก	13.69	100.61	17.750	19.220	19.980	20.900	18.870	18.290	17.460	17.170	16.880	17.460	17.500	17.110	**18.220**
	มีนบุรี	มีนบุรี	13.81	100.73	17.760	18.990	19.780	20.590	18.440	17.780	16.840	16.710	16.820	18.020	17.780	17.210	**18.060**
		แสนแสบ	13.81	100.77	17.820	19.030	19.780	20.620	18.460	17.760	16.810	16.760	16.930	18.190	17.890	17.270	**18.110**

รูปที่ *ก-12* ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ ระดับตำบล ปี 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

การคัดเลือกอาคาร

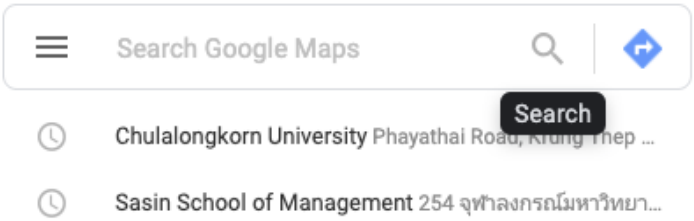
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

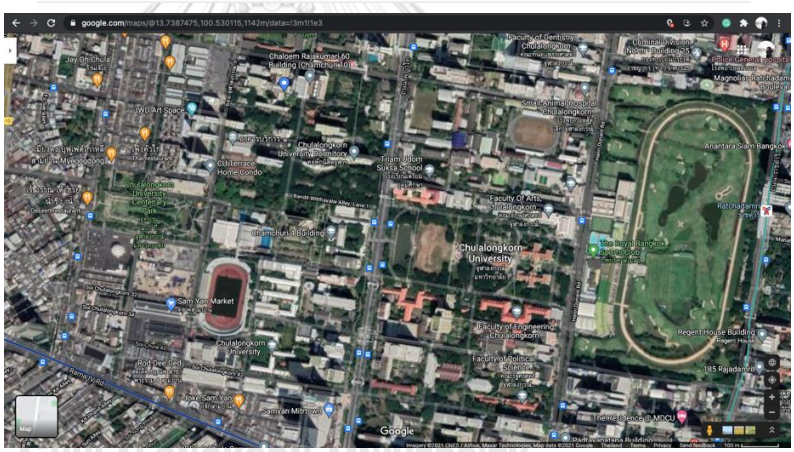
ข-1 การรวบรวมข้อมูล

การใช้ Google Map และ Google Earth ในการรวบรวมข้อมูลพิกัดตำแหน่งของอาคาร

1.1 Google Map ใช้เพื่อกำหนดพิกัดของอาคารที่ศึกษา

1) สามารถใช้งานผ่าน Link: https://www.google.com/maps โดยการป้อนชื่ออาคารหรืออ้างอิงพื้นที่จากฐานข้อมูลของสำนักงานระบบกายภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



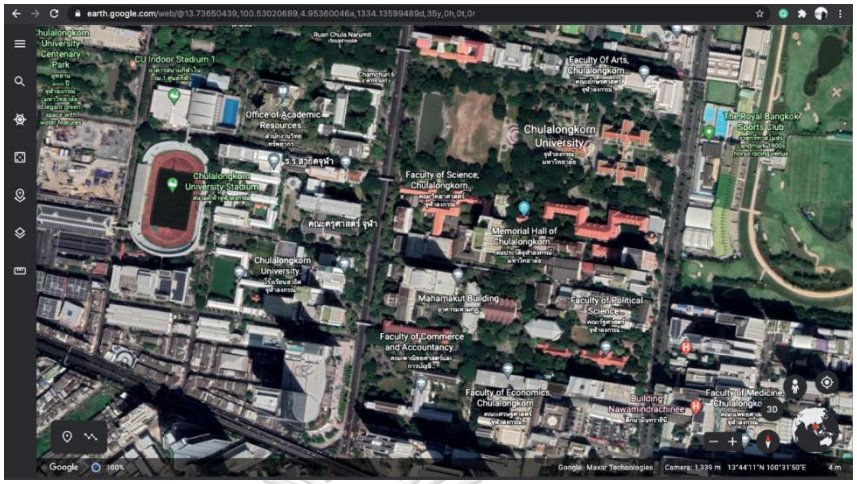


CHULALONGKORN UNIVERSITY

เลือกอาคารที่ต้องการแล้วใช้เครื่องมือ Zoom in/out ในการเลือกอาคาร

1.2 Google Earth สามารถใช้เพื่อตรวจสอบภาพถ่ายจากดาวเทียมและตำแหน่งได้

สามารถใช้งานผ่าน Link: https://earth.google.com/web/

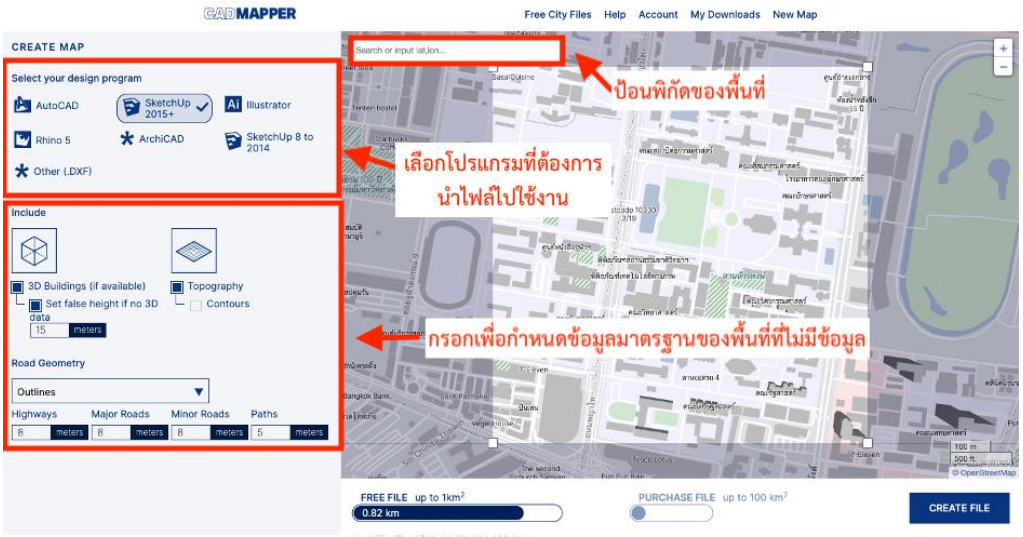


ข-2 การใช้ SketchUp Pro 2021 สำหรับตรวจสอบการอับแสงอาทิตย์

2.1 การใช้ CAD Mapper ในการสร้างข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการศึกษา

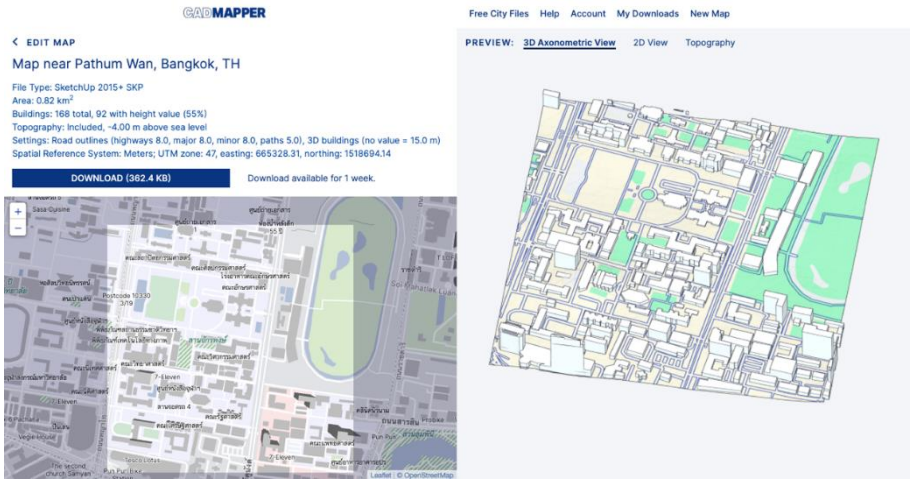
1) เข้าสู้หน้าต่างโปรแกรมผ่าน Link: https://cadmapper.com/ และสร้างบัญชีในการใช้งานและเข้าสู่ระบบเพื่อเริ่มต้นใช้งาน

2) ไปที่หน้าต่าง Create Map เพื่อสร้างแผนที่บริเวณพิกัดที่ต้องการ ในตัวอย่างการใช้งานดังรูป คือพิกัดของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลือกโปรแกรมและประเภทของไฟล์ที่ต้องการ รวมถึงกำหนดค่าพื้นฐาน และกดปุ่ม CREATE FILE เพื่อสร้างข้อมูล



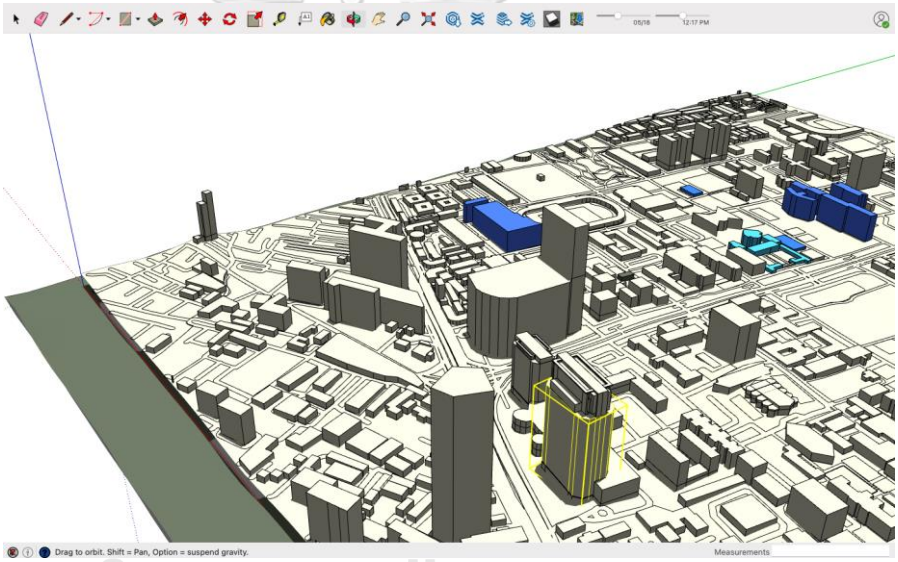
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ระบบจะสร้างไฟล์สำหรับพื้นที่ที่กำหนดในขั้นตอนที่ (2) โดยสามารถกดบันทึกข้อมูล ในตัวอย่างนี้ไฟล์ที่ได้จากโปรแกรม จะสำหรับการใช้ SketchUp 2015+ SKP



2.2 การใช้ SketchUp Pro2021 เพื่อตรวจสอบการอับแสงอาทิตย์ของอาคารที่ต้องการตรวจสอบ

1) เปิดโปรแกรม SketchUp Pro 2021 เพื่อเริ่มต้นการใช้งาน



CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) เลือกอาคารที่ต้องการตรวจสอบ ป้อนข้อมูลความสูงอาคาร โดยอ้างอิงจากตาราง บันทึกผลการเก็บข้อมูลในตารางที่ ค-3.1 ด้วยเครื่องมือ Push/pull และใช้เครื่องมือ Shadow ในการสร้างแสงและเงา

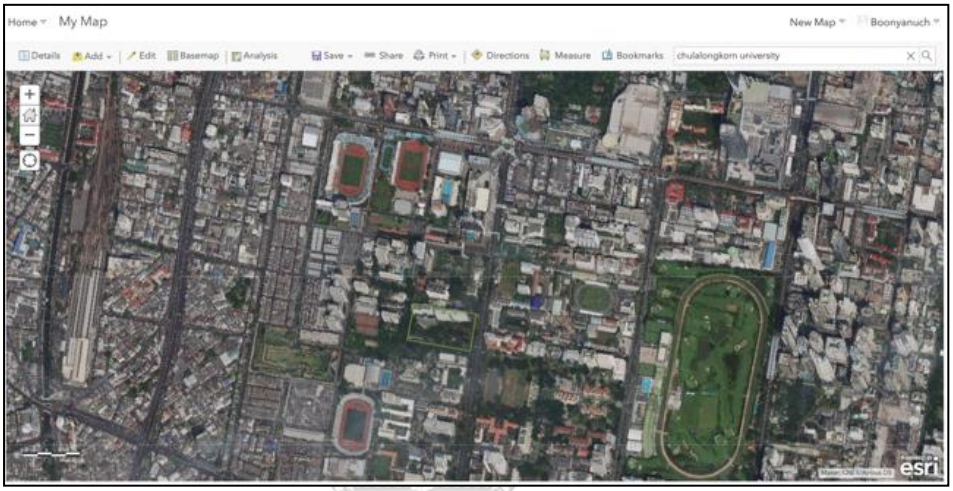
3) ใช้แถบเครื่องมือดังรูปกำหนดช่วงเวลาเพื่อจำลองการเกิดแสงเงา

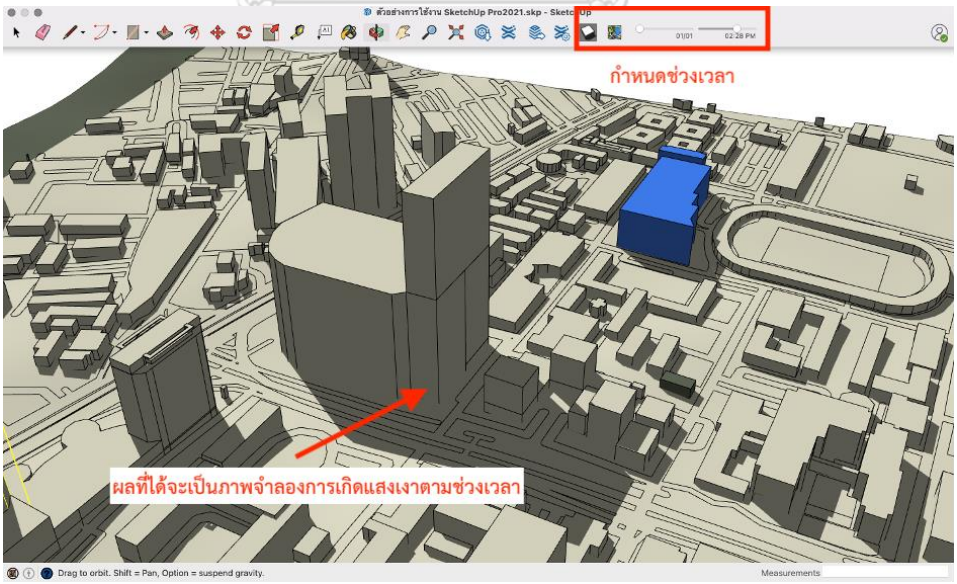
ข-3 การคำนวณพื้นที่หลังคาอาคาร

การใช้ ArcGIS สำหรับการประเมินพื้นที่และการใช้เครื่องมือ Measure วัดพื้นที่

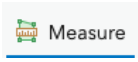
3.1 การใช้เครื่องมือ Measure ในการวัดคำนวณพื้นที่หลังคาอาคาร

1) เปิดโปรแกรม ArcGIS Online โดยสามารถเข้าใช้งานผ่านเว็บไซต์ของ ArcGIS[4] ได้ หรือติดตั้งโปรแกรม ArcGIS ลงบนคอมพิวเตอร์ที่ต้องการใช้งานโปรแกรม





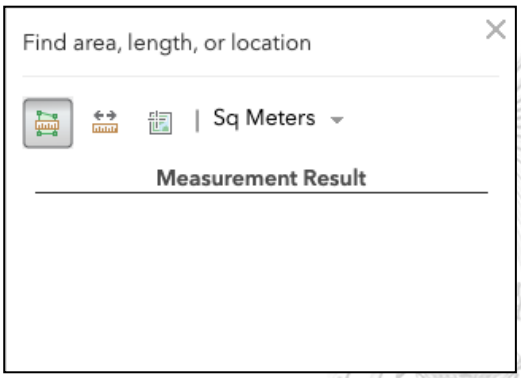
[4] https://www.arcgis.com/home/index.html

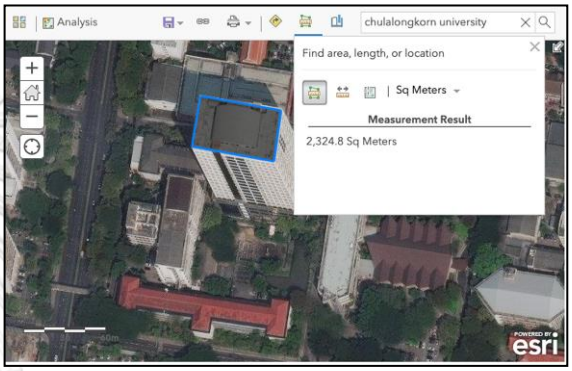
2) ไปที่ปุ่มคำสั่งที่แถบ 

เครื่องมือเพื่อเปิดหน้าต่างเครื่องมือของ Measure

3) หน้าต่างของ เครื่องมือ Measure สามารถคำนวณได้พื้นที่ ระยะ และตำแหน่ง แสดงดังรูป โดยสามารถเลือกหน่วยในการวัดได้

4) วาดเส้นบนหลังคาอาคารที่ต้องการวัดพื้นที่ และผลจากการคำนวณของโปรแกรมจะอยู่ที่หน้าต่าง **Measurement result**



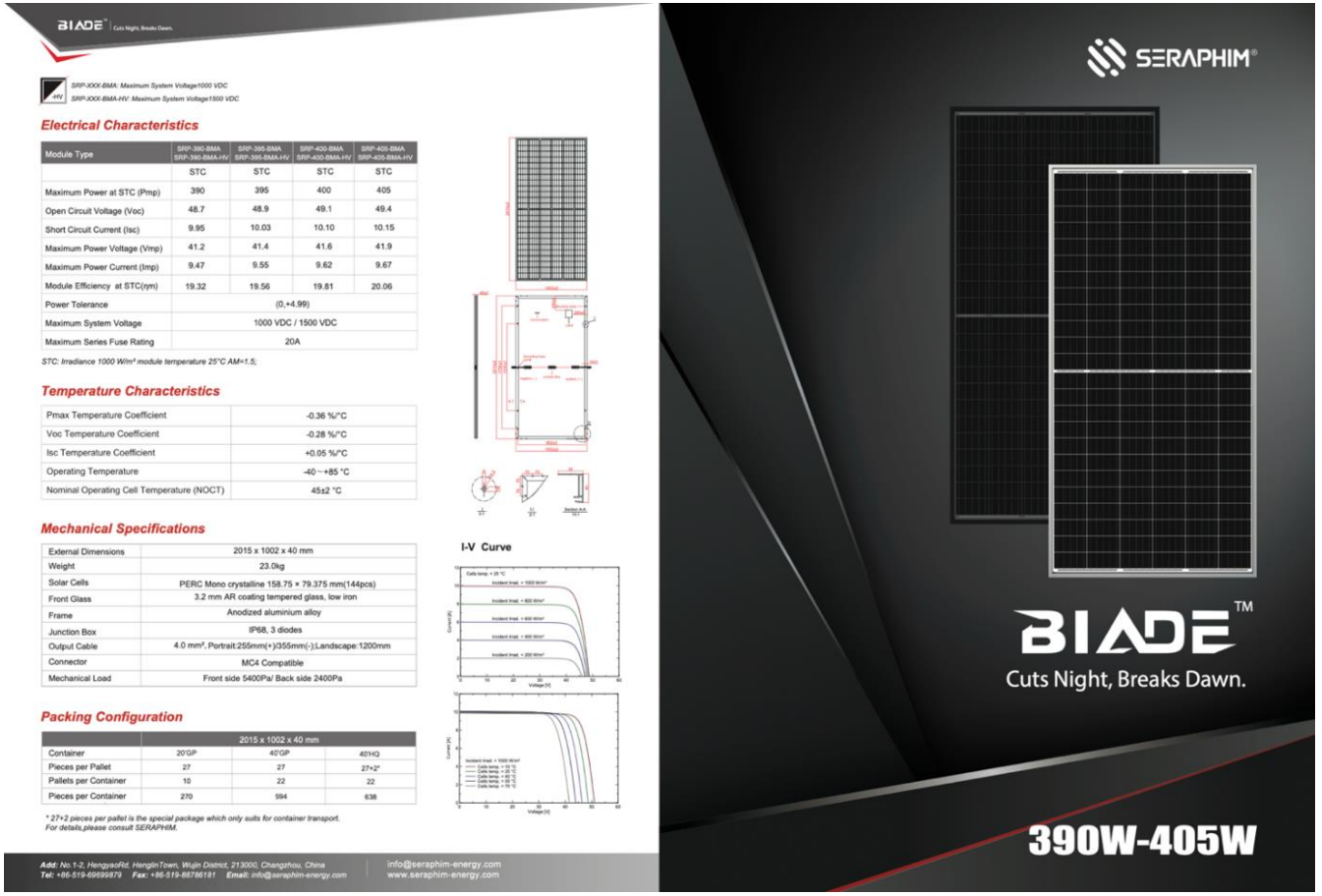


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข-4 การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์

สมมติฐานประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

4.1 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์



BIADE Cuts Night, Breaks Dawn.

SRP-XXX-BMA: Maximum System Voltage1000 VDC
SRP-XXX-BMA-HV: Maximum System Voltage1500 VDC

Electrical Characteristics

Module Type	SRP-390-BMA SRP-390-BMA-HV	SRP-395-BMA SRP-395-BMA-HV	SRP-400-BMA SRP-400-BMA-HV	SRP-405-BMA SRP-405-BMA-HV
	STC	STC	STC	STC
Maximum Power at STC (Pmp)	390	395	400	405
Open Circuit Voltage (Voc)	48.7	48.9	49.1	49.4
Short Circuit Current (Isc)	9.95	10.03	10.10	10.15
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.2	41.4	41.6	41.9
Maximum Power Current (Imp)	9.47	9.55	9.62	9.67
Module Efficiency at STC(ηm)	19.32	19.56	19.81	20.06
Power Tolerance	(0,+4.99)			
Maximum System Voltage	1000 VDC / 1500 VDC			
Maximum Series Fuse Rating	20A			

STC: Irradiance 1000 W/m² module temperature 25°C AM=1.5;

Temperature Characteristics

Pmax Temperature Coefficient	-0.36 %/°C
Voc Temperature Coefficient	-0.28 %/°C
Isc Temperature Coefficient	+0.05 %/°C
Operating Temperature	-40～+85 °C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2 °C

Mechanical Specifications

External Dimensions	2015 x 1002 x 40 mm
Weight	23.0kg
Solar Cells	PERC Mono crystalline 158.75 × 79.375 mm(144pcs)
Front Glass	3.2 mm AR coating tempered glass, low iron
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68, 3 diodes
Output Cable	4.0 mm², Portrait:255mm(+)/355mm(-);Landscape:1200mm
Connector	MC4 Compatible
Mechanical Load	Front side 5400Pa/ Back side 2400Pa

Packing Configuration

	2015 x 1002 x 40 mm		
Container	20'GP	40'GP	40'HQ
Pieces per Pallet	27	27	27+2*
Pallets per Container	10	22	22
Pieces per Container	270	594	638

** 27+2 pieces per pallet is the special package which only suits for container transport. For details,please consult SERAPHIM.*

I-V Curve

Add: No.1-2, HengyaoRd. HengtinTown, Wujin District, 213000, Changzhou, China
Tel: +86-519-85699979 Fax: +86-519-88786181 Email: info@seraphim-energy.com
info@seraphim-energy.com
www.seraphim-energy.com

SERAPHIM®

BIADE™

Cuts Night, Breaks Dawn.

390W-405W

4.2 Inverter

Three Phase Inverter

SE12.5K - SE27.6K

INVERTERS

Specifically designed to work with power optimizers

- Superior efficiency (98%)
- Small, lightest in its class, and easy to install
- Built-in module-level monitoring
- Internet connection through Ethernet or wireless
- IP65 – outdoor and indoor installation
- Fixed voltage inverter for longer strings
- Smart Energy Management control
- Optional integrated DC Safety Unit - eliminates the need for external DC isolators (SE25K and SE27.6K only)
- Optional DC surge protection and DC fuses (SE25K and SE27.6K only)

solaredge.com

solaredge

/ Three Phase Inverter

SE12.5K - SE27.6K

	SE12.5K	SE15K	SE16K	SE17K	SE25K	SE27.6K	
OUTPUT							
Rated AC Power Output	12500	15000	16000	17000	25000 [1]	27600	VA
Maximum AC Power Output	12500	15000	16000	17000	25000 [1]	27600	VA
AC Output Voltage - Line to Line / Line to Neutral (Nominal)	380 / 220 ; 400 / 230						Vac
AC Output Voltage - Line to Neutral Range	184 - 264.5						Vac
AC Frequency	50/60 ± 5						Hz
Maximum Continuous Output Current (per Phase)	20	23	25.5	26	38	40	A
Grids Supported - Three Phase	3 / N / PE (WYE with Neutral)						V
Utility Monitoring, Islanding Protection, Configurable Power Factor, Country Configurable Thresholds	Yes						
INPUT							
Maximum DC Power (Module STC)	16850	20250	21600	22950	33750	37250	W
Transformer-less, Ungrounded	Yes						
Maximum Input Voltage	900						Vdc
Nominal DC Input Voltage	750						Vdc
Maximum Input Current	21	22	23	23	37	40	Adc
Reverse-Polarity Protection	Yes						
Ground-Fault Isolation Detection	700kΩ Sensitivity				350kΩ Sensitivity[2]		
Maximum Inverter Efficiency	98				98.3		%
European Weighted Efficiency	97.7	97.6	97.7	97.7	98	98	%
Nighttime Power Consumption	< 2.5				< 4		W
ADDITIONAL FEATURES							
Supported Communication Interfaces[3]	RS485, Ethernet, Zigbee (optional), Wi-Fi (optional), Built-in GSM (optional)						
Smart Energy Management	Export Limitation, Home Energy Management						
DC SAFETY UNIT (OPTIONAL)							
2-pole Disconnection	N/A				1000V / 40A		
DC Surge Protection	N/A				Type II, field replaceable		
DC Fuses on Plus & Minus	N/A				Optional, 20A		
Compliance	N/A				UTE-C15-712-1		
STANDARD COMPLIANCE							
Safety	IEC-62103 (EN50178), IEC-62109, AS3100						
Grid Connection Standards[4]	VDE-AR-N-4105, G59/3, AS-4777,EN 50438 , CEI-021,VDE 0126-1-1, CEI-016[5], BDEW						
Emissions	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3 , IEC61000-3-11, IEC61000-3-12						
RoHS	Yes						
INSTALLATION SPECIFICATIONS							
AC Output Gland Diameter / Wire Cross Section	15-21mm / Solid wire 2.5-16 mm², Stranded wire 2.5-10 mm²				18-25mm / Solid wire 2.5-16 mm², Stranded wire 2.5-10 mm²		
DC Input	2 MC4 pairs				3 MC4 pairs		
DC Input with Safety Unit	N/A				Gland diameter 5 - 10		mm
					Wire cross section 0.5 - 13.5		mm²
Dimensions (HxWxD)	540 x 315 x 260						mm
Dimensions with Safety Unit (HxWxD)	N/A				775 x 315 x 260		mm
Weight	33.2				45		kg
Weight with Safety Unit	N/A				48		kg
Operating Temperature Range	-20 - +60[6] (M40 version -40 - +60)						°C
Cooling	Fan (user replaceable)						
Noise	< 50				< 55		dBA
Protection Rating	IP65 - Outdoor and Indoor						
Mounting	Bracket Provided						

[1] 24.99kVA in the UK
[2] Where permitted by local regulations
[3] Refer to Datasheets -> Communications category in Downloads page for specifications of optional communication options: http://www.solaredge.com/groups/support/downloads
[4] For all standards refer to Certifications category in Downloads page: http://www.solaredge.com/groups/support/downloads
[5] Models SE25K and SE27.6K only
[6] For power de-rating information refer to: https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-temperature-derating-note.pdf

© Solaredge Technologies Ltd. All rights reserved. SOLAREDGE, the Solaredge logo, OPTIMIZED BY SOLAREDGE are trademarks or registered trademarks of Solaredge Technologies, Inc. All other trademarks mentioned herein are trademarks of their respective owners. Date: 11/2018/V01/ENG ROW. Subject to change without notice.

CE RoHS

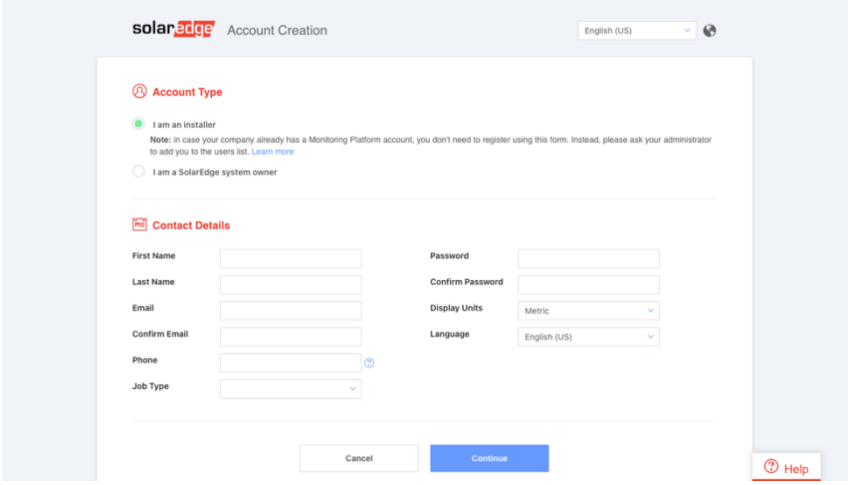
4.3 เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Power Optimizer)

Key Benefits:

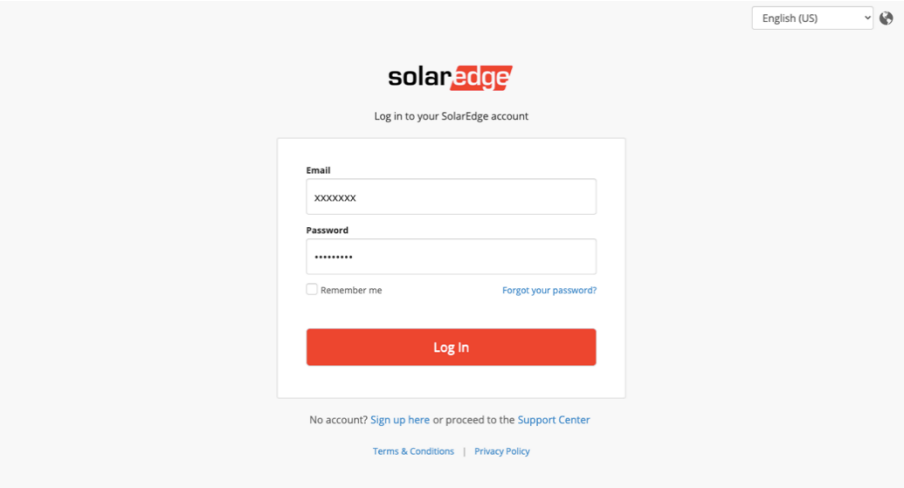
- Per-module Maximum Power Point Tracking (MPPT), with MPPT per two modules using commercial power optimizers
- Superior efficiency (99.5% peak efficiency, up to 98.8% weighted efficiency)
- Mitigates all types of modules mismatch-loss, from manufacturing tolerance, partial shading, and aging
- Designed for extreme environmental conditions
- 25-year reliability and warranty
- Advanced, real-time performance measurement
- Automatic module DC voltage shut-down for installer and firefighter safety, compliant with NEC 2017 and the revised PVRSS 2019
- Connected by installers to c-Si, thin-film, and high current (including bi-facial) modules

4.4 การออกแบบระบบ การวางรูปแบบแผงโดย SolarEdge Designer

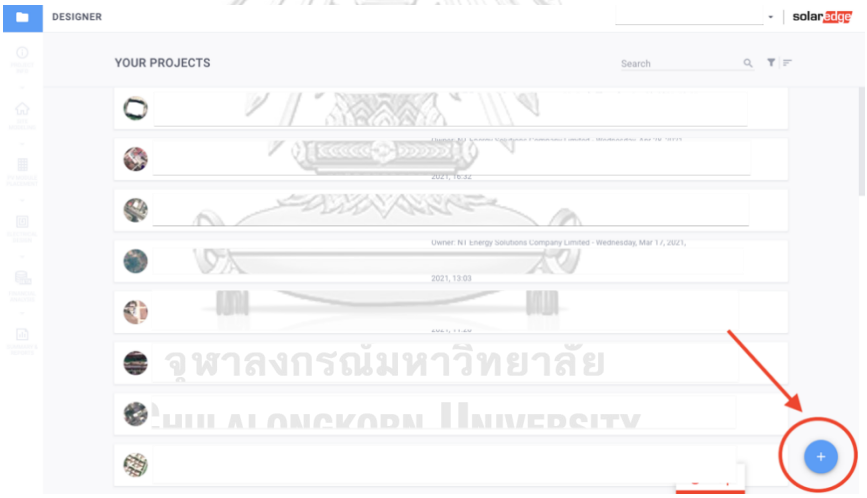
1) การใช้งานโปรแกรม จะต้องมีบัญชีสำหรับการใช้งาน โดยการสร้างบัญชีการใช้งานผ่าน สามารถสร้างได้ผ่าน Link: https://bit.ly/2PCHfGI โดยกรอกข้อมูลให้ครบถ้วน



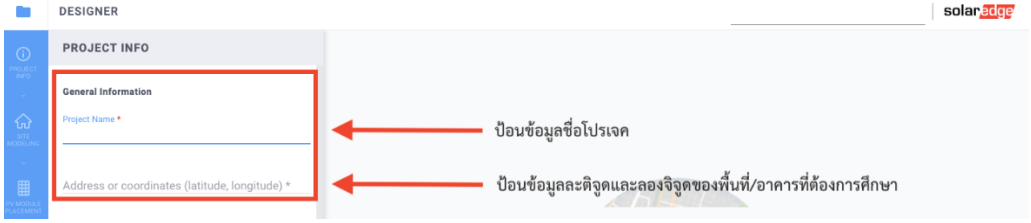
2) เปิดโปรแกรม SolarEdge Designer ผ่าน https://designer.solaredge.com/sites ทำการเข้าสู่ระบบโดยใช้บัญชีที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ (1)



3) เข้าสู่หน้าต่างโปรแกรม และคลิกที่เครื่องหมาย + เพื่อเริ่มต้นการสร้างโปรเจค (Project) ของอาคารหรือพื้นที่ที่ต้องการออกแบบและประเมินศักยภาพ



4) เริ่มสร้างโปรเจคที่หน้าต่าง Project info โดยการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของโปรเจค ได้แก่ ชื่อสถานที่ และ พิกัด (ลองจิจูด, ละติจูด)

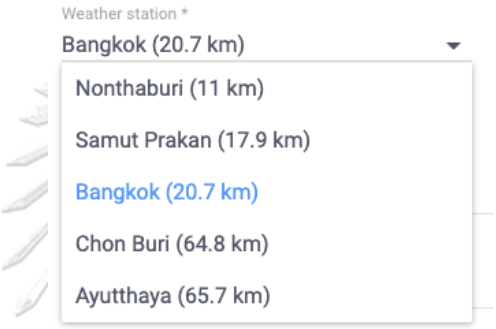


5) หลังจากกรอกข้อมูลพิกัดของสถานที่โปรแกรมจะเรียกภาพถ่ายจากดาวเทียมของพื้นที่ตามพิกัดที่ได้มีการใส่ข้อมูลลงไป

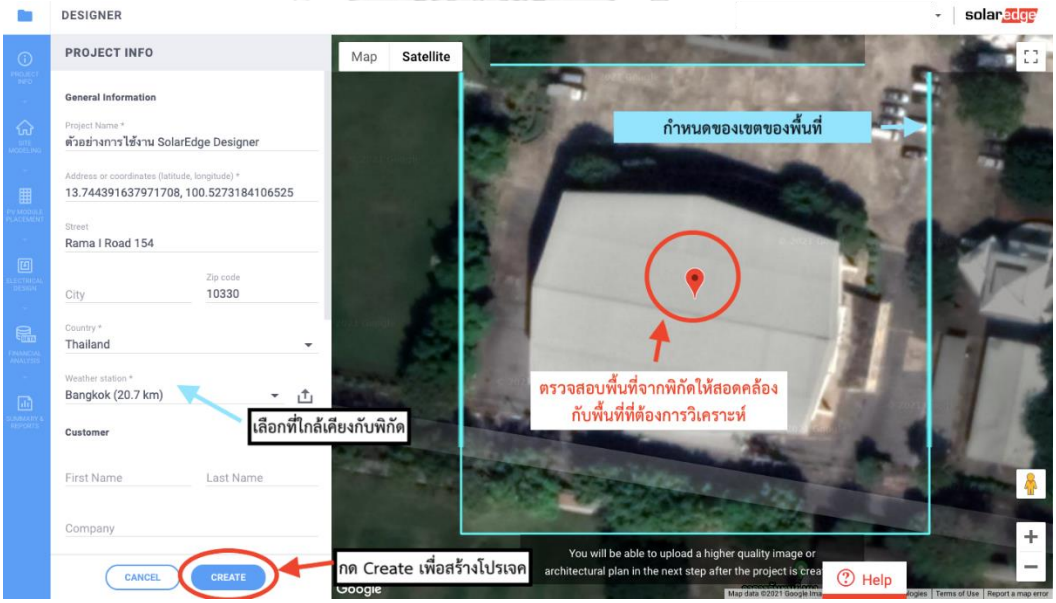
5.1 โดยตรวจสอบพื้นที่กับพิกัด ให้สอดคล้องกับพื้นที่หรืออาคารที่ต้องการวิเคราะห์

5.2 กำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา

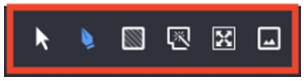
5.3 เลือก Weather Station ให้อยู่ในขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการวิเคราะห์ ในกรณีตัวอย่าง Weather station คือ Bangkok



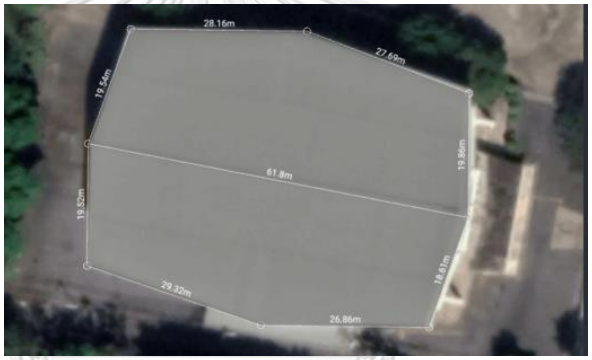
5.4 กดปุ่ม เพื่อสร้างโปรเจค



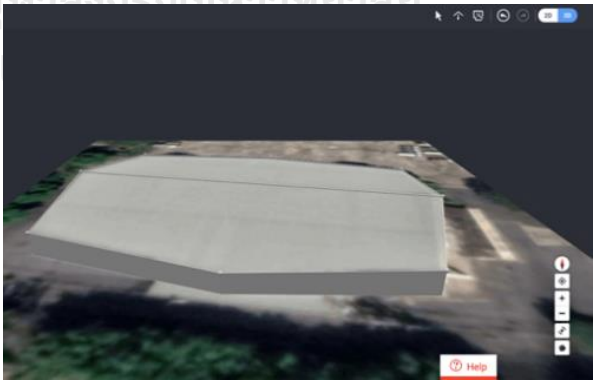
6) กดปุ่ม Site Modeling เพื่อวาดพื้นที่ โดยใช้แถบเครื่องมือ Draw ในการวาด



6.1 วาดขอบพื้นที่แบบ 2D



6.2 วาดขอบพื้นที่แบบ 3D



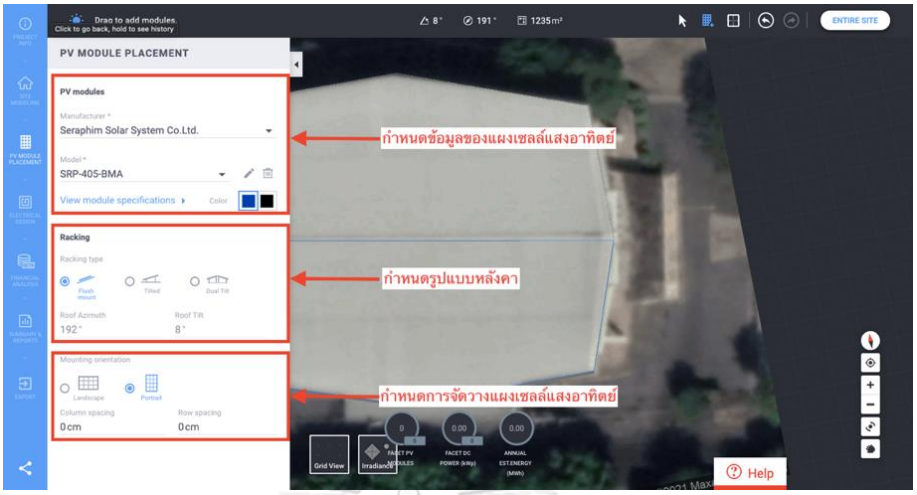
7) กดปุ่ม PV Module Placement

สำหรับการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์

7.1 PV modules: กรอกหรือเลือกข้อมูลแผงที่ต้องการใช้

7.2 Racking: เลือกรูปแบบหลังคา

7.3 Mounting Orientation: เลือกและกำหนดรูปแบบการวางแผง



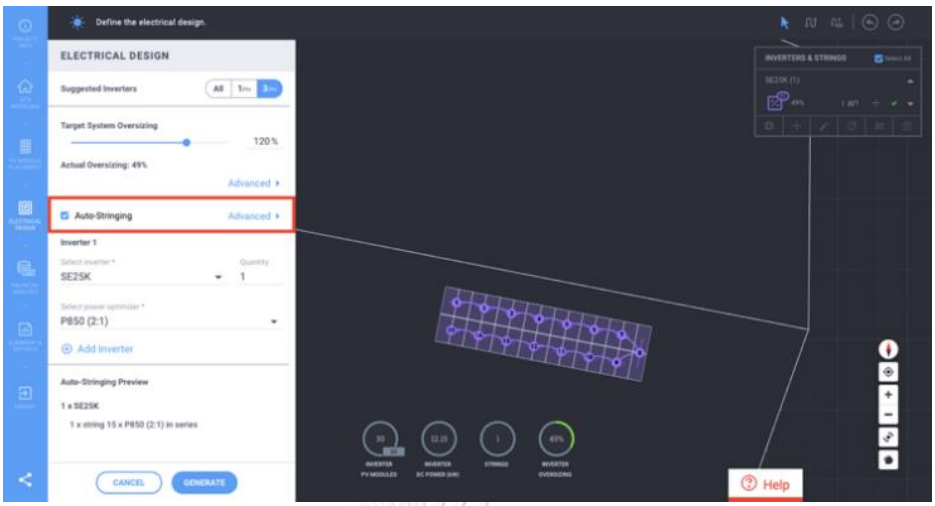
7.4 ลากเพื่อวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบริเวณที่ต้องการจัดวาง ภายในพื้นที่ที่กำหนด

8) กดปุ่ม

Electrical Design: เพื่อกำหนดและออกแบบระบบไฟฟ้า

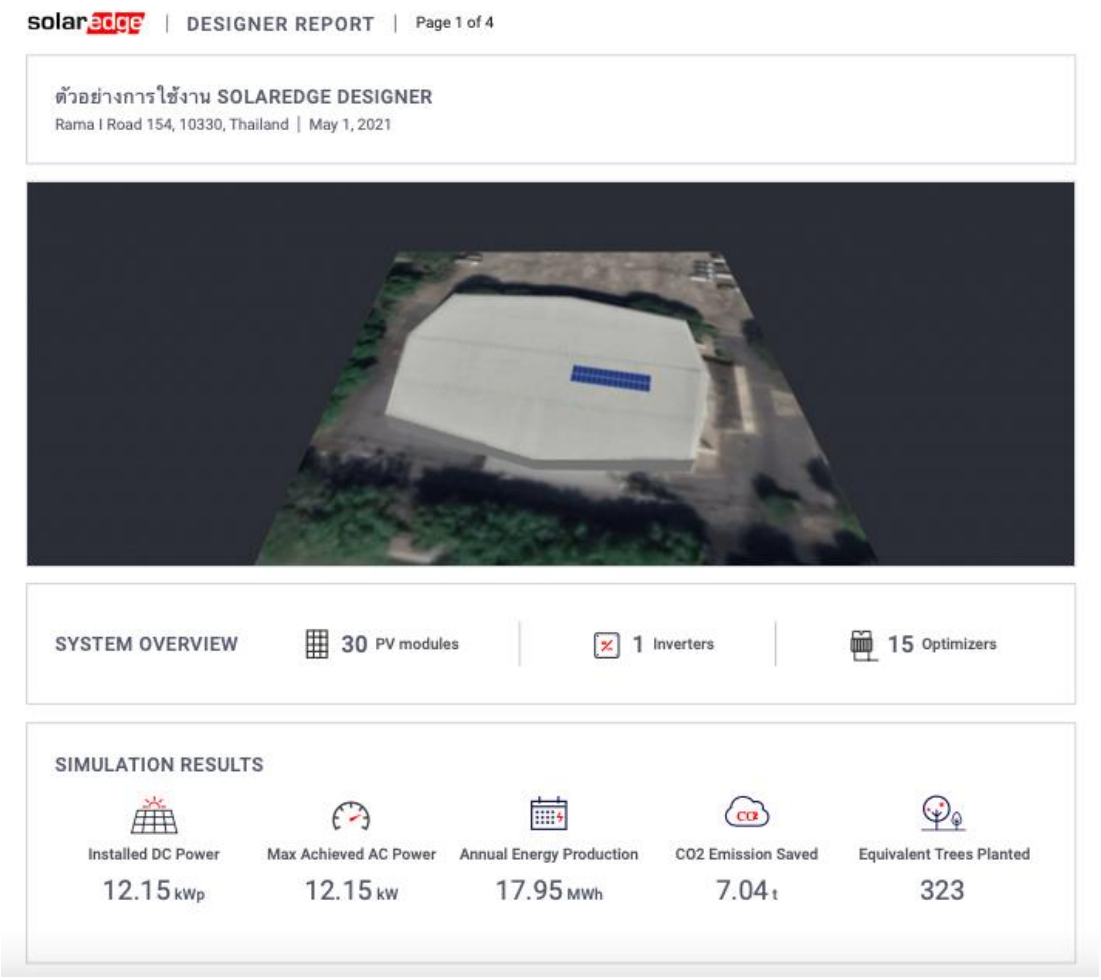
8.1 กำหนดค่าของระบบ

8.2 Inverter และ Strings โดยสามารถสร้างแบบ Manual ได้ หรือใช้ Auto-Stringing เพื่อให้โปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบระบบให้แบบอัตโนมัติ



8.3 กดปุ่ม GENERATE เพื่อบันทึกและสร้างข้อมูล

9) กดปุ่ม SUMMARY & REPORTS Summary & reports: เพื่อดูสรุปการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้



ESTIMATED MONTHLY ENERGY

Total clipped energy: 0%

ตัวอย่างการใช้งาน SOLAREDGE DESIGNER

Rama I Road 154, 10330, Thailand | May 1, 2021

SIMULATION PARAMETERS

LOCATION & GRID

Time zone	GMT+7 (Bangkok)
Weather station	Bangkok (20.7 km away)
Station altitude	12 m
Station data source	Meteonorm 7.1
Grid	400V L-L, 230V L-N

LOSS FACTORS

Near shading	Enabled
Albedo	0.20
Soiling/Snow	0%
Incidence angle modifier (IAM), ASHRAE b0 param.	0.05
Thermal loss factor Uc (const) Flush mount	20
Thermal loss factor Uc (const) Tilted	29
LID loss factor	0%
System unavailability	0%

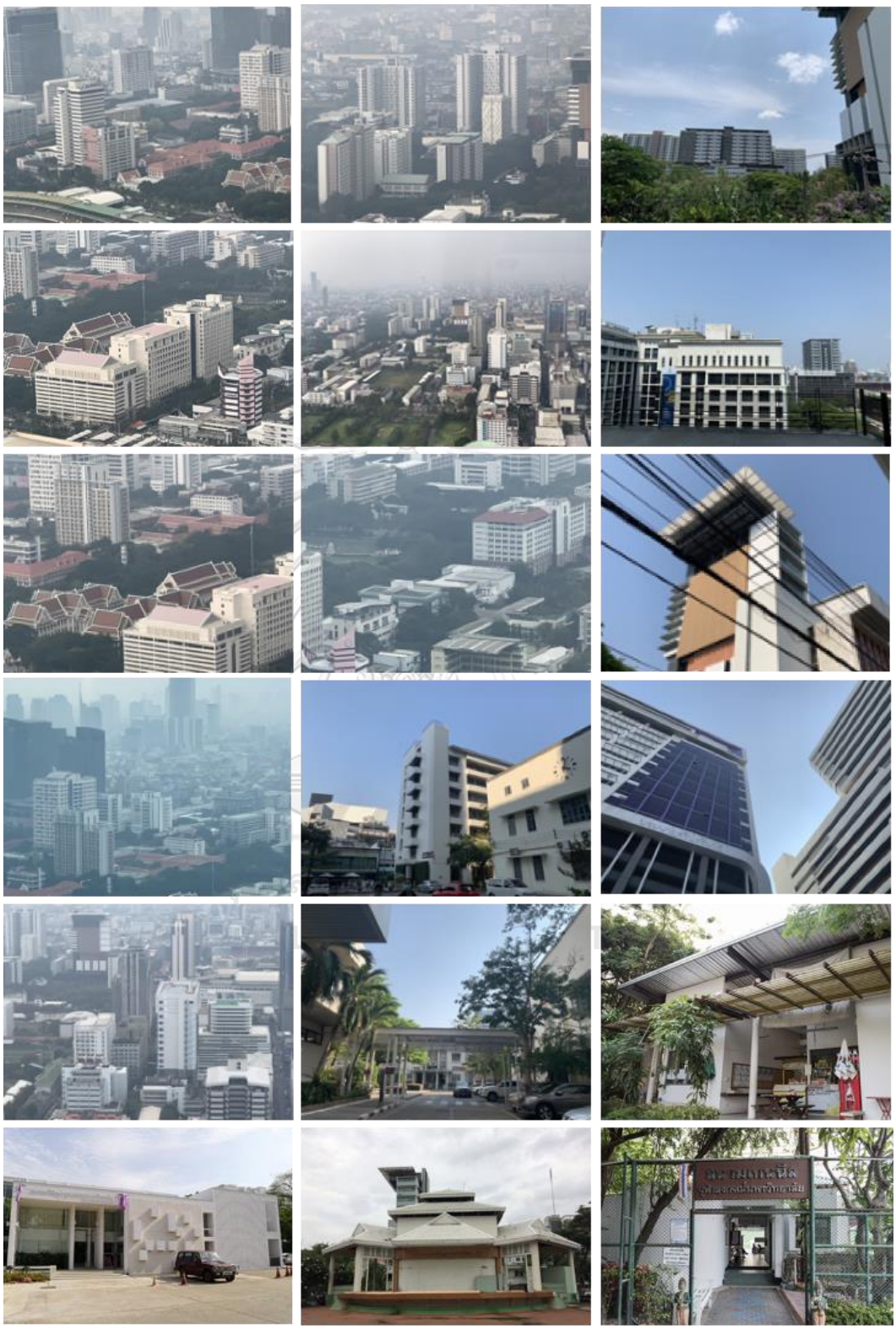
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYSTEM LOSS DIAGRAM

ภาคผนวก ค
ผลการคัดเลือกอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค-1. ภาพถ่ายจากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลอาคารในเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ค-2.1 ผลการรวบรวมข้อมูลอาคารในเขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางข้อมูลของอาคารในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย							
หมวดหมู่อาคาร	รายละเอียดอาคาร						
	รหัสอาคาร	ชื่ออาคาร	จำนวนชั้น	ความสูง (m)	พื้นที่อาคาร (ตารางเมตร)	พิกัด	
						ละติจูด	ลองจิจูด
สำนักงานมหาวิทยาลัย	CEN 048	คลังเก็บเอกสาร	6	21	1387.31	13.74223798	100.5261449
	CEN 008	ธรรมสถาน	2	7	927.51	13.73997119	100.5262836
	CEN 061	เรือนจุฬานฤมิต	1	3.5	326.8	13.74002781	100.5288011
	CEN 046	เรือนไทยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2	7	1602.51	13.74187081	100.5279426
	CEN 056	เรือนภะรตราชา	3	10.5	325.39	13.74011895	100.5290234
	CEN 057	เรือนอนุสาสก	2	7	186.98	13.74101013	100.5295928
	CEN 004	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2	7	1759.6	13.73946153	100.5287979
	CEN 003	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	2	7	580.72	13.73927271	100.528531
	CEN 038	โรงอาหารหอพักนิสิต	2	7	1410	13.74110149	100.5285974
	CEN 030	ลานจักรพงษ์				13.73669172	100.531894
	CEN 031	ศาลาพระเกี้ยว	3	10.5	5776.99	13.73551007	100.5314082
	CEN 085	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	2	7	674	13.74250017	100.5304843
	CEN 092	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5	17.5	4162	13.74249757	100.533842
	CEN 006	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	3	10.5	25685.69	13.73756014	100.5257621
	CEN 007	สนามกีฬาในร่ม 1	2	7	5887.01	13.73889472	100.525878
	CEN 082	สนามกีฬาในร่ม 2	2	7	2344.37	13.73898946	100.5265363
	CEN 097	สนามกีฬาในร่ม 3	1	3.5	320	13.74435365	100.5279026
	CEN 096	สนามกีฬาในร่มจันทนยิ่งยง	1	3.5		13.74427644	100.5273038
	CEN 065	สโมสรสนามเทนนิส 1	1	3.5	122	13.7407911	100.5257673
	CEN 094	สโมสรสนามเทนนิส 2	1	3.5	198	13.74057422	100.5257201
	CEN 102	สระว่ายน้ำ 25 เมตร				13.73938532	100.5262148
	CEN 028	หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2	7	4638.88	13.73828591	100.532699
	CEN 034	หอพักจำปา	5	17.5	4179.78	13.74177602	100.5284842
	CEN 055	หอพักจำปี	14	49	16497.39	13.7415277	100.5283268
	CEN 091	หอพักชวนชม				13.74076838	100.5289522
	CEN 072	หอพักพุดซ้อน	14	49	17875.32	13.74095918	100.5279787
	CEN 027	หอพักพุดตาน	14	49	10235.45	13.74058716	100.5280019
	CEN 040	อาคารควบคุมระบบปรับอากาศหอประชุม	1	3.5	33.08	13.73890962	100.5329595
	CEN 099	อาคารจอดรถ 1				13.73602727	100.5248244
	CEN 079	อาคารจอดรถ 2	10	35	25138.42	13.73918785	100.5344924
	CEN 093	อาคารจอดรถ 3				13.73413188	100.5335716
	CEN 101	อาคารจอดรถ 4				13.74388436	100.5259269
	CEN029	อาคารจักรพงษ์	2	7	513.1	13.73703897	100.5318396
	CEN095	อาคารจัดการขยะ	2	7	405	13.74128468	100.5264016
	CEN001	อาคารจามจุรี 1	2	7	1567.36	13.73909841	100.5292757
	CEN058	อาคารจามจุรี 2	2	7	1420.76	13.73844635	100.5291972
	CEN059	อาคารจามจุรี 3	4	14	1567.36	13.73882116	100.528693
	CEN 047	อาคารจามจุรี 4	7	24.5	4094.27	13.7389372	100.52831
	CEN062	อาคารจามจุรี 5	7	24.5	11685.45	13.73822235	100.5288586
	CEN 103	อาคารจามจุรี 6	4	14	942.7	13.73855081	100.5284275
	CEN066	อาคารจามจุรี 8	5	17.5	3944.64	13.74160348	100.5295927
	CEN077	อาคารจามจุรี 9	7	24.5	11685.45	13.73587498	100.5259208
	CEN 060	อาคารจุลจักรพงษ์	4	14	6403.95	13.73556053	100.5310519
	CEN 089	อาคารจุฬานิวาส				13.74164932	100.5258879

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

	CEN 012	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	4	14	3144.25	13.74072216	100.5267825
	CEN 071	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	3	10.5	2123.23	13.74355704	100.5283959
	CEN070	อาคารจุฬาพัฒน์ 4	3	10.5	2429.75	13.74348975	100.5289816
	CEN 073	อาคารจุฬาพัฒน์ 5	3	10.5	1389.91	13.74382571	100.5291313
	CEN 075	อาคารจุฬาพัฒน์ 10	2	7	790.81	13.74365135	100.5276167
	CEN 086	อาคารจุฬาพัฒน์ 13				13.74421367	100.5248321
	CEN 100	อาคารจุฬาพัฒน์ 14			34064	13.74412197	100.5252527
	CEN 069	อาคารจุฬาวิชช์ 1	6	21	3936.29	13.74079887	100.5344375
	CEN 088	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา		0		13.74256154	100.5280572
	CEN 087	อาคารเฉลิมราชสุดากีฬาสถาน	6	21	22561.92	13.73889339	100.5263159
	CEN 053	อาคารบรมราชกุมารี	15	52.5	18556.73	13.7393938	100.5335549
	CEN 078	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	12	42	12385.83	13.74411591	100.5284664
	CEN076	อาคารบริการ 1	3	10.5	2023.32	13.7410866	100.5260361
	CEN013	อาคารบริการ 2	5	17.5		13.74132191	100.5261065
	CEN016	อาคารบริการ 3	1	3.5		13.74224329	100.5259204
	CEN032	อาคารเปรมบุรฉัตร	4	14	5801.84	13.73517407	100.5321658
	CEN051	อาคารพินิตประชานาถ	12	42	10470.12	13.73576083	100.5281854
	CEN 081	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	4	14	3134.05	13.73958598	100.5323246
	CEN067	อาคารมหาจุฬาลงกรณ์	2	7	4057.02	13.73786228	100.5335309
	CEN 068	อาคารมหิตลาธิเบศร	10	35	31651.22	13.73342728	100.531614
	CEN 084	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				13.74264669	100.5266918
	CEN 052	อาคารวิทยกิตติ์	21	73.5	31188.35	13.74360553	100.5327215
	CEN 050	อาคารวิทยนิเวศน์	13	45.5	11460.95	13.74071129	100.5268
	CEN 017	อาคารวิทยพัฒนา	8	28	7776.12	13.74210077	100.5267975
	CEN 042	อาคารแว่นแก้ว	5	17.5	1216.7	13.74267348	100.5261792
	CEN 080	อาคารศิลปวัฒนธรรม	2	7	4766.82	13.73982885	100.5316386
	CEN 098	อาคารสมบัติ คุรุพันธ์		0		13.74434728	100.5279212
	CEN 021	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2	7	1389.76	13.7420421	100.5298485
	CEN 005	อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน	2	7	1157.22	13.73943205	100.5292549
	CEN 090	อาคารอเนกประสงค์		0		13.74117667	100.5285727
คณะทันตแพทย์ศาสตร์	DEN 001	อาคารทันตกรรม 1	2	7	2702.17	13.74301052	100.5341144
	DEN 002	อาคารทันตรักษ์วิจัย	6	21	4177.29	13.74299846	100.5349706
	DEN 005	อาคารทันตกรรม 5	5	17.5	5709.12	13.74301052	100.5341144
	DEN 006	อาคารวาจวิทยาวัฒน์	2	7	2907.61	13.74335206	100.5334976
	DEN 014	อาคารพรีคลินิก	9	31.5	5876.04	13.74369894	100.533674
	DEN 015	อาคารสมเด็จย่า 93	12	42	18174.62	13.74338913	100.5346624
	DEN 016	อาคารทันตแพทยศาสตร์เฉลิมนวมราช 80	12	42	12089.03	13.74354977	100.5341938
	DEN 017	อาคารบรมนาถศรีนครินทร์		0		13.74335088	100.533926
ะพาณิชยศาสตร์และการบ	ACC 001	อาคารไชยยศสมบัติ	3	10.5	12483.44	13.73415883	100.5300292
	ACC 002	อาคารครุภัณฑ์	1	3.5	188.4	13.73391828	100.5299772
	ACC 006	อาคารบัณฑิต กันตะบุตร	3	10.5	841.47	13.73343835	100.5312084
	ACC 008	อาคารอนุสรณ์ 50 ปี	8	28	6484.5	13.73391828	100.5299772
คณะรัฐศาสตร์	POL 001	อาคารสำราญราษฎร์บริรักษ์	2	7	2242.33	13.73485355	100.5323273
	POL 002	อาคารวรภักดิ์พิบูลย์	2	7	1318.59	13.7347081	100.533076
	POL 004	อาคารกิจกรรมนิสิต 1	1	3.5	350.03	13.7347081	100.533076
	POL 005	อาคารกิจกรรมนิสิต 2	1	3.5	363.83	13.7347081	100.533076
	POL 006	อาคารเกษม อุทยานิน (รัฐศาสตร์ 60 ปี)		0		13.7347081	100.533076
คณะวิศวกรรมศาสตร์	ENG 001	อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 1	3	10.5	3826.26	13.73649625	100.5331346
	ENG 002	อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 2	3	10.5	2957.75	13.73649625	100.5331346
	ENG 003	อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 3	4	14	14469.88	13.73718018	100.5323664

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

	ENG 005	อาคารอรุณ สรเทศน์	2	7	531.3	13.73684774	100.5336321
	ENG 011	อาคารฮันส์ บันตลิ	4	14	2250.3	13.73625245	100.5332419
	ENG 012	อาคารสลับ ลดาวัลย์	3	10.5	704.59	13.73642724	100.533429
	ENG 013	อาคารปฏิบัติการเจริญวิศวกรรม	2	7	2412.83	13.73622401	100.5323078
	ENG 014	อาคารชาร์ลเอมสัน เกเวอร์ต	2	7	714.36	13.73617864	100.5324571
	ENG 015	อาคารบุญรอด บิณฑสันต์	6	21	2687.59	13.73655469	100.5321873
	ENG 016	อาคารที่พักอาจารย์วิศวกรรมไฟฟ้า	1	3.5	72.9	13.73576223	100.5321922
	ENG 017	ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์และไมโครคอมพิวเตอร์	2	7	337.98	13.73655469	100.5321873
	ENG 018	อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	2	7	1842.95	13.73576223	100.5321922
	ENG 019	อาคารศัลวิธานนิเทศ	3	10.5	1057.58	13.73547956	100.5324436
	ENG 020	อาคารปฏิบัติการทดสอบโครงสร้างขนาดจริง				13.73581314	100.5326567
	ENG 022	อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และ	2	7	430.65	13.73564897	100.532612
	ENG 023	อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	2	7	1060.65	13.73564897	100.532612
	ENG 026	อาคารปฏิบัติการรวม	4	14	4139.46	13.73529408	100.5336807
	ENG 027	อาคารภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์	3	10.5	1922.38	13.73544376	100.5339491
	ENG 028	อาคารเจริญวิศวกรรม	20	70	23244.81	13.7360085	100.5337067
	ENG 029	อาคารอนุสาสน์ยันตรกรรม	5	17.5	9570.37	13.73566359	100.5331381
	ENG 030	อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวก	5	17.5	6940.48	13.73569108	100.5328036
	ENG 031	อาคารวิศวฯ 100 ปี				13.7363224	100.533887
	ENG 032	โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์				13.73692139	100.5341059
	ENG 033	อาคารโคลัมโบ				13.73637416	100.5336034
	ENG 034	ห้องน้ำชายและหญิง				13.73677904	100.5340031
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	ARC 001	อาคารนารถ โพธิประสาท	3	10.5	4009.39	13.73993045	100.5308163
	ARC 005	อาคารเลิศ อุรัสยะนันทน์	11	38.5	13362.94	13.73993045	100.5308163
	ARC 004	อาคารโวฒยากร	5	17.5	2431.37	13.74123192	100.5304803
	ARC 001	อาคารสถาปัตยกรรม 1	3	10.5	4009.39	13.73993045	100.5308163
	ARC 002	อาคารสถาปัตยกรรม 2	4	14	3651.69	13.73993045	100.5308163
คณะอักษรศาสตร์	ART 005	อาคารมหาจักรีสิรินธร	9	31.5	13116.34	13.73926214	100.5341101
	ART 002	อาคารมหาวชิราวุธ	3	10.5	7102.99	13.73875217	100.5338282
สถาบัน	INS 009	อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี	10	35	4618.85	13.73449491	100.5328049
	INS 004	อาคารมหาธีรราชานุสรณ์	7	24.5	22125.98	13.73948408	100.5282627
	INS 011	อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	15	52.5	12368.47	13.7430348	100.5269226
	NS 001	อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ	5	17.5	3655.14	13.73429913	100.533794
	INS 007	อาคารศศนิเวศ	8	28	3204.88	13.74154986	100.5272975
	INS 010	อาคารศศปาฐศาลา	12	42	25680.06	13.7428826	100.5271686
	INS 013	อาคารศศพล	2	7	635.92	13.7428826	100.5271686
	INS002	อาคารสถาบัน 2	5	17.5	7727.7	13.74278509	100.5321808
	INS012	อาคารสถาบัน 3	3	10.5	13428.2	13.74273384	100.532672
คณะนิติศาสตร์	LAW 003	อาคารเทพทวาราวดี	12	42	15237.52	13.73563277	100.5287676
คณะแพทยศาสตร์	MED 201	อาคาร อปร	19	66.5	50277	13.73345462	100.5378216
	MED 202	อาคารเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม	4	14	1800	13.73345462	100.5378216
	MED 203	อาคารหอสมุด	4	14	2340.4	13.73345462	100.5378216
	MED 204	อาคารอานันทมหิดล	6	21	7776	13.73315683	100.5357349
	MED 205	อาคารแพทยพัฒน์	12	42	33400	13.73315683	100.5357349
	MED 206	อาคารพยาธิวิทยา	3	10.5	1880	13.73315683	100.5357349
	MED 207	สโมสรนิสิตแพทย์ไผ่สิงโต	6	21	3708.08	13.73315683	100.5357349
	MED 208	อาคารนิติเวชศาสตร์	4	14	1880	13.73315683	100.5357349
	MED 209	อาคารหน่วยซ่อมบำรุง	2	7	320	13.73315683	100.5357349
	MED 401	หอพักและพัฒนาคณาจารย์	25	87.5	30000	13.73488794	100.5369569
	MED 402	หอพักนิสิตา	14	49	14959	13.73488794	100.5369569
	MED 403	หอพักปรีดาลัย	13	45.5	10563.4	13.73488794	100.5369569
	MED 409	หอพักแพทย์หญิง 4180	4	14	2750	13.73488794	100.5369569

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

	MED 410	หอพักแพทย์ชาย 4179	3	10.5	1957.2	13.73488794	100.5369569
	MED 411	หอพักแพทย์ชาย 4377	4	14	1508	13.73488794	100.5369569
	MED 412	หอพักแพทย์ชาย 4240	4	14	2043	13.73488794	100.5369569
คณะวิทยาศาสตร์	SCI 001	อาคารชีววิทยาและเคมี 2	2	7	7330.71	13.73689161	100.5305494
	SCI 003	อาคารฟิสิกส์	4	14	5361.88	13.73689161	100.5305494
	SCI 005	อาคารเทคโนโลยีทางอาหาร	4	14	2201.28	13.73689161	100.5305494
	SCI 006	อาคารเคมีเทคนิค	3	10.5	3114.01	13.73689161	100.5305494
	SCI 007	อาคารธรณีวิทยาและพฤกษศาสตร์	4	14	10996.18	13.73689161	100.5305494
	SCI 008	อาคารวิทยาศาสตร์ทั่วไป	4	14	3295.93	13.73689161	100.5305494
	SCI 010	อาคารคลุ้ม วัชโรบล	7	24.5	7274.89	13.73689161	100.5305494
	SCI 014	เรือนเพาะชำ	1	3.5	801.68	13.73689161	100.5305494
	SCI 016	โรงงานภาควิชาฟิสิกส์	3	10.5	450.84	13.73689161	100.5305494
	SCI 018	โรงเลี้ยงสัตว์ทดลอง				13.73689161	100.5305494
	SCI 019	โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	1	3.5	433.21	13.73689161	100.5305494
	SCI 020	อาคารแถบ นีละนิธิ	5	17.5	10029.91	13.73689161	100.5305494
	SCI 024	อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ	8	28	6192.56	13.73689161	100.5305494
	SCI 025	อาคารมหามกุฏ	19	66.5	49653.64	13.73689161	100.5305494
	SCI 026	อาคารวิจัยและตรวจสอบอัญมณี	6	21	3555.36	13.73689161	100.5305494
	SCI 027	อาคารเก็บสารเคมี				13.73689161	100.5305494
	SCI 028	อาคารมหาวชิรุณหิศ			18432.15	13.73689161	100.5305494
	SCI 029	อาคารเลี้ยงสัตว์ทดลอง กลุ่มปลา กบ เต่า				13.73689161	100.5305494
คณะเศรษฐศาสตร์	ECO 001	อาคารเศรษฐศาสตร์	5	17.5	9653.04	13.73433927	100.5314557
คณะสหเวชศาสตร์	AHS 001	อาคารจุฬาพัฒน์ 1	4	14	3828.18	13.74342008	100.5286899
	AHS 002	อาคารจุฬาพัฒน์ 6	2	7	350.97	13.74342008	100.5286899
	AHS 003	อาคารจุฬาพัฒน์ 3	4	14	981.88	13.74342008	100.5286899
โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	PSC 001	อาคารเรียน 1	3	10.5	3423.29	13.73766021	100.5271371
	PSC 002	อาคารเรียน 2	3	10.5	3559.75	13.73766021	100.5271371
	PSC 007	อาคารบริหารและปฏิบัติการ	4	14	3491.33	13.73766021	100.5271371
	PSC 009	อาคารเรียน 3	3	10.5	1983.73	13.73766021	100.5271371
	PSC 010	อาคาร 36 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	4	14	5170.06	13.73766021	100.5271371
	PSC 012	อาคาร 50 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	8	28	9512.31	13.73766021	100.5271371
คณะครุศาสตร์	EDU 001	อาคารพูนทรัพย์ นพวงศ์ ณ อยุธยา	1	3.5	2919.41	13.73732317	100.5284386
	EDU 003	อาคารประชุมสุข อาชวอำรุง	9	31.5	10862.6	13.73732317	100.5284386
	EDU 004	อาคารครุศาสตร์ 4	4	14	3366.31	13.73732317	100.5284386
	EDU 006	อาคารครุศาสตร์ 6	4	14	1205.39	13.73732317	100.5284386
	EDU 008	อาคารครุศาสตร์ 8	3	10.5	2145.23	13.73732317	100.5284386
	EDU 011	อาคารพระมิ่งขวัญการศึกษาไทย	10	35	2500	13.73732317	100.5284386
คณะนิเทศศาสตร์	COM 001	อาคารนิเทศศาสตร์ 1	5	17.5	4688.75	13.73602663	100.5286289
	COM 002	อาคารนิเทศศาสตร์ 2	6	21	2042.44	13.73602663	100.5286289
	COM 003	อาคารมงกุฎสมมติวงศ์	12	42	8841.69	13.73602663	100.5286289
คณะเภสัชศาสตร์	PHA 003	โรงพักสัตว์ทดลอง	1	3.5	119.77	13.74322567	100.5316047
	PHA 005	อาคาร 80 ปี เภสัชศาสตร์	8	28	6568.9	13.74322567	100.5316047
	PHA 006	สถานปฏิบัติการเภสัชกรรมชุมชน (โอสถศาลา)	4	14	3083.19	13.74322567	100.5316047
	PHA 007	อาคารนวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์	10	35	10182.18	13.74322567	100.5316047
	PHA 008	อาคารกระถินณรงค์		0		13.74322567	100.5316047
	PHA 001	อาคารเภสัชศาสตร์	4	14	19392.24	13.74322567	100.5316047
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา	SSS 001	จุฬาพัฒน์ 7	2	7	2099.94	13.74359701	100.5271298
	SSS 002	จุฬาพัฒน์ 8	2	7	1338.77	13.74359701	100.5271298
	SSS 003	จุฬาพัฒน์ 11	2	7	197.75	13.74359701	100.5271298
คณะศิลปศาสตร์	FAA 001	ศิลปกรรม 1	3	10.5	3474.08	13.73964488	100.5327738
	FAA 005	ศิลปกรรม 2		0		13.73964488	100.5327738
	FAA 003	ศิลปกรรม 3	2	7	1788.63	13.73964488	100.5327738
	FAA 004	ศิลปกรรม 4	3	10.5	941.91	13.73964488	100.5327738

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะสัตวแพทยศาสตร์	VET 014	อาคาร 50 ปี สัตวแพทยศาสตร์	5	17.5	4272.13	13.74255496	100.5334797
	VET 015	อาคาร 60 ปี สัตวแพทยศาสตร์	16	56	25776.45	13.74255496	100.5334797
	VET 016	อาคารฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	3	10.5	869.19	13.74234653	100.5346277
	VET 013	อาคารสมาคมนิสิตเก่าคณะสัตวแพทยศาสตร์	5	17.5	4272.13	13.74255496	100.5334797
	VET 001	อาคารสัตวแพทย์ 1	6	21	2616.92	13.74255496	100.5334797
	VET 017	อาคารสัตววิทยวิจักษ์	10	35	13213	13.74255496	100.5334797
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	ESC 001	อาคารพลศึกษา	1	3.5	522.88	13.7360168	100.5269672
	ESC 002	อาคารเรียนมัธยมต้น	3	10.5	2092.79	13.7360168	100.5269672
	ESC 003	อาคารเรียนมัธยมปลาย	3	10.5	1865.12	13.7360168	100.5269672
	ESC 004	อาคารเรียนมัธยมปลาย และห้องปฏิบัติการวิทย	3	10.5	1574.52	13.7360168	100.5269672
	ESC 005	ศูนย์เทคโนโลยี	3	10.5	1577.33	13.7360168	100.5269672
	ESC 006	อาคารการงาน	2	7	1158.9	13.7360168	100.5269672
	ESC 007	อาคารบริหาร	3	10.5	2045.1	13.7360168	100.5269672
	ESC 008	อาคารอเนกประสงค์	4	14	8445.22	13.7360168	100.5269672
	ESC 009	อาคารรัชพร	1	3.5	67.31	13.7360168	100.5269672
	ESC 010	หน่วยอาคาร	1	3.5	225.01	13.7360168	100.5269672
	ESC 011	ร้านอาหาร	1	3.5	135.34	13.7360168	100.5269672

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-2.2 ผลการประเมินคัดเลือกรายอาคาร

ตารางข้อมูลของอาคารในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		ตำแหน่งพื้นที่	โครงสร้าง	การอบแสง		ผ่านเกณฑ์
				ใบองค์ดน	SIA	
ข้อมูลอาคาร	ชื่ออาคาร					
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	ธรรมสถาน	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	โรงจุฬาภรณ์	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	โรงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	โรงภะรตราชา	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	โรงอุนสาสก	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	โรงอาหารหอพักนิสิต	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	ลานจักรพงษ์	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	ศาลาพระเกี้ยว	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	ผ่าน	ไม่ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	สนามกีฬาในร่ม 1	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	สนามกีฬาในร่ม 2	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	สนามกีฬาในร่ม 3	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	สนามกีฬาในร่มจันทนิยมยง	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	สโมสรสนามเทนนิส 1	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	สโมสรสนามเทนนิส 2	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	สระว่ายน้ำ 25 เมตร	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	หอพักจาปา	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	หอพักจามจุรี	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	หอพักชวนชม	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	N/A	N/A
	หอพักบุพดชอน	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	N/A	N/A
	หอพักบุพดตาน	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	N/A	N/A
	อาคารควบคุมระบบปรับอากาศหอประชุม	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	อาคารจอดรถ 1	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารจอดรถ 2	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารจอดรถ 3	ไม่ผ่าน	ใช้เป็นลานจอดรถ			ไม่ผ่าน
	อาคารจอดรถ 4	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารจักรพงษ์	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	อาคารจัดการขยะ	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจามจุรี 1	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจามจุรี 2	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจามจุรี 3	ผ่าน	ผ่าน	จอับแสง		ไม่ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

	อาคารจามจุรี 4	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน
	อาคารจามจุรี 5	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารจามจุรี 6	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารจามจุรี 8	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารจามจุรี 9	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารจุลจักรพงษ์	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน
	อาคารจุฬานิวาส	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 4	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 5	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 10	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 13	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 14	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารจุฬาวิชช์ 1	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารเฉลิมราชสุดาทิพาสถาน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารบรมราชกุมารี	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารบริการ 1	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารบริการ 2	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารบริการ 3	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารเปรมบุรฉัตร	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารพินิตประชานาถ	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารมหาจุฬาลงกรณ์	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารมหิตลาธิเบศร	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิทยกิตติ์	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารวิทยนิเวศน์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิทยพัฒนา	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารแว่นแก้ว	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารศิลปวัฒนธรรม	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารสมบัติ คุรุพันธ์	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารอเนกประสงค์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะทันตแพทย์ศาสตร์	อาคารทันตกรรม 1	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารทันตรักษ์วิจัย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารทันตกรรม 5	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารวาจวิทยาวัฒน์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารพรีคลินิก	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารสมเด็จย่า 93	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารทันตแพทยศาสตร์เฉลิมนวมราช 80	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารบรมนาถศรีนครินทร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี	อาคารไชยยศสมบัติ	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารครุภัณฑ์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารบัณฑิต กันตะบุตร	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารอนุสรณ์ 50 ปี	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะรัฐศาสตร์	อาคารสำราญราษฎร์บริรักษ์	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารวรภักดิ์พิบูลย์	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารกิจกรรมนิสิต 1	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารกิจกรรมนิสิต 2	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารเกษม อุทยานิน (รัฐศาสตร์ 60 ปี)	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
คณะวิศวกรรมศาสตร์	อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 1	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 2	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 3	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารอรุณ สรเทศน์	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารฮันส์ บันตลิ	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารสลับ ลดาวัลย์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการเจริญวิศวกรรม	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารชาร์ลเอมสัน เกเวอร์ต	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารบุญรอด บิณฑสันต์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารที่พักอาจารย์วิศวกรรมไฟฟ้า	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์และไมโครคอมพิวเตอร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารศัลวิธานนิเทศ	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการทดสอบโครงสร้างขนาดจริง	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และ	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการรวม	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารเจริญวิศวกรรม	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน
	อาคารอนุสาสน์ยันตรกรรม	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกร	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิศวฯ 100 ปี	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน
	โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารโคลัมโบ	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	ห้องน้ำชายและหญิง	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารนารถ โพธิประสาท	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารเลิศ อุรัสยะนันทน์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารโวฒยากร	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารสถาปัตยกรรม 1	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารสถาปัตยกรรม 2	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
คณะอักษรศาสตร์	อาคารมหาจักรีสิรินธร	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารมหาวชิราวุธ	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
สถาบัน	อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารมหาธีรราชานุสรณ์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน

	อาคารศศนิเวศ	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารศศปาฐศาลา	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารศศพล	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	อับแสง	ไม่ผ่าน
	อาคารสถาบัน 2	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารสถาบัน 3	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะนิติศาสตร์	อาคารเทพทวาราวดี	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะแพทยศาสตร์	อาคาร อปร	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารหอสมุด	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารอานันทมหิดล	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารแพทยพัฒน์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารพยาธิวิทยา	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	สโมสรนิสิตแพทย์ไผ่สิงโต	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารนิติเวชศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารหน่วยซ่อมบำรุง	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	หอพักและพัฒนาคณาจารย์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	หอพักนิสิตา	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	หอพักปรีดาลัย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	หอพักแพทย์หญิง 4180	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	หอพักแพทย์ชาย 4179	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	หอพักแพทย์ชาย 4377	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	หอพักแพทย์ชาย 4240	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะวิทยาศาสตร์	อาคารชีววิทยาและเคมี 2	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารฟิสิกส์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารเทคโนโลยีทางอาหาร	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารเคมีเทคนิค	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารธรณีวิทยาและพฤกษศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิทยาศาสตร์ทั่วไป	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารคลุ้ม วัชโรบล	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	อับแสง	ไม่ผ่าน
	เรือนเพาะชำ	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	โรงงานภาควิชาฟิสิกส์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	โรงเลี้ยงสัตว์ทดลอง	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารแถบ นีละนิธิ	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารมหามกุฏ	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารวิจัยและตรวจสอบอัญมณี	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารเก็บสารเคมี	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารมหาวชิรุณหิศ	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารเลี้ยงสัตว์ทดลอง กลุ่มปลา กบ เต่า	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะเศรษฐศาสตร์	อาคารเศรษฐศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
คณะสหเวชศาสตร์	อาคารจุฬาพัฒน์ 1	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 6	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารจุฬาพัฒน์ 3	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	อาคารเรียน 1	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารเรียน 2	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารบริหารและปฏิบัติการ	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารเรียน 3	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคาร 36 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคาร 50 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
คณะครุศาสตร์	อาคารพูนทรัพย์ นพวงศ์ ณ อยุธยา	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารประชุมสุข อาชวอำรุง	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารครุศาสตร์ 4	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารครุศาสตร์ 6	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	อาคารครุศาสตร์ 8	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารพระมิ่งขวัญการศึกษาไทย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
คณะนิเทศศาสตร์	อาคารนิเทศศาสตร์ 1	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารนิเทศศาสตร์ 2	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารมงกุฎสมมติวงศ์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
คณะเภสัชศาสตร์	โรงพักสัตว์ทดลอง	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคาร 80 ปี เภสัชศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง		ผ่าน
	สถานปฏิบัติการเภสัชกรรมชุมชน (โอสถศาลา)	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารนวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารกระถินณรงค์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารเภสัชศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา	จุฬาพัฒน์ 7	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	จุฬาพัฒน์ 8	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	จุฬาพัฒน์ 11	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะศิลปศาสตร์	ศิลปกรรม 1	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	ศิลปกรรม 2	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	ศิลปกรรม 3	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	ศิลปกรรม 4	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
คณะสัตวแพทยศาสตร์	อาคาร 50 ปี สัตวแพทยศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคาร 60 ปี สัตวแพทยศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าคณะสัตวแพทยศาสตร์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารสัตวแพทย์ 1	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารสัตววิทยวิจักษ์	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	อาคารพลศึกษา	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	อับแสง	ไม่ผ่าน
	อาคารเรียนมัธยมต้น	ผ่าน	ผ่าน	อาจอับแสง	ไม่อับแสง	ผ่าน
	อาคารเรียนมัธยมปลาย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	อาคารเรียนมัธยมปลาย และห้องปฏิบัติการวิทยา	ผ่าน	ผ่าน	ไม่อับแสง		ผ่าน
	ศูนย์เทคโนโลยี	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารการงาน	ไม่ผ่าน				ไม่ผ่าน
	อาคารบริหาร	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารอเนกประสงค์	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	อาคารรัชพร	ผ่าน	ไม่ผ่าน			ไม่ผ่าน
	หน่วยอาคาร	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน
	ร้านอาหาร	ผ่าน	ผ่าน	อับแสง		ไม่ผ่าน

ตารางที่ ค-2.3 ผลข้อมูลพื้นที่หลังคาอาคารที่คำนวณโดย ArcGIS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตร.ม.)
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	249.60
	ธรรมสถาน	760
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,224.55
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	525
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	596.33
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	775
	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	3,290.00
	สนามกีฬาในร่มจันทนยิ่งยง	2,441.81
	หอพักจำปี	1,269.89
	อาคารจอดรถ 1	2,877.18
	อาคารจอดรถ 2	1,889.53
	อาคารจอดรถ 4	618.05
	อาคารจามจุรี 4	650.35
	อาคารจามจุรี 5	1,708.86
	อาคารจามจุรี 6 (อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน)	436.21
	อาคารจามจุรี 8	810.57
	อาคารจามจุรี 9	1,871.98
	อาคารจุลจักรพงษ์	1,815.43
	อาคารจุฬานิวาส	784.62
	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	759.92
	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	944.93
	อาคารจุฬาพัฒน์ 14	1,611.62
	อาคารจุฬาวิชช์ 1	666.49
	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา	2,693.89
	อาคารเฉลิมราชสุดากีฬาสถาน	3,397.25
	อาคารบรมราชกุมารี	1,156.31
	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	1,178.31
	อาคารเปรมบุรฉัตร	1,270.40
	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	632.24
	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	809.62
	อาคารวิทยกิตติ์	1,156.58
	อาคารหอพักวิทยนิเวศน์	1834.53
	อาคารวิทยพัฒนา	1,875
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	856.07
คณะทันตแพทย์ศาสตร์	อาคารทันตกรรม 1	1,996.23
	อาคารทันตรักษ์วิจัย	665.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	อาคารทันตกรรม 5	1,406.69
	อาคารพรีคลินิก	1,951.96
	อาคารสมเด็จย่า 93	1,730.96
วิศวกรรมศาสตร์	อาคารบุญรอด บิณฑสันต์	645.44
	อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	890.08
	อาคารปฏิบัติการรวม	1,446.12
	อาคารเจริญวิศวกรรม	1,144.60
	อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกรรม	246.12
	อาคารอนุสาสน์ยันตรกรรม	1,263.92
	อาคารวิศวฯ 100 ปี	1,670.00
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารนารถ โพธิประสาท	1,878.61
	อาคารเลิศ อุรัสยะนันทน์	1,437.32
	อาคารโวฒยากร	518.50
	อาคารสถาปัตยกรรม 1	483.25
	อาคารสถาปัตยกรรม 2	389.27
คณะอักษรศาสตร์	อาคารมหาจักรีสิรินธร	1,549.41
สถาบัน	อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี	545.49
	อาคารมหาธีรราชานุสรณ์	1,480.18
	อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	835.50
	อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ	682.80
	อาคารศศนิเวศ	1,017.55
	อาคารศศปาฐศาลา	2,203.61
คณะแพทยศาสตร์	อาคาร อปร	1,571.33
	อาคารแพทยพัฒน์	2,645.44
	หอพักและพัฒนาคณาจารย์	1,433.73
	หอพักนิสิตา	368.22
	หอพักปรีดาลัย	1,069.45
คณะวิทยาศาสตร์	อาคารมหามกุฏ	2,562.14
	อาคารมหาวชิรุณหิศ	1,325.00
คณะเศรษฐศาสตร์	อาคารเศรษฐศาสตร์	2,404.50
โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	อาคารเรียน 1	1,244.04
	อาคารเรียน 2	418.03
	อาคารบริหารและปฏิบัติการ	1,124.55
	อาคารเรียน 3	675.31
	อาคาร 36 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,616.31
	อาคาร 50 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,331.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะครุศาสตร์	อาคารประชุมสุข อาชวอำรุง	1,045.58
	อาคารครุศาสตร์ 4	862.56
	อาคารพระมิ่งขวัญการศึกษาไทย	2,442.98
คณะนิเทศศาสตร์	อาคารมงกุฎสมมติวงศ์	806.57
คณะเภสัชศาสตร์	อาคาร 80 ปี เภสัชศาสตร์	3,684.10
	อาคารนวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์	3,637.76
คณะศิลปศาสตร์	ศิลปกรรม 1	2,055.22
	ศิลปกรรม 2	
คณะสัตวแพทยศาสตร์	อาคาร 60 ปี สัตวแพทยศาสตร์	1,381.35
	อาคาร 50 ปี สัตวแพทยศาสตร์	829.77
	อาคารฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	207.89
	อาคารสัตววิทยวิจักษ์	1,752.17
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	อาคารเรียนมัธยมต้น	779.10
	อาคารเรียนมัธยมปลาย	1,105.63
	ศูนย์เทคโนโลยี	
รวม		113,897.41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-2.4 ผลการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตร.ม.)	ความเข้มรังสีอาทิตย์	ศักยภาพเชิงกายภาพ
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	249.60	5.00	1,248.00
	ธรรมสถาน	760	5.00	3,800.00
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,224.55	5.00	6,122.75
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	525	5.00	2,625.00
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	596.33	5.00	2,981.65
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	775	5.00	3,876.30
	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	3,290.00	5.00	16,450.00
	สนามกีฬาในร่มจันทนยิ่งยง	2,441.81	5.00	12,209.05
	หอพักจำปี	1,269.89	5.00	6,349.45
	อาคารจอดรถ 1	2,877.18	5.00	14,385.90
	อาคารจอดรถ 2	1,889.53	5.00	9,447.65
	อาคารจอดรถ 4	618.05	5.00	3,090.25
	อาคารจามจุรี 4	650.35	5.00	3,251.75
	อาคารจามจุรี 5	1,708.86	5.00	8,544.30
	อาคารจามจุรี 6 (อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน)	436.21	5.00	2,181.05
	อาคารจามจุรี 8	810.57	5.00	4,052.85
	อาคารจามจุรี 9	1,871.98	5.00	9,359.90
	อาคารจุลจักรพงษ์	1,815.43	5.00	9,077.15
	อาคารจุฬานิวาส	784.62	5.00	3,923.10
	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	759.92	5.00	3,799.60
	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	944.93	5.00	4,724.65
	อาคารจุฬาพัฒน์ 14	1,611.62	5.00	8,058.10
	อาคารจุฬาวิชช์ 1	666.49	5.00	3,332.45
	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา	2,693.89	5.00	13,469.45
	อาคารเฉลิมราชสุดากีฬาสถาน	3,397.25	5.00	16,986.25
	อาคารบรมราชกุมารี	1,156.31	5.00	5,781.55
	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	1,178.31	5.00	5,891.55
	อาคารเปรมบุรฉัตร	1,270.40	5.00	6,352.00
	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	632.24	5.00	3,161.20
	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	809.62	5.00	4,048.10
	อาคารวิทยกิตติ์	1,156.58	5.00	5,782.90
	อาคารหอพักวิทยนิเวศน์	1834.53	5.00	9,172.65
	อาคารวิทยพัฒนา	1,875	5.00	9,376.35
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	856.07	5.00	4,280.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะทันตแพทย์ศาสตร์	อาคารทันตกรรม 1	1,996.23	5.00	9,981.15
	อาคารทันตรักษ์วิจัย	665.22	5.00	3,326.10
	อาคารทันตกรรม 5	1,406.69	5.00	7,033.45
	อาคารพรีคลินิก	1,951.96	5.00	9,759.80
	อาคารสมเด็จย่า 93	1,730.96	5.00	8,654.80
วิศวกรรมศาสตร์	อาคารบุญรอด บิณฑสันต์	645.44	5.00	3,227.20
	อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	890.08	5.00	4,450.40
	อาคารปฏิบัติการรวม	1,446.12	5.00	7,230.60
	อาคารเจริญวิศวกรรม	1,144.60	5.00	5,723.00
	อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกรรม	246.12	5.00	1,230.60
	อาคารอนุสาสน์ยันตรกรรม	1,263.92	5.00	6,319.60
	อาคารวิศวฯ 100 ปี	1,670.00	5.00	8,350.00
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารนารถ โพธิประสาท	1,878.61	5.00	9,393.05
	อาคารเลิศ อุรัสยะนันทน์	1,437.32	5.00	7,186.60
	อาคารโวฒยากร	518.50	5.00	2,592.50
	อาคารสถาปัตยกรรม 1	483.25	5.00	2,416.25
	อาคารสถาปัตยกรรม 2	389.27	5.00	1,946.35
คณะอักษรศาสตร์	อาคารมหาจักรีสิรินธร	1,549.41	5.00	7,747.05
สถาบัน	อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี	545.49	5.00	2,727.45
	อาคารมหาธีรราชานุสรณ์	1,480.18	5.00	7,400.90
	อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	835.50	5.00	4,177.50
	อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ	682.80	5.00	3,414.00
	อาคารศศนิเวศ	1,017.55	5.00	5,087.75
	อาคารศศปาฐศาลา	2,203.61	5.00	11,018.05
คณะแพทยศาสตร์	อาคาร อปร	1,571.33	5.00	7,856.65
	อาคารแพทยพัฒน์	2,645.44	5.00	13,227.20
	หอพักและพัฒนาคณาจารย์	1,433.73	5.00	7,168.65
	หอพักนิสิตา	368.22	5.00	1,841.10
	หอพักปรีดาลัย	1,069.45	5.00	5,347.25
คณะวิทยาศาสตร์	อาคารมหามกุฏ	2,562.14	5.00	12,810.70
	อาคารมหาวชิรุณหิศ	1,325.00	5.00	6,625.00
คณะเศรษฐศาสตร์	อาคารเศรษฐศาสตร์	2,404.50	5.00	12,022.50
โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	อาคารเรียน 1	1,244.04	5.00	6,220.20
	อาคารเรียน 2	418.03	5.00	2,090.15
	อาคารบริหารและปฏิบัติการ	1,124.55	5.00	5,622.75
	อาคารเรียน 3	675.31	5.00	3,376.55
	อาคาร 36 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,616.31	5.00	8,081.55
	อาคาร 50 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,331.20	5.00	6,656.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะครุศาสตร์	อาคารประชุมสุข อาชวอำรุง	1,045.58	5.00	5,227.90
	อาคารครุศาสตร์ 4	862.56	5.00	4,312.80
	อาคารพระมิ่งขวัญการศึกษาไทย	2,442.98	5.00	12,214.90
คณะนิเทศศาสตร์	อาคารมงกุฎสมมติวงศ์	806.57	5.00	4,032.85
คณะเภสัชศาสตร์	อาคาร 80 ปี เภสัชศาสตร์	3,684.10	5.00	18,420.50
	อาคารนวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์	3,637.76	5.00	18,188.80
คณะศิลปศาสตร์	ศิลปกรรม 1	2,055.22	5.00	10,276.10
	ศิลปกรรม 2			
คณะสัตวแพทยศาสตร์	อาคาร 60 ปี สัตวแพทยศาสตร์	1,381.35	5.00	6,906.75
	อาคาร 50 ปี สัตวแพทยศาสตร์	829.77	5.00	4,148.85
	อาคารฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	207.89	5.00	1,039.45
	อาคารสัตววิทยวิจักษ์	1,752.17	5.00	8,760.85
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	อาคารเรียนมัธยมต้น	779.10	5.00	3,895.50
	อาคารเรียนมัธยมปลาย	1,105.63	5.00	5,528.15
	ศูนย์เทคโนโลยี			
รวม		113,897.41		569,487.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค-2.5 ผลการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตร.ม.)	ความเข้มรังสีอาทิตย์	ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	137.28	5.00	686.40
	ธรรมสถาน	418.00	5.00	2,090.00
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	673.50	5.00	3,367.51
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	288.75	5.00	1,443.75
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	327.98	5.00	1,639.91
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	426.39	5.00	2,131.97
	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,809.50	5.00	9,047.50
	สนามกีฬาในร่มจันทนยิ่งยง	1,343.00	5.00	6,714.98
	หอพักจำปี	698.44	5.00	3,492.20
	อาคารจอดรถ 1	1,582.45	5.00	7,912.25
	อาคารจอดรถ 2	1,039.24	5.00	5,196.21
	อาคารจอดรถ 4	339.93	5.00	1,699.64
	อาคารจามจุรี 4	357.69	5.00	1,788.46
	อาคารจามจุรี 5	939.87	5.00	4,699.37
	อาคารจามจุรี 6 (อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน)	239.92	5.00	1,199.58
	อาคารจามจุรี 8	445.81	5.00	2,229.07
	อาคารจามจุรี 9	1,029.59	5.00	5,147.95
	อาคารจุลจักรพงษ์	998.49	5.00	4,992.43
	อาคารจุฬานิวาส	431.54	5.00	2,157.71
	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	417.96	5.00	2,089.78
	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	519.71	5.00	2,598.56
	อาคารจุฬาพัฒน์ 14	886.39	5.00	4,431.96
	อาคารจุฬาวิชช์ 1	366.57	5.00	1,832.85
	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา	1,481.64	5.00	7,408.20
	อาคารเฉลิมราชสุดากีฬาสถาน	1,868.49	5.00	9,342.44
	อาคารบรมราชกุมารี	635.97	5.00	3,179.85
	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	648.07	5.00	3,240.35
	อาคารเปรมบุรฉัตร	698.72	5.00	3,493.60
	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	347.73	5.00	1,738.66
	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	445.29	5.00	2,226.46
	อาคารวิทยกิตติ์	636.12	5.00	3,180.60
	อาคารหอพักวิทยนิเวศน์	1,008.99	5.00	5,044.96
	อาคารวิทยพัฒนา	1,031.40	5.00	5,156.99
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	470.84	5.00	2,354.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คณะทันตแพทย์ศาสตร์	อาคารทันตกรรม 1	1,097.93	5.00	5,489.63
	อาคารทันตรักษ์วิจัย	365.87	5.00	1,829.36
	อาคารทันตกรรม 5	773.68	5.00	3,868.40
	อาคารพรีคลินิก	1,073.58	5.00	5,367.89
	อาคารสมเด็จย่า 93	952.03	5.00	4,760.14
วิศวกรรมศาสตร์	อาคารบุญรอด บิณฑสันต์	354.99	5.00	1,774.96
	อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	489.54	5.00	2,447.72
	อาคารปฏิบัติการรวม	795.37	5.00	3,976.83
	อาคารเจริญวิศวกรรม	629.53	5.00	3,147.65
	อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกรรม	135.37	5.00	676.83
	อาคารอนุสาสน์ยันตรกรรม	695.16	5.00	3,475.78
	อาคารวิศวฯ 100 ปี	918.50	5.00	4,592.50
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารนารถ โพธิประสาท	1,033.24	5.00	5,166.18
	อาคารเลิศ อุรัสยะนันทน์	790.53	5.00	3,952.63
	อาคารโวฒยากร	285.18	5.00	1,425.88
	อาคารสถาปัตยกรรม 1	265.79	5.00	1,328.94
	อาคารสถาปัตยกรรม 2	214.10	5.00	1,070.49
คณะอักษรศาสตร์	อาคารมหาจักรีสิรินธร	852.18	5.00	4,260.88
สถาบัน	อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี	300.02	5.00	1,500.10
	อาคารมหาธีรราชานุสรณ์	814.10	5.00	4,070.50
	อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	459.53	5.00	2,297.63
	อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ	375.54	5.00	1,877.70
	อาคารศศนิเวศ	559.65	5.00	2,798.26
	อาคารศศปาฐศาลา	1,211.99	5.00	6,059.93
คณะแพทยศาสตร์	อาคาร อปร	864.23	5.00	4,321.16
	อาคารแพทยพัฒน์	1,454.99	5.00	7,274.96
	หอพักและพัฒนาคณาจารย์	788.55	5.00	3,942.76
	หอพักนิสิตา	202.52	5.00	1,012.61
	หอพักปรีดาลัย	588.20	5.00	2,940.99
คณะวิทยาศาสตร์	อาคารมหามกุฏ	1,409.18	5.00	7,045.89
	อาคารมหาวชิรุณหิศ	728.75	5.00	3,643.75
คณะเศรษฐศาสตร์	อาคารเศรษฐศาสตร์	1,322.48	5.00	6,612.38
โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	อาคารเรียน 1	684.22	5.00	3,421.11
	อาคารเรียน 2	229.92	5.00	1,149.58
	อาคารบริหารและปฏิบัติการ	618.50	5.00	3,092.51
	อาคารเรียน 3	371.42	5.00	1,857.10
	อาคาร 36 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	888.97	5.00	4,444.85
	อาคาร 50 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	732.16	5.00	3,660.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะครุศาสตร์	อาคารประชุมสุข อาชวอำรุง	575.07	5.00	2,875.35
	อาคารครุศาสตร์ 4	474.41	5.00	2,372.04
	อาคารพระมิ่งขวัญการศึกษาไทย	1,343.64	5.00	6,718.20
คณะนิเทศศาสตร์	อาคารมงกุฎสมมติวงศ์	443.61	5.00	2,218.07
คณะเภสัชศาสตร์	อาคาร 80 ปี เภสัชศาสตร์	2,026.26	5.00	10,131.28
	อาคารนวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์	2,000.77	5.00	10,003.84
คณะศิลปศาสตร์	ศิลปกรรม 1	1,130.37	5.00	5,651.86
	ศิลปกรรม 2			
คณะสัตวแพทยศาสตร์	อาคาร 60 ปี สัตวแพทยศาสตร์	897.88	5.00	4,489.39
	อาคาร 50 ปี สัตวแพทยศาสตร์	539.35	5.00	2,696.75
	อาคารฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	135.13	5.00	675.64
	อาคารสัตววิทยวิจักษ์	1,138.91	5.00	5,694.55
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	อาคารเรียนมัธยมต้น	506.42	5.00	2,532.08
	อาคารเรียนมัธยมปลาย	718.66	5.00	3,593.30
	ศูนย์เทคโนโลยี			
รวม		63,249.17		316,245.83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-2.6 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณ

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคา (ตร.ม.)	ประสิทธิภาพแผง	สมรรถนะระบบ	ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์	ศักยภาพเชิงเทคนิค	
						kWh/day	MWh/year
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	137.28	0.14	0.85	686.40	81.68	29.813784
	ธรรมสถาน	418.00	0.14	0.85	2,090.00	248.71	90.77915
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	673.50	0.14	0.85	3,367.51	400.73	146.2679054
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	288.75	0.14	0.85	1,443.75	171.81	62.70928125
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	327.98	0.14	0.85	1,639.91	195.15	71.22938226
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	426.39	0.14	0.85	2,131.97	253.70	92.60189978
	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,809.50	0.14	0.85	9,047.50	1,076.65	392.9781625
	สนามกีฬาในร่มจันทนยิ่งยง	1,343.00	0.14	0.85	6,714.98	799.08	291.6650477
	หอพักจำปี	698.44	0.14	0.85	3,492.20	415.57	151.6835984
	อาคารจอดรถ 1	1,582.45	0.14	0.85	7,912.25	941.56	343.6683616
	อาคารจอดรถ 2	1,039.24	0.14	0.85	5,196.21	618.35	225.6972728
	อาคารจอดรถ 4	339.93	0.14	0.85	1,699.64	202.26	73.82375481
	อาคารจามจุรี 4	357.69	0.14	0.85	1,788.46	212.83	77.68186869
	อาคารจามจุรี 5	939.87	0.14	0.85	4,699.37	559.22	204.1169188
	อาคารจามจุรี 6 (อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน)	239.92	0.14	0.85	1,199.58	142.75	52.10364871
	อาคารจามจุรี 8	445.81	0.14	0.85	2,229.07	265.26	96.81954686
	อาคารจามจุรี 9	1,029.59	0.14	0.85	5,147.95	612.61	223.6009911
	อาคารจุลจักรพงษ์	998.49	0.14	0.85	4,992.43	594.10	216.8463056
	อาคารจุฬานิวาส	431.54	0.14	0.85	2,157.71	256.77	93.71991668
	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	417.96	0.14	0.85	2,089.78	248.68	90.7695943
	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	519.71	0.14	0.85	2,598.56	309.23	112.868345
	อาคารจุฬาพัฒน์ 14	886.39	0.14	0.85	4,431.96	527.40	192.5019654
	อาคารจุฬาวิชช์ 1	366.57	0.14	0.85	1,832.85	218.11	79.60973116
	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา	1,481.64	0.14	0.85	7,408.20	881.58	321.7750584
	อาคารเฉลิมราชสุดากีฬาสถาน	1,868.49	0.14	0.85	9,342.44	1,111.75	405.7887728
	อาคารบรมราชกุมารี	635.97	0.14	0.85	3,179.85	378.40	138.1168933
	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	648.07	0.14	0.85	3,240.35	385.60	140.7447108
	อาคารเปรมบุรฉัตร	698.72	0.14	0.85	3,493.60	415.74	151.744516
	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	347.73	0.14	0.85	1,738.66	206.90	75.5186971
	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	445.29	0.14	0.85	2,226.46	264.95	96.70607293
	อาคารวิทยกิตติ์	636.12	0.14	0.85	3,180.60	378.49	138.1491438
	อาคารหอพักวิทยนิเวศน์	1,008.99	0.14	0.85	5,044.96	600.35	219.127729
	อาคารวิทยพัฒนา	1,031.40	0.14	0.85	5,156.99	613.68	223.9940449
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	470.84	0.14	0.85	2,354.19	280.15	102.2543512
คณะทันตแพทยศาสตร์	อาคารทันตกรรม 1	1,097.93	0.14	0.85	5,489.63	653.27	238.4421876
	อาคารทันตรักษ์วิจัย	365.87	0.14	0.85	1,829.36	217.69	79.45803443
	อาคารทันตกรรม 5	773.68	0.14	0.85	3,868.40	460.34	168.0238454
	อาคารพรีคลินิก	1,073.58	0.14	0.85	5,367.89	638.78	233.1543022
	อาคารสมเด็จย่า 93	952.03	0.14	0.85	4,760.14	566.46	206.7566809
วิศวกรรมศาสตร์	อาคารบุญรอด บิณฑสันต์	354.99	0.14	0.85	1,774.96	211.22	77.0953876
	อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	489.54	0.14	0.85	2,447.72	291.28	106.3167182
	อาคารปฏิบัติการรวม	795.37	0.14	0.85	3,976.83	473.24	172.7336111
	อาคารเจริญวิศวกรรม	629.53	0.14	0.85	3,147.65	374.57	136.7181778
	อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกรร	135.37	0.14	0.85	676.83	80.54	29.39811105
	อาคารอนุสาสน์ยันตรกรรม	695.16	0.14	0.85	3,475.78	413.62	150.9705043
	อาคารวิศวฯ 100 ปี	918.50	0.14	0.85	4,592.50	546.51	199.4752375
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารนารถ โพธิประสาท	1,033.24	0.14	0.85	5,166.18	614.78	224.3929197
	อาคารเดิศ อุรัสยะนันทน์	790.53	0.14	0.85	3,952.63	470.36	171.6824841
	อาคารโวฒยากร	285.18	0.14	0.85	1,425.88	169.68	61.93288063
	อาคารสถาปัตยกรรม 1	265.79	0.14	0.85	1,328.94	158.14	57.72240031
	อาคารสถาปัตยกรรม 2	214.10	0.14	0.85	1,070.49	127.39	46.49684174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คณะอักษรศาสตร์	อาคารมหาจักรีสิรินธร	852.18	0.14	0.85	4,260.88	507.04	185.0712142
สถาบัน	อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี	300.02	0.14	0.85	1,500.10	178.51	65.15673491
	อาคารมหาธีรราชานุสรณ์	814.10	0.14	0.85	4,070.50	484.39	176.8019503
	อาคารวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	459.53	0.14	0.85	2,297.63	273.42	99.79734188
	อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ	375.54	0.14	0.85	1,877.70	223.45	81.5578995
	อาคารศศนิเวศ	559.65	0.14	0.85	2,798.26	332.99	121.5425317
	อาคารศศปาฐศาลา	1,211.99	0.14	0.85	6,059.93	721.13	263.212951
คณะแพทยศาสตร์	อาคาร อปร	864.23	0.14	0.85	4,321.16	514.22	187.689476
	อาคารแพทยพัฒน์	1,454.99	0.14	0.85	7,274.96	865.72	315.9878876
	หอพักและพัฒนาคณาจารย์	788.55	0.14	0.85	3,942.76	469.19	171.253672
	หอพักนิสิตา	202.52	0.14	0.85	1,012.61	120.50	43.98249818
	หอพักปรีดาลัย	588.20	0.14	0.85	2,940.99	349.98	127.7417921
คณะวิทยาศาสตร์	อาคารมหามกุฏ	1,409.18	0.14	0.85	7,045.89	838.46	306.038015
	อาคารมหาวชิรุณหิศ	728.75	0.14	0.85	3,643.75	433.61	158.2662813
คณะเศรษฐศาสตร์	อาคารเศรษฐศาสตร์	1,322.48	0.14	0.85	6,612.38	786.87	287.2085081
โรงเรียน สาธิตฝ่ายประถม	อาคารเรียน 1	684.22	0.14	0.85	3,421.11	407.11	148.5959129
	อาคารเรียน 2	229.92	0.14	0.85	1,149.58	136.80	49.93211589
	อาคารบริหารและปฏิบัติการ	618.50	0.14	0.85	3,092.51	368.01	134.3232804
	อาคารเรียน 3	371.42	0.14	0.85	1,857.10	221.00	80.66324709
	อาคาร 36 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	888.97	0.14	0.85	4,444.85	528.94	193.0621683
	อาคาร 50 ปี สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	732.16	0.14	0.85	3,660.80	435.64	159.006848
คณะครุศาสตร์	อาคารประชุมสุข อาชวอำรุง	575.07	0.14	0.85	2,875.35	342.17	124.8906101
	อาคารครุศาสตร์ 4	474.41	0.14	0.85	2,372.04	282.27	103.0295574
	อาคารพระมิ่งขวัญการศึกษาไทย	1,343.64	0.14	0.85	6,718.20	799.47	291.8047998
คณะนิเทศศาสตร์	อาคารมงกุฎสมมติวงศ์	443.61	0.14	0.85	2,218.07	263.95	96.34176186
คณะเภสัชศาสตร์	อาคาร 80 ปี เภสัชศาสตร์	2,026.26	0.14	0.85	10,131.28	1,205.62	440.0519296
	อาคารนวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์	2,000.77	0.14	0.85	10,003.84	1,190.46	434.5167904
คณะศิลปศาสตร์	ศิลปกรรม 1	1,130.37	0.14	5.00	5,651.86	3,956.30	1444.048953
	ศิลปกรรม 2						
คณะสัตวแพทยศาสตร์	อาคาร 60 ปี สัตวแพทยศาสตร์	897.88	0.14	0.85	4,489.39	534.24	194.9965461
	อาคาร 50 ปี สัตวแพทยศาสตร์	539.35	0.14	0.85	2,696.75	320.91	117.1334448
	อาคารฉุกเฉินสัตว์ป่วยหนักและคลินิกนอกเวลา	135.13	0.14	0.85	675.64	80.40	29.34653199
	อาคารสัตวิทยวิจักษ์	1,138.91	0.14	0.85	5,694.55	677.65	247.3428878
โรงเรียนสาธิตฝ่ายมัธยม	อาคารเรียนมัธยมต้น	506.42	0.14	0.85	2,532.08	301.32	109.9806776
	อาคารเรียนมัธยมปลาย	718.66	0.14	0.85	3,593.30	427.60	156.0748769
	ศูนย์เทคโนโลยี						
รวม		63,249.17			316,245.83		14934.69844

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-2.7 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยโปรแกรม

หมวดหมู่	ชื่ออาคาร	พื้นที่ติดตั้ง (ตร.ม.)	Installed DC Power (kWp)	Annual Production (MWh/year)	จำนวนแผง (แผง)
สำนักงานมหาวิทยาลัย	คลังเก็บเอกสาร	181.71	43.74	62.25	90
	ธรรมสถาน	163.54	32.81	47.95	81
	โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	650.12	130.41	184.84	322
	โรงอาหารสำนักงานมหาวิทยาลัย	72.68	14.58	21.71	36
	ศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	306.89	61.56	87.51	152
	ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	325.06	65.21	95.32	161
	สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1,663.66	333.72	467.13	824
	สนามกีฬาในร่มจันทนยิ่งยง	1211.4	261	380.43	600
	หอพักจำปี	440.14	88.29	132.23	218
	อาคารจอดรถ 1	1,348.69	270.54	391.57	668
	อาคารจอดรถ 2	488.60	98.01	134.8	242
	อาคารจอดรถ 4	387.65	77.76	113.34	192
	อาคารจามจุรี 4	189.79	38.07	55.02	94
	อาคารจามจุรี 5	589.55	118.26	171.73	292
	อาคารจามจุรี 6 (อาคารสำนักงานจัดการทรัพย	389.67	78.17	111.39	193
	อาคารจามจุรี 8	448.22	89.91	131.04	222
	อาคารจามจุรี 9	1,752.49	351.54	508.43	868
	อาคารจุลจักรพงษ์	1,108.43	222.35	322.98	549
	อาคารจุฬานิวาส	423.99	80.19	120.12	210
	อาคารจุฬานิเวศน์ 3	565.32	113.4	165.58	280
	อาคารจุฬาพัฒน์ 2	282.66	56.7	82.68	140
	อาคารจุฬาพัฒน์ 14	585.51	117.45	169.4	290
	อาคารจุฬาวิชช์ 1	193.82	38.88	56.9	96
	อาคารเฉลิมราชกุมารี 60 พรรษา	1,009.50	202.5	286.14	500
	อาคารเฉลิมราชสุดากีฬาสถาน	1,364.84	273.78	386.58	676
	อาคารบรมราชกุมารี	516.86	103.68	151.54	256
	อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ	533.02	106.92	148.89	264
	อาคารเปรมบุรฉัตร	355.34	71.28	103.33	176
	อาคารพิพิธภัณฑ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	163.54	32.81	47.47	81
	อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	537.05	107.73	156.92	266
	อาคารวิทยกิตติ์	902.49	181.04	263.24	447
	อาคารหอพักวิทยนิเวศน์	613.78	123.12	179.79	304
	อาคารวิทยพัฒนา	199.88	40.1	58.48	99
	อาคารสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลั	379.57	76.14	111.37	188
คณะทันตแพทย์ศาสตร์	อาคารทันตกรรม 1	218.05	43.74	63.85	108
	อาคารทันตรักษ์วิจัย	109.03	21.87	31.65	54
	อาคารทันตกรรม 5	266.51	53.46	77.89	132
	อาคารพรีคลินิก	977.20	196.02	283.73	484
	อาคารสมเด็จย่า 93	952.97	191.16	277.86	472

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	บุญยนุช กรีกูล
วัน เดือน ปี เกิด	5 มีนาคม 2539
สถานที่เกิด	Bangkok
วุฒิการศึกษา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ University of Nottingham
ที่อยู่ปัจจุบัน	208/28 หมู่7 ต.เนินพระ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง 21150
ผลงานตีพิมพ์	บทความ “การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา เขตพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 12 ประจำปี 2564 (The 12th National Science Research Conference 2021)
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลผลงานดีเด่นเหรียญทองแดง การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral presentation) สาขาพลังงานในงานประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 12 ประจำปี 2564

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University